Kementerian PPN/ Bappenas

SIPA
Sustainable Infrastructure Programme in Asia

UNDP

Kajian 4

PEDOMAN PENYUSUNAN STUDI KELAYAKAN PROYEK PENGELOLAAN SAMPAH



Supported by:

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection

based on a decision of the German Bundestag

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

OECD

Acknowledgement

Pengarah
Abdul Malik Sadat Idris (Deputi Bidang Infrastruktur, Bappenas); Douglass Herrick (*Senior Policy Analyst*); Sara Ferrer Olivella (*Resident Representative*, UNDP Indonesia)

Penanggung Jawab
Ikhwan Hakim (Direktur Perumahan dan Infrastruktur Kawasan Permukiman, Bappenas); Sara Ferrer Olivella (*Resident Representative*, UNDP Indonesia)

Konseptualisasi dan Arahan Teknis
Nur Aisyah Nasution, (Koordinator Bidang Air Minum dan Sanitasi, Direktorat Perumahan dan Infrastruktur Kawasan Permukiman, Bappenas); Made Dwi Rani, Mathilde Sari Gokmauli, Aang Darmawan (Tim SIPA, UNDP Indonesia)

Kontributor
Faiq Yahya Hidayah (Direktorat Perumahan dan Infrastruktur Kawasan Permukiman, Bappenas)

Tim Penulis
Ricky Alamsyah
Herawati Zetha Rahman

Penerbit
Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas;
UNDP Indonesia

Kutipan yang disarankan:
Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, Republik Indonesia (2026). Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan Proyek Pengelolaan Sampah. UNDP Indonesia. Jakarta.

Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan Proyek Pengelolaan Sampah.

Pendekatan Terintegrasi Berbasis *Five Case Model (5CM)*, Kesiapan Implementasi, dan Manajemen Risiko.

Ringkasan

Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan (FS) Proyek Pengelolaan Sampah menyediakan kerangka kerja terstruktur untuk merancang proyek pengelolaan sampah yang layak secara teknis, finansial, dan implementatif. Pedoman ini memastikan bahwa studi kelayakan tidak hanya berfokus pada desain fasilitas, tetapi juga mempertimbangkan sistem pengelolaan sampah secara menyeluruh, termasuk rantai pasok sampah, potensi pasar produk pengolahan, kelembagaan, serta strategi implementasi. Dengan mengadaptasi pendekatan *Five Case Model (5CM)*, pedoman ini membantu menghasilkan dokumen FS yang konsisten, komprehensif, dan berorientasi pada pengambilan keputusan investasi.

Pernyataan Masalah

Banyak studi kelayakan pengelolaan sampah masih berfokus pada aspek teknis fasilitas dan kelengkapan dokumen, tanpa menguji keterkaitan dengan sistem pengelolaan sampah secara keseluruhan. Ketidaksesuaian antara desain fasilitas, ketersediaan pasokan sampah, potensi pasar produk pengolahan, serta kesiapan kelembagaan sering menyebabkan proyek sulit diimplementasikan. Kondisi ini meningkatkan risiko kegagalan proyek serta berpotensi menimbulkan beban fiskal bagi Pemerintah Daerah.

Solusi

Pedoman ini menyediakan metodologi penyusunan FS yang mengintegrasikan analisis teknis, operasional, pasar, pembiayaan, kelembagaan, risiko, dan kesiapan implementasi proyek. Dengan pendekatan Five Case Model (5CM), setiap komponen analisis diarahkan untuk memastikan bahwa proyek yang direncanakan memiliki dasar yang kuat secara teknis, ekonomis, dan institusional. Pedoman ini juga menekankan pentingnya analisis sistem hulu-hilir pengelolaan sampah sebagai dasar perencanaan investasi yang realistis.

Penerima Manfaat

Pedoman ini ditujukan bagi konsultan, perencana proyek, Pemerintah Pusat/Daerah, dan lembaga yang terlibat dalam penyusunan studi kelayakan proyek pengelolaan sampah. Dengan kerangka yang lebih sistematis, pedoman ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dokumen FS, memperkuat kesiapan implementasi proyek, serta meningkatkan kredibilitas proyek dalam proses pengambilan keputusan dan pendanaan.

Daftar Isi

Ringkasan Eksekutif 3
Sorotan utama 3
Tujuan 3
Pernyataan misi 3
Faktor kunci keberhasilan 3

I. Konteks: Mengapa diperlukan Pedoman? 4
Tantangan Struktural Pengelolaan Sampah di Indonesia 4
Peran Strategis Studi Kelayakan dalam Proyek Persampahan 4
Permasalahan Umum dalam Penyusunan Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah 5
Kebutuhan Akan Pedoman yang Terpadu dan Berorientasi Keputusan 5
Posisi Pedoman dalam Siklus Perencanaan dan Investasi Publik 6
Tujuan Penyusunan Pedoman 6

II. Pengantar Umum 7
Kerangka Pilar Analisis Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah 7
Pengantar Metodologi Five Case Model (5CM) 8
Alur dan Keterkaitan Penyusunan Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah 11

III. Cara Menggunakan Pedoman 14
Tahapan Penggunaan Pedoman 14
Kebutuhan Tim Penyusun 15
Penanggung Jawab Pilar Analisis 15

BAB 0 Ringkasan Eksekutif 16

BAB 1 Pendahuluan & Metodologi 20

BAB 2 Konteks Proyek dan Baseline Wilayah 23

BAB 3 Kerangka Regulasi dan Kebijakan 27

BAB 4 Suplai Sampah dan Wilayah Pelayanan 30

BAB 5 Teknologi dan Kinerja Proses 41

BAB 6 Produk dan Kesiapan Pasar 63

BAB 7 Neraca Massa 72

BAB 8 Biaya dan Pembiayaan 89

BAB 9 Tata Kelola, Kelembagaan, dan Struktur Legal 109

BAB 10 Lingkungan, Sosial, dan Iklim 121

BAB 11 Manajemen Risiko 133

BAB 12 Kesiapan Implementasi dan Tahapan 139

BAB 13 Kesimpulan dan Rekomendasi 144

IV. Daftar Pustaka 149

V. Lampiran 151

A. Daftar Regulasi Relevan untuk Penyusunan dan Evaluasi FS Pengelolaan Sampah .152
B. Komparasi Teknologi Pengolahan Sampah 154
C. Daftar Perusahaan Pengguna dan Potensi Pengguna RDF 161
D. Format Profiling Offtaker RDF 164
E. Pendekatan Risiko dan Mitigasi Aspek Teknologi dan Produk 168
F. Prasyarat Lokasi yang Mendukung Kelayakan Proyek RDF 170
G. Standar Kualitas RDF 172
H. Pendekatan Alur Proses di Fasilitas RDF 174
I. Contoh Analisis Finansial Fasilitas RDF Banyumas 176
J. Arsitektur model bisnis RDF berbasis BLUD 179
K. Contoh Analisis Risiko Model Bisnis RDF 182
L. Pendekatan Komponen CAPEX Studi Kelayakan 187
M. Pendekatan Komponen OPEX Studi Kelayakan 197
N. Pendekatan Komponen Sumber Pendapatan Studi Kelayakan 203
O. Pendekatan Komponen LCC (Life Cycle Cost) 205
P. Pendekatan Komponen Analisis Finansial 208
Q. Pendekatan Komponen Analisis Ekonomi 212
R. Pendekatan Manajemen Risiko 218
S. Perbandingan Skenario Pengumpulan, Pemilahan, dan Karakteristik Sampah untuk Kebutuhan Neraca Massa 235
T. Contoh Outline Penyusunan Studi Kelayakan 238
U. Gambaran Kebutuhan Data Penyusunan Studi Kelayakan 241

Ringkasan Eksekutif

Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan (FS) Pengelolaan Sampah ini disusun untuk meningkatkan kualitas perencanaan proyek fasilitas pengelolaan sampah agar tidak hanya layak secara teknis dan finansial, tetapi juga siap diimplementasikan secara kelembagaan, regulasi, dan operasional. Pedoman ini memberikan kerangka analisis yang terstruktur dan konsisten, sehingga FS dapat berfungsi sebagai alat pengambilan keputusan investasi yang kredibel dan dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam praktiknya, berbagai FS pengelolaan sampah masih menghadapi kesenjangan antara perencanaan dan implementasi, yang disebabkan oleh asumsi suplai dan pasar yang tidak realistis, keterbatasan kapasitas kelembagaan, serta analisis risiko yang belum terintegrasi. Pedoman ini dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut melalui pendekatan yang sistematis, berbasis data, dan berorientasi pada kesiapan implementasi.

Sorotan utama

Menyediakan kerangka standar penyusunan FS pengelolaan sampah.
Mengintegrasikan aspek teknis, pasar, pembiayaan, regulasi, kelembagaan, dan risiko.
Mengadaptasi pendekatan *Five Case Model (5CM)* ke dalam konteks sektor persampahan.
Menekankan pendekatan *decision-oriented* melalui tahapan analisis dan *decision gate*.
Mendukung peningkatan kualitas FS yang lebih implementatif dan *financial viable*.

Tujuan

Menjadi acuan bagi Pemerintah Pusat/Daerah dan konsultan dalam menyusun FS yang konsisten dan komprehensif.
Memastikan proyek dinilai berdasarkan kesiapan teknis, pasar, kelembagaan, dan fiskal.
Mengurangi risiko kegagalan implementasi melalui analisis risiko dan kesiapan implementasi sejak tahap perencanaan.

Pernyataan misi

Pedoman ini bertujuan untuk mendorong penyusunan Studi Kelayakan pengelolaan sampah yang realistis, transparan, dan berorientasi pada keberhasilan implementasi, sehingga proyek yang dikembangkan mampu memberikan manfaat lingkungan, sosial, dan ekonomi secara berkelanjutan.

Faktor kunci keberhasilan

Pendekatan analisis yang terintegrasi dari suplai sampah hingga kesiapan implementasi.
Penggunaan asumsi berbasis data dan kondisi lapangan.
Keterkaitan kuat antara desain teknis, pasar, kelembagaan, dan pembiayaan.
Penilaian risiko yang eksplisit dan terintegrasi dalam keputusan proyek.
Kejelasan peran regulator, operator, dan pengawas dalam tata kelola proyek.

Kementerian PPN/ Bappenas

SIPA
Sustainable Infrastructure Programme in Asia

UNDP

BAB I
KONTEKS: MENGAPA DIPERLUKAN PEDOMAN?



Supported by:

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection

based on a decision of the German Bundestag

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

OECD

Tantangan Struktural Pengelolaan Sampah di Indonesia

Pengelolaan sampah di Indonesia menghadapi tantangan struktural yang semakin kompleks, ditandai oleh peningkatan timbulan sampah nasional dan masih terbatasnya kapasitas pengelolaan. Berdasarkan data SIPSN, persentase sampah Indonesia pada 2025 yang belum terkelola yaitu sekitar 75% atau sekitar 109.092 tpd yang masih belum tertangani secara memadai. Selain itu, tekanan terhadap kapasitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) juga semakin tinggi. Data KLH/BPLH menunjukkan terdapat 550 TPA di Indonesia, dengan 343 TPA berada dalam pengawasan penghentian *open dumping* dan banyak diantaranya telah mengalami kelebihan kapasitas (*overcapacity*). Dalam konteks tersebut, pembangunan fasilitas pengelolaan sampah—seperti TPST, MRF, RDF, fasilitas pengolahan organik, dan teknologi lainnya—dipandang sebagai solusi strategis untuk meningkatkan kinerja sistem persampahan secara menyeluruh sekaligus merespons tekanan terhadap lingkungan, kesehatan masyarakat, dan keterbatasan fiskal Pemerintah Daerah.

Namun, pembangunan fasilitas pengelolaan sampah bukan sekadar persoalan penyediaan infrastruktur fisik. Proyek-proyek tersebut berada pada irisan antara kebijakan publik, sistem layanan dasar, teknologi pengolahan, pasar produk hasil olahan, tata kelola kelembagaan, serta keberlanjutan fiskal daerah. Kegagalan dalam memahami keterkaitan tersebut berpotensi menghasilkan proyek yang secara teknis layak, tetapi tidak berfungsi optimal atau bahkan berhenti beroperasi setelah dibangun.

Peran Strategis Studi Kelayakan dalam Proyek Persampahan

Studi Kelayakan (Feasibility Study/FS) seharusnya berperan sebagai instrumen utama pengambilan keputusan investasi publik, yang memastikan bahwa suatu proyek:

- relevan dengan kebijakan pembangunan,
- realistis secara teknis,
- memiliki manfaat ekonomi dan sosial,
- dapat dibiayai dan dikelola secara berkelanjutan,
- serta siap diimplementasikan.

Dalam praktiknya, FS sering diperlakukan sebagai persyaratan administratif untuk mengakses pendanaan atau melanjutkan proyek ke tahap pengadaan, bukan sebagai alat uji kelayakan yang kritis. Akibatnya, banyak FS disusun dengan fokus pada pemenuhan struktur dokumen, tetapi belum sepenuhnya menguji kesiapan nyata proyek untuk dieksekusi.

Permasalahan Umum dalam Penyusunan Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah

Berbagai hasil reviu terhadap FS proyek pengelolaan sampah menunjukkan pola permasalahan yang relatif konsisten, antara lain:

- Justifikasi investasi yang lemah, tidak terhubung secara eksplisit dengan kebijakan daerah, tata ruang, dan prioritas fiskal;
- Ketidakpastian suplai dan kualitas sampah, serta penggunaan neraca massa yang statis dan berbasis kapasitas desain;
- Asumsi produk dan pasar yang optimistis, tanpa bukti offtake dan kontrak yang memadai;
- Keterbatasan analisis regulasi, kelembagaan, dan kapasitas SDM, sehingga aspek tata kelola menjadi bottleneck implementasi;
- Manajemen risiko yang bersifat generik, tidak terintegrasi dengan desain teknis, kontrak, dan model finansial;
- Ketiadaan *decision gate* yang jelas, yang membedakan proyek yang siap, siap bersyarat, atau belum siap untuk dilanjutkan.

Permasalahan tersebut berdampak langsung pada tingginya risiko proyek mangkrak, eskalasi biaya, beban subsidi APBD yang tidak terencana, serta kegagalan mencapai manfaat lingkungan dan sosial yang diharapkan.

Kebutuhan Akan Pedoman yang Terpadu dan Berorientasi Keputusan

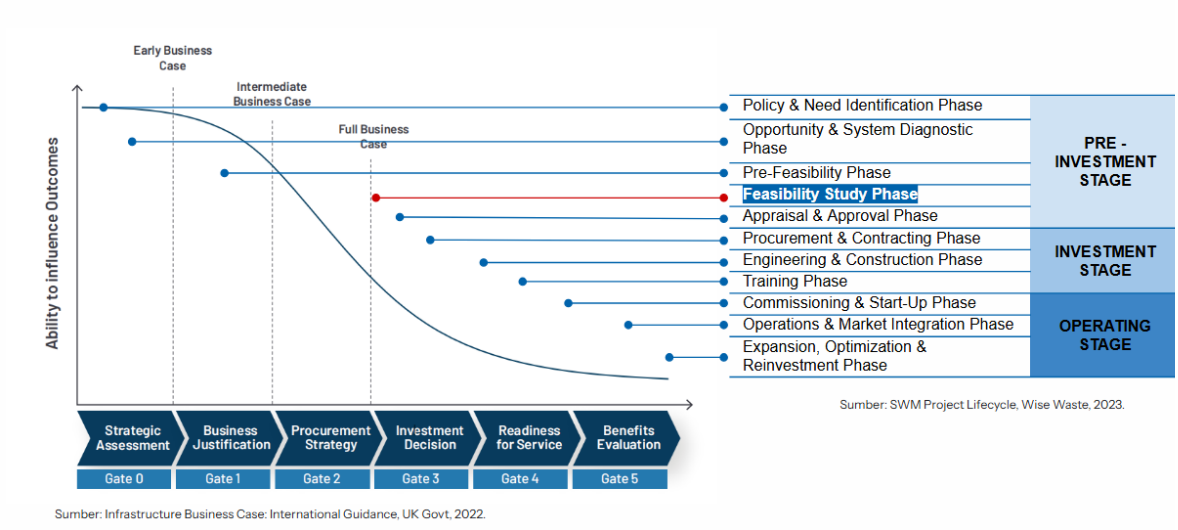
Kondisi di atas menegaskan perlunya pedoman penyusunan Studi Kelayakan (FS) pengelolaan sampah yang:

1. Memberikan kerangka analisis yang konsisten sehingga penyusunan FS dilakukan dengan pendekatan metodologis yang seragam;
2. Berorientasi pada pengambilan keputusan investasi dengan menilai kelayakan proyek secara menyeluruh, bukan sekadar penyusunan dokumen teknis;
3. Mengintegrasikan aspek teknis, ekonomi, kelembagaan, regulasi, serta risiko dalam satu kerangka analisis yang sistematis;
4. Menekankan kesiapan implementasi proyek sejak tahap perencanaan, termasuk aspek legal, kelembagaan, pasar, dan keberlanjutan pembiayaan;
5. Memberikan panduan praktis bagi Pemerintah Pusat/Daerah dan konsultan dalam menyusun FS yang realistis, komprehensif, dan implementatif.

Tanpa pedoman penyusunan yang jelas dan terstandar, kualitas FS pengelolaan sampah berpotensi sangat bervariasi antar daerah maupun antar konsultan. Hal ini dapat menyebabkan dokumen FS tidak sepenuhnya mencerminkan kesiapan proyek untuk dilaksanakan serta berisiko menghasilkan perencanaan investasi yang kurang realistis.

Posisi Pedoman dalam Siklus Perencanaan dan Investasi Publik

Pedoman ini disusun untuk mengisi celah antara perencanaan kebijakan dan implementasi proyek, dengan menempatkan FS sebagai *decision-support tool* dalam siklus investasi publik. Pedoman ini mengadaptasi pendekatan *Five Case Model (5CM)* ke dalam konteks sektor persampahan, serta mengembangkannya menjadi pilar-pilar analisis yang relevan dengan karakteristik proyek pengelolaan sampah di Indonesia.



Sumber: SWM Project Lifecycle, Wise Waste, 2023.

Sumber: Infrastructure Business Case: International Guidance, UK Govt, 2022.

Dengan demikian, pedoman ini diharapkan dapat:

- meningkatkan kualitas dan kredibilitas FS,
- serta mendukung pembangunan fasilitas pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan berdampak nyata.

Tujuan Penyusunan Pedoman

Secara umum, pedoman ini bertujuan untuk:

1. menyediakan acuan teknis dan analitis bagi Pemerintah Pusat/Daerah dan konsultan dalam menyusun Studi Kelayakan (FS) proyek fasilitas pengelolaan sampah secara sistematis dan komprehensif;
2. memastikan bahwa FS yang disusun tidak hanya memenuhi kelengkapan dokumen, tetapi juga berfungsi sebagai dasar analisis yang kuat dalam perencanaan investasi proyek;
3. membantu Pemerintah Pusat/Daerah dan pemangku kepentingan dalam merancang proyek pengelolaan sampah yang layak secara teknis, finansial, kelembagaan, serta siap untuk diimplementasikan.

Kementerian PPN/
Bappenas

SIPA
Sustainable Infrastructure Programme in Asia

UNDP

BAB II
PENGANTAR UMUM



Supported by:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection

based on a decision of
the German Bundestag

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

OECD

Kerangka Pilar Analisis Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah

Penyusunan Studi Kelayakan (FS) pengelolaan sampah dalam pedoman ini menggunakan pendekatan pilar analisis yang terintegrasi, dimana setiap pilar merepresentasikan tahapan keputusan yang saling berkaitan dalam memastikan proyek layak secara strategis, teknis, ekonomi, kelembagaan, dan implementasi. Pilar-pilar ini tidak berdiri sendiri, melainkan membentuk rangkaian analisis yang dimulai dari pemahaman konteks proyek hingga kesiapan pelaksanaan.

1. Analisis diawali dengan **Konteks Proyek**, yang menetapkan alasan investasi dan urgensi proyek berdasarkan kondisi wilayah, kinerja sistem persampahan eksisting, kesenjangan layanan, serta opsi intervensi yang tersedia. Pilar ini memastikan bahwa proyek memiliki dasar kebutuhan yang jelas serta memberikan nilai manfaat yang sepadan dengan investasi yang direncanakan.

2. Selanjutnya, **Kerangka Regulasi dan Kebijakan** memastikan bahwa proyek selaras dengan kebijakan dan regulasi nasional maupun daerah, termasuk kesesuaian dengan tata ruang, kebijakan sektor persampahan, dan kebijakan investasi. Analisis ini mengidentifikasi kewajiban perizinan, potensi hambatan hukum, serta kebutuhan harmonisasi kebijakan sebelum proyek dilanjutkan ke tahap berikutnya.

3. Setelah konteks dan legalitas dipastikan, analisis berlanjut pada **Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan**, yang menetapkan wilayah layanan, sistem hulu (pengumpulan dan pengangkutan), serta kuantitas dan kualitas suplai sampah. Keandalan suplai menjadi fondasi utama dalam menentukan skala fasilitas, keberlanjutan operasi, dan konsistensi performa teknologi.

4. Berdasarkan karakteristik suplai tersebut, **Teknologi & Kinerja Proses** menganalisis alternatif teknologi dan desain proses yang paling sesuai, termasuk kebutuhan operasi dan pemeliharaan, kinerja operasional, serta spesifikasi output yang dihasilkan. Pemilihan teknologi dilakukan dengan mempertimbangkan risiko teknis dan kesesuaian terhadap kondisi lokal.

5. Output dari proses pengolahan kemudian dianalisis dalam **Produk dan Kesiapan Pasar**, yang menilai kesiapan pasar dan kemampuan offtaker untuk menyerap produk seperti RDF, material daur ulang, atau kompos. Analisis ini mencakup kebutuhan spesifikasi pasar, struktur kontrak, sensitivitas harga dan volume, serta dampaknya terhadap stabilitas pendapatan proyek.

6. Konsistensi antara input, proses, dan output selanjutnya divalidasi melalui **Neraca Massa**, yang menyusun aliran material secara multi-tahun dari sampah masuk hingga produk dan residu. Neraca massa menjadi dasar integrasi antara desain teknis, kebutuhan kapasitas, estimasi biaya, serta proyeksi pendapatan.

7. Hasil analisis teknis dan pasar kemudian diterjemahkan ke dalam **Biaya dan Pembiayaan**, yang menghitung kebutuhan investasi (CAPEX), biaya operasi (OPEX), sumber pendapatan, serta kelayakan finansial dan ekonomi proyek untuk memastikan keberlanjutan pendanaan.

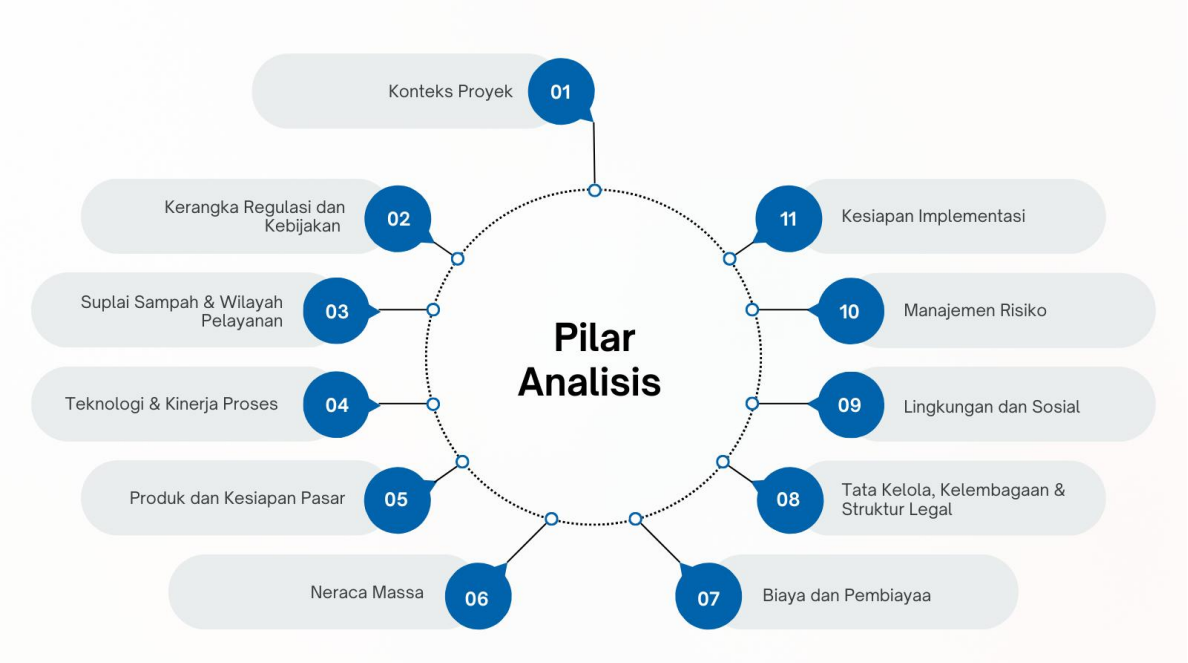
8. Agar proyek dapat dijalankan secara efektif, **Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal** menetapkan model kelembagaan dan delivery model yang paling sesuai, termasuk pembagian peran regulator, operator, dan pengawas, serta struktur kontrak dan dasar hukum pelaksanaan proyek.

9. Aspek keberlanjutan proyek dinilai lebih lanjut dalam **Lingkungan, Sosial, dan Iklim**, yang mengevaluasi dampak lingkungan, sosial, dan iklim, memastikan kepatuhan terhadap AMDAL/ESMP dan standar nasional maupun lembaga pembiayaan, serta menetapkan mekanisme mitigasi, monitoring, dan penanganan keluhan.

10. Seluruh asumsi dan keputusan pada pilar sebelumnya kemudian diuji melalui **Manajemen Risiko**, yang mengintegrasikan risiko berbasis fase siklus hidup proyek. Analisis ini menilai probabilitas

dan dampak risiko, serta menetapkan strategi mitigasi dan alokasi risiko kepada pihak yang paling mampu mengelolanya.

11. Akhirnya, seluruh hasil analisis dirangkum dalam **Kesiapan Implementasi**, yang menilai kesiapan lahan, perizinan, pendanaan, kelembagaan, dan kapasitas SDM, serta menyusun roadmap implementasi dan critical path proyek. Pilar ini menjadi dasar keputusan akhir apakah proyek siap dilaksanakan, memerlukan penguatan, atau perlu penyesuaian sebelum memasuki tahap konstruksi.



Melalui integrasi sebelas (11) pilar ini, Studi Kelayakan diposisikan sebagai alat pengambilan keputusan yang memastikan bahwa proyek pengelolaan sampah tidak hanya layak secara analitis, tetapi juga siap dilaksanakan secara nyata dan berkelanjutan.

Pengantar Metodologi Five Case Model (5CM)

Penyusunan Studi Kelayakan (Feasibility Study/FS) proyek infrastruktur memerlukan kerangka analisis yang mampu memastikan bahwa keputusan investasi dilakukan secara terstruktur, transparan, dan berbasis bukti. Untuk tujuan tersebut, pedoman ini mengadopsi pendekatan *Five Case Model (5CM)* sebagai kerangka dasar dalam menilai kelayakan proyek secara menyeluruh.

Five Case Model merupakan metodologi yang dikembangkan dalam praktik perencanaan investasi infrastruktur internasional untuk memastikan bahwa suatu proyek tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga memiliki justifikasi strategis yang kuat, memberikan nilai manfaat terbaik bagi masyarakat, dapat dilaksanakan secara komersial, terjangkau secara finansial, serta dikelola dengan tata kelola yang memadai. Pendekatan ini telah digunakan secara luas dalam pengembangan business case dan appraisal proyek infrastruktur publik.

A Framework for Robust Infrastructure Investment. Aligning Strategy, Value, and Delivery to Build the 'Better Business Case'



The Strategic Case **Why change?**	Establishes the need for change, aligning the proposal with organizational goals and strategy, defining problems, opportunities, and benefits.
The Economic Case **Why change? Best value for money?**	Compares options to find the best value for money, often using cost-benefit analysis to assess socio-economic impacts, costs, and benefits for the community.
The Commercial Case **Is is viable?**	Assesses if the proposed solution can be delivered commercially, ensuring a capable entity (internal or external) can provide it at a fair price.
The Financial Case **Is it affordable?**	Confirms affordability, detailing capital/operational costs, funding sources, and financial sustainability across the project's lifecycle.
The Management Case **Is it affordable?**	Details how the project will be successfully delivered, covering governance, project management, risk management, and change management plans.

Sumber: Infrastructure Business Case: International Guidance, UK Govt, 2022.

Secara prinsip, 5CM menilai proyek melalui lima dimensi utama.

- Strategic Case menjelaskan kebutuhan perubahan dan kesesuaian proyek dengan kebijakan serta prioritas pembangunan.
- Economic Case menilai apakah proyek memberikan nilai terbaik (value for money) melalui perbandingan alternatif dan analisis manfaat-biaya.
- Commercial Case memastikan bahwa solusi yang diusulkan dapat dilaksanakan secara komersial dengan pembagian risiko dan struktur kontrak yang tepat.
- Financial Case menilai keterjangkauan investasi dan keberlanjutan pembiayaan sepanjang siklus proyek.
- Sementara itu, Management Case menjelaskan bagaimana proyek akan dilaksanakan secara efektif melalui tata kelola, manajemen proyek, dan pengelolaan risiko yang memadai.

Dalam konteks pengelolaan sampah, pendekatan 5CM menjadi relevan karena proyek fasilitas pengolahan sampah berada pada pertemuan antara layanan publik, infrastruktur teknis, pasar produk, serta tata kelola kelembagaan. Banyak kegagalan proyek tidak disebabkan oleh teknologi semata, tetapi oleh lemahnya justifikasi investasi, asumsi pasar yang tidak realistis, keterbatasan kapasitas kelembagaan, atau risiko yang tidak terkelola sejak tahap perencanaan. Oleh karena itu, penggunaan 5CM membantu memastikan bahwa setiap aspek kelayakan dianalisis secara seimbang dan saling mendukung.

Dalam pedoman ini, metodologi 5CM diadaptasi ke dalam pilar analisis Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah yang lebih sesuai dengan karakteristik sektor persampahan di Indonesia. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara analisis teknis, ekonomi, pasar, regulasi, dan kesiapan implementasi, sehingga FS berfungsi sebagai alat pengambilan keputusan yang komprehensif dan berorientasi pada keberhasilan pelaksanaan proyek.

Pilar Analisis	Strategic Case *(Why change?)*	Economic Case *(Best value for money?)*	Commercial Case *(Is it viable?)*	Financial Case *(Is it affordable?)*	Management Case *(Can it be delivered?)*
Konteks Proyek	Menetapkan urgensi, kesenjangan layanan, keselarasan kebijakan, dan justifikasi perubahan	Opsi proyek awal & implikasi biaya-manfaat	Arah solusi pasar vs publik	Indikasi kemampuan fiskal	Arah tata kelola awal
Kerangka Regulasi dan Kebijakan	Kesesuaian dengan kebijakan nasional/daerah	Dampak regulasi terhadap biaya sosial	Legal viability & perizinan komersial	Batasan tarif & fiskal	Izin sebagai prasyarat implementasi
Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan	Skala masalah & kebutuhan perubahan	Efisiensi sistem & dampak sosial	Keandalan pasokan sebagai syarat kelayakan komersial	Dampak ke OPEX & tipping fee	Kesiapan sistem hulu
Teknologi & Kinerja Proses	Kesesuaian solusi dengan tujuan	Efisiensi teknis & manfaat ekonomi	Viability solusi, kemampuan operator penyedia	Dampak ke CAPEX/OPEX	Kesiapan operasi
Produk dan Kesiapan Pasar	Kesesuaian dengan tujuan pasar	Nilai ekonomi produk	Kepastian offtake & kontrak	Stabilitas arus kas	Kesiapan hubungan mitra
Neraca Massa	Konsistensi sistem	Optimasi kapasitas & manfaat ekonomi	Output & residu sebagai dasar kontrak	Skala biaya & pendapatan	Kebutuhan staging implementasi
Biaya dan Pembiayaan	Kelayakan kebijakan	Value for money & CBA	Dampak ke harga kontrak	Affordability & bankability	Ketersediaan dana
Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal	Keselarasan institusi	Efisiensi tata kelola	Struktur kontrak & delivery model	Dampak ke fiskal	Tata kelola & pengendalian proyek
Lingkungan, Sosial, dan Iklim	Penerimaan publik & legitimasi	Nilai ekonomi eksternalitas	Persyaratan pasar & kontrak	Biaya mitigasi	Kepatuhan & izin
Manajemen Risiko	Risiko strategis	Risiko manfaat ekonomi	Alokasi risiko kontraktual	Risiko fiskal	Pengendalian risiko implementasi
Kesiapan Implementasi	Kesiapan perubahan	Tahapan biaya/manfaat	Kesiapan mitra	Kesiapan pendanaan	Roadmap, jadwal, & kapasitas

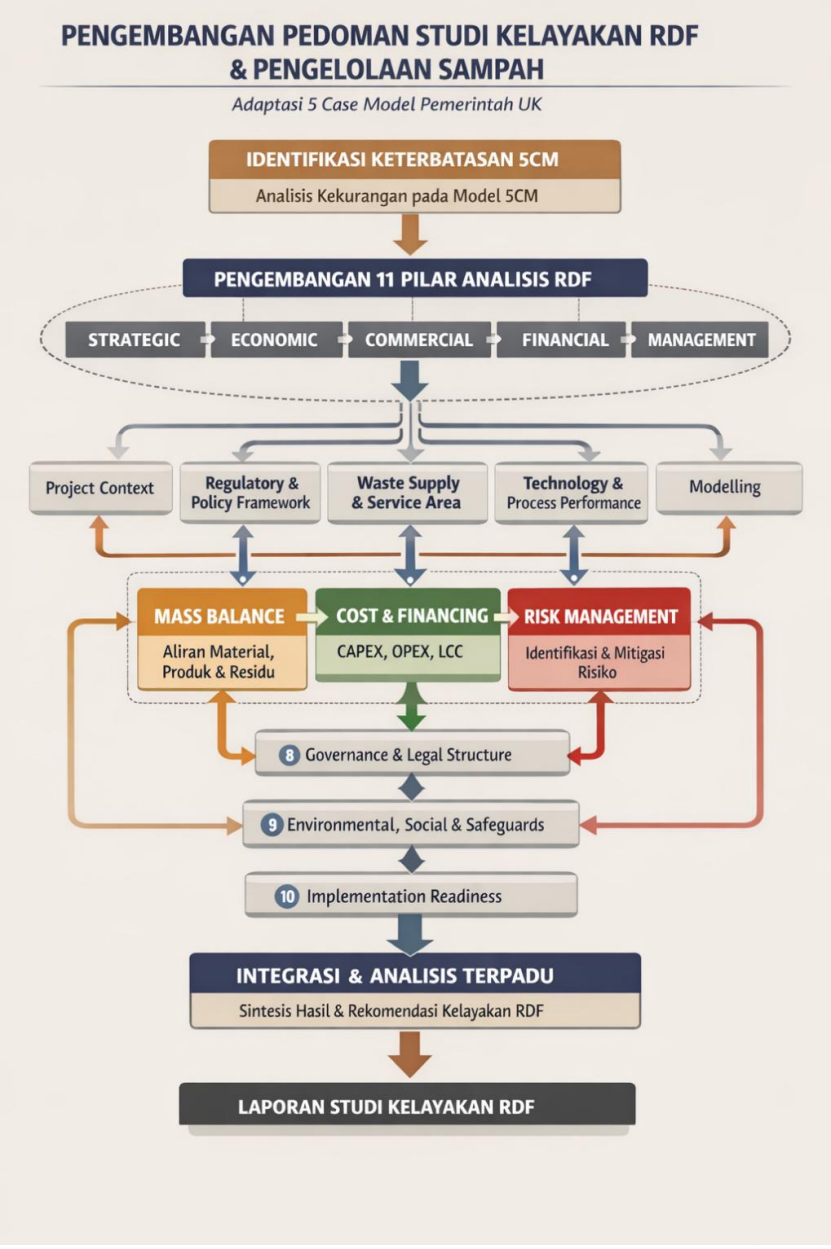
Keterangan

Kaitan utama
Informasi / konsekuensi

Melalui penerapan metodologi ini, diharapkan penyusunan FS dapat dilakukan secara lebih konsisten antar daerah, mengurangi risiko kesalahan investasi, serta meningkatkan kualitas proyek pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan implementatif.

Alur dan Keterkaitan Penyusunan Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah

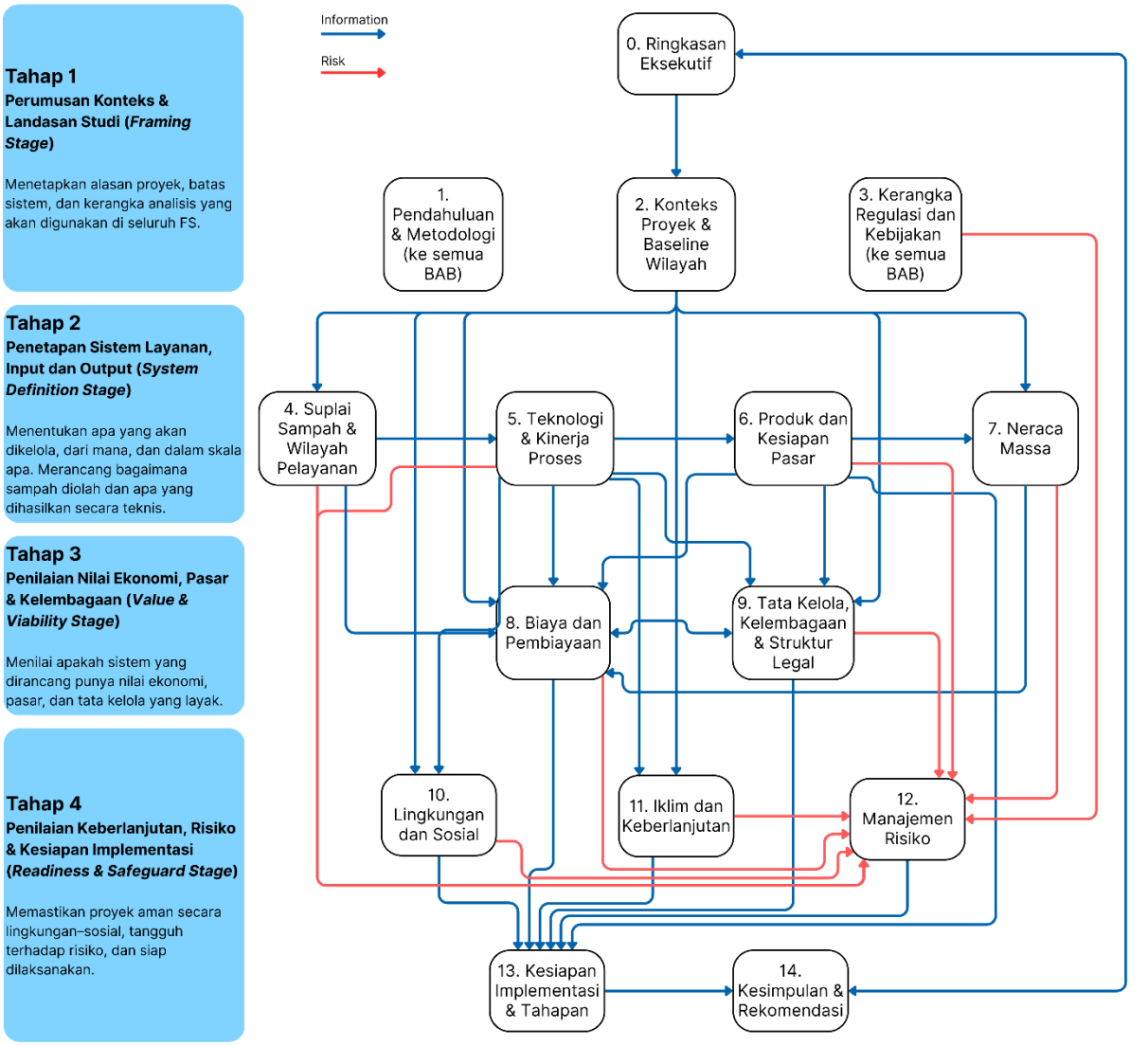
Penyusunan Studi Kelayakan (Feasibility Study/FS) pengelolaan sampah merupakan proses analisis yang bersifat sistemik dan saling terkait antar aspek. Berbeda dengan studi teknis yang berdiri sendiri, FS pengelolaan sampah menuntut keterpaduan antara konteks kebijakan, sistem layanan, teknologi, pasar, pembiayaan, kelembagaan, serta kesiapan implementasi. Oleh karena itu, penyusunan FS dalam pedoman ini tidak dilakukan secara linear, melainkan mengikuti alur logis yang mencerminkan hubungan sebab–akibat antar komponen sistem pengelolaan sampah. Berikut Kerangka Berpikir Keterkaitan 5CM dengan Pilar Analisis FS[1].



[1] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

Sebagaimana ditunjukkan kerangka berpikir dan pada diagram alur penyusunan FS di bawah, setiap bab tidak berdiri sendiri, melainkan saling memberikan masukan informasi dan umpan balik risiko. Analisis pada tahap awal akan mempengaruhi keputusan pada tahap berikutnya, sementara temuan risiko pada tahap lanjutan dapat mengharuskan penyesuaian kembali terhadap asumsi teknis, pasar, maupun pembiayaan. Pendekatan ini memastikan bahwa FS berfungsi sebagai alat pengambilan keputusan yang dinamis, bukan sekadar kompilasi kajian tematik.

Alur dan Keterkaitan Penyusunan Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah



Secara umum, penyusunan FS dibagi ke dalam empat tahapan utama.

Tahap pertama adalah perumusan konteks dan landasan studi, yang menetapkan alasan proyek, batas sistem, kondisi baseline wilayah, serta kerangka regulasi dan kebijakan yang menjadi rujukan seluruh analisis. Tahap ini memastikan bahwa proyek memiliki dasar strategis dan legal yang jelas sebelum memasuki analisis teknis dan ekonomi.

Tahap kedua adalah penetapan sistem layanan, input, dan output, yang dimulai dari analisis suplai sampah dan wilayah pelayanan, dilanjutkan dengan pemilihan teknologi dan kinerja proses, serta identifikasi produk yang dihasilkan. Pada tahap ini, neraca massa berperan sebagai alat validasi untuk memastikan konsistensi antara input, proses, dan output yang direncanakan.

Tahap ketiga merupakan penilaian nilai ekonomi, pasar, dan kelembagaan, dimana sistem yang telah dirancang diuji kelayakannya dari sisi kesiapan pasar, biaya dan pembiayaan, serta tata kelola, kelembagaan dan struktur legal yang akan mengelola proyek. Tahap ini menjadi titik temu antara aspek teknis dan keberlanjutan operasional proyek.

Selanjutnya, **tahap keempat** berfokus pada penilaian keberlanjutan, manajemen risiko, dan kesiapan implementasi. Analisis lingkungan, sosial, dan iklim, serta manajemen risiko digunakan untuk memastikan bahwa proyek tidak hanya layak secara analitis, tetapi juga aman untuk dilaksanakan dan memiliki roadmap implementasi yang realistis.

Melalui alur ini, setiap bab dalam pedoman disusun sebagai bagian dari rantai keputusan yang saling terhubung. Informasi yang dihasilkan pada satu bab menjadi dasar analisis pada bab lainnya, sementara identifikasi risiko menjadi mekanisme pengendalian untuk menjaga konsistensi dan kelayakan proyek secara keseluruhan. Dengan demikian, pedoman penulisan tiap bab yang disajikan pada bagian berikutnya harus dipahami sebagai bagian dari satu kesatuan proses penyusunan FS yang utuh.

Kementerian PPN/
Bappenas

SIPA
Sustainable Infrastructure Programme in Asia

UNDP

BAB III
CARA MENGGUNAKAN PEDOMAN



Supported by:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection

based on a decision of
the German Bundestag

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

OECD

Pedoman ini dapat digunakan untuk jenis fasilitas pengelolaan sampah melingkupi TPST; MRF; RDF; fasilitas organik; maupun sistem pengolahan terpadu lainnya. Meskipun demikian, kedalaman analisis dan kebutuhan data dapat berbeda tergantung: jenis teknologi; skala layanan; kompleksitas sistem; dan skema implementasi proyek.

Sebelum penyusunan FS dimulai, Pemerintah Daerah atau pihak pengusul proyek disarankan melakukan beberapa langkah awal untuk memastikan kesiapan proses studi. Langkah awal ini penting agar: penyusunan FS lebih terarah; kebutuhan data lebih jelas; koordinasi antar OPD lebih efektif; dan analisis dapat dilakukan secara lebih efisien.

Tahapan Penggunaan Pedoman

Penggunaan pedoman dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Penjelasan
1	Pembentukan tim penyusun	Membentuk tim penyusun FS yang melibatkan lintas bidang dan lintas OPD sesuai kebutuhan analisis proyek, termasuk aspek teknis, finansial, kelembagaan, lingkungan, dan implementasi. Pada tahap ini juga ditetapkan penanggung jawab, mekanisme koordinasi, dan pembagian tugas masing-masing anggota tim.
2	Identifikasi kebutuhan proyek	Memahami permasalahan dan kebutuhan sistem persampahan eksisting, target layanan yang ingin dicapai, urgensi proyek, serta posisi proyek dalam sistem pengelolaan sampah daerah. Tahap ini menjadi dasar penentuan tujuan, kapasitas awal, dan arah pengembangan proyek.
3	Penetapan ruang lingkup FS	Menentukan batas sistem, wilayah layanan, jenis fasilitas, kapasitas perencanaan, horizon analisis, serta batas kajian FS. Penetapan ruang lingkup dilakukan untuk memastikan fokus studi, kebutuhan data, dan kedalaman analisis sesuai dengan karakteristik proyek.
4	Pengumpulan data	Mengumpulkan data primer dan sekunder sesuai kebutuhan masing-masing pilar analisis. Tahap ini mencakup identifikasi kebutuhan data, koordinasi dengan OPD penyedia data, pelaksanaan survey lapangan, sampling timbulan dan komposisi sampah, wawancara stakeholder, serta verifikasi dan validasi data. Gambaran umum kebutuhan data dapat dilihat pada lampiran.
5	Analisis per pilar	Melakukan analisis pada masing-masing pilar secara terintegrasi, meliputi aspek teknis, suplai sampah, teknologi, pasar, finansial, kelembagaan, lingkungan, risiko, dan kesiapan implementasi. Analisis dilakukan sesuai panduan pada masing-masing BAB dengan memastikan keterhubungan antar pilar analisis.
6	Konsolidasi analisis dan penilaian implementabilitas	Melakukan konsolidasi hasil analisis untuk memastikan konsistensi asumsi dan keterhubungan antar pilar analisis. Pada tahap ini juga dilakukan penilaian implementabilitas proyek, identifikasi risiko utama, serta evaluasi kesiapan implementasi proyek secara menyeluruh.
7	Penyusunan simpulan dan rekomendasi	Menyusun simpulan hasil studi, status kesiapan proyek, rekomendasi implementasi, kebutuhan tindak lanjut, serta prasyarat yang perlu dipenuhi sebelum proyek dilanjutkan ke tahap berikutnya. Rekomendasi disusun untuk mendukung proses pengambilan keputusan proyek secara lebih kredibel dan decision-oriented.

Kebutuhan Tim Penyusun

Penyusunan FS memerlukan keterlibatan lintas bidang karena analisis mencakup aspek: teknis; finansial; kelembagaan; lingkungan; pasar; dan implementasi proyek. Oleh karena itu, sebelum penyusunan FS dimulai, perlu dibentuk tim penyusun atau tim pendamping FS. Tim penyusun dapat terdiri dari:

Fungsi	Peran
Penanggung Jawab	Pengarah dan pengambil keputusan
Ketua Tim / Koordinator	Mengkoordinasikan keseluruhan proses FS
Tim Teknis Persampahan	Analisis teknis dan sistem persampahan
Tim Data dan Survey	Pengumpulan dan validasi data
Tim Finansial	Analisis biaya dan pembiayaan
Tim Kelembagaan	Analisis tata kelola dan delivery model
Tim Lingkungan, Sosial, dan Iklim	Analisis lingkungan, sosial, dan iklim
Tim Risiko dan Implementasi	Analisis risiko dan readiness proyek

Penanggung Jawab Pilar Analisis

Penanggung jawab pilar analisis ditetapkan untuk memastikan bahwa setiap aspek dalam penyusunan Studi Kelayakan (FS) dianalisis oleh pihak yang memiliki kewenangan, kompetensi, dan pemahaman substantif sesuai bidangnya masing-masing. Mengingat penyusunan FS pengelolaan sampah mencakup berbagai aspek yang saling terhubung, seperti teknis, finansial, kelembagaan, lingkungan, dan implementasi, maka proses analisis memerlukan keterlibatan lintas OPD dan lintas disiplin secara terkoordinasi.

Pilar Analisis	Fokus Utama	Penanggung Jawab
Konteks Proyek & Baseline Wilayah	Justifikasi kebutuhan dan baseline sistem	Bappeda
Regulasi & Kebijakan	Tata ruang, kebijakan, dan perizinan	Setda
Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan	Timbulan, komposisi, dan layanan persampahan	DLH
Teknologi & Kinerja Proses	Teknologi pengolahan dan kapasitas sistem	DLH
Produk & Kesiapan Pasar	Produk RDF/material dan offtaker	Dinas Perindustrian / Perdagangan
Neraca Massa	Konsistensi input-output sistem	DLH
Biaya & Pembiayaan	CAPEX, OPEX, dan model finansial	Bappeda
Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal	Delivery model dan kelembagaan	Setda
Lingkungan, Sosial & Iklim	Dampak lingkungan, sosial, dan iklim	DLH
Manajemen Risiko	Risiko proyek dan mitigasi	Bappeda
Kesiapan Implementasi	Roadmap dan readiness proyek	Bappeda

Meskipun terdapat penanggung jawab utama pada masing-masing pilar, proses penyusunan FS tetap perlu dilakukan secara kolaboratif dan terintegrasi antar pilar analisis seperti yang tertuang dalam panduan penyusunan tiap BAP pilar analisis. Hal ini penting karena hasil analisis pada satu pilar akan mempengaruhi analisis pada pilar lainnya dan secara keseluruhan menentukan implementabilitas proyek pengelolaan sampah.

BAB 0 Ringkasan Eksekutif

Tujuan

Bab Ringkasan Eksekutif bertujuan menyajikan gambaran menyeluruh mengenai proyek secara singkat, jelas, dan berorientasi pada pengambilan keputusan. Bab ini merangkum hasil analisis dari seluruh BAB Studi Kelayakan ke dalam informasi kunci yang diperlukan oleh pengambil keputusan untuk menentukan apakah proyek:

- Layak untuk dilanjutkan,
- Memerlukan pendalaman atau perbaikan, atau
- Belum siap untuk diimplementasikan.

Ringkasan Eksekutif bukan sekadar ringkasan dokumen, tetapi merupakan *Executive Investment Case*, yang menjelaskan alasan proyek, manfaat utama, risiko kunci, serta keputusan strategis yang diperlukan sebelum proyek memasuki tahap implementasi atau pembiayaan.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi ringkasan dengan seluruh BAB FS
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Merangkum kelayakan finansial dan ekonomi
Tenaga Ahli Persampahan	Memastikan kapasitas dan kinerja teknis tersampaikan akurat
Tenaga Ahli Kelembagaan / KPBU	Merangkum kesiapan kelembagaan dan delivery model
Tenaga Ahli Manajemen Risiko	Mengkonsolidasikan risiko utama proyek
Bappeda	Memastikan kesimpulan dan rekomendasi proyek selaras dengan RPJMD, rencana pembangunan daerah, dan prioritas investasi daerah.
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memvalidasi kesesuaian rekomendasi proyek dengan strategi pengelolaan sampah daerah serta implikasi terhadap sistem layanan eksisting.
BPKAD / Badan Keuangan Daerah	Menilai implikasi fiskal ringkasan proyek, termasuk kebutuhan dukungan APBD, kemampuan pembayaran layanan, dan risiko fiskal daerah.
Bagian Hukum Setda	Memastikan kesimpulan terkait skema kerja sama, KPBU, atau penugasan operator sesuai kerangka hukum daerah.
DPMPTSP / PTSP	Memvalidasi implikasi perizinan utama terhadap keputusan kelayakan dan kesiapan implementasi.
Asisten Daerah Bidang Perekonomian / Sekretariat Daerah	Mengkoordinasikan konsolidasi lintas OPD dan memastikan rekomendasi dapat ditindaklanjuti sebagai keputusan Pemerintah Daerah.

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Calon operator / mitra swasta
- Reviewer teknis atau pendamping proyek

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Perumusan Latar Belakang & Urgensi Proyek	2. Justifikasi Investasi & Opsi Proyek	3. Ringkasan Kapasitas, Biaya & Manfaat
Apa yang dilakukan?	1. Ringkas kondisi sistem persampahan eksisting dan permasalahan utama. 2. Identifikasi kesenjangan layanan dan tekanan terhadap sistem (TPA, lingkungan, layanan). 3. Jelaskan urgensi proyek berdasarkan kebutuhan layanan, kebijakan daerah, dan target nasional. 4. Jelaskan dampak apabila proyek tidak dilaksanakan (*do-nothing scenario*).	1. Ringkas opsi proyek yang telah dianalisis dalam FS (teknologi, skala, lokasi, model layanan). 2. Jelaskan alasan pemilihan opsi terbaik berdasarkan kesesuaian teknis, ekonomi, dan implementasi. 3. Pastikan justifikasi investasi konsisten dengan hasil analisis teknis, pasar, dan finansial. 4. Ringkas manfaat strategis proyek terhadap sistem persampahan daerah.	1. Ringkas kapasitas layanan dan output utama (produk, residu, pengurangan ke TPA). 2. Sajikan estimasi CAPEX dan OPEX utama secara ringkas. 3. Ringkas sumber pendapatan dan kebutuhan subsidi/tipping fee. 4. Sajikan manfaat utama: lingkungan, sosial, dan operasional. 5. Pastikan angka konsisten dengan Bab teknis dan finansial.
Metode / Tools	Review Bab 2 (Konteks), analisis gap layanan, ringkasan kebijakan	Opsi *analysis summary, value-for-money comparison*	*Financial summary sheet, key assumption sheet*
Keluaran	Ringkasan urgensi proyek	Ringkasan justifikasi investasi & opsi terpilih	Tabel ringkasan kapasitas, biaya & manfaat

Lanjutan.

TAHAP	4. Identifikasi Risiko Utama & Keputusan Kunci
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi risiko utama dari seluruh BAB FS, meliputi: a. Risiko suplai sampah; b. Risiko teknologi dan operasi; c. Risiko pasar & offtake; d. Risiko kelembagaan & regulasi; e. Risiko finansial & fiskal 2. Ringkas risiko yang berpotensi mempengaruhi keberhasilan proyek. 3. Tetapkan status kesiapan proyek: • READY • CONDITIONAL • NOT READY 4. Susun daftar keputusan kunci dan prasyarat sebelum implementasi (misalnya kontrak offtake, penguatan kelembagaan, kepastian pendanaan).
Metode / Tools	*Risk summary matrix, decision summary sheet*
Keluaran	Daftar risiko utama & keputusan kunci proyek

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Urgensi & konteks proyek	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Opsi teknologi	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Produk & pasar	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Neraca massa	Bab 7 Neraca Massa
Biaya & kelayakan finansial	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Kelembagaan	Bab 9 Tata Kelola. Kelembagaan & Legal
Risiko	Bab 11 Manajemen Risiko
Kesiapan implementasi	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan

Contoh Ilustratif

Konteks Kasus (Ilustrasi)

Pemerintah Kabupaten X merencanakan pembangunan fasilitas pengolahan sampah berbasis RDF untuk mengurangi beban TPA yang telah mencapai kapasitas maksimum. Sistem persampahan eksisting masih didominasi pengangkutan langsung ke TPA dengan tingkat pengolahan di bawah 10%. Target daerah adalah mengurangi residu ke TPA sebesar 40% dalam 5 tahun.

Studi kelayakan dilakukan untuk menilai opsi pembangunan fasilitas RDF kapasitas 150 ton/hari yang melayani wilayah perkotaan utama.

Latar Belakang & Urgensi Proyek

Timbulan sampah wilayah layanan mencapai 220 ton/hari dengan tren peningkatan 3% per tahun. TPA eksisting diproyeksikan penuh dalam 3 tahun. Target RPJMD dan kebijakan nasional menuntut peningkatan pengolahan sampah. Tanpa proyek, biaya pengangkutan dan perluasan TPA meningkat signifikan.

Kesimpulan Ringkas: Proyek diperlukan untuk menjaga keberlanjutan layanan persampahan dan mengurangi risiko lingkungan jangka menengah.

Justifikasi Investasi & Opsi Proyek

Opsi yang dianalisis: (1) Perluasan TPA (do minimum), (2) TPST komposting skala besar, (3) Fasilitas RDF dengan pemanfaatan industri semen. Hasil analisis menunjukkan: (a) Opsi RDF memberikan pengurangan residu terbesar, (b) Tersedia calon offtaker dengan kebutuhan bahan bakar alternatif, (c) Biaya siklus hidup lebih rendah dibanding perluasan TPA jangka panjang.

Opsi Terpilih: Fasilitas RDF 150 ton/hari dengan integrasi pemilahan dan pengeringan.

Ringkasan Kapasitas, Biaya & Manfaat

Komponen	Ringkasan
Kapasitas input	150 ton/hari
Produksi RDF	±45 ton/hari
Residu ke TPA	±35%
CAPEX	Rp 185 Miliar
OPEX	Rp 420.000/ton
Pendapatan utama	Tipping fee + penjualan RDF
Manfaat utama	Pengurangan residu, umur TPA bertambah, pengurangan emisi

Indikator finansial menunjukkan proyek layak dengan kebutuhan tipping fee dalam batas kemampuan fiskal daerah.

Risiko Utama & Keputusan Kunci

Risiko utama yang teridentifikasi: (1) Variasi kadar air sampah mempengaruhi kualitas RDF. (2) Ketergantungan pada satu offtaker utama. (3) Kebutuhan penguatan kapasitas operator.

Prasyarat sebelum implementasi: (a) Kontrak offtake minimum 80 ton/hari ditandatangani. (b) Unit pengering (dryer) terpasang sebelum COD. (c) Penetapan skema tipping fee melalui APBD.

BAB 1 Pendahuluan & Metodologi

Tujuan

Bab Pendahuluan dan Metodologi bertujuan menjelaskan dasar penyusunan Studi Kelayakan (FS), termasuk tujuan studi, ruang lingkup analisis, batasan studi, serta pendekatan metodologi yang digunakan. Bab ini memastikan bahwa seluruh proses penyusunan FS dilakukan secara terstruktur, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai dasar pengambilan keputusan investasi.

Bab ini menjelaskan:

- tujuan dan sasaran penyusunan FS sebagai alat pengambilan keputusan;
- ruang lingkup analisis yang dilakukan dan batasan studi yang perlu dipahami;
- metodologi analisis yang digunakan dalam seluruh BAB FS;
- keterkaitan antar tahapan analisis dari konteks proyek hingga kesiapan implementasi.

Pendahuluan dan metodologi berfungsi sebagai landasan analisis, sehingga seluruh asumsi, pendekatan, dan batasan yang digunakan dalam FS dapat dipahami secara konsisten oleh penyusun, evaluator, dan pengambil keputusan.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menetapkan kerangka metodologi dan memastikan konsistensi pendekatan antar BAB
Tenaga Ahli Persampahan	Menyusun metodologi analisis teknis, suplai sampah, dan teknologi
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Menyusun pendekatan analisis finansial dan ekonomi
Tenaga Ahli Lingkungan / Sosial	Menetapkan pendekatan analisis lingkungan, sosial, dan iklim
Tenaga Ahli Kelembagaan / KPBU	Menyusun pendekatan analisis kelembagaan dan tata kelola
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Menyediakan data sistem persampahan eksisting
Bappeda	Memastikan keselarasan proyek dengan rencana pembangunan daerah
Dinas PUPR	Memberikan masukan terkait infrastruktur pendukung
Badan Keuangan Daerah (BPKAD/BPKD)	Memberikan informasi kapasitas fiskal daerah

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Operator eksisting atau pengelola fasilitas
- Akademisi atau tenaga ahli teknis
- Stakeholder terkait (industri, komunitas, sektor informal)

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Penetapan Tujuan & Sasaran Studi Kelayakan	2. Penetapan Ruang Lingkup & Batasan Studi	3. Penyusunan Metodologi Penyusunan FS

Apa yang dilakukan?	1. Jelaskan tujuan penyusunan FS sebagai dasar pengambilan keputusan investasi. 2. Tentukan keputusan yang diharapkan dari FS (go / conditional / redesign). 3. Tetapkan sasaran analisis meliputi aspek teknis, pasar, finansial, lingkungan, sosial & iklim, kelembagaan, dan risiko. 4. Jelaskan posisi FS dalam siklus proyek (pra-investasi).	1. Tetapkan wilayah layanan dan batas sistem yang dianalisis. 2. Jelaskan jenis fasilitas dan sistem yang termasuk dalam studi. 3. Tentukan periode analisis teknis dan finansial. 4. Identifikasi keterbatasan data dan asumsi utama studi. 5. Jelaskan aspek yang tidak dibahas secara rinci pada tahap FS.	1. Jelaskan pendekatan pengumpulan data (primer & sekunder). 2. Susun tahapan analisis FS meliputi: a. Framing Stage; b. System Definition Stage; c. Value & Viability Stage; d. Readiness & Safeguard Stage 3. Jelaskan metode analisis teknis, pasar, finansial, lingkungan, kelembagaan, dan risiko. 4. Jelaskan keterkaitan antar BAB dalam proses analisis. 5. Tetapkan asumsi dasar yang digunakan dalam studi.
Metode / Tools	TOR Studi Kelayakan, kerangka siklus proyek infrastruktur	Dokumen perencanaan daerah (RPJMD, RIPS, RTRW), data sistem eksisting	Survey & sampling tools, mass balance model, financial model, risk register, stakeholder consultation log
Keluaran	Pernyataan tujuan dan sasaran FS	Definisi ruang lingkup dan batasan studi	Kerangka metodologi FS dan alur analisis antar BAB

Contoh Ilustratif

Konteks Kasus (Ilustrasi)

Pemerintah Kota X menyusun Studi Kelayakan pembangunan fasilitas pengolahan sampah untuk mengurangi beban TPA yang telah mencapai kapasitas maksimum. Studi dilakukan untuk menilai kelayakan pembangunan fasilitas pengolahan terpadu yang melayani wilayah perkotaan utama dengan kapasitas indikatif 120 ton/hari.

Pada tahap awal penyusunan FS, diperlukan kejelasan mengenai tujuan studi, ruang lingkup analisis, serta metodologi yang digunakan agar seluruh analisis berikutnya dilakukan secara konsisten.

Tujuan dan Sasaran Studi Kelayakan

FS bertujuan untuk:

- menilai kelayakan teknis, finansial, pasar, lingkungan, dan kelembagaan proyek;
- menentukan opsi proyek yang paling layak untuk dilanjutkan;
- mengidentifikasi risiko utama dan prasyarat implementasi.

Keputusan yang diharapkan dari FS:

- proyek dapat dilanjutkan,
- proyek dapat dilanjutkan dengan prasyarat,
- atau proyek memerlukan redesign.

FS dinyatakan sebagai tahap pra-investasi dan bukan dokumen desain detail.

Ruang Lingkup dan Batasan Studi

Ruang lingkup studi meliputi:

- wilayah layanan perkotaan inti,
- sistem pengumpulan dan pengangkutan eksisting,
- fasilitas pengolahan dan residu ke TPA.

Batasan studi:

- data komposisi sampah menggunakan sampling 7 hari,
- detail desain mekanikal-elektrikal belum dibahas,
- analisis sosial terbatas pada identifikasi awal dampak.
- Implikasi batasan dijelaskan dalam interpretasi hasil FS.

Metodologi Penyusunan FS

Metodologi FS menggunakan tahapan:

- Framing Stage – penetapan konteks dan kebutuhan proyek.
- System Definition Stage – analisis suplai sampah dan teknologi.
- Value & Viability Stage – analisis pasar, biaya, dan kelembagaan.
- Readiness & Safeguard Stage – analisis risiko dan kesiapan implementasi.

Metode analisis meliputi:

- survei timbulan dan komposisi,
- analisis neraca massa,
- profiling offtaker,
- model finansial,
- analisis risiko.

BAB 2 Konteks Proyek dan Baseline Wilayah

Tujuan

BAB Konteks Proyek & Baseline Wilayah bertujuan memberikan gambaran faktual mengenai kondisi wilayah studi, sistem persampahan eksisting, kondisi lingkungan, sosial dan iklim, pemangku kepentingan, kapasitas fiskal daerah, serta kondisi kelembagaan yang menjadi dasar penyusunan Studi Kelayakan.

BAB ini memastikan bahwa:

- proyek dibangun berdasarkan kebutuhan nyata, bukan asumsi,
- permasalahan yang ingin diselesaikan terdefinisi jelas,
- kondisi awal (baseline) tersedia sebagai dasar perbandingan manfaat proyek,
- seluruh analisis pada BAB berikutnya menggunakan asumsi yang konsisten.

BAB ini menjadi dasar untuk menjawab apakah proyek memang diperlukan dan realistis untuk dilaksanakan dalam konteks wilayah yang ada.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Memastikan konsistensi konteks dengan tujuan proyek
Tenaga Ahli Persampahan	Analisis sistem persampahan eksisting
Tenaga Ahli Lingkungan	Penyusunan baseline lingkungan
Tenaga Ahli Sosial	Penyusunan baseline sosial
Tenaga Ahli Kelembagaan / KPBU	Analisis kelembagaan dan stakeholder
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Analisis kondisi fiskal daerah
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Menyediakan data sistem dan kebijakan persampahan
Bappeda	Menyediakan dokumen perencanaan daerah, serta informasi rencana pengembangan wilayah.
Dinas Kependudukan / BPS	Menyediakan data kependudukan, pertumbuhan penduduk, dan distribusi wilayah sebagai dasar analisis timbulan dan proyeksi.
Dinas PUPR	Memberikan data infrastruktur wilayah
Dinas Tata Ruang	Memberikan informasi RTRW/RDTR
Badan Keuangan Daerah	Menyediakan data kondisi fiskal daerah
Bagian Pemerintahan / Bagian Hukum Setda	Memberikan informasi struktur kelembagaan daerah
UPT Pengelola	Memberikan data operasional aktual

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Kecamatan/Kelurahan
- Operator fasilitas
- Masyarakat sekitar lokasi fasilitas

Tahapan Kerja

TAHAP	1 Profil Wilayah Studi	2 Sistem Persampahan Eksisting	3 Baseline Lingkungan & Sosial

Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi karakteristik wilayah (demografi, ekonomi, tata ruang). 2. Analisis pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. 3. Identifikasi wilayah layanan potensial. 4. Identifikasi lokasi infrastruktur persampahan eksisting.	1. Petakan sistem pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir. 2. Identifikasi kapasitas fasilitas eksisting. 3. Analisis tingkat layanan dan kesenjangan layanan. 4. Identifikasi masalah operasional utama.	1. Identifikasi kondisi lingkungan awal (air, udara, lahan). 2. Identifikasi isu lingkungan eksisting. 3. Identifikasi kondisi sosial masyarakat sekitar. 4. Identifikasi potensi dampak awal proyek.
Metode / Tools	Data BPS, RTRW, GIS	Survey lapangan, data DLH	Survey lingkungan awal, FGD masyarakat
Keluaran	Profil wilayah studi	Peta sistem persampahan eksisting	Deskripsi baseline lingkungan & sosial

Lanjutan.

TAHAP	4. Pemetaan Pemangku Kepentingan	5. Kondisi Fiskal & Pembiayaan Daerah	6. Kondisi Kelembagaan
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi stakeholder utama (regulator, operator, pengawas, masyarakat, industri). 2. Analisis pengaruh dan kepentingan stakeholder. 3. Identifikasi potensi dukungan dan resistensi proyek.	1. Analisis APBD sektor persampahan. 2. Identifikasi sumber pembiayaan eksisting. 3. Evaluasi kemampuan subsidi/tipping fee. 4. Identifikasi peluang pembiayaan eksternal.	1. Identifikasi struktur organisasi pengelola. 2. Identifikasi peran regulator, operator, dan pengawas. 3. Evaluasi kapasitas SDM dan tata kelola eksisting. 4. Identifikasi gap kelembagaan awal.
Metode / Tools	Stakeholder mapping matrix	Analisis APBD, laporan keuangan daerah	Review organisasi & wawancara institusi
Keluaran	Peta stakeholder proyek	Ringkasan kapasitas fiskal	Gambaran kelembagaan eksisting

Contoh Ilustratif

Konteks Kasus (Ilustrasi)

Kabupaten X memiliki jumlah penduduk 750.000 jiwa dengan tingkat pertumbuhan 1,8% per tahun. Sistem persampahan saat ini mengandalkan satu TPA dengan tingkat keterisian mencapai 85% dan diproyeksikan penuh dalam 3–4 tahun. Tingkat pelayanan pengumpulan-pengangkutan baru mencapai 70%, dengan sebagian wilayah masih melakukan pembakaran terbuka.

Pemerintah daerah berencana membangun fasilitas pengolahan sampah untuk mengurangi beban TPA dan meningkatkan tingkat pelayanan.

Profil Wilayah Studi

Analisis menunjukkan bahwa:

- wilayah layanan terkonsentrasi pada kawasan perkotaan dengan timbulan sampah tertinggi,
- pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi menyebabkan peningkatan timbulan sampah rata-rata 3% per tahun,

- RTRW mengalokasikan area industri ringan yang potensial sebagai lokasi fasilitas pengolahan.

Kesimpulan: wilayah studi relevan untuk pengembangan fasilitas pengolahan skala menengah.

Sistem Persampahan Eksisting

Temuan utama:

- pengumpulan dilakukan oleh DLH dan pihak swasta terbatas,
- armada pengangkutan tidak mencukupi pada jam puncak,
- tidak terdapat fasilitas pengolahan antara sebelum TPA.

Gap utama:

- kapasitas pengolahan belum tersedia,
- biaya transportasi tinggi akibat jarak TPA terlalu jauh.

Baseline Lingkungan

Kondisi baseline menunjukkan:

- keluhan masyarakat terhadap bau dari TPA,
- potensi pencemaran air lindi pada musim hujan,
- kualitas udara relatif baik di lokasi rencana fasilitas.

Kesimpulan: proyek berpotensi memberikan manfaat lingkungan jika dikelola dengan baik.

Baseline Sosial

Hasil FGD menunjukkan:

- masyarakat mendukung pengurangan beban TPA,
- kekhawatiran utama terkait bau dan lalu lintas truk,
- terdapat sektor informal yang bergantung pada aktivitas pemilahan di TPA.

Implikasi: perlu integrasi sektor informal dalam desain proyek.

Pemetaan Pemangku Kepentingan

Stakeholder utama:

- DLH sebagai regulator dan operator,
- Bappeda sebagai perencana,
- masyarakat sekitar lokasi,
- industri sebagai calon offtaker produk.

Analisis menunjukkan dukungan tinggi dari Pemerintah Daerah namun memerlukan komunikasi publik yang lebih intensif.

Kondisi Fiskal dan Pembiayaan Daerah

Analisis fiskal menunjukkan:

- belanja persampahan sekitar 3% APBD,
- ruang fiskal terbatas untuk investasi penuh oleh APBD,
- diperlukan kombinasi pembiayaan atau dukungan eksternal.

Kondisi Kelembagaan

Struktur kelembagaan menunjukkan:

- DLH menjalankan fungsi regulator dan operator sekaligus,
- belum terdapat unit operasional khusus fasilitas pengolahan,
- kapasitas SDM teknis terbatas.

Kesimpulan: diperlukan penguatan kelembagaan sebelum tahap operasi.

BAB 3 Kerangka Regulasi dan Kebijakan

Tujuan

BAB ini bertujuan memastikan bahwa proyek pengelolaan sampah yang diusulkan:

- Memiliki landasan hukum yang jelas dan sah untuk dilaksanakan,
- Selaras dengan arah kebijakan nasional dan daerah,
- Tidak menghadapi hambatan regulasi yang signifikan pada tahap implementasi,
- Memiliki jalur perizinan yang realistis dan dapat dipenuhi sesuai jadwal proyek.

Analisis pada BAB ini menjadi dasar untuk memastikan bahwa proyek:

- Layak secara legal untuk dilanjutkan,
- Tidak bertentangan dengan kebijakan tata ruang dan sektor terkait,
- Memiliki kepastian regulasi sebelum masuk tahap investasi dan konstruksi.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Memastikan konsistensi analisis regulasi dengan desain proyek
Tenaga Ahli Hukum / Regulasi	Analisis regulasi, kebijakan, dan perizinan
Tenaga Ahli Persampahan	Memastikan kesesuaian desain teknis dengan RTRW & regulasi teknis
Tenaga Ahli Lingkungan	Identifikasi kewajiban izin lingkungan
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memastikan kesesuaian proyek dengan kebijakan pengelolaan sampah
Bagian Hukum Setda	Menelaah kesesuaian proyek terhadap Perda dan Perkada yang berlaku
Dinas Penanaman Modal dan PTSP (DPMPTSP)	Memberikan informasi jalur perizinan berusaha
Dinas Tata Ruang	Memastikan kesesuaian lokasi proyek dengan RTRW/RDTR
Bappeda	Memastikan keselarasan proyek dengan dokumen perencanaan pembangunan daerah
Dinas PUPR	Memberikan masukan terkait regulasi teknis infrastruktur dan standar prasarana
Badan Keuangan Daerah	Mengidentifikasi implikasi regulasi terhadap skema pembiayaan daerah

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Instansi teknis sektoral terkait

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Identifikasi Regulasi dan Kebijakan Relevan	2. Uji Kesesuaian Kebijakan & Tata Ruang	3. Analisis Perizinan & Hambatan Regulasi
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi regulasi nasional terkait pengelolaan sampah, lingkungan, investasi, dan infrastruktur.	1. Evaluasi kesesuaian proyek dengan RTRW/RDTR dan peruntukan lahan.	1. Identifikasi seluruh izin yang diperlukan (lingkungan, lokasi, konstruksi, operasional).

	2. Identifikasi regulasi daerah (Perda/Perkada) terkait pengelolaan sampah dan pembiayaan layanan. 3. Identifikasi kebijakan sektoral terkait (Jakstrada, RIPS, RPJMD). 4. Susun daftar regulasi yang menjadi dasar hukum proyek.	2. Bandingkan tujuan proyek dengan target kebijakan daerah dan nasional. 3. Identifikasi kebutuhan harmonisasi kebijakan atau penyesuaian regulasi. 4. Evaluasi kesesuaian lokasi terhadap akses, fungsi kawasan, dan batasan lingkungan.	2. Evaluasi status perizinan (tersedia / proses / belum tersedia). 3. Identifikasi potensi hambatan hukum atau konflik regulasi. 4. Susun kebutuhan dan urutan pemenuhan perizinan sebelum implementasi.
Metode / Tools	Review regulasi nasional & daerah, regulatory mapping sheet **Rujukan:** A. Daftar Regulasi Relevan untuk Penyusunan dan Evaluasi FS Pengelolaan Sampah	*Policy alignment matrix*, review RTRW/RDTR, konsultasi OPD terkait **Rujukan:** F. Prasyarat Lokasi yang Mendukung Kelayakan Proyek RDF	Checklist perizinan, konsultasi DPMPTSP, analisis regulasi
Keluaran	Daftar regulasi dan kebijakan relevan	Matriks kesesuaian kebijakan & tata ruang	Daftar izin, status perizinan, dan potensi hambatan regulasi

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Urgensi proyek dan kesesuaian kebijakan pembangunan	Bab 0 Ringkasan Eksekutif
Kondisi wilayah dan sistem eksisting sebagai dasar kesesuaian regulasi	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kesesuaian teknologi terhadap regulasi teknis dan lingkungan	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Ketentuan produk dan pemanfaatan hasil pengolahan	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Asumsi legal terhadap neraca massa dan aliran residu	Bab 7 Neraca Massa
Kesesuaian skema pembiayaan dengan regulasi investasi dan pembiayaan daerah	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Dasar pembentukan struktur kelembagaan dan delivery model	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Identifikasi risiko hukum dan regulasi	Bab 11 Manajemen Risiko
Kesiapan perizinan dan prasyarat implementasi	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan

Contoh Ilustratif

Konteks Kasus (Ilustrasi)

Pemerintah Kota X merencanakan pembangunan fasilitas pengolahan sampah berkapasitas 150 ton/hari untuk mengurangi ketergantungan pada TPA yang diproyeksikan penuh dalam 4 tahun. Proyek direncanakan berada pada lahan milik pemerintah daerah yang saat ini digunakan sebagai depo transfer sampah.

Sebelum melanjutkan ke analisis teknis dan finansial, dilakukan evaluasi terhadap kesesuaian regulasi dan kebijakan untuk memastikan proyek dapat dilaksanakan secara legal dan tidak menghadapi hambatan implementasi.

Identifikasi Regulasi dan Kebijakan Relevan

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa:

- Proyek sejalan dengan kebijakan nasional pengurangan sampah dan target pengolahan dalam Jakstrada.
- RPJMD daerah menetapkan peningkatan layanan persampahan sebagai prioritas pembangunan.
- Peraturan daerah tentang pengelolaan sampah telah mengatur kewenangan pemerintah daerah dalam pengolahan sampah.

Namun ditemukan bahwa Perda retribusi belum mengakomodasi mekanisme tipping fee untuk fasilitas pengolahan.

Implikasi: diperlukan penyesuaian kebijakan tarif sebelum tahap operasi.

Uji Kesesuaian Kebijakan dan Tata Ruang

Analisis RTRW menunjukkan:

- Lokasi proyek berada pada zona fasilitas umum/utilitas.
- Tidak terdapat konflik dengan kawasan lindung atau zona permukiman padat.
- Akses jalan memadai untuk operasional kendaraan pengangkut.

Kesimpulan: Lokasi proyek sesuai secara tata ruang dan dapat dilanjutkan ke tahap desain teknis.

Analisis Perizinan dan Hambatan Regulasi

Perizinan yang diidentifikasi meliputi:

- Persetujuan lingkungan (AMDAL/UKL-UPL),
- Persetujuan bangunan gedung,
- Izin operasional fasilitas pengolahan.

Status saat studi dilakukan:

- Izin lingkungan belum dimulai,
- Status lahan *clear and clean*,
- Tidak terdapat konflik kepemilikan lahan.

Potensi hambatan: Waktu penyusunan AMDAL berpotensi mempengaruhi jadwal konstruksi.

Kesimpulan Ilustratif

Analisis menunjukkan bahwa proyek: Selaras dengan kebijakan nasional dan daerah, sesuai dengan tata ruang, namun memerlukan penyesuaian kebijakan tarif dan percepatan proses perizinan lingkungan. Sehingga status kesiapan regulasi ditetapkan sebagai CONDITIONAL, dengan prasyarat:

- Revisi atau penyesuaian mekanisme tarif layanan persampahan.
- Penyelesaian proses AMDAL sebelum tahap konstruksi.

BAB 4 Suplai Sampah dan Wilayah Pelayanan

Tujuan

BAB ini bertujuan memastikan bahwa proyek memiliki basis suplai sampah yang cukup, stabil, dan realistis untuk mendukung operasi fasilitas sepanjang umur proyek.

Analisis pada BAB ini digunakan untuk:

- Menentukan wilayah layanan dan sumber suplai sampah yang menjadi dasar perencanaan fasilitas;
- Memastikan sistem hulu (pengumpulan dan pengangkutan) mampu menjamin kontinuitas suplai;
- Menetapkan timbulan dan komposisi sampah berbasis data aktual;
- Menyusun proyeksi timbulan jangka panjang sebagai dasar penentuan kapasitas fasilitas;

Menjadi input utama bagi:

- pemilihan teknologi,
- penyusunan neraca massa,
- estimasi biaya dan kelayakan finansial.

BAB ini bukan hanya analisis data timbulan, tetapi merupakan penetapan batas sistem (*system boundary*) proyek.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Memastikan konsistensi asumsi suplai dengan desain kapasitas proyek
Tenaga Ahli Persampahan	Analisis timbulan, komposisi, dan proyeksi sampah
Tenaga Ahli GIS (*Geographic Information System*)	Penetapan wilayah layanan dan analisis logistik hulu
Tenaga Ahli Unit Proses	Menerjemahkan suplai menjadi kebutuhan kapasitas fasilitas
Tenaga Ahli Data Analyst	Pengolahan data historis dan proyeksi jangka panjang
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Menyediakan data timbulan dan komposisi sampah, cakupan layanan pengumpulan, sistem pengangkutan, data TPS/TPST/TPA
UPT Pengelolaan sampah	Memberikan data aktual volume masuk, ritasi armada, pola pengiriman sampah, variasi harian/musiman, serta kendala operasional sistem hulu.
Bappeda	Memberikan data rencana pengembangan wilayah, pertumbuhan kawasan permukiman dan komersial, serta memastikan wilayah layanan sesuai arah pengembangan daerah.
Dinas Kependudukan / BPS	Menyediakan data jumlah penduduk, pertumbuhan penduduk, dan distribusi wilayah sebagai dasar perhitungan timbulan dan proyeksi jangka panjang.
Dinas Perhubungan	Memberikan informasi kondisi jaringan jalan, pembatasan kendaraan, dan faktor operasional yang mempengaruhi waktu tempuh dan efisiensi pengangkutan.
Dinas PUPR	Memberikan informasi rencana pengembangan infrastruktur yang dapat mempengaruhi pola pengumpulan dan pengangkutan sampah.

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Kecamatan/Kelurahan

- Pengelola TPS3R / bank sampah
- Sektor informal (bila relevan)

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Penetapan Wilayah Layanan & Sistem Hulu	2. Analisis Timbulan dan Komposisi Sampah	3. Proyeksi Timbulan Jangka Panjang
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi wilayah layanan berdasarkan batas administrasi, jarak, dan efisiensi logistik. 2. Petakan sumber sampah utama (permukiman, komersial, institusi). 3. Analisis sistem pengumpulan dan pengangkutan eksisting. 4. Identifikasi cakupan layanan dan kesenjangan layanan. 5. Identifikasi potensi kehilangan suplai (TPS3R, bank sampah, sektor informal). 6. Tentukan volume suplai efektif yang realistis ke fasilitas.	1. Lakukan survei timbulan sampah berdasarkan standar sampling. 2. Hitung timbulan per kapita dan total timbulan wilayah layanan. 3. Analisis komposisi sampah berdasarkan kategori material. 4. Identifikasi variasi musiman dan harian. 5. Evaluasi implikasi komposisi terhadap pengolahan dan produk. 6. Tetapkan data timbulan dan komposisi rujukan FS.	1. Susun proyeksi timbulan minimal 20 tahun. 2. Gunakan asumsi pertumbuhan penduduk, ekonomi, dan urbanisasi. 3. Pertimbangkan target pengurangan sampah daerah/nasional. 4. Susun skenario rendah, moderat, dan tinggi. 5. Evaluasi implikasi terhadap kapasitas fasilitas dan kebutuhan ekspansi. 6. Tetapkan skenario dasar untuk analisis teknis dan finansial.
Metode / Tools	*GIS analysis, service area mapping*, data operasional DLH dan operator	Survey timbulan, komposisi, dan karakterisik sampah, *Waste sampling sheet*, komposisi *analysis sheet* **Rujukan:** S. Perbandingan Skenario Pengumpulan, Pemilahan, dan Karakteristik Sampah untuk Kebutuhan Neraca Massa	*Population projection model, waste generation projection sheet*
Keluaran	Wilayah layanan final dan volume suplai efektif	Data timbulan dan komposisi rujukan FS	Proyeksi timbulan jangka panjang

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Penetapan kebutuhan dan urgensi kapasitas fasilitas	Bab 0 Ringkasan Eksekutif
Batas wilayah studi dan kondisi sistem eksisting	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kesesuaian teknologi terhadap karakteristik sampah	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Penentuan jenis produk dan potensi pemanfaatan hasil olahan	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Penyusunan aliran material dan yield proses	Bab 7 Neraca Massa
Estimasi kapasitas desain dan biaya investasi	Bab 8 Biaya & Pembiayaan

Komponen	Bab Sumber
Penentuan kebutuhan organisasi operasional	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Identifikasi risiko suplai dan variasi timbulan	Bab 11 Manajemen Risiko
Penentuan tahapan pengembangan kapasitas	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan

Contoh Ilustratif

Konteks Kasus (Ilustrasi)

Pemerintah Kabupaten X merencanakan pembangunan fasilitas pengolahan sampah (TPST) untuk mengurangi ketergantungan pada TPA utama yang diproyeksikan mencapai kapasitas maksimum dalam 5 tahun. Fasilitas direncanakan melayani kawasan perkotaan utama dan sebagian kawasan peri-urban dengan target pengurangan sampah ke TPA sebesar 40%.

Tahap analisis suplai dilakukan untuk memastikan bahwa kapasitas fasilitas yang direncanakan memiliki basis suplai yang realistis dan berkelanjutan.

Wilayah Layanan & Sistem Hulu

Kondisi Awal

Kabupaten X memiliki:

- 12 kecamatan,
- total penduduk ± 820.000 jiwa,
- Total timbulan wilayah layanan 320 ton/hari
- tingkat pelayanan pengumpulan-pengangkutan ± 72%.

TPA eksisting berjarak rata-rata 22 km dari pusat kota sehingga biaya transport tinggi dan waktu tempuh panjang.

Penetapan Wilayah Layanan

Berdasarkan analisis jarak, kepadatan penduduk, dan efisiensi logistik, wilayah layanan ditetapkan pada:

- 6 kecamatan perkotaan,
- 2 kecamatan peri-urban.

Pertimbangan utama:

- volume timbulan tinggi,
- akses jalan memadai,
- jarak ke fasilitas <15 km,
- cakupan layanan eksisting >70%.

Wilayah pedesaan tidak dimasukkan karena:

- timbulan rendah,
- jarak transport tidak ekonomis,
- terdapat TPS3R aktif.



Analisis Sistem Hulu dan Perhitungan Suplai Efektif

Analisis sistem hulu dilakukan untuk menjawab pertanyaan utama 'Berapa volume sampah yang secara realistis dapat masuk ke fasilitas setiap hari?'

Perhitungan ini penting karena:

- kapasitas fasilitas harus mengikuti suplai nyata, bukan total timbulan teoritis;
- kesalahan asumsi suplai merupakan penyebab utama fasilitas underload atau gagal operasi;
- menjadi dasar perhitungan neraca massa, biaya operasi, dan pendapatan.

1. Identifikasi Kondisi Sistem Hulu Eksisting

A. Armada dan Operasional Pengangkutan

Hasil inventarisasi menunjukkan:

Parameter	**Nilai**
Jumlah armada	38 unit
Jenis armada dominan	Dump truck 6–8 m^3
Frekuensi ritase	1 rit/hari
Tingkat utilisasi	±85–90%
Hari operasi	6–7 hari/minggu

Interpretasi:

- Armada sudah mendekati kapasitas maksimum.
- Penambahan volume tanpa optimasi rute berpotensi menyebabkan *backlog*.

B. Kondisi TPS dan Transfer

Temuan lapangan:

- Beberapa TPS mengalami *overcapacity*, terutama pada hari libur.
- Waktu tunggu armada meningkat.
- Sebagian sampah tertahan di TPS >24 jam.

Implikasi terhadap suplai:

- Tidak semua timbulan dapat masuk sistem pengangkutan setiap hari.

- Terjadi kehilangan suplai operasional.

2. Identifikasi Kehilangan Suplai (Waste Leakage)

Tidak seluruh timbulan wilayah layanan akan masuk ke fasilitas karena adanya aliran keluar sistem.

Komponen Kehilangan Suplai

A. Pemilahan oleh Sektor Informal (±8%)

Sumber kehilangan:

- pemulung di TPS,
- pengepul,
- pemilahan langsung di sumber.

Material yang keluar:

- plastik bernilai tinggi,
- kardus,
- logam.

Perhitungan:

8% × 320 ton/hari = 25,6 ton/hari

≈ 26 ton/hari

B. Pengolahan di TPS3R (±6%)

Wilayah layanan memiliki beberapa TPS3R aktif yang mengolah:

- sampah organik,
- material daur ulang.

Perhitungan:

6% × 320 ton/hari = 19,2 ton/hari

≈ 19 ton/hari

C. Sampah Tidak Terangkut Rutin (±5%)

Penyebab:

- keterbatasan armada,
- akses jalan sempit,
- keterlambatan pengangkutan.

Perhitungan:

5% × 320 ton/hari = 16 ton/hari

Rekapitulasi Kehilangan Suplai

Komponen Kehilangan	**Persentase**	**Volume (ton/hari)**
Sektor informal	8%	26
TPS3R	6%	19
Tidak terangkut	5%	16
Total kehilangan suplai	19%	61

3. Perhitungan Suplai Efektif

Langkah 1 — Total timbulan wilayah layanan

Berdasarkan data survei dan estimasi timbulan:

Total timbulan = 320 ton/hari

Langkah 2 — Kurangi kehilangan suplai

Suplai efektif = Total timbulan – kehilangan suplai

Suplai efektif = 320 – 61

Suplai efektif = 259 ton/hari

Penyesuaian Operasional (*Operational Adjustment*)

Dalam praktik operasi, variasi harian terjadi karena:

- hujan,
- downtime armada,
- fluktuasi musiman.

Untuk menjaga konservatisme FS, digunakan faktor keandalan suplai:

Faktor keandalan = 95%

Sehingga:

Suplai rencana = 259 × 95%

= 246 ton/hari

4. Hasil Tahap 1 – Suplai Efektif ke Fasilitas

Komponen	**Volume (ton/hari)**
Total timbulan wilayah layanan	320
Kehilangan suplai	-61
Penyesuaian operasional	-13
Suplai efektif rencana	±246 ≈250

5. Interpretasi untuk Studi Kelayakan

Hal penting yang harus dijelaskan dalam FS:

- Kapasitas fasilitas tidak menggunakan angka 320 ton/hari (total timbulan wilayah layanan)
- Kapasitas awal sebaiknya mendekati suplai efektif (±240–250 ton/hari)
- Kelebihan kapasitas awal meningkatkan risiko finansial

6. Prinsip Penting untuk Pedoman

Dalam pedoman FS, penyusun harus menegaskan:

Suplai efektif = timbulan wilayah layanan – kehilangan sistem – faktor ketidakpastian operasional

Ini memastikan:

- teknologi tidak underload,
- biaya operasi realistis,
- proyeksi pendapatan tidak overestimate.

Analisis Timbulan dan Komposisi Sampah

Analisis timbulan dan komposisi bertujuan untuk:

- Mengetahui jumlah sampah aktual yang dihasilkan wilayah layanan.
- Mengetahui karakteristik material yang akan diolah.
- Menentukan kesesuaian teknologi pengolahan.

- Menjadi dasar penyusunan:
  - neraca massa,
  - estimasi output produk,
  - kebutuhan kapasitas proses.

Prinsip utama: **Teknologi mengikuti karakter sampah, bukan sebaliknya.**

1. Metodologi Sampling

A. Pemilihan Lokasi Sampling

Sampling dilakukan pada 8 TPS representatif, dipilih berdasarkan:

- kepadatan penduduk,
- tipe kawasan (permukiman, komersial, campuran),
- wilayah geografis,
- variasi tingkat layanan.

Contoh distribusi:

TPS	Karakter Wilayah	Representasi
TPS 1–3	Permukiman padat	Timbulan domestik
TPS 4–5	Kawasan komersial	Plastik & kemasan
TPS 6–7	Campuran	Variasi material
TPS 8	Peri-urban	Organik tinggi

Tujuan: memastikan komposisi mewakili kondisi nyata wilayah layanan.

B. Durasi Sampling

Sampling dilakukan selama 8 hari berturut-turut, untuk menangkap:

- variasi hari kerja vs akhir pekan,
- variasi konsumsi harian,
- fluktuasi operasional pengangkutan.

Standar umum: minimal 7 hari untuk menghindari bias harian.

C. Metode Pemilahan

Metode mengikuti standar nasional:

Langkah utama:

1. Sampah ditimbang total.
2. Sampah dipilah manual berdasarkan kategori material.
3. Setiap fraksi ditimbang terpisah.
4. Persentase dihitung terhadap berat total.

Formula: Persentase material (%) = (Berat material / Berat total sampah) × 100%

2. Hasil Komposisi Sampah

A. Hasil Rata-Rata Komposisi

Jenis Sampah	Persentase	Volume (ton/hari)*
Organik	52%	130
Plastik	18%	45
Kertas	12%	30
Logam & kaca	3%	7,5
Residu lainnya	15%	37,5
Total	**100%**	**250**

*Menggunakan contoh suplai efektif tahap sebelumnya (250 ton/hari).

B. Interpretasi Teknis

Jenis Sampah	Karakteristik	Implikasi
Organik	• kadar air tinggi, • cepat terdegradasi, • nilai kalor rendah.	• membutuhkan pengeringan atau pencampuran, • mempengaruhi efisiensi RDF, • berpengaruh pada kebutuhan drainase dan pengendalian bau.
Plastik	• nilai kalor tinggi, • cocok sebagai bahan RDF.	• menjadi kontributor utama energi produk, • menentukan nilai jual RDF.
Kertas	• mudah terbakar, • meningkatkan nilai kalor RDF.	
Logam & kaca	• Korosi, inert. • Bahaya luka fisik	• harus dipisahkan, • dapat menjadi produk samping bernilai.
Residu lainnya	Material: popok, tekstil, material tidak dapat diproses.	• tetap membutuhkan landfill, • menjadi dasar kebutuhan TPA residual.

3. Implikasi terhadap Desain Proyek

A. Terhadap Teknologi

Parameter	Dampak
Organik tinggi	Perlu pengurangan kadar air
Plastik cukup	RDF feasible
Residu 15–20%	Perlu pemrosesan akhir

B. Terhadap Neraca Massa

Contoh sederhana:

Neraca Massa		Ton/hari
10% Material Recovery (Daur Ulang)	logam, kaca, sebagian plastik rigid.	25
44% Produksi RDF	plastik, kertas, sebagian organik kering.	110
16% Residu	material tidak dapat diproses, material terlalu basah, kontaminan.	40
30% Kehilangan proses	penguapan air saat pengeringan, penyusutan material, debu dan fines.	75
Total		**250**

C. Terhadap Estimasi Output Produk

Komposisi menentukan:

- volume RDF,
- potensi kompos,
- volume residu,
- potensi pendapatan.

4. Hasil Tahap 2 – Penetapan Data Rujukan FS

Data berikut ditetapkan sebagai data rujukan resmi FS:

- Timbulan wilayah layanan
- Komposisi sampah rata-rata
- Variasi material utama

Data ini digunakan langsung pada:

- BAB Teknologi & Kinerja Proses,
- BAB Neraca Massa,
- BAB Produk & Offtake,
- BAB Biaya & Pembiayaan.

5. Prinsip Penting

Dalam FS perlu ditegaskan:

1. Komposisi harus berasal dari sampling nyata, bukan asumsi nasional.
2. Komposisi menentukan teknologi yang layak.
3. Kesalahan komposisi akan menyebabkan:
    a. output produk tidak sesuai spesifikasi,
    b. biaya operasi meningkat,
    c. kegagalan offtake.
4. Analisis timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah perlu mengacu pada standar, pedoman, dan metodologi terbaru yang berlaku secara nasional. Dalam hal belum tersedia standar nasional yang mengatur secara spesifik terhadap kondisi atau jenis fasilitas tertentu, penyusun FS dapat menggunakan referensi, pedoman, atau praktik internasional yang relevan sebagai acuan tambahan, dengan tetap mempertimbangkan kesesuaian terhadap kondisi lokal dan situasi lapangan.
5. Penentuan titik sampling harus merepresentasikan kondisi riil sampah yang akan diterima dan diproses oleh fasilitas pengolahan atau pemrosesan sampah. Oleh karena itu, lokasi sampling perlu disesuaikan dengan skema layanan dan sumber pasokan sampah yang direncanakan dalam proyek. Sebagai contoh:
    a. apabila TPST melayani sistem layanan eksisting, maka titik sampling dapat berasal dari TPS, TPS3R, kawasan permukiman, kawasan komersial, atau titik transfer sampah yang saat ini menjadi bagian dari sistem pengelolaan;
    b. apabila TPST direncanakan untuk melayani wilayah atau sistem layanan baru, maka sampling perlu dilakukan langsung pada sumber penghasil sampah sesuai karakteristik wilayah layanan yang direncanakan.

Proyeksi Timbulan Jangka Panjang

Proyeksi timbulan jangka panjang dilakukan untuk:

- Memperkirakan perubahan suplai sampah selama umur proyek (±20 tahun).
- Menentukan kapasitas fasilitas yang optimal dan bertahap.
- Menghindari:
    - kapasitas berlebih (overcapacity) di awal operasi,
    - kekurangan kapasitas di masa depan.
- Menjadi dasar:
    - perencanaan ekspansi fasilitas,
    - proyeksi neraca massa,
    - analisis finansial jangka panjang.

Prinsip utama: **Kapasitas awal mengikuti suplai efektif saat ini, sedangkan proyeksi digunakan untuk merencanakan pengembangan bertahap.**

1. Data Dasar Proyeksi

A. Tahun Dasar (Base Year)

Dari hasil analisis, suplai efektif tahun dasar = 250 ton/hari

Angka ini sudah mempertimbangkan:

- cakupan layanan aktual,
- kehilangan suplai sistem hulu,
- faktor ketidakpastian operasional.

B. Asumsi Proyeksi

Parameter	**Nilai**	**Pengaruh**
Pertumbuhan penduduk	1,5% / tahun	Penambahan sumber sampah
Pertumbuhan ekonomi	4% / tahun	Peningkatan timbulan per kapita
Target pengurangan sampah	15% dalam 10 tahun	Menahan kenaikan timbulan

2. Metodologi Perhitungan

Langkah 1 — Menentukan Laju Pertumbuhan Timbulan

Dalam FS persampahan, tidak seluruh pertumbuhan ekonomi menjadi pertumbuhan sampah.

Digunakan faktor koreksi:

Kontribusi ekonomi = 0,3 × pertumbuhan ekonomi[2]

Sehingga:

Pertumbuhan timbulan kotor =

1,5% + (0,3 × 4%) = 2,7% per tahun

Langkah 2 — Koreksi Target Pengurangan Sampah

Target pengurangan:

15% dalam 10 tahun ≈ 1,5% per tahun

Maka pertumbuhan bersih:

2,7% – 1,5% = 1,2% per tahun

Ini digunakan sebagai ***baseline growth rate***.

Langkah 3 — Rumus Proyeksi

Timbulan tahun ke-n = Timbulan dasar × (1 + r)^n

dimana:

r = laju pertumbuhan bersih (1,2%)

n = jumlah tahun

3. Rekapitulasi Hasil Proyeksi

Tahun	**Rendah***	**Moderat (Baseline)**	**Tinggi****
Tahun 1	250	250	250
Tahun 10	265	285	305
Tahun 20	280	320	370

[2] Pendekatan nilai konservatif moderat merujuk pada World Bank Group (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC.

* Asumsi: pengurangan sampah lebih berhasil, pertumbuhan konsumsi melambat. Pertumbuhan bersih: 0,6% per tahun.

**Asumsi: urbanisasi cepat, pengurangan sampah tidak optimal. Pertumbuhan bersih: 2% per tahun.

4. Implikasi terhadap Kapasitas Fasilitas

A. Kapasitas Awal

Kapasitas desain awal: 250 ton/hari

Alasan: sesuai suplai efektif, menjaga utilisasi fasilitas tinggi, menghindari biaya operasi berlebih.

B. Tahapan Pengembangan

Berdasarkan skenario moderat:

Tahun 1–9 → operasi kapasitas awal

Tahun 10 → evaluasi ekspansi kapasitas

Tahun 10–20 → penambahan modul ±50–70 ton/hari

Pendekatan ini memastikan: utilisasi stabil, risiko finansial lebih rendah, fleksibilitas terhadap perubahan kebijakan pengurangan sampah.

5. Prinsip Penting

Dalam pedoman perlu ditegaskan:

- Kapasitas awal mengikuti suplai efektif tahun dasar.
- Proyeksi digunakan untuk menentukan **kapan ekspansi diperlukan**, bukan untuk menentukan kapasitas awal.
- FS yang menggunakan proyeksi tahun ke-20 sebagai kapasitas awal berisiko tinggi gagal secara finansial.

Kesimpulan Ilustratif

Analisis menunjukkan bahwa: Suplai sampah cukup untuk mendukung operasi fasilitas, komposisi sampah sesuai dengan teknologi yang dipertimbangkan, namun sistem hulu perlu penguatan agar suplai stabil.

Keputusan: Kapasitas fasilitas ditetapkan berdasarkan suplai efektif (250 ton/hari), bukan total timbulan wilayah.

BAB 5 Teknologi dan Kinerja Proses

Tujuan

BAB ini bertujuan untuk memastikan bahwa teknologi pengolahan yang dipilih:

- Sesuai dengan karakteristik dan kontinuitas suplai sampah.
- Mampu beroperasi secara andal dalam konteks lokal (teknis, kelembagaan, dan fiskal).
- Menghasilkan output dengan spesifikasi yang dapat diterima pasar atau sistem hilir.
- Terintegrasi dengan sistem transportasi dan logistik secara efisien.
- Menjadi dasar yang valid untuk estimasi biaya, analisis finansial, dan kesiapan implementasi.

BAB ini menjawab apakah desain teknologi yang diusulkan benar-benar dapat dioperasikan, bukan hanya layak secara konseptual.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi dengan Bab 4, 6, 7, dan 8
Tenaga Ahli Persampahan	Evaluasi alternatif teknologi dan kinerja proses
Tenaga Ahli Unit Proses	Penyusunan desain proses dan alur operasi
Tenaga Ahli Persampahan	Evaluasi operasional dan kebutuhan SDM
Tenaga Ahli Transport / Logistik	Integrasi logistik hulu–hilir
Tenaga Ahli Cost Engineer	Input kebutuhan utilitas dan biaya operasi
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memberikan masukan terkait kesesuaian teknologi dengan karakteristik sampah lokal, sistem pengumpulan yang ada, serta kemampuan operasional daerah dalam mengelola fasilitas.
UPT Pengelolaan sampah	Memberikan informasi kondisi operasional aktual, keterbatasan SDM dan peralatan, serta pengalaman operasional yang menjadi dasar evaluasi realisme teknologi.
Dinas PUPR	Memberikan masukan terkait kebutuhan infrastruktur pendukung, utilitas, akses, dan integrasi fasilitas dengan prasarana daerah.
Dinas Perhubungan	Memastikan integrasi sistem logistik pengangkutan dengan desain fasilitas, termasuk akses kendaraan dan potensi hambatan operasional.
Bappeda	Memastikan teknologi yang dipilih realistis terhadap kemampuan pengelolaan jangka panjang dan arah pengembangan layanan daerah.
Dinas Perindustrian / Energi (jika relevan)	Memberikan masukan terkait pemanfaatan produk (RDF) pada industri pengguna dan kesesuaian spesifikasi dengan kebutuhan hilir.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Vendor teknologi / EPC
- Operator fasilitas sejenis
- Industri pengguna produk (offtaker)
- Akademisi / lembaga riset teknologi pengolahan sampah

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Identifikasi Alternatif Teknologi	2. Evaluasi & Pemilihan Teknologi	3. Desain Proses & Alur Operasi
Apa yang dilakukan?	1. Mengidentifikasi teknologi pengolahan yang relevan dengan tujuan proyek dan karakteristik sampah. 2. Mengkaji prinsip kerja, kebutuhan input, dan output masing-masing teknologi. 3. Mengeliminasi teknologi yang tidak sesuai dengan kondisi lokal (komposisi sampah, skala layanan, keterbatasan lahan). 4. Menyusun daftar teknologi alternatif yang layak dikaji lebih lanjut.	1. Menentukan kriteria pemilihan teknologi (teknis, operasional, biaya, risiko). 2. Melakukan evaluasi komparatif antar alternatif teknologi. 3. Menilai sensitivitas teknologi terhadap variasi input sampah. 4. Melakukan scoring teknologi menggunakan *multi-criteria assessment*. 5. Menetapkan teknologi terpilih dan justifikasi pemilihannya.	1. Menyusun *Process Flow Diagram (PFD)*. 2. Menentukan urutan unit proses dan integrasinya. 3. Mengidentifikasi titik kritis operasi dan potensi bottleneck. 4. Menentukan kebutuhan utilitas (listrik, air, bahan bakar). 5. Menyusun konsep layout fasilitas dan kebutuhan lahan.
Metode / Tools	Technology screening matrix, benchmarking fasilitas sejenis, literature review **Rujukan:** B. Komparasi Teknologi Pengolahan Sampah	Multi-criteria assessment (MCA), technology scoring matrix, sensitivity analysis	Process Flow Diagram (PFD), conceptual engineering design, layout analysis **Rujukan:** H. Pendekatan Alur Proses di Fasilitas RDF
Keluaran	Daftar alternatif teknologi yang layak dikaji	Teknologi terpilih beserta justifikasi	Desain proses konseptual dan alur operasi

Lanjutan.

TAHAP	4. Evaluasi Kinerja Proses & Spesifikasi Output	5. Integrasi Transportasi & Logistik
Apa yang dilakukan?	1. Menghitung kapasitas proses dan throughput. 2. Menentukan recovery rate dan residu akhir. 3. Menentukan spesifikasi output produk. 4. Mengevaluasi stabilitas operasi terhadap variasi input. 5. Mengidentifikasi kebutuhan operasi dan pemeliharaan.	1. Mengevaluasi kesesuaian sistem pengumpulan dengan kebutuhan input fasilitas. 2. Menganalisis logistik pengangkutan sampah ke fasilitas. 3. Mengevaluasi logistik distribusi produk dan residu. 4. Mengidentifikasi bottleneck transportasi. 5. Mengoptimalkan alur logistik untuk mendukung operasi stabil.
Metode / Tools	Mass balance calculation, performance benchmarking, operational simulation	Route analysis, logistics flow mapping, transport cost analysis
Keluaran	Target kinerja proses dan spesifikasi output	Skema integrasi logistik dan kebutuhan transportasi

Catatan:

1. Tahapan kerja bersifat berurutan; pemilihan teknologi harus dilakukan sebelum desain proses difinalisasi.
2. Desain proses pada tahap FS bersifat *conceptual design*, bukan *detail engineering*.

3. Kinerja proses yang dihasilkan pada tahap ini menjadi dasar:
    a. neraca massa,
    b. estimasi CAPEX & OPEX,
    c. analisis dampak lingkungan,
    d. identifikasi risiko teknis.

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Kondisi wilayah, batasan lokasi, dan karakteristik lingkungan yang mempengaruhi pemilihan teknologi	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kebijakan dan target pengelolaan sampah yang mempengaruhi pilihan teknologi	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Karakteristik, kuantitas, dan kontinuitas suplai sampah sebagai input proses	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Kebutuhan spesifikasi produk dan persyaratan pasar terhadap output proses	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Neraca massa dan aliran material hasil proses pengolahan	Bab 7 Neraca Massa
Estimasi CAPEX, OPEX, dan kebutuhan utilitas berdasarkan desain proses	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Kompleksitas operasi yang menentukan kebutuhan kapasitas kelembagaan	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Potensi dampak lingkungan dan kebutuhan mitigasi	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Ketahanan teknologi terhadap perubahan iklim dan efisiensi energi	
Identifikasi risiko teknis dan operasional	Bab 11 Manajemen Risiko
Tahapan konstruksi, commissioning, dan kesiapan implementasi	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Integrasi hasil analisis teknologi dalam keputusan akhir proyek	Bab 13 Kesimpulan & Rekomendasi

Contoh Ilustratif

Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis Fasilitas : TPST RDF

Kapasitas Rencana : 250 ton/hari

Wilayah Layanan : Kawasan perkotaan dengan dominasi sampah rumah tangga

Tujuan Proyek:

- Mengurangi volume residu menuju TPA,
- Meningkatkan tingkat pengolahan sampah,
- Menghasilkan produk bernilai (RDF dan material recovery).

Data awal dari BAB 4 menunjukkan:

- Komposisi sampah: organik 55%, plastik 20%, kertas 10%, lainnya 15%
- Kadar air relatif tinggi (50–60%)
- Sistem pengumpulan masih bercampur (mixed waste collection)

Tahap ini bertujuan mengidentifikasi teknologi yang secara realistis dapat diterapkan, sebelum dilakukan evaluasi pemilihan.

Tahap 1 – Identifikasi Alternatif Teknologi

1. Identifikasi Tujuan Pengolahan dan Target Sistem

   Tim FS terlebih dahulu menetapkan tujuan teknis sistem:

   - pengurangan residu ke TPA minimal 40%,
   - pemanfaatan fraksi kalor tinggi,
   - teknologi dapat beroperasi pada kondisi sampah campuran,
   - kompleksitas operasi sesuai kapasitas SDM daerah.

   Tujuan ini menjadi filter awal dalam pemilihan teknologi.

2. Identifikasi Teknologi yang Secara Teoritis Relevan

   Berdasarkan literatur dan praktik proyek sejenis, teknologi yang diidentifikasi meliputi:

Teknologi	**Prinsip**	**Output**
Material Recovery Facility (MRF)	Pemilahan mekanis	Material daur ulang
Komposting	Pengolahan organik	Kompos
Mechanical Biological Treatment (MBT)	Pemilahan + pengeringan	RDF + residu
RDF Processing	Pemrosesan fraksi kalor tinggi	RDF
Thermal Treatment (Incineration)	Pembakaran	Energi
Improvement	Optimasi landfill	Pengurangan dampak

3. Screening Awal Berdasarkan Kondisi Lokal

   Dilakukan eliminasi awal berdasarkan kondisi proyek:

   a. Karakteristik Sampah

      Kadar air tinggi → teknologi thermal langsung tidak optimal tanpa pretreatment.

   b. Skala Kapasitas

      Kapasitas 250 ton/hari → incineration skala ekonomis terbatas.

   c. Kapasitas Fiskal

      Investasi tinggi dieliminasi pada tahap awal.

   d. Kompleksitas Operasi

      Teknologi yang membutuhkan kontrol proses sangat tinggi dieliminasi.

   Hasil screening awal:

Teknologi	**Kesesuaian Karakteristik Sampah**	**Skala Kapasitas**	**Kapasitas Fiskal**	**Kompleksitas Operasi**	**Status**
MRF + Komposting	Tinggi – sesuai untuk sampah campuran dengan dominasi organik	Sesuai untuk kapasitas menengah (100–300 ton/hari)	Rendah–Sedang	Rendah–Sedang	Lanjut

MRF + RDF	Tinggi – mampu menangani sampah campuran dan fraksi kalor tinggi	Sesuai untuk kapasitas menengah	Sedang	Sedang	Lanjut
MBT + RDF	Tinggi – toleran terhadap variasi kadar air dan komposisi	Sesuai untuk kapasitas menengah–besar	Sedang–Tinggi	Sedang–Tinggi	Lanjut
Incineration	Rendah – kadar air tinggi menurunkan efisiensi	Kurang optimal pada kapasitas <300 ton/hari	Sangat Tinggi	Tinggi	Tidak Dilanjutkan
Sanitary Landfill	Tinggi – dapat menerima semua jenis sampah	Sesuai	Rendah	Rendah	Tidak Memenuhi Tujuan Proyek

4. Benchmarking Teknologi pada Proyek Sejenis

   Tim melakukan pembandingan terhadap:

   - fasilitas RDF di kota lain,
   - fasilitas MBT dengan karakter sampah serupa,
   - tingkat keberhasilan operasi.

   Temuan: sistem kombinasi MRF + RDF lebih adaptif terhadap variasi sampah.

5. Penyusunan Shortlist Teknologi

   Berdasarkan hasil screening, teknologi yang masuk tahap evaluasi lanjutan:

   - MRF + Komposting
   - MBT + RDF
   - MRF + RDF (Mechanical sorting + RDF production)

6. Kesimpulan

   Analisis menunjukkan bahwa: tidak semua teknologi yang secara teoritis memungkinkan cocok dengan kondisi lokal, teknologi berbasis pemilahan mekanis dan produksi RDF paling sesuai dengan karakter sampah, shortlist teknologi siap masuk Tahap 2 untuk evaluasi dan pemilihan teknologi.

Catatan: Tahap identifikasi teknologi bukan bertujuan memilih teknologi terbaik, tetapi menghindari pemilihan teknologi yang tidak sesuai sejak awal studi."

Tahap 2 Evaluasi & Pemilihan Teknologi

1. Penetapan Kriteria Pemilihan Teknologi

   Tim FS menyusun kriteria evaluasi berdasarkan tujuan proyek dan kondisi lokal:

Kriteria	**Tujuan Evaluasi**
Kesesuaian dengan karakteristik sampah	Stabilitas operasi
Keandalan teknologi	Risiko downtime
Kompleksitas operasi	Kesesuaian kapasitas operator
Kebutuhan investasi	Kesesuaian fiskal
Pengurangan residu	Target kebijakan
Fleksibilitas terhadap variasi input	Ketahanan operasi

   Kriteria ini disepakati bersama tim teknis dan pemerintah daerah.

2. Penentuan Bobot Penilaian

   Bobot ditetapkan berdasarkan prioritas proyek:

Kriteria	Bobot (%)
Kesesuaian sampah	25
Keandalan teknologi	20
Kompleksitas operasi	15
Investasi & biaya operasi	15
Pengurangan residu	15
Fleksibilitas input	10
Total	**100**

3. Penilaian Teknologi (Scoring)

Skala penilaian:

1 = Rendah / kurang sesuai

2 = Cukup

3 = Tinggi / sangat sesuai

Contoh Matriks Evaluasi Teknologi

Teknologi	Kesesuaian Sampah	Keandalan	Kompleksitas Operasi	Biaya	Pengurangan Residu	Fleksibilitas	Nilai Total
MRF + Komposting	3	2	3	3	2	2	2.55
MRF + RDF	3	3	2	2	3	3	2.75
MBT + RDF	3	3	2	2	3	3	2.80

4. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menguji ketahanan kinerja teknologi terhadap perubahan kondisi nyata di lapangan, mengingat data FS masih berbasis asumsi rata-rata dan kondisi operasi aktual cenderung berfluktuasi. Tujuan analisis sensitivitas adalah untuk menjawab: *Apakah teknologi tetap dapat beroperasi secara stabil ketika kondisi input dan operasional tidak ideal?*

A. Parameter yang Diuji

Pengujian dilakukan terhadap parameter yang paling berpengaruh terhadap kinerja fasilitas pengolahan sampah, yaitu:

1. Peningkatan Kadar Air Sampah

Alasan Pengujian. Pada kondisi lapangan, kadar air sampah dapat meningkat akibat: musim hujan, pengumpulan sampah tercampur, keterbatasan pemilahan di sumber. Kadar air yang tinggi mempengaruhi: nilai kalor RDF, efisiensi pemilahan, kebutuhan energi pengeringan, stabilitas operasi mesin.

Metode Analisis. Dilakukan simulasi perubahan kadar air:

Skenario	Kadar Air
Kondisi dasar	55%
Skenario 1	60%
Skenario 2	65%

Parameter yang dianalisis: penurunan nilai kalor RDF, perubahan recovery rate, peningkatan residu, kebutuhan waktu pengeringan.

Hasil Evaluasi

- MRF + RDF masih dapat menghasilkan RDF dengan kualitas minimum melalui penyesuaian pemilahan.
- MBT + RDF lebih stabil karena memiliki tahap pengeringan biologis.
- MRF + Komposting sensitif karena kualitas kompos menurun ketika kadar air terlalu tinggi.

2. Fluktuasi Volume Sampah

Alasan Pengujian. Volume sampah tidak konstan akibat: hari libur, musim, perubahan pola konsumsi masyarakat. Fluktuasi volume mempengaruhi: overload peralatan, downtime, kebutuhan buffer storage.

Metode Analisis. Simulasi dilakukan dengan variasi:

Skenario	**Volume Input**
Kondisi dasar	250 ton/hari
Skenario rendah	200 ton/hari (-20%)
Skenario tinggi	300 ton/hari (+20%)

Parameter yang dianalisis: utilisasi peralatan, waktu operasi, kebutuhan area penampungan sementara.

Hasil Evaluasi

- MRF + RDF relatif fleksibel karena unit proses modular.
- MBT + RDF stabil namun membutuhkan area buffer lebih besar.
- MRF + Komposting mengalami ketidakstabilan proses biologis pada volume rendah.

3. Keterbatasan Kapasitas Operator

Alasan Pengujian. Pada tahap awal operasi, operator biasanya belum optimal dalam: pengaturan mesin, kontrol kualitas output, pemeliharaan peralatan.

Metode Analisis. Dilakukan evaluasi berdasarkan: jumlah operator minimum, tingkat otomasi sistem, kebutuhan intervensi manual. Simulasi dilakukan dengan asumsi: efisiensi operasi turun 10–15% pada tahun pertama.

Parameter yang dianalisis: downtime, konsistensi output, kebutuhan maintenance.

Hasil Evaluasi

- MRF + RDF masih dapat beroperasi dengan SOP sederhana.
- MBT + RDF membutuhkan kontrol proses lebih kompleks.
- MRF + Komposting sangat bergantung pada kualitas pengelolaan harian.

C. Ringkasan Hasil Analisis Sensitivitas

Teknologi	**Kadar Air Tinggi**	**Fluktuasi Volume**	**Keterbatasan Operator**	**Stabilitas Umum**
MRF + Komposting	Sensitif	Sensitif	Sensitif	Rendah–Sedang
MRF + RDF	Stabil	Stabil	Cukup stabil	Tinggi
MBT + RDF	Sangat stabil	Stabil	Lebih kompleks	Tinggi

D. Kesimpulan Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa: teknologi berbasis RDF memiliki ketahanan operasi lebih baik terhadap variasi kondisi lapangan, teknologi yang sangat bergantung pada proses biologis lebih sensitif terhadap perubahan input, teknologi dengan

kompleksitas moderat memberikan keseimbangan terbaik antara stabilitas dan kemampuan operator lokal.

Berdasarkan hasil evaluasi: MBT + RDF memiliki nilai tertinggi, namun membutuhkan CAPEX lebih tinggi. Setelah mempertimbangkan kapasitas fiskal daerah:

Teknologi terpilih: MRF + RDF

Alasan:

- keseimbangan antara kinerja teknis dan kemampuan pembiayaan,
- kompleksitas operasi masih dapat dikelola,
- mendukung target pengurangan residu.

Analisis menunjukkan bahwa: pemilihan teknologi dilakukan secara objektif, teknologi terpilih merupakan kompromi optimal antara kinerja dan kemampuan implementasi, teknologi siap masuk tahap desain proses konseptual.

Catatan: Teknologi terbaik bukan yang memiliki skor teknis tertinggi, tetapi yang memiliki keseimbangan terbaik antara kinerja, biaya, dan kemampuan operasi jangka panjang.

Tahap 3 Desain Proses & Alur Operasi

1. Penyusunan Alur Proses Utama (Process Flow)

Tim menyusun urutan proses berdasarkan fungsi pengolahan:

Alur proses konseptual:

1. Area penerimaan sampah (tipping floor)
   Sampah masuk, dilakukan inspeksi visual dan pengaturan feeding.
2. Pre-sorting manual
   Pengambilan material besar, B3, dan barang yang dapat mengganggu peralatan.
3. Pemilahan mekanis (trommel screen)
   Pemisahan berdasarkan ukuran:
   - Fraksi halus → dominan organik → residu
   - Fraksi besar → lanjut ke pemilahan material
4. Pemisahan material daur ulang
   Pengambilan material bernilai ekonomi (logam, PET, HDPE, karton, dll).
5. Pemisahan fraksi kalor tinggi
   Memilih material dengan nilai kalor tinggi (plastik film, multilayer, tekstil, kertas rendah mutu).
6. Shredding dan homogenisasi
   Penyeragaman ukuran dan kualitas RDF.
7. Penyimpanan RDF
   Penyimpanan sementara sebelum dikirim ke offtaker (semen, co-firing, dll).
8. Residu ke TPA
   Fraksi yang tidak dapat dimanfaatkan.



Tujuan:

- memastikan tidak ada proses yang terlewat,
- memastikan aliran material kontinu.

2. Identifikasi Fungsi Tiap Unit Proses

Setiap unit dianalisis berdasarkan:

Unit Proses	Fungsi
Tipping floor	Buffer dan inspeksi awal
Trommel screen	Pemisahan organik dan anorganik
Magnetic separator	Pemisahan logam
Shredder	Pengurangan ukuran material
RDF storage	Stabilitas suplai produk

Analisis ini memastikan bahwa desain proses sesuai dengan karakteristik sampah lokal.

3. Identifikasi Titik Kritis Operasi (Critical Control Points)

Tim mengidentifikasi potensi bottleneck:

Titik Kritis	Risiko
Area penerimaan	Penumpukan sampah saat peak hour
Trommel screen	Overload akibat sampah basah
Shredder	Kerusakan akibat material keras
Penyimpanan RDF	Risiko kelembaban tinggi

Tujuan: mengantisipasi gangguan operasi sejak tahap desain.

4. Penentuan Kebutuhan Utilitas

Kebutuhan utilitas dihitung secara konseptual:

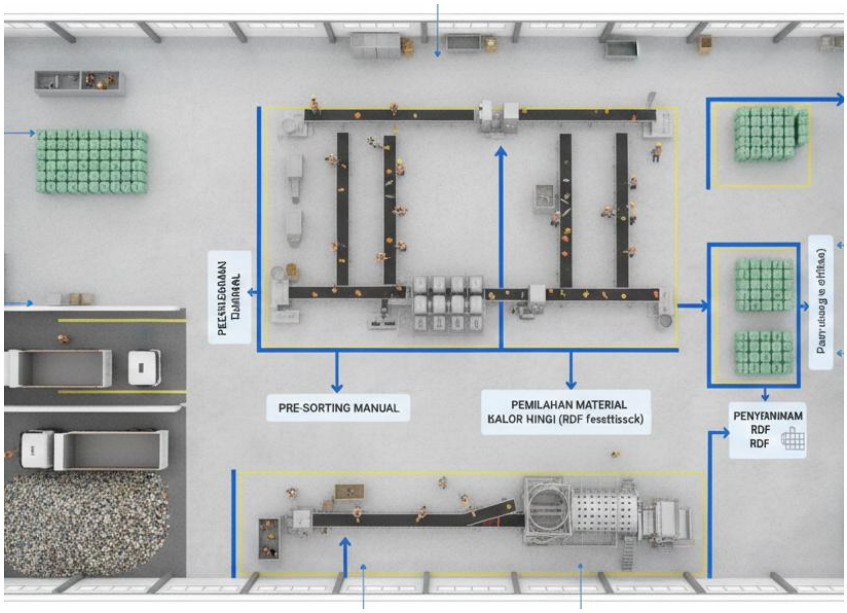
Utilitas	Kebutuhan
Listrik	Mesin pemilahan dan shredding, serta kelistrikan bangunan
Air	Pembersihan area
Drainase	Pengelolaan lindi
Area buffer	Penyimpanan 1–2 hari input

Informasi ini menjadi input awal untuk estimasi biaya.

5. Penyusunan Konsep Layout Fasilitas

Layout disusun dengan prinsip:

- aliran material satu arah,
- minim crossing kendaraan,
- pemisahan area bersih dan kotor,
- akses mudah untuk maintenance.



Tujuan:

- meminimalkan konflik operasional,
- meningkatkan keselamatan kerja.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: teknologi MRF + RDF dapat dioperasikan secara kontinu pada kapasitas rencana, tidak terdapat bottleneck utama yang menghambat operasi, desain proses siap menjadi dasar neraca massa dan estimasi biaya.

Catatan: Desain proses pada tahap FS bukan untuk menentukan spesifikasi detail peralatan, tetapi memastikan bahwa teknologi yang dipilih dapat bekerja sebagai satu sistem operasi yang utuh.

Tahap 4 – Kinerja Proses & Spesifikasi Output

1. Penentuan Parameter Kinerja Utama

Tim FS menetapkan indikator kinerja proses yang relevan:

Parameter	**Fungsi**
Throughput	Kapasitas pengolahan aktual
Recovery rate	Persentase material menjadi produk
Residu akhir	Volume yang tetap ke TPA
Nilai kalor RDF	Kualitas produk
Downtime	Stabilitas operasi

Parameter diambil dari benchmarking fasilitas RDF sejenis.

2. Perhitungan Kinerja Proses (Conceptual Calculation)

Perhitungan kinerja proses pada tahap FS dilakukan untuk memperkirakan bagaimana input sampah berubah menjadi output produk, material daur ulang, dan residu, berdasarkan karakteristik sampah dan efisiensi proses yang realistis. Perhitungan ini bersifat konseptual, bukan perhitungan engineering detail, dan digunakan untuk:

- memastikan target pengurangan residu tercapai,
- memvalidasi kapasitas teknologi,
- menjadi dasar neraca massa dan analisis finansial.

A. Data Dasar Input

1. Kapasitas Input Fasilitas

Kapasitas desain fasilitas: 250 ton/hari

2. Komposisi Sampah (Hasil Sampling)

Berdasarkan hasil analisis komposisi sampah:

Komponen	**Persentase**	**Ton/hari**
Organik	55%	137,5
Plastik & kertas (kalor tinggi)	30%	75
Residu lainnya (inert, tekstil, dll)	15%	37,5
Total	**100%**	**250**

B. Asumsi Kinerja Proses

Asumsi diambil dari benchmarking fasilitas MRF + RDF sejenis dan pengalaman operasional:

1. Pemilahan Organik

Sebagian besar fraksi organik tidak masuk RDF. Organik tercampur sebagian kecil dengan fraksi RDF.

Asumsi: 80% organik menjadi residu, 20% terbawa ke aliran lain (loss).

2. Pemulihan Material Daur Ulang

Material yang dapat dipulihkan: plastik keras, logam, kertas berkualitas baik.

Asumsi recovery: ±10% dari total input

3. Produksi RDF

RDF berasal dari: plastik fleksibel, kertas rendah kualitas, tekstil, sebagian material campuran.

Efisiensi produksi RDF: ±45–50% dari fraksi kalor tinggi

Dengan fraksi kalor tinggi sebesar 30% input: 30% × 250 ton/hari × ±50% recovery ≈ 87,5 ton/hari

4. Residu Akhir

Residu terdiri dari: organik basah, material inert, reject dari proses pemilahan.

Residu dihitung sebagai: Total input – RDF – material daur ulang

C. Hasil Estimasi Kinerja Proses

Aliran Material Setelah Proses

Aliran Material	**Persentase**	**Ton/hari**	**Asal Material**

RDF	35%	87,5	Plastik campuran, kertas rendah kualitas
Material daur ulang	10%	25	Logam, plastik keras, kertas
Residu ke TPA	55%	137,5	Organik + inert + reject
Total	**100%**	**250**	

D. Interpretasi Hasil

1. Target Pengurangan Residu

Tanpa fasilitas: 100% → TPA

Dengan fasilitas: 55% → TPA

Artinya: Pengurangan residu = 45%

Target pengurangan residu proyek tercapai.

2. Konsistensi dengan Teknologi MRF + RDF

Hasil ini konsisten dengan benchmark:

- RDF yield: 30–40%
- Recovery material: 5–15%
- Residu akhir: 50–60%

3. Evaluasi Stabilitas Operasi

Kinerja diuji terhadap: variasi kadar air, variasi komposisi plastik, fluktuasi volume input.

Hasil evaluasi: produksi RDF stabil pada variasi ±10% komposisi, kualitas RDF menurun jika kadar air >65%.

4. Penetapan Spesifikasi Output

Penetapan spesifikasi output dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan oleh proses pengolahan:

- Dapat diterima oleh pengguna akhir (offtaker),
- Dapat dicapai secara konsisten oleh proses yang dirancang,
- Tidak menimbulkan risiko penolakan produk pada tahap operasi.

Pada proyek TPST RDF, spesifikasi output utama adalah Refuse Derived Fuel (RDF).

A. Tujuan Penetapan Spesifikasi Output

Penetapan spesifikasi output bertujuan untuk:

- memastikan kesesuaian antara desain proses dan kebutuhan pasar,
- menjadi acuan desain unit proses (screening, shredding, drying),
- menjadi dasar pengendalian kualitas operasi,
- menjadi referensi dalam kontrak offtake.

Tanpa spesifikasi output yang jelas, teknologi berisiko menghasilkan produk yang tidak terserap pasar.

B. Dasar Penetapan Spesifikasi

Spesifikasi output ditentukan berdasarkan tiga sumber utama:

1. Kebutuhan Offtaker

Industri pengguna RDF (misalnya industri semen) umumnya memiliki persyaratan minimum terkait: nilai kalor, ukuran partikel, kadar air, kandungan kontaminan.

Contoh kebutuhan offtaker:

Parameter	Kebutuhan Minimum
Nilai kalor	≥ 3.000 kcal/kg
Kadar air	≤ 25%
Ukuran partikel	< 50 mm
Kandungan logam	Minimal

2. Kemampuan Teknologi Terpilih

Spesifikasi tidak boleh melebihi kemampuan proses.

Dari hasil Tahap 3:

- sistem shredding mampu menghasilkan ukuran <50 mm,
- pemilahan mekanis mampu mengurangi logam,
- namun tidak dirancang untuk pengeringan intensif.

Sehingga target kadar air disesuaikan dengan kondisi realistis operasi.

3. Karakteristik Feedstock

Dari analisis komposisi:

- kadar air awal tinggi,
- variasi kualitas sampah harian.

Hal ini menentukan batas realistis kualitas RDF yang dapat dicapai secara konsisten.

C. Parameter Spesifikasi Output

1. Nilai Kalor (Calorific Value)

Fungsi: Menentukan nilai energi RDF bagi offtaker.

Penentuan berdasarkan komposisi:

- plastik → nilai kalor tinggi,
- kertas → sedang,
- organik → rendah.

Dengan pemilahan fraksi kalor tinggi, estimasi nilai kalor RDF: 3.000 – 3.500 kcal/kg

Implikasi Operasional

- pemisahan organik harus efektif,
- kadar air harus dikendalikan.

2. Kadar Air (Moisture Content)

Fungsi: Menentukan efisiensi pembakaran RDF.

Penentuan berdasarkan: kadar air input, kemampuan pengeringan alami (air drying).

Target realistis: ≤ 25%

Jika kadar air lebih tinggi:

- nilai kalor turun,
- risiko penolakan offtaker meningkat.

3. Ukuran Partikel

Fungsi: Menjamin keseragaman pembakaran.

Penentuan berdasarkan spesifikasi shredder: < 50 mm

Ukuran terlalu besar menyebabkan:

- pembakaran tidak stabil,
- masalah feeding system di kiln.

4. Kandungan Kontaminan

Jenis Kontaminan: logam, kaca, material inert.

Penentuan melalui: magnetic separator, manual sorting.

Tujuan:

- melindungi peralatan offtaker,
- menjaga kualitas produk.

D. Hubungan Spesifikasi Output dengan Kinerja Proses

Spesifikasi output harus konsisten dengan hasil kinerja proses:

Parameter	**Pengaruh pada Proses**
Nilai kalor	Dipengaruhi efektivitas pemilahan
Kadar air	Dipengaruhi kondisi penyimpanan
Ukuran partikel	Ditentukan shredder
Kontaminan	Ditentukan kualitas sorting

Jika spesifikasi terlalu tinggi, maka: biaya operasi meningkat, risiko downtime meningkat.

5. Evaluasi Kebutuhan Operasi & Pemeliharaan

Evaluasi kebutuhan operasi dan pemeliharaan dilakukan untuk memastikan bahwa teknologi dan desain proses yang dipilih:

- Dapat dioperasikan secara stabil oleh kapasitas operator yang tersedia,
- Memiliki kebutuhan pemeliharaan yang realistis terhadap kondisi daerah,
- Tidak menimbulkan risiko downtime tinggi yang mengganggu kontinuitas layanan.

Evaluasi ini menjadi penghubung utama antara desain teknis dan biaya operasi serta risiko operasional.

A. Tujuan Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menjawab:

- Berapa jumlah operator yang dibutuhkan?
- Unit proses mana yang paling kritis terhadap gangguan?
- Seberapa sering pemeliharaan harus dilakukan?
- Apakah kebutuhan pemeliharaan sesuai dengan kapasitas kelembagaan daerah?

B. Identifikasi Aktivitas Operasional

Berdasarkan desain proses MRF + RDF, aktivitas operasi utama meliputi:

1. Operasi Penerimaan dan Pemilahan Awal

Aktivitas:

- pengaturan dumping sampah,
- inspeksi visual,
- pemisahan material besar.

Kebutuhan:

- operator alat berat,
- tenaga pemilahan manual.

Risiko operasional:

- penumpukan sampah pada jam puncak.

2. Operasi Pemilahan Mekanis

Unit utama: trommel screen, conveyor, magnetic separator.

Kebutuhan:

- operator kontrol proses,
- monitoring aliran material.

Risiko operasional:

- overload akibat sampah basah,
- penyumbatan material.

3. Operasi Produksi RDF

Unit utama: shredder, conveyor feeding, storage RDF.

Kebutuhan:

- operator mesin,
- pengawasan ukuran output.

Risiko operasional:

- kerusakan akibat material keras,
- keausan pisau shredder.

4. Operasi Pengelolaan Residu

Aktivitas: pemindahan residu ke kendaraan, pengiriman ke TPA.

Kebutuhan: koordinasi logistik yang stabil.

C. Evaluasi Kebutuhan SDM Operasional

Estimasi kebutuhan SDM dilakukan berdasarkan:

- kapasitas fasilitas,
- tingkat otomasi,
- jam operasi.

Contoh estimasi:

Fungsi	**Jumlah Orang / Shift**
Supervisor operasi	1
Operator alat berat	2
Operator pemilahan	6–8
Operator mesin	2
Teknisi maintenance	1
Total	**12–14 orang**

Tujuan: memastikan kebutuhan SDM realistis terhadap kapasitas daerah.

D. Evaluasi Kebutuhan Pemeliharaan (Maintenance Requirement)

Pemeliharaan dibagi menjadi tiga kategori:

1. Preventive Maintenance

Dilakukan secara berkala untuk mencegah kerusakan:

Unit	Frekuensi
Conveyor	Mingguan
Trommel screen	Bulanan
Shredder inspection	Mingguan

2. Corrective Maintenance

Dilakukan saat terjadi gangguan:

- penggantian belt,
- perbaikan motor listrik,
- penggantian bearing.

3. Major Maintenance

Dilakukan secara periodik:

Unit	Frekuensi
Shredder blade replacement	3–6 bulan
Motor overhaul	Tahunan

E. Identifikasi Unit Kritis Operasi

Berdasarkan evaluasi:

Unit	Tingkat Kritikalitas	Alasan
Shredder	Tinggi	Menentukan produksi RDF
Trommel screen	Tinggi	Mengontrol aliran material
Conveyor system	Sedang	Penghubung proses

Unit kritis menjadi prioritas dalam:

- penyediaan spare part,
- jadwal maintenance,
- pelatihan operator.

F. Implikasi terhadap Kinerja dan Biaya

Hasil evaluasi menunjukkan:

- downtime shredder >10% dapat menurunkan produksi RDF hingga 15–20%,
- maintenance preventif lebih ekonomis dibanding corrective maintenance,
- kebutuhan spare part harus tersedia lokal untuk menghindari gangguan operasi panjang.

Informasi ini menjadi input:

- OPEX dan biaya maintenance,
- kebutuhan kapasitas operator,
- risiko operasional.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: teknologi mampu mencapai target pengurangan residu, kualitas RDF memenuhi kebutuhan pasar, kinerja proses stabil dalam variasi kondisi operasional normal.

Catatan: Kinerja proses pada tahap FS harus menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya dapat bekerja, tetapi mampu menghasilkan output yang benar-benar dapat dimanfaatkan oleh sistem hilir.

Tahap 5 – Integrasi Transportasi & Logistik

Teknologi Terpilih : MRF + RDF

Kapasitas Input Fasilitas : 250 ton/hari

Wilayah Layanan : 5 kecamatan perkotaan

Jarak rata-rata ke fasilitas : 8–15 km

Tujuan Tahap:

- memastikan sistem transportasi mampu memasok input sesuai kebutuhan proses,
- memastikan distribusi output RDF dan residu berjalan lancar,
- menghindari kegagalan operasi akibat bottleneck logistik.

1. Evaluasi Sistem Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah (Inbound Logistics)

Tim FS mengevaluasi:

- jumlah armada pengangkut eksisting,
- kapasitas angkut per rit,
- frekuensi perjalanan,
- pola kedatangan truk ke fasilitas.

Data dasar:

Parameter	**Nilai**
Kapasitas truk	8 ton
Ritase rata-rata	2 rit/hari
Jumlah truk aktif	16 unit

Total kapasitas harian: 8 ton × 2 rit × 16 truk = 256 ton/hari

Kesimpulan awal: kapasitas pengangkutan cukup untuk memenuhi kebutuhan input fasilitas.

2. Analisis Pola Kedatangan Sampah

Analisis pola kedatangan sampah dilakukan untuk memastikan bahwa aliran masuk sampah ke fasilitas sesuai dengan kapasitas penerimaan dan kapasitas proses, sehingga tidak terjadi:

- antrian kendaraan,
- penumpukan sampah,
- gangguan operasi unit proses.

Analisis ini penting karena fasilitas pengolahan sampah umumnya menerima input dalam pola tidak merata sepanjang hari.

A. Data Dasar Analisis

1. Kapasitas Input Harian

Kapasitas fasilitas: 250 ton/hari

Jam operasi penerimaan: 06.00 – 15.00 (9 jam)

Rata-rata input per jam (jika merata): 250 ton / 9 jam ≈ 28 ton/jam

Namun pada kondisi nyata, kedatangan tidak merata.

2. Distribusi Waktu Kedatangan Kendaraan

Berdasarkan observasi pola pengangkutan:

Waktu	**Persentase Kedatangan**	**Estimasi Tonase**
06.00 – 09.00	50%	125 ton
09.00 – 12.00	30%	75 ton
12.00 – 15.00	20%	50 ton
Total	**100%**	**250 ton**

B. Analisis Beban Kedatangan per Jam

1. Periode Pagi (Peak Hour)

Dalam periode 06.00–09.00: 125 ton / 3 jam = ±42 ton/jam

Sementara kapasitas proses rata-rata: ±31 ton/jam (250 ton / 8 jam operasi proses)

Artinya: Kelebihan input ≈ 11 ton/jam

Selama 3 jam peak: 11 ton × 3 jam = ±33 ton

Material ini akan menumpuk di area penerimaan.

2. Periode Siang dan Sore

Pada periode berikutnya:

Periode	**Input/jam**	**Kapasitas proses**	**Kondisi**
09.00–12.00	25 ton/jam	31 ton/jam	Proses mengejar backlog
12.00–15.00	17 ton/jam	31 ton/jam	Buffer berkurang

Artinya fasilitas membutuhkan area buffer untuk menyeimbangkan fluktuasi ini.

C. Penentuan Kebutuhan Tipping Floor

1. Prinsip Penentuan

Tipping floor harus mampu: menerima lonjakan kedatangan, menjaga proses tetap berjalan stabil, mencegah antrian kendaraan.

Dalam praktik desain TPST/MRF: buffer minimum = 1,5 – 2 jam input peak

2. Perhitungan Buffer Minimum

Input saat peak: 42 ton/jam

Buffer 2 jam: 42 ton × 2 jam = 84 ton

Namun karena sebagian langsung masuk proses, kebutuhan efektif: ±60 ton

Sehingga: Area tipping floor minimum dirancang untuk ±60 ton sampah.

D. Implikasi terhadap Desain Fasilitas

Hasil analisis mempengaruhi:

1. Ukuran Area Penerimaan

- cukup untuk menampung ±60 ton,
- memungkinkan manuver alat berat.

2. Pengaturan Operasi

- prioritas pengolahan sampah lama terlebih dahulu,
- pengaturan jadwal kedatangan truk.

3. Keselamatan Operasi

- menghindari penumpukan berlebih,
- menjaga akses kendaraan tetap lancar.

3. Evaluasi Logistik Output RDF (Outbound Logistics)

Evaluasi logistik output RDF dilakukan untuk memastikan bahwa produk RDF yang dihasilkan dapat dikeluarkan dari fasilitas secara konsisten, tanpa menyebabkan:

- penumpukan produk,
- gangguan operasi produksi,
- atau ketidaksesuaian jadwal dengan offtaker.

Karena produksi RDF berlangsung setiap hari, sementara pengambilan oleh offtaker tidak selalu kontinu, maka sistem logistik harus dirancang untuk menyerap perbedaan tersebut.

A. Data Dasar Analisis

1. Produksi RDF Harian

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja proses:

Produksi RDF = 87,5 ton/hari

Produksi berlangsung selama jam operasi fasilitas.

2. Parameter Distribusi

Parameter	**Nilai**
Jarak ke offtaker	±40 km
Jenis kendaraan	Truk trailer
Kapasitas angkut	20 ton/truk
Waktu tempuh satu arah	±1,5 jam

3. Perhitungan Kebutuhan Pengiriman

Kebutuhan pengiriman harian dihitung sebagai: 87,5 ton / 20 ton per truk = 4,4 truk/hari. Dibulatkan menjadi: 4–5 truk RDF per hari

B. Evaluasi Aspek Logistik

Evaluasi dilakukan terhadap tiga aspek utama:

1. Akses Jalan

Evaluasi mencakup: kapasitas jalan terhadap kendaraan berat, radius tikungan menuju fasilitas, potensi hambatan lalu lintas.

Tujuan: memastikan pengiriman dapat dilakukan setiap hari, menghindari keterlambatan akibat pembatasan akses kendaraan berat.

Temuan: akses jalan memadai untuk kendaraan 20 ton, tidak terdapat pembatasan jam operasional kendaraan.

2. Jadwal Pengambilan RDF

Produksi RDF bersifat kontinu, sedangkan pengambilan biasanya: mengikuti jadwal industri, tidak selalu setiap hari, bergantung pada kebutuhan kiln.

Contoh pola pengambilan:

Hari	Pengambilan
Senin–Jumat	Ya
Sabtu	Terbatas
Minggu	Tidak ada

Implikasi: terjadi akumulasi RDF pada hari tanpa pengambilan.

3. Kebutuhan Penyimpanan RDF

Karena produksi tidak selalu seimbang dengan pengiriman, diperlukan storage untuk:

- menjaga operasi fasilitas tetap berjalan,
- menghindari penghentian produksi akibat penuh.

C. Penentuan Kebutuhan Storage RDF

1. Prinsip Penentuan

Dalam praktik fasilitas RDF:

storage minimum = 1,5 – 3 hari produksi

Untuk mengantisipasi:

- keterlambatan pengambilan,
- gangguan transportasi,
- maintenance offtaker.

2. Perhitungan Storage Minimum

Produksi harian: 87,5 ton/hari

Storage 2 hari: 87,5 × 2 = 175 ton

Sehingga: Kapasitas storage RDF minimum = ±175 ton

3. Implikasi Desain

Storage harus mempertimbangkan: perlindungan dari hujan, ventilasi untuk menghindari peningkatan kelembaban, akses loading yang mudah.

D. Risiko Logistik yang Diidentifikasi

Risiko	Dampak
Keterlambatan pengambilan	Penumpukan RDF
Gangguan akses jalan	Terhentinya distribusi
Kualitas RDF menurun saat penyimpanan lama	Penolakan offtaker

Mitigasi: buffer storage 2 hari, kontrak pengambilan minimum, pengelolaan FIFO (first-in first-out).

4. Evaluasi Logistik Residu ke TPA

Evaluasi logistik residu dilakukan untuk memastikan bahwa residu hasil proses pengolahan dapat dikeluarkan dari fasilitas secara kontinu, sehingga tidak terjadi:

- penumpukan residu di area proses,
- gangguan operasi fasilitas,
- atau penurunan kapasitas pengolahan akibat keterbatasan pengangkutan.

Berbeda dengan RDF yang memiliki nilai ekonomi, residu harus segera dipindahkan karena memiliki potensi bau, lindi, dan gangguan operasional.

A. Data Dasar Analisis

1. Jumlah Residu Harian

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja proses:

Residu ke TPA = 137,5 ton/hari (≈17 ton/jam)

Residu terdiri dari: fraksi organik basah, material inert, reject dari proses pemilahan.

2. Parameter Pengangkutan

Parameter	**Nilai**
Jarak TPST ke TPA	±12 km
Kapasitas truk residu	8 ton
Waktu tempuh satu arah	±30 menit
Waktu bongkar di TPA	±20 menit

Total waktu satu rit (round trip): ±1,5 jam

B. Perhitungan Kebutuhan Ritase

Kebutuhan ritase dihitung sebagai: 137,5 ton / 8 ton per truk = 17,2 rit/hari

Dibulatkan menjadi: ±17 rit/hari

Jika satu truk mampu melakukan: 4 rit/hari

Maka kebutuhan minimum armada:17 / 4 ≈ 4–5 unit truk

C. Evaluasi Operasional Pengangkutan

Analisis dilakukan terhadap tiga aspek utama:

1. Jarak dan Waktu Tempuh

Faktor yang dianalisis: kondisi jalan, potensi kemacetan, jam operasional TPA.

Temuan: waktu tempuh masih memungkinkan pengangkutan dalam satu shift, namun keterlambatan pada jam sibuk dapat mengurangi ritase harian.

2. Kapasitas Armada Residu

Evaluasi dilakukan terhadap: jumlah armada eksisting, utilisasi armada, kemungkinan sharing armada dengan pengangkutan lain.

Risiko yang diidentifikasi: jika armada kurang dari kebutuhan minimum, residu akan menumpuk di fasilitas.

3. Potensi Penumpukan Residu

Penumpukan dapat terjadi jika: TPA tutup lebih awal, antrian panjang di TPA, armada tidak tersedia.

Simulasi sederhana:

Jika pengangkutan berhenti selama 3 jam: Produksi residu ≈ 17 ton/jam

Maka potensi penumpukan: ≈ 50 ton residu

Hal ini berpotensi mengganggu area operasi.

D. Sinkronisasi Operasi TPST dan TPA

Agar operasi stabil, diperlukan sinkronisasi:

Aspek	Kebutuhan
Jam operasi TPA	Minimal sama dengan TPST
Prioritas bongkar	Jalur khusus residu TPST
Jadwal pengangkutan	Bertahap sepanjang hari

Tujuan:

- menghindari pengiriman residu secara bersamaan,
- menjaga aliran material tetap stabil.

E. Implikasi terhadap Desain Fasilitas

Hasil analisis mempengaruhi:

1. Area Penampungan Residu

Minimal mampu menampung 3–4 jam produksi residu, sebagai buffer operasional.

Estimasi: ±50–60 ton kapasitas buffer residu

2. Pengaturan Operasi

Pengangkutan residu dilakukan bertahap, tidak menunggu residu penuh.

3. Kebutuhan Armada

Minimal 4–5 unit truk aktif, dengan cadangan untuk kondisi darurat.

F. Risiko Logistik yang Diidentifikasi

Risiko	Dampak
Armada kurang	Penumpukan residu
Antrian TPA	Gangguan operasi TPST
TPA tutup lebih awal	Penghentian proses

Mitigasi: buffer residu, sinkronisasi jadwal, armada cadangan.

5. Identifikasi Bottleneck Logistik

Bottleneck yang diidentifikasi:

Area	Risiko
Kedatangan truk pagi hari	Antrian tipping floor
Pengiriman RDF	Ketergantungan jadwal offtaker
Pengangkutan residu	Keterbatasan armada

Mitigasi: pengaturan slot waktu kedatangan, buffer storage RDF, penjadwalan ulang armada residu.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: sistem transportasi mampu mendukung kapasitas fasilitas, tidak terdapat bottleneck utama yang menghambat operasi, integrasi logistik konsisten dengan desain proses dan target kinerja.

Catatan: Banyak fasilitas pengolahan sampah gagal mencapai kapasitas desain bukan karena teknologi, tetapi karena sistem logistik tidak mampu memasok input secara stabil.

BAB 6 Produk dan Kesiapan Pasar

Tujuan

BAB 6 bertujuan untuk memastikan bahwa produk hasil pengolahan sampah:

- Memiliki spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan pasar dan standar industri,
- Memiliki pembeli (offtaker) yang nyata dan dapat diverifikasi,
- Dapat diserap pasar secara berkelanjutan sepanjang umur proyek,
- Risiko pasar telah diidentifikasi dan dimitigasi secara eksplisit dalam desain proyek dan model finansial.

BAB ini memastikan bahwa asumsi pendapatan proyek realistis, defensible, dan dapat dipertanggungjawabkan sebelum analisis finansial difinalisasi. BAB ini menjadi penghubung utama antara:

- BAB 5 Teknologi & Kinerja Proses → menentukan jenis dan kualitas produk,
- BAB 8 Biaya & Pembiayaan → menentukan sumber pendapatan,
- BAB 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal → menentukan skema kontrak dan alokasi risiko.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi antara spesifikasi produk (Bab 5), analisis pasar (Bab 6), dan asumsi finansial (Bab 8)
Tenaga Ahli Analis Pasar / Ekonomi	Analisis permintaan pasar, harga produk, dan kapasitas serapan
Tenaga Ahli Unit Proses	Memastikan spesifikasi produk sesuai dengan kemampuan proses
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Integrasi asumsi harga dan volume penjualan ke model finansial
Tenaga Ahli Hukum / Regulasi	Evaluasi skema offtake dan struktur kontrak
Tenaga Ahli Transport / Logistik	Evaluasi kelayakan distribusi produk dan biaya logistik
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memastikan jenis produk hasil pengolahan sesuai dengan kebijakan pengelolaan sampah daerah dan tidak bertentangan dengan strategi pengurangan atau pengolahan sampah yang berlaku.
Dinas Perindustrian	Mengidentifikasi industri potensial pengguna produk (misalnya RDF), memvalidasi kebutuhan pasar industri, serta memberikan masukan terkait spesifikasi produk yang dapat diterima oleh pengguna akhir.
Dinas Penanaman Modal dan PTSP (DPMPTSP)	Memverifikasi perizinan usaha pemanfaatan produk, legalitas rantai usaha, dan potensi hambatan regulasi dalam distribusi atau pemanfaatan produk.
Bappeda	Memastikan kesesuaian pengembangan produk dengan arah pengembangan ekonomi daerah dan integrasi dengan rencana pembangunan wilayah.
Badan Pendapatan Daerah (Bapenda)	Memberikan informasi terkait struktur pajak daerah, potensi insentif fiskal, serta implikasi penerimaan daerah dari aktivitas pemanfaatan produk.
Asisten Daerah Bidang Ekonomi	Memfasilitasi koordinasi dengan sektor industri dan memastikan sinkronisasi proyek dengan kebijakan ekonomi daerah.
Dinas Perhubungan (jika relevan)	Memberikan masukan terkait distribusi produk dan implikasi logistik terhadap jaringan transportasi daerah.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Industri pengguna produk (offtaker)
- Industri daur ulang
- Asosiasi industri
- Operator fasilitas sejenis
- Akademisi / lembaga riset teknologi pengolahan sampah

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Identifikasi Jenis dan Spesifikasi Produk	2. Analisis Pasar dan Permintaan	3. Evaluasi Kesesuaian Produk dengan Pasar
Apa yang dilakukan?	1. Mengidentifikasi produk utama dan produk samping dari proses pengolahan. 2. Menetapkan spesifikasi teknis produk berdasarkan hasil BAB 5. 3. Mengidentifikasi standar industri atau kebutuhan offtaker. 4. Menentukan volume produksi harian dan tahunan.	1. Mengidentifikasi calon offtaker potensial, melakukan profiling, dan identifikasi awal calon offtaker. 2. Mengkaji kapasitas serapan pasar. 3. Mengumpulkan informasi harga pasar dan tren permintaan. 4. Menganalisis jarak dan biaya distribusi.	1. Membandingkan spesifikasi produk dengan kebutuhan pasar. 2. Mengidentifikasi gap kualitas produk. 3. Mengevaluasi kebutuhan penyesuaian proses atau spesifikasi. 4. Mengonfirmasi kelayakan pemasaran produk.
Metode / Tools	*Product specification review, benchmarking standar industri, output analysis* **Rujukan:** G. Standar Kualitas RDF	*Market survey, stakeholder interview, demand assessment, price trend analysis* **Rujukan:** C. Daftar Perusahaan Pengguna dan Potensi Pengguna RDF D. Format Profiling Offtaker RDF	*Specification matching analysis, gap analysis*
Keluaran	Daftar produk dan spesifikasi output yang tervalidasi	Profil pasar dan potensi offtaker	Konfirmasi kesesuaian produk dengan pasar

Lanjutan.

TAHAP	4. Penyusunan Skema Offtake dan Kontrak	5. Analisis Sensitivitas Pasar
Apa yang dilakukan?	1. Mengidentifikasi alternatif skema penjualan produk (langsung ke offtaker, melalui agregator, atau kontrak jangka panjang). 2. Menentukan mekanisme harga (fixed price, indexed price, atau negotiated price). 3. Menentukan pembagian risiko volume, kualitas, dan kontinuitas suplai antara proyek dan offtaker. 4. Mengidentifikasi kebutuhan dokumen komitmen pasar berupa MoU, PKS, atau Letter of Intent (LoI) dengan offtaker. 5. Mengevaluasi tingkat komitmen offtaker terhadap volume dan spesifikasi produk.	1. Menguji perubahan harga produk. 2. Menguji perubahan volume serapan pasar. 3. Menguji perubahan biaya logistik. 4. Mengevaluasi dampak terhadap pendapatan proyek.

TAHAP	4. Penyusunan Skema Offtake dan Kontrak	5. Analisis Sensitivitas Pasar
Metode / Tools	*Contract structure review, risk allocation analysis, stakeholder consultation, offtaker assessment checklist*	*Sensitivity analysis, scenario analysis, financial impact assessment*
Keluaran	Skema offtake yang direkomendasikan, struktur dasar kontrak offtake, dokumen komitmen pasar (MoU / PKS / LoI) atau bukti proses negosiasi dengan offtaker.	Batas sensitivitas pasar terhadap kelayakan proyek

Catatan:

- Tahapan bersifat berurutan; analisis pasar dilakukan setelah spesifikasi produk ditetapkan pada BAB 5.
- Validasi pasar harus berbasis komunikasi langsung dengan calon offtaker, bukan asumsi literatur.
- Hasil Tahap 5 menjadi dasar utama dalam menentukan asumsi pendapatan pada BAB 8.

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Kondisi wilayah, struktur ekonomi daerah, dan potensi industri pengguna produk	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kebijakan nasional dan daerah terkait pemanfaatan produk pengolahan sampah	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Karakteristik dan volume input yang menentukan kapasitas produksi	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Jenis produk, spesifikasi teknis, dan volume output proses	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Neraca massa dan distribusi output material	Bab 7 Neraca Massa
Asumsi harga, volume penjualan, dan pendapatan proyek	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Struktur kontrak dan hubungan hukum dengan offtaker	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Dampak lingkungan dari pemanfaatan produk (misalnya substitusi bahan bakar)	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Kontribusi terhadap pengurangan emisi dan aspek keberlanjutan	
Risiko pasar, risiko harga, dan risiko penyerapan produk	Bab 11 Manajemen Risiko
Kesiapan implementasi terkait kesiapan offtaker dan jadwal kontrak	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Sintesis kelayakan proyek secara keseluruhan	Bab 13 Kesimpulan & Rekomendasi

Contoh Ilustratif

Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis Fasilitas : TPST RDF

Kapasitas Input : 250 ton/hari

Teknologi Terpilih : MRF + RDF

Berdasarkan hasil BAB 5, fasilitas menghasilkan beberapa output material yang berpotensi memiliki nilai ekonomi.

Tahap 1 Identifikasi Jenis dan Spesifikasi Produk

1. Identifikasi Output Proses

Berdasarkan hasil neraca material konseptual pada BAB 5, output proses terdiri dari:

Jenis Output	Estimasi Produksi	Status Produk
RDF	±87,5 ton/hari	Produk utama
Material daur ulang (logam, plastik keras)	±25 ton/hari	Produk samping
Residu	±137,5 ton/hari	Bukan produk

Fokus analisis pasar pada tahap ini adalah produk yang memiliki potensi nilai ekonomi.

2. Penetapan Spesifikasi Produk Utama (RDF)

Spesifikasi ditentukan berdasarkan: kemampuan proses (BAB 5), kebutuhan umum industri semen, benchmarking fasilitas RDF sejenis.

Contoh spesifikasi RDF:

Parameter	Target
Nilai kalor	≥ 3.000 kcal/kg
Kadar air	≤ 25%
Ukuran partikel	< 50 mm
Kandungan logam	Minimal

Penetapan dilakukan dengan prinsip: spesifikasi harus dapat dicapai secara konsisten, bukan kondisi ideal.

3. Penetapan Spesifikasi Produk Samping

Material daur ulang dipisahkan menjadi:

Material	Spesifikasi Minimum
Logam	Bebas kontaminasi organik
Plastik keras	Terpilah dan bersih
Kertas	Tidak tercampur organik

Spesifikasi disesuaikan dengan standar pembeli.

4. Validasi Awal Kesesuaian Produk

Dilakukan diskusi awal dengan calon offtaker: industri semen untuk RDF, pengepul atau industri daur ulang untuk material recovery.

Tujuan:

- memastikan spesifikasi yang ditetapkan relevan dengan kebutuhan pasar,
- menghindari desain produk yang tidak dapat dijual.

5. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: RDF menjadi produk utama dengan volume terbesar, spesifikasi RDF sesuai dengan kebutuhan industri semen, produk samping memiliki pasar lokal dengan volume terbatas, spesifikasi produk siap digunakan sebagai dasar analisis pasar pada Tahap 2.

Catatan: Kesalahan umum dalam FS adalah menetapkan spesifikasi produk berdasarkan permintaan pasar tanpa mempertimbangkan kemampuan proses, sehingga produk tidak dapat dicapai secara konsisten saat operasi.

Tahap 2 – Analisis Pasar dan Permintaan

1. Identifikasi Segmen Pasar Potensial

Tim FS mengidentifikasi sektor industri yang berpotensi menggunakan RDF:

Segmen Industri	Kesesuaian

Industri semen	Tinggi
Industri boiler	Sedang
Industri pembangkit energi	Rendah (regulasi terbatas)

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa industri semen merupakan pasar utama.

2. Identifikasi Calon Offtaker

Dilakukan pemetaan industri dalam radius ekonomis distribusi (≤100 km):

Industri	**Jarak**	**Status Awal**
Pabrik Semen A	40 km	Berminat
Pabrik Semen B	75 km	Evaluasi
Industri boiler C	60 km	Kapasitas kecil

Kriteria pemilihan offtaker: kapasitas konsumsi energi, pengalaman menggunakan bahan bakar alternatif, akses logistik.

3. Analisis Kapasitas Serapan Pasar

Analisis kapasitas serapan pasar dilakukan untuk memastikan bahwa volume RDF yang diproduksi proyek dapat diserap oleh pasar setelah memperhitungkan suplai dari fasilitas RDF lain yang sudah ada. Tujuan analisis ini adalah untuk menghindari overestimasi permintaan pasar.

A. Data Dasar Analisis

1. Produksi RDF Proyek

Produksi RDF dari fasilitas: 87,5 ton/hari ≈ 31.900 ton/tahun

2. Kapasitas Konsumsi Offtaker

Berdasarkan hasil diskusi dengan industri semen:

Offtaker	**Total Kebutuhan RDF**	**Status**
Pabrik Semen A	150 ton/hari	Aktif menggunakan RDF
Pabrik Semen B	80 ton/hari	Potensial

Total kapasitas konsumsi teoritis: 230 ton/hari

B. Identifikasi Supply RDF Eksisting

Dilakukan identifikasi fasilitas RDF lain yang sudah memasok ke offtaker yang sama.

Supplier RDF Eksisting	**Volume Supply**	**Offtaker**
TPST X	60 ton/hari	Semen A
TPST Y	30 ton/hari	Semen A

Total supply eksisting: 90 ton/hari

C. Perhitungan Kapasitas Serapan Bersih (*Net Market Capacity*)

Kapasitas serapan pasar dihitung sebagai:

Total kebutuhan offtaker – supply dari supplier eksisting = kapasitas serapan tersisa

Sehingga: 230 ton/hari – 90 ton/hari = 140 ton/hari kapasitas tersedia

D. Evaluasi terhadap Produksi Proyek

Produksi RDF proyek: 87,5 ton/hari

Kapasitas pasar tersisa: 140 ton/hari

Kesimpulan: kapasitas pasar masih lebih besar dari produksi proyek, risiko kelebihan suplai relatif rendah, proyek masih memiliki ruang pasar ±52,5 ton/hari.

E. Analisis Risiko Pasar (Tambahan Penting)

Evaluasi juga mempertimbangkan:

Faktor	Risiko
Penambahan supplier RDF baru	Penurunan kapasitas serapan
Perubahan strategi bahan bakar offtaker	Penurunan permintaan
Fluktuasi kualitas RDF	Pengurangan volume penerimaan

Mitigasi: kontrak jangka menengah, diversifikasi offtaker, menjaga kualitas produk konsisten.

4. Analisis Harga dan Struktur Pasar

Data harga diperoleh melalui: wawancara industri, benchmarking proyek RDF lain, referensi transaksi regional.

Contoh hasil:

Parameter	Nilai
Harga RDF	Rp 250.000 – 350.000 / ton
Harga dipengaruhi oleh	Nilai kalor dan kadar air
Biaya transport	± Rp 70.000 / ton

Analisis menunjukkan bahwa harga RDF lebih dipengaruhi kualitas daripada volume.

5. Validasi Awal dengan Offtaker

Dilakukan diskusi teknis awal terkait: spesifikasi RDF, volume suplai, pola pengiriman.

Hasil: offtaker menyatakan spesifikasi dapat diterima, memerlukan uji coba awal sebelum kontrak.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: pasar RDF tersedia dan mampu menyerap seluruh produksi, industri semen menjadi offtaker utama, harga pasar cukup stabil untuk dijadikan asumsi awal finansial, proyek dapat melanjutkan ke evaluasi kesesuaian produk dengan kebutuhan pasar.

Catatan: Analisis pasar dinilai kuat apabila berbasis komunikasi langsung dengan calon offtaker, bukan hanya analisis literatur atau asumsi umum pasar.

Tahap 3 Evaluasi Kesesuaian Produk dengan Pasar

1. Identifikasi Spesifikasi yang Dipersyaratkan Offtaker

Tim FS mengumpulkan spesifikasi minimum dari calon offtaker:

Parameter	Kebutuhan Offtaker
Nilai kalor	≥ 3.200 kcal/kg
Kadar air	≤ 25%
Ukuran partikel	< 50 mm
Kandungan klorin	< batas tertentu

Spesifikasi diperoleh melalui diskusi teknis dan referensi standar industri.

2. Perbandingan Spesifikasi Produk vs Kebutuhan Pasar

Dilakukan gap analysis:

Parameter	Produk FS	Kebutuhan Offtaker	Status

Nilai kalor	3.000–3.500	≥3.200	Borderline
Kadar air	≤25%	≤25%	Sesuai
Ukuran partikel	<50 mm	<50 mm	Sesuai
Kontaminan	Rendah	Rendah	Sesuai

Temuan utama: nilai kalor berada pada batas minimum kebutuhan pasar.

3. Evaluasi Dampak Gap terhadap Operasi

Dilakukan evaluasi:

- apakah peningkatan kualitas dapat dicapai melalui penyesuaian sorting,
- apakah diperlukan pengeringan tambahan,
- dampak terhadap biaya operasi.

Hasil evaluasi: peningkatan kualitas dapat dicapai dengan kontrol pemilahan yang lebih ketat, tidak diperlukan perubahan teknologi utama.

4. Validasi Teknis dengan Offtaker

Dilakukan diskusi teknis lanjutan: offtaker menyatakan spesifikasi dapat diterima, dengan syarat uji coba awal (*trial supply*).

Hasil: produk dinilai *acceptable* secara konsep operasional.

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: spesifikasi RDF secara umum sesuai dengan kebutuhan offtaker, terdapat margin kualitas yang perlu dijaga pada nilai kalor, produk dapat diterima tanpa perubahan teknologi utama.

Catatan: Banyak proyek RDF gagal bukan karena tidak ada pasar, tetapi karena spesifikasi produk tidak konsisten dengan kebutuhan offtaker pada operasi nyata. Oleh karena itu, evaluasi kesesuaian produk harus dilakukan sebelum penyusunan skema kontrak.

Tahap 4 Penyusunan Skema Offtake dan Kontrak

1. Identifikasi Alternatif Skema Penjualan

Tim FS mengevaluasi beberapa opsi:

Skema	**Karakteristik**
Spot market	Harga fleksibel, risiko tinggi
Kontrak jangka pendek	Fleksibel namun tidak stabil
Kontrak jangka menengah (1–3 tahun)	Stabilitas volume dan harga
Kontrak jangka panjang (>5 tahun)	Stabil namun membutuhkan kepastian kualitas tinggi

Hasil evaluasi: Kontrak jangka menengah dipilih sebagai opsi paling realistis pada tahap awal operasi.

2. Penetapan Mekanisme Harga

Alternatif mekanisme harga: harga tetap, harga berbasis indeks energi, harga berdasarkan kualitas RDF.

Hasil diskusi dengan offtaker: harga mengikuti rentang pasar, penyesuaian berdasarkan nilai kalor.

Contoh: Harga dasar + penyesuaian kualitas

Tujuan: menjaga keseimbangan risiko antara proyek dan offtaker.

3. Penetapan Alokasi Risiko

Dilakukan identifikasi pembagian risiko utama:

Risiko	**Penanggung Risiko**
Variasi kualitas RDF	Operator
Keterlambatan pengambilan	Offtaker
Fluktuasi harga energi	Shared
Volume minimum	Disepakati bersama

Tujuan: menghindari seluruh risiko pasar ditanggung proyek.

4. Identifikasi dan Penyusunan Dokumen Komitmen Offtaker

Sebagai bagian dari validasi pasar, dilakukan penyusunan:

- Letter of Intent (LoI),
- Memorandum of Understanding (MoU),
- atau draft Perjanjian Kerja Sama (PKS).

Isi minimum dokumen:

- indikasi volume pembelian,
- rentang spesifikasi produk,
- mekanisme harga awal,
- rencana uji coba (*trial supply*).

Dalam ilustrasi ini: Offtaker menandatangani MoU untuk pembelian hingga 80 ton/hari RDF setelah tahap *commissioning*.

5. Evaluasi Kelayakan Skema Offtake

Tim FS mengevaluasi: kesesuaian volume MoU dengan kapasitas produksi, kesesuaian spesifikasi dengan BAB 5, konsistensi asumsi harga dengan model finansial.

Hasil: volume MoU mencakup ±90% produksi RDF, risiko pasar dinilai terkendali.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: skema offtake realistis terhadap kondisi pasar, risiko pasar tidak sepenuhnya ditanggung proyek, keberadaan MoU menunjukkan kesiapan pasar awal, asumsi pendapatan dapat digunakan dalam model finansial.

Catatan: Dalam evaluasi FS, keberadaan MoU atau dokumen komitmen pasar merupakan indikator bahwa pasar telah tervalidasi secara operasional, bukan hanya secara analitis.

Tahap 5 – Analisis Sensitivitas Pasar

1. Penentuan Parameter Sensitivitas

Parameter yang diuji dipilih berdasarkan faktor yang paling mempengaruhi pendapatan proyek:

Parameter	**Alasan**
Harga RDF	Faktor utama pendapatan
Volume serapan	Risiko pengurangan pembelian
Biaya logistik	Dipengaruhi jarak dan harga BBM

Parameter lain seperti spesifikasi produk tidak diuji karena telah tervalidasi pada Tahap 3.

2. Penyusunan Skenario Sensitivitas

Disusun beberapa skenario perubahan pasar:

a. Sensitivitas Harga

Skenario	Harga RDF
Dasar	Rp 300.000/ton
Turun moderat	Rp 250.000/ton (-17%)
Turun ekstrem	Rp 200.000/ton (-33%)

b. Sensitivitas Volume Serapan

Skenario	Volume Terserap
Dasar	100% produksi
Moderat	80% produksi
Rendah	60% produksi

c. Sensitivitas Biaya Logistik

Skenario	Biaya Transport
Dasar	Rp 70.000/ton
Naik moderat	Rp 90.000/ton
Naik tinggi	Rp 110.000/ton

3. Evaluasi Dampak terhadap Pendapatan Proyek

Perubahan parameter dimasukkan ke model finansial (BAB 8).

Contoh hasil:

Skenario	Dampak
Harga turun 17%	Pendapatan turun ±12%
Volume turun 20%	Pendapatan turun ±20%
Biaya logistik naik 30%	Margin turun ±8%

Temuan utama: proyek paling sensitif terhadap volume serapan, sensitivitas harga masih dalam batas aman.

4. Penentuan Batas Ketahanan Pasar (*Market Threshold*)

Dari analisis diperoleh:

- proyek masih layak jika harga RDF ≥ Rp 230.000/ton,
- proyek masih stabil jika volume serapan ≥ 75%.

Nilai ini menjadi batas mitigasi risiko pasar.

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: proyek relatif tahan terhadap fluktuasi harga moderat, risiko utama berasal dari penurunan volume serapan, keberadaan MoU dengan offtaker mengurangi risiko pasar secara signifikan.

Catatan: Analisis sensitivitas pasar bertujuan menunjukkan bahwa proyek tetap dapat berjalan ketika kondisi pasar tidak ideal, bukan hanya ketika asumsi pasar berada pada kondisi terbaik.

BAB 7 Neraca Massa

Tujuan

BAB Neraca Massa bertujuan untuk memastikan bahwa:

- Aliran material dari sistem persampahan (input – proses – output – residu) konsisten secara teknis sepanjang umur proyek.
- Kapasitas fasilitas yang direncanakan realistis terhadap suplai sampah dan kinerja teknologi.
- Volume produk dan residu yang dihasilkan dapat dijadikan dasar perhitungan:
    - kebutuhan kapasitas fasilitas,
    - kebutuhan TPA,
    - estimasi CAPEX dan OPEX,
    - serta asumsi pendapatan proyek.
- Tahapan pengembangan kapasitas (phasing) dapat direncanakan secara rasional.

BAB ini menjadi penghubung langsung antara:

- BAB 4 → jumlah dan karakteristik input,
- BAB 5 → kinerja proses dan yield teknologi,
- BAB 6 → volume produk yang dapat dijual.

Jika neraca massa tidak konsisten, maka analisis finansial tidak dapat dianggap valid.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi BAB 4, 5, 6 dan 8
Tenaga Ahli Unit Proses	Penyusunan neraca massa dan distribusi proses
Tenaga Ahli Persampahan	Validasi parameter yield dan recovery
Tenaga Ahli Data Analyst	Penyusunan model multi-tahun
Tenaga Ahli Cost Engineer	Integrasi hasil neraca massa ke estimasi CAPEX–OPEX
Tenaga Ahli Transport / Logistik	Validasi aliran logistik residu dan produk
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memvalidasi kesesuaian asumsi input neraca massa dengan kondisi suplai sampah aktual, sistem pengumpulan, dan target pengolahan daerah.
UPT Pengelolaan sampah	Memberikan data aktual residu, pola pembuangan ke TPA, serta memvalidasi realistisnya volume residu hasil pengolahan.
Bappeda	Memastikan konsistensi neraca massa dengan rencana pengembangan layanan persampahan dan proyeksi wilayah.
Dinas PUPR	Memberikan masukan terkait implikasi neraca massa terhadap kebutuhan infrastruktur pendukung (lahan, akses, utilitas).
Dinas Perhubungan	Memvalidasi implikasi perubahan volume material terhadap sistem transportasi sampah dan distribusi produk/residu.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Vendor teknologi / EPC
- Operator fasilitas sejenis
- Akademisi / lembaga riset pengolahan sampah
- Industri offtaker (validasi volume produk realistis)

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Penyusunan Input Sistem Multi-Tahun	2. Distribusi Material ke Unit Proses	3. Perhitungan Yield Produk dan Residu
Apa yang dilakukan?	1. Mengambil data timbulan dan komposisi sampah dari BAB 4. 2. Menentukan volume input efektif ke fasilitas (cakupan layanan, losses, pemilahan informal). 3. Menyusun proyeksi input tahunan selama umur proyek. 4. Menentukan input desain (design capacity).	1. Menentukan pembagian aliran material ke masing-masing unit proses. 2. Menyusun aliran material berdasarkan karakteristik sampah dan teknologi terpilih. 3. Menyusun diagram aliran material (material flow diagram).	1. Menghitung recovery rate produk utama dan produk samping. 2. Menghitung process loss dan reject. 3. Memvalidasi yield terhadap benchmark teknologi sejenis. 4. Mengkonsolidasikan output dengan kebutuhan pasar.
Metode / Tools	*Waste projection model, service coverage analysis, growth scenario analysis*	*Process Flow Diagram (PFD), Material Flow Analysis (MFA), engineering mass balance sheet* **Rujukan:** Excel Tools Neraca Massa diakses pada link berikut. **Tools**	*Yield calculation sheet, benchmark comparison, process efficiency analysis*
Keluaran	Proyeksi input tahunan dan kapasitas desain	Distribusi material per unit proses	Volume produk utama, produk samping, dan loss

Lanjutan.

TAHAP	4. Kuantifikasi Residu ke TPA	5. Analisis Kapasitas Bertahap & Implikasi Investasi	6. Identifikasi Kebutuhan Investasi & Operasional Sistem
Apa yang dilakukan?	1. Menghitung volume residu akhir per hari dan per tahun. 2. Mengevaluasi implikasi terhadap kebutuhan kapasitas TPA. 3. Menghitung kebutuhan pengangkutan residu. 4. Memastikan konsistensi dengan BAB Lingkungan, Sosial & Iklim.	1. Membandingkan pertumbuhan input dengan kapasitas fasilitas. 2. Menentukan kebutuhan pengembangan kapasitas bertahap (phasing). 3. Mengevaluasi dampak terhadap desain fasilitas dan kebutuhan investasi. 4. Menentukan kapasitas tahap awal dan tahap ekspansi.	1. Mengidentifikasi kebutuhan investasi berdasarkan kapasitas proses dan aliran material hasil neraca massa. 2. Menentukan kebutuhan peralatan utama dan pendukung pada setiap unit proses. 3. Menghitung kebutuhan energi, utilitas, dan fasilitas pendukung operasi. 4. Mengidentifikasi kebutuhan tenaga kerja berdasarkan konfigurasi operasi dan jumlah line proses. 5. Menentukan kebutuhan transport sistem meliputi: • pengangkutan sampah ke fasilitas, • distribusi RDF ke offtaker, • pengangkutan residu ke TPA. 6. Mengestimasi kebutuhan operasional rutin meliputi bahan bakar, pemeliharaan, dan consumables.

TAHAP	4. Kuantifikasi Residu ke TPA	5. Analisis Kapasitas Bertahap & Implikasi Investasi	6. Identifikasi Kebutuhan Investasi & Operasional Sistem
Metode / Tools	*Residual flow calculation, transport capacity analysis*	*Capacity phasing model, scenario analysis, investment staging analysis*	*Equipment sizing calculation, Energy consumption estimation, Utility demand calculation, Operational requirement analysis, Logistics capacity calculation*
Keluaran	Volume residu ke TPA dan kebutuhan transport	Rencana kapasitas bertahap dan implikasi investasi	Daftar kebutuhan investasi peralatan dan infrastruktur, Daftar kebutuhan operasional (energi, tenaga kerja, utilitas), Kebutuhan armada dan ritasi transport sistem

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Kondisi wilayah, pertumbuhan penduduk, dan proyeksi timbulan sampah	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kebijakan pengurangan sampah dan target pengolahan	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Volume input, komposisi sampah, dan cakupan layanan	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Teknologi terpilih dan parameter kinerja proses	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Jenis produk, spesifikasi, dan volume penjualan	Bab 6 Produk dan Kesiapan Pasar
Perhitungan kapasitas fasilitas dan kebutuhan investasi	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Struktur kelembagaan operator dan kapasitas operasional	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Dampak lingkungan dari pengurangan residu dan kebutuhan landfill	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Perhitungan pengurangan emisi dan kontribusi mitigasi iklim	
Risiko operasional akibat variasi input dan output	Bab 11 Manajemen Risiko
Tahapan implementasi dan kapasitas bertahap	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Sintesis kelayakan proyek secara keseluruhan	Bab 13 Kesimpulan & Rekomendasi

Contoh Ilustratif

Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis fasilitas : TPST RDF

Wilayah layanan : 5 kecamatan perkotaan

Umur proyek : 20 tahun

Tahap 1 – Penyusunan Input Sistem Multi-Tahun

1. Pengambilan Data Timbulan dan Komposisi Sampah

   Tahap ini bertujuan untuk menetapkan data input dasar neraca massa yang berasal dari hasil analisis pada BAB 4. Data yang digunakan bukan hanya timbulan total wilayah, tetapi volume sampah yang secara realistis masuk ke fasilitas pengolahan.

   A. Sumber Data

Data diambil dari hasil analisis BAB 4 yang meliputi:

- timbulan sampah wilayah layanan,
- cakupan layanan pengangkutan,
- hasil sampling komposisi sampah.

Data Tahun Dasar

Parameter	Nilai Tahun Dasar	Keterangan
Timbulan sampah wilayah	320 ton/hari	Total timbulan di wilayah layanan
Cakupan layanan awal	70%	Persentase sampah terangkut
Sampah masuk fasilitas	224 ton/hari	Timbulan × cakupan layanan

Perhitungan: 320 ton/hari × 70% = 224 ton/hari. Nilai ini merupakan sampah yang berpotensi masuk ke fasilitas, sebelum koreksi operasional.

B. Penjelasan Komposisi Sampah

Komposisi sampah diperoleh dari kegiatan sampling pada BAB 4 dengan metode:

- sampling representatif minimal 7 hari,
- pemisahan manual berdasarkan kategori material,
- pengukuran berat masing-masing fraksi.

Hasil komposisi:

Jenis	Persentase	Estimasi Ton/hari
Organik	55%	123,2
Plastik & kertas	30%	67,2
Residu lain	15%	33,6
Total	**100%**	**224**

Komposisi ini menjadi dasar untuk: distribusi material pada unit proses, estimasi yield produk pada tahap berikutnya.

2. Penyesuaian Input Efektif ke Fasilitas

Volume sampah yang terangkut dari wilayah layanan tidak seluruhnya menjadi input proses pada fasilitas pengolahan. Pada sistem persampahan perkotaan, sebagian material telah berkurang sebelum mencapai fasilitas akibat aktivitas pengurangan dan pemilahan di hulu. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian untuk mendapatkan input efektif, yaitu volume sampah yang benar-benar masuk dan diproses oleh fasilitas.

A. Alasan Dilakukan Penyesuaian

Beberapa faktor yang menyebabkan pengurangan volume sebelum masuk fasilitas antara lain:

1. Pemilahan Informal

- Pengambilan material bernilai ekonomi oleh pemulung di sumber, TPS, atau selama pengangkutan.
- Umumnya berupa plastik, logam, dan kertas bernilai tinggi.

Dampak: Mengurangi fraksi material daur ulang, meningkatkan proporsi organik dalam input fasilitas.

2. Kehilangan Operasional Pengumpulan

- Sampah tercecer saat loading/unloading,
- Variasi berat akibat kadar air,
- Ketidakkonsistenan ritase harian.

Dampak: Penurunan volume aktual yang diterima fasilitas.

3. Pengolahan di Hulu (*Upstream Treatment Facilities*)

Sebagian sampah telah ditangani oleh fasilitas lain sebelum mencapai TPST utama, seperti:

Fasilitas Hulu	**Dampak terhadap Input**
TPS3R	Pengurangan fraksi organik dan residu
Bank Sampah	Pengurangan plastik, kertas, dan logam
Komposting komunitas	Pengurangan organik
Pemilahan kawasan komersial	Pengurangan material bernilai

Dampak utama: Volume sampah berkurang, komposisi sampah berubah (biasanya lebih rendah material bernilai).

4. Fluktuasi Musiman

Peningkatan organik pada musim hujan, Variasi timbulan pada hari besar atau musim tertentu.

B. Penentuan Faktor Koreksi

Berdasarkan observasi sistem persampahan dan praktik umum FS, digunakan faktor koreksi konservatif:

Komponen Pengurangan	**Estimasi**
Pemilahan informal	2–3%
Pengolahan di TPS3R / Bank Sampah*	1–2%
Kehilangan operasional	1–2%
Total koreksi	**±5%**

Sehingga: Input efektif = 95% dari sampah terangkut

*Contoh Tabel Kinerja Sarana Pengolahan Hulu

No	Jenis Fasilitas	Nama Fasilitas	Wilayah Layanan	Kapasitas Input (ton/hari)	Material Diolah	Output Utama	Recovery Rate (%)	Pengurangan ke Sistem Hilir (ton/hari)	Status Operasional
1	TPS3R	TPS3R Sukamaju	Kelurahan A	8	Organik & anorganik	Kompos & residu	40%	3,2	Aktif
2	TPS3R	TPS3R Mekarsari	Kelurahan B	6	Organik	Kompos	50%	3,0	Aktif
3	Bank Sampah	Bank Sampah Induk Kota	Multi wilayah	5	Plastik, kertas, logam	Material daur ulang	80%	4,0	Aktif
4	Bank Sampah	Bank Sampah RW 05	Kelurahan C	1	Plastik	Material daur ulang	70%	0,7	Aktif
5	Kompostin g Komunal	Komposte r Pasar	Pasar tradisional	3	Organik	Kompos	60%	1,8	Aktif
Total Pengurangan									**12,7 ton/hari**

C. Perhitungan Input Efektif

Data dari BAB 4:

- Sampah terangkut ke fasilitas = 224 ton/hari

Dengan faktor koreksi:

- 224 ton/hari × 95% = 213 ton/hari

Nilai 213 ton/hari digunakan sebagai: input awal perhitungan neraca massa, dasar distribusi material pada unit proses, dasar estimasi yield produk dan residu

D. Dampak terhadap Komposisi Sampah

Karena sebagian material bernilai telah terambil di hulu:

- fraksi plastik bernilai tinggi cenderung berkurang,
- fraksi organik relatif meningkat,
- kualitas RDF sangat bergantung pada efektivitas pemilahan di fasilitas.

E. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: input efektif fasilitas lebih rendah dari sampah terangkut, pengurangan terjadi akibat sistem pengolahan dan pemilahan di hulu, nilai input efektif telah mencerminkan kondisi operasional realistis.

Catatan: Neraca massa yang tidak memperhitungkan pengurangan di hulu (TPS3R, bank sampah, pemilahan informal) akan menghasilkan estimasi output produk yang terlalu optimistis dan berisiko menyebabkan overdesign kapasitas fasilitas.

3. Proyeksi Input Multi-Tahun

Proyeksi input multi-tahun dilakukan untuk memastikan bahwa kapasitas fasilitas yang direncanakan tetap relevan sepanjang umur proyek, serta untuk menghindari kondisi:

- fasilitas kelebihan kapasitas pada awal operasi, atau
- fasilitas menjadi tidak mencukupi dalam beberapa tahun operasi.

Proyeksi dilakukan berdasarkan pertumbuhan timbulan sampah dan perubahan cakupan layanan pengangkutan.

A. Dasar Penyusunan Proyeksi

Proyeksi input menggunakan dua parameter utama:

1. Pertumbuhan Timbulan Sampah

Pertumbuhan timbulan mengikuti pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi wilayah.

Dalam ilustrasi ini digunakan asumsi:

- Pertumbuhan timbulan = 1,5% per tahun

Asumsi ini diambil dari:

- proyeksi pertumbuhan penduduk pada BAB 2,
- tren historis timbulan pada BAB 4.

2. Peningkatan Cakupan Layanan

Tidak seluruh sampah wilayah langsung masuk sistem pengangkutan pada tahun awal.

Diasumsikan:

Tahun	**Cakupan Layanan**
Tahun 1	70%
Tahun 5	80%
Tahun 10	90%
Tahun 20	90%

Peningkatan cakupan layanan menyebabkan peningkatan input fasilitas meskipun timbulan per kapita tetap.

B. Metodologi Perhitungan

Perhitungan dilakukan dalam tiga langkah:

Langkah 1 – Proyeksi Timbulan Wilayah

Rumus: Timbulan tahun ke-n = Timbulan tahun dasar × (1 + r)^n

dimana:

r = laju pertumbuhan (1,5%),

n = tahun proyeksi.

Contoh: 320 ton/hari × (1,015)^9 ≈ 365 ton/hari (tahun ke-10)

Langkah 2 – Penyesuaian Cakupan Layanan

Input ke sistem pengangkutan: Timbulan wilayah × cakupan layanan

Contoh tahun ke-10: 365 ton/hari × 90% = 328 ton/hari

Langkah 3 – Penyesuaian Input Efektif

Memperhitungkan pengurangan di hulu dan losses operasional:

Input efektif = 95% × sampah terangkut

Contoh: 328 ton/hari × 95% ≈ 312 ton/hari

Nilai ini menjadi input neraca massa tahun tersebut.

C. Contoh Hasil Proyeksi

Tahun	**Timbulan Wilayah (ton/hari)**	**Cakupan Layanan**	**Sampah Terangkut (ton/hari)**	**Input Efektif ke Fasilitas (ton/hari)**
Tahun 1	320	70%	224	213
Tahun 5	345	80%	276	262
Tahun 10	365	90%	328	312
Tahun 20	420	90%	378	359

D. Interpretasi Hasil

Hasil proyeksi menunjukkan bahwa:

- input fasilitas meningkat ±68% selama umur proyek,
- kapasitas fasilitas harus mempertimbangkan kondisi tahun menengah,
- kapasitas desain tidak boleh hanya berdasarkan tahun awal.

Dalam ilustrasi ini:

- kapasitas awal 250 ton/hari cukup hingga ±tahun ke-8,
- ekspansi kapasitas diperlukan pada fase menengah proyek.

E. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: pertumbuhan input signifikan sepanjang umur proyek, kapasitas fasilitas harus dirancang fleksibel, pendekatan kapasitas bertahap lebih efisien dibanding overdesign awal.

Catatan: Proyeksi input multi-tahun bertujuan memastikan fasilitas dirancang untuk kondisi operasi jangka panjang, bukan hanya kondisi tahun pertama operasi.

4. Penetapan Kapasitas Desain

Berdasarkan evaluasi di atas, pendekatan yang lebih realistis adalah:

Opsi yang Direkomendasikan

1. Kapasitas tahap awal: 250 ton/hari
   - utilisasi awal tinggi namun masih operasional,
   - cocok untuk menghindari *overinvestment* awal.
2. Ekspansi kapasitas: direncanakan pada tahun ke-6 sampai ke-8
   - sebelum utilisasi melebihi 100%,
   - menjaga stabilitas operasi.
3. Kapasitas tahap ekspansi: ±350 ton/hari total kapasitas sistem.

Pendekatan ini menghasilkan: investasi bertahap, utilisasi stabil sepanjang umur proyek, risiko operasional lebih rendah.

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: input awal fasilitas sebesar ±213 ton/hari, kapasitas desain awal 250 ton/hari cukup untuk fase awal operasi, namun kapasitas akan terlampaui sebelum tahun ke-5, sehingga ekspansi kapasitas perlu direncanakan pada fase awal–menengah proyek (tahun ke-6 sampai ke-8). Pendekatan kapasitas bertahap dinilai lebih efisien dibanding membangun kapasitas penuh sejak awal.

Catatan: Kesalahan umum dalam FS adalah menggunakan timbulan tahun awal sebagai dasar kapasitas desain, sehingga fasilitas menjadi under-capacity dalam beberapa tahun operasi.

Tahap 2 Distribusi Material ke Unit Proses

Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis fasilitas : TPST RDF

Input efektif fasilitas : 213 ton/hari (hasil Tahap 1)

Komposisi input setelah koreksi:

Jenis	Persentase	Ton/hari
Organik	55%	117
Plastik & kertas	30%	64
Residu lain	15%	32
Total	100%	213

Tujuan tahap ini adalah untuk menentukan bagaimana material tersebut bergerak melalui unit proses sesuai teknologi yang dipilih

1. Identifikasi Unit Proses

Berdasarkan *Process Flow Diagram*, aliran material melalui unit proses berikut:

- Tipping floor (area penerimaan)
- Pre-sorting manual
- Trommel screening
- Recovery material daur ulang
- Shredding & homogenisasi RDF
- Storage RDF
- Residu ke TPA

Setiap unit memiliki fungsi pemisahan yang berbeda dan mempengaruhi aliran material selanjutnya.

2. Penetapan Parameter Distribusi Material

Parameter distribusi ditentukan berdasarkan:

- karakteristik sampah hasil sampling,
- efisiensi teknologi,
- benchmark fasilitas RDF sejenis,
- pengalaman operasional TPST.

Contoh parameter yang digunakan:

Unit Proses	**Parameter Distribusi**
Pre-sorting	5% material besar & kontaminan dipisahkan
Trommel (<80 mm)	70% organik masuk fraksi halus
Trommel (>80 mm)	mayoritas plastik & kertas
Recovery daur ulang	40% material bernilai dapat dipisahkan
RDF preparation	fraksi kalor tinggi diproses menjadi RDF

3. Perhitungan Distribusi Material per Unit Proses

a. Pre-Sorting

Material yang dipisahkan: 5% × 213 ton/hari = 10,7 ton/hari

Berupa: kayu besar, batu, material tidak dapat diproses.

Aliran:

Aliran	**Ton/hari**
Lolos ke trommel	202
Residu langsung	11

b. Trommel Screening

Material dipisahkan menjadi dua fraksi:

- Fraksi halus (<80 mm)

  Dominan organik.

  Asumsi: 70% organik masuk fraksi halus

  Perhitungan: 70% × 117 ton = 82 ton/hari

  Fraksi ini sebagian besar menjadi residu atau kompos (tergantung desain).

- Fraksi kasar (>80 mm)

  Dominan plastik, kertas, dan material kalor tinggi.

  Perhitungan: 202 – 82 = 120 ton/hari

  Masuk tahap recovery.

c. Recovery Material Daur Ulang

Dari fraksi kasar: 40% dapat dipulihkan sebagai material daur ulang

Perhitungan: 40% × 64 ton plastik/kertas ≈ 25 ton/hari

Aliran:

Output	Ton/hari
Material daur ulang	25
Fraksi RDF	95

d. RDF Preparation (Shredding & Homogenization)

Fraksi kalor tinggi diproses menjadi RDF.

Asumsi efisiensi proses: 92% menjadi RDF, 8% menjadi reject

Perhitungan:

Output	Ton/hari
RDF	87,5
Reject	7,5

e. Penetapan Faktor Kehilangan Proses

Dalam ilustrasi ini digunakan asumsi konservatif:

Jenis Kehilangan	Persentase	Keterangan
Penguapan kadar air	3%	• penyimpanan sementara, • proses pencacahan (shredding), • pencampuran dan aerasi material.
Kehilangan material halus	1%	• material halus jatuh pada screening, • material ringan terbawa angin, • residu kecil yang tidak terkumpul kembali.
Kehilangan operasional	1%	• material tertinggal di conveyor, • material menempel pada peralatan, • losses saat transfer material.
Total kehilangan proses	**5%**	

4. Rekonsiliasi Aliran Material

Hasil distribusi akhir:

Output Akhir	Ton/hari	Persentase
RDF	87,5	41%
Material daur ulang	25	12%
Residu ke TPA	89,8	42%
Kehilangan prosess	10,7	5%
Total	**213**	**100%**

Neraca massa harus memenuhi: **Total input = total output + process loss**

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: fraksi organik dominan menjadi residu, fraksi kalor tinggi berhasil dikonversi menjadi RDF, distribusi material konsisten dengan teknologi terpilih, neraca massa telah seimbang dan siap digunakan pada tahap perhitungan yield.

Catatan: Distribusi material adalah tahap dimana desain teknologi diuji terhadap realitas komposisi sampah. Ketidaksesuaian pada tahap ini biasanya menjadi penyebab utama ketidaksesuaian antara kapasitas desain dan kinerja operasi nyata.

Tahap 3 Perhitungan Yield Produk dan Residu

1. Penetapan Basis Perhitungan Yield

Yield dihitung terhadap input efektif fasilitas, bukan terhadap fraksi tertentu saja.

Basis perhitungan:

Input total = 213,00 ton/hari

Hal ini penting agar seluruh output dapat direkonsiliasi dalam neraca massa.

2. Perhitungan Yield Produk Utama (RDF)

fraksi masuk unit RDF = 92,77 ton/hari

efisiensi pembentukan RDF = 92,00%

Rumus:

RDF = Input RDF × efisiensi RDF

RDF = 92,77 × 92%

RDF = 85,35 ton/hari

Yield RDF terhadap total input:

Yield RDF = 85,35 / 213,00 × 100% = 40,05%

Interpretasi: sekitar 40% input sampah menjadi bahan bakar RDF.

3. Perhitungan Yield Material Daur Ulang

Material daur ulang berasal dari fraksi plastik dan kertas.

Parameter:

plastik & kertas awal = 63,90 ton/hari

recovery rate = 40%

Rumus:

Material daur ulang = 63,90 × 40% = 25,56 ton/hari

Yield terhadap total input: 25,56 / 213,00 × 100% = 12,00%

4. Perhitungan Residu ke TPA

Residu berasal dari: residu pre-sorting, fraksi organik dari trommel, reject RDF.

Perhitungan:

Residu pre-sorting = 10,54 ton/hari

Residu fraksi halus = 80,00 ton/hari

Reject RDF = 7,42 ton/hari

Total residu: 10,54 + 80,00 + 7,42 = 97,96 ton/hari

Yield residu terhadap input: 97,96 / 213,00 × 100% = 45,98%

5. Perhitungan Kehilangan Proses (Process Loss)

Kehilangan berasal dari: penguapan kadar air, fines, kehilangan operasional kecil.

Total loss: 2,56 ton/hari

Yield loss: 2,56 / 213,00 × 100% = 1,20%

6. Rekapitulasi Yield Neraca Massa

Komponen	Ton/hari	Yield (%)
Input Total	213.00	
Output		
RDF	85,35	40%
Material Daur Ulang	25,56	12%
Residu ke TPA	97,96	46%
Total Loss Proses	2,56	1%
Total Output + Loss	**213.00**	**100%**

7. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: sekitar 52% input berhasil dimanfaatkan sebagai produk, residu masih didominasi fraksi organik, yield RDF konsisten dengan fasilitas RDF sejenis, neraca massa telah seimbang dan siap digunakan pada analisis pasar dan biaya.

Catatan: Yield produk harus selalu dihitung terhadap total input fasilitas, bukan hanya terhadap fraksi tertentu, agar konsistensi neraca massa tetap terjaga.

Tahap 4 – Kuantifikasi Residu dan Implikasi terhadap Kapasitas TPA

1. Identifikasi Sumber Residu

Residu berasal dari beberapa unit proses:

Sumber Residu	Ton/hari	Karakteristik
Pre-sorting (bulky waste)	10,54	Material inert & besar
Fraksi halus trommel	80,00	Organik & fines
Reject RDF	7,42	Material kalor rendah
Total Residu	**97,96**	**Campuran**

Karakteristik residu penting karena mempengaruhi: kepadatan landfill, potensi emisi, stabilitas timbunan.

2. Konversi Volume Residu Tahunan

Untuk analisis kapasitas TPA, residu dikonversi menjadi volume tahunan.

Asumsi:

operasi 365 hari/tahun, densitas residu di landfill = 0,75 ton/m^3.

Perhitungan:

Residu tahunan = 97,96 × 365 = 35.755,40 ton/tahun

Volume landfill:

Volume = 35.755,40 / 0,75 = 47.673,87 m^3/tahun

3. Evaluasi Dampak terhadap Kapasitas TPA

Misal kondisi TPA eksisting:

Parameter	Nilai
Sisa kapasitas landfill	500.000 m^3
Timbunan eksisting	120.000 ton/tahun

Tambahan residu dari fasilitas: 47.673,87 m^3/tahun

Implikasi: Pengurangan umur TPA ≈ 500.000 / 47.673,87 ≈ 10,48 tahun

Tanpa fasilitas RDF: 213 ton/hari → langsung ke TPA ≈ 77.745 ton/tahun

Dengan fasilitas RDF:

97,96 ton/hari → ke TPA ≈ 35.755 ton/tahun

Pengurangan beban landfill: ≈ 54%

4. Evaluasi Kebutuhan Transport Residu

Asumsi: kapasitas truk residu = 8 ton/trip.

Kebutuhan ritasi: 97,96 / 8 = 12,25 ≈ 13 rit/hari

Implikasi: kebutuhan sinkronisasi jadwal dengan operasi TPA, potensi antrean jika jam operasi tidak disesuaikan.

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: fasilitas RDF mengurangi beban landfill sekitar 54%, residu yang masih dominan adalah fraksi organik, kapasitas TPA masih mampu menerima residu tambahan, namun diperlukan pengaturan ritasi transport untuk menjaga kelancaran operasi.

Catatan: Pengurangan residu ke TPA harus dihitung berdasarkan neraca massa aktual, bukan asumsi persentase pengurangan, karena nilai ini akan digunakan dalam analisis lingkungan dan pengurangan emisi pada BAB 11.

Tahap 5 Analisis Kapasitas Bertahap & Implikasi Investasi

1. Evaluasi Utilisasi Kapasitas terhadap Waktu

Utilisasi dihitung dengan rumus: Utilisasi (%) = Input Aktual / Kapasitas Desain × 100%

Hasil evaluasi:

Tahun	Input (ton/hari)	Kapasitas (ton/hari)	Utilisasi (%)
Tahun 1	213,00	250,00	85,20%
Tahun 5	262,00	250,00	104,80%
Tahun 10	312,00	250,00	124,80%
Tahun 20	359,00	250,00	143,60%

Interpretasi: kapasitas sudah terlampaui sebelum tahun ke-5, risiko overload dan penurunan kinerja proses.

2. Penentuan Titik Ekspansi Kapasitas

Dalam operasi fasilitas pengolahan sampah: pendekatan utilisasi optimal berada pada 75–90%, di atas 100% menyebabkan penumpukan material dan downtime.

Berdasarkan hasil di atas:

- Ekspansi diperlukan sebelum utilisasi > 95%
- Titik ekspansi ditetapkan pada: Tahun ke-6 sampai ke-8

3. Penentuan Skema Kapasitas Bertahap

Skema yang direkomendasikan:

Tahap	Kapasitas	Periode Operasi
Tahap 1	250 ton/hari	Tahun 1–7
Tahap 2 (ekspansi)	350 ton/hari	Tahun 8–20

Dengan kapasitas tahap 2:

Tahun	Input	Kapasitas Baru	Utilisasi

Tahun 10	312	350	89,14%
Tahun 20	359	350	102,57%

Artinya: kapasitas tetap dalam batas operasional hingga akhir proyek.

4. Implikasi terhadap Desain dan Investasi

Pendekatan bertahap memberikan implikasi berikut:

a. Desain Fasilitas

lahan disiapkan untuk kapasitas penuh sejak awal, utilitas utama dirancang modular, ruang ekspansi disediakan.

b. Investasi (CAPEX)

investasi awal lebih rendah, tambahan investasi dilakukan saat volume meningkat.

Contoh ilustratif:

Tahap	**CAPEX**
Tahap 1	70% total investasi
Tahap 2	30% tambahan investasi

c. Operasional

utilisasi mesin lebih stabil, risiko underutilization pada tahun awal berkurang.

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: kapasitas awal 250 ton/hari cukup untuk fase awal, ekspansi diperlukan pada fase awal-menengah proyek, pendekatan kapasitas bertahap lebih efisien dibanding pembangunan kapasitas penuh sejak awal, strategi ini menjaga stabilitas operasi dan efisiensi investasi.

Catatan: Analisis kapasitas bertahap memastikan fasilitas dirancang untuk kondisi pertumbuhan sistem persampahan, bukan hanya kondisi awal proyek.

Tahap 6 – Identifikasi Kebutuhan Investasi dan Operasional

Identifikasi Kebutuhan Investasi (CAPEX) TPST

1. Mesin & Peralatan Proses

Ditentukan berdasarkan aliran material.

Unit Proses	**Peralatan**	**Kapasitas**	**Jumlah**	**Dasar Perhitungan**
Penerimaan	Wheel loader	10 ton/jam	1 unit	Input 213 ton/hari
Pre-sorting	Sorting conveyor	15 ton/jam	2 line	Jam operasi 8 jam
Screening	Trommel screen	30 ton/jam	1 unit	Fraksi masuk 200 ton/hari
Recovery	Magnetic separator	20 ton/jam	1 unit	Recovery material
RDF prep	Shredder	15 ton/jam	2 unit	Fraksi RDF 92 ton/hari
Storage	RDF bunker	3 hari produksi	1 unit	Buffer operasi

2. Pekerjaan Sipil & Bangunan

Komponen	**Kebutuhan**	**Dasar Penentuan**
Tipping floor	±1.000 m^2	Volume kendaraan harian
Area sorting	±600 m^2	Jumlah line sorting
Area RDF storage	±500 m^2	Produksi RDF
Drainase & lindi	Sistem lengkap	Fraksi organik tinggi

Jalan internal	Heavy duty	Operasi loader

3. MEP & Utilitas

Komponen	**Kebutuhan**
Instalasi listrik utama	
Panel kontrol	
Sistem pencahayaan	
Sistem air bersih	
Sistem pemadam kebakaran	
Sistem pengendalian debu	

Identifikasi Kebutuhan Operasional (OPEX) TPST

1. Kebutuhan Energi

   Energi dihitung berdasarkan konsumsi peralatan.

   Contoh:

Peralatan	**Daya (kW)**	**Jam Operasi**	**Konsumsi (kWh/hari)**
Trommel	30	8	240
Shredder	90	8	720
Conveyor	20	8	160
Lainnya	25	8	200
Total			**1.320 kWh/hari**

2. Tenaga Kerja

   Ditentukan berdasarkan kebutuhan operasi per shift.

Posisi	**Jumlah**	**Fungsi**
Supervisor	1	Pengawasan operasi
Operator alat	6	Loader & mesin
Pekerja sorting	16	Pemilahan manual
Maintenance	2	Perawatan alat
Administrasi	2	Operasional
Total	**27 orang**	

3. Kebutuhan Bahan Operasional

Komponen	**Kebutuhan**
Solar alat berat	
Pelumas	
Spare part shredder	
APD pekerja	
Air operasional	

4. Kebutuhan Pemeliharaan Mesin

   Estimasi umum:

   Maintenance cost = 3% – 5% dari nilai peralatan per tahun

   Dipengaruhi oleh: abrasivitas material, jam operasi, kualitas pemeliharaan.

5. Logistik pendukung

Komponen	**Kebutuhan**	**Operator**
Loader internal	1 unit	1 orang
Operasional timbang	1 sistem	1 orang

Identifikasi Kebutuhan Transport

Kebutuhan transport ditentukan berdasarkan:

Volume material × jarak angkut × kapasitas kendaraan × frekuensi ritasi

Tiga aliran logistik utama:

Sumber sampah → TPST → Offtaker (RDF)

↓

TPA (residu)

1. Kebutuhan Transport Sampah ke TPST (Inbound Logistics)

    1. Data Dasar

Parameter	**Nilai**
Input efektif fasilitas	213,00 ton/hari
Kapasitas truk sampah	8,00 ton/rit
Jam operasi	8 jam/hari

    2. Perhitungan Ritasi

        Rumus:

        Jumlah ritasi = Volume harian / kapasitas truk

        Perhitungan: 213,00 / 8,00 = 26,63 rit/hari ≈ 27 rit/hari

        Jika satu truk mampu: 4 rit/hari

        Kebutuhan armada: 27 / 4 = 6,75 ≈ 7 unit truk

    3. Kebutuhan Investasi dan Operasional

Komponen	**Kebutuhan**
Truk pengangkut sampah	±7 unit
BBM	Berdasarkan jarak rata-rata
Operator	1 orang/unit
Maintenance kendaraan	Periodik

2. Transport RDF ke Offtaker (Outbound Product Logistics)

    1. Data Dasar

Parameter	**Nilai**
Produksi RDF	84,92 ton/hari
Kapasitas truk RDF	10,00 ton/rit
Jarak ke offtaker	40 km

    2. Perhitungan Ritasi

        84,92 / 10,00 = 8,49 rit/hari ≈ 9 rit/hari

        Jika satu truk melakukan: 3 rit/hari

        Kebutuhan armada: 9 / 3 = 3 unit truk

    3. Pertimbangan Operasional

        RDF membutuhkan kendaraan tertutup, pengiriman mengikuti jadwal konsumsi offtaker, buffer storage minimal 2–3 hari produksi.

3. Transport Residu ke TPA (Residual Logistics)

1. Data Dasar

Parameter	Nilai
Residu ke TPA	97,96 ton/hari
Kapasitas truk residu	8,00 ton/rit
Jarak TPST–TPA	12 km

2. Perhitungan Ritasi

97,96 / 8,00 = 12,25 rit/hari ≈ 13 rit/hari

Jika satu truk mampu: 4 rit/hari

Kebutuhan armada: 13 / 4 = 3,25 ≈ 4 unit truk

3. Pertimbangan Operasional

Residu harus keluar setiap hari untuk menghindari penumpukan, sinkronisasi jam operasi TPST dan TPA, kebutuhan buffer residu ±4 jam produksi.

4. Rekapitulasi Sistem Transport

Jenis Transport	Volume (ton/hari)	Ritasi/hari	Armada	Operator
Sampah ke TPST	213,00	27	7 unit	7 orang
RDF ke Offtaker	84,92	9	3 unit	6 orang
Residu ke TPA	97,96	13	4 unit	4 orang

Implikasi terhadap Investasi dan OPEX

- **Investasi:** pengadaan armada, area parkir dan manuver, weighbridge capacity.
- **Operasional:** BBM, sopir, maintenance kendaraan, biaya tol/logistik. Transport biasanya berkontribusi: 15% – 30% total OPEX sistem

Catatan: Banyak FS gagal pada tahap implementasi karena kapasitas proses dihitung dengan benar tetapi kapasitas transport tidak mencukupi. Oleh karena itu, transport harus dihitung sebagai bagian dari neraca massa sistem, bukan sebagai asumsi operasional terpisah.

BAB 8 Biaya dan Pembiayaan

Tujuan

BAB 8 bertujuan untuk memastikan bahwa proyek:

- Memiliki estimasi biaya investasi (CAPEX) dan biaya operasi (OPEX) yang realistis dan berbasis desain teknis.
- Memiliki struktur pendapatan yang dapat diandalkan untuk menopang operasi sepanjang umur proyek.
- Memiliki perhitungan biaya siklus hidup proyek (Life Cycle Cost/LCC) yang memadai sebagai dasar penilaian kelayakan proyek.
- Layak secara:
    - finansial (bagi operator/investor),
    - ekonomi (bagi masyarakat dan pemerintah).

BAB ini menjadi titik integrasi utama antara:

- Teknologi & Kinerja Proses
- Produk & Kesiapan Pasar
- Neraca Massa
- Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi asumsi teknis–pasar–finansial
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Penyusunan model arus kas dan indikator kelayakan
Tenaga Ahli Cost Engineer	Estimasi CAPEX dan OPEX berbasis desain
Tenaga Ahli Unit Proses	Validasi kebutuhan peralatan & operasi
Tenaga Ahli Analis Pasar	Validasi asumsi pendapatan
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memvalidasi kebutuhan biaya operasional berdasarkan sistem layanan persampahan eksisting serta memastikan struktur biaya selaras dengan pola operasi daerah.
Badan Keuangan Daerah (BPKAD/BPKD)	Memberikan data kapasitas fiskal daerah, struktur belanja persampahan, kemampuan pembayaran layanan (tipping fee), serta implikasi proyek terhadap APBD jangka menengah dan panjang.
Bappeda	Memastikan kesesuaian rencana pembiayaan dengan prioritas pembangunan daerah serta integrasi kebutuhan pendanaan dalam rencana pembangunan daerah.
Badan Pendapatan Daerah (Bapenda)	Memberikan informasi terkait struktur retribusi, potensi pendapatan daerah, dan implikasi pajak daerah terhadap model finansial proyek.
Bagian Hukum Setda	Menelaah kesesuaian skema pembiayaan dan kerja sama dengan regulasi daerah, termasuk kebutuhan dasar hukum pembayaran layanan atau dukungan pemerintah.
Dinas Penanaman Modal dan PTSP (DPMPTSP)	Memberikan masukan terkait struktur investasi, perizinan usaha, serta aspek legal yang mempengaruhi kelayakan investasi.
Asisten Daerah Bidang Ekonomi (jika relevan)	Mendukung sinkronisasi skema pembiayaan dengan kebijakan ekonomi daerah dan koordinasi lintas perangkat daerah.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Bank / lembaga pembiayaan infrastruktur
- Investor/operator fasilitas sejenis
- Konsultan KPBU
- Industri offtaker utama

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Estimasi CAPEX	2. Estimasi OPEX	3. Identifikasi Sumber Pendapatan
Apa yang dilakukan?	1. Susun CAPEX berbasis Work Breakdown Structure (WBS). 2. Wajib pisahkan biaya investasi langsung (direct cost) dan biaya investasi tidak langsung (indirect cost). 3. Validasi harga dengan BoQ/AHS dan vendor quotation. 4. Susun phasing investasi sesuai tahapan pembangunan.	1. Susun OPEX berbasis fixed cost dan variable cost). 2. Jelaskan asumsi jumlah unit, tenaga kerja, BBM, dan jam operasi. 3. Susun eskalasi biaya tahunan (inflasi, kenaikan upah, listrik, BBM).	1. Susun pendapatan per sumber dan uji keandalannya (tipping fee, retribusi, penjualan produk, EPR). 2. Tentukan volume konservatif untuk pendapatan. 3. Evaluasi stabilitas dan risiko masing-masing sumber pendapatan. 4. Validasi kesesuaian dengan hasil analisis pasar (BAB 6). 5. Susun struktur pendapatan proyek.
Metode / Tools	CAPEX breakdown structure, benchmark proyek sejenis, vendor quotation **Rujukan:** L. Pendekatan Komponen CAPEX Studi Kelayakan	O&M cost model, utility consumption model, benchmark OPEX fasilitas sejenis **Rujukan:** M. Pendekatan Komponen OPEX Studi Kelayakan	Revenue structure sheet, offtake data, tariff analysis **Rujukan:** N. Pendekatan Komponen Sumber Pendapatan Studi Kelayakan
Keluaran	1. Rekap CAPEX per kelompok + CAPEX/ton kapasitas (Rp/ton-hari dan Rp/ton-tahun). 2. Jadwal konstruksi + CAPEX phasing.	1. Rekap OPEX per kelompok. 2. OPEX Rp/ton dan Rp/ton produk (RDF/kompos/recyclables) bla perlu. 3. Asumsi jam operasi, shift/hari, hari operasi/tahun.	1. Tabel revenue Tahun-1 + proyeksi multi-tahun. 2. Tingkat keandalan pendapatan (reliability rating).

Lanjutan.

TAHAP	4. Life Cycle Cost (LCC)	5. Analisis Finansial	6. Analisis Ekonomi
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi CAPEX awal (tahun-0 s.d konstruksi selesai). 2. Susun OPEX tahunan (tahun 1-n). 3. Identifikasi dan jadwalkan major replacement/reinvestment peralatan utama.	1. Susun model arus kas proyek berdasarkan CAPEX, OPEX, revenue, pajak (jika badan usaha), dan working capital. 2. Hitung indikator kelayakan finansial (NPV, IRR, Payback Period, Debt Service Coverage Ratio/DSCR bila menggunakan pembiayaan utang, dan break-even tipping fee).	1. Tentukan baseline pembanding. 2. Hitung manfaat ekonomi proyek (avoided cost pengelolaan TPA & transport, pengurangan emisi, dampak kesehatan, penghematan lahan

TAHAP	4. Life Cycle Cost (LCC)	5. Analisis Finansial	6. Analisis Ekonomi
	4. Masukkan potensi revenue dalam perhitungan LCC. 5. Identifikasi end-of-life cost. 6. Tentukan salvage value. 7. Hitung discounted LCC.	3. Lakukan analisis sensitivitas terhadap variabel utama. 4. Integrasi dengan LCC.	TPA, saving cost, penjualan produk, tipping fee). 3. Hitung indikator ekonomi (ENPV, EIRR, dan Benefit-Cost Ratio). 4. Lakukan uji sensitivitas.
Metode / Tools	Life Cycle Cost model (LCC model), replacement schedule table, benchmark proyek sejenis, sensitivity analysis sheet **Rujukan:** O. Pendekatan Komponen *LCC (Life Cycle Cost)*	Financial model (Excel), sensitivity analysis sheet **Rujukan:** I. Contoh Analisis Finansial Fasilitas RDF Banyumas P. Pendekatan Komponen Analisis Finansial	Cost-benefit analysis model, economic conversion factor **Rujukan:** Q. Pendekatan Komponen Analisis Ekonomi
Keluaran	1. Tabel arus biaya tahunan (CAPEX, OPEX, revenue, replacement, end-od-life cost, salvage value). 2. LCC Rp/ton sepanjang umur rencana. 3. Analisis sensitivitas.	1. Ringkasan NPV/IRR/Payback/DSCR. 2. Required tipping fee dan/atau kebutuhan subsidi (jika gap)	1. Ringkasan ENPV, EIRR, BCR. 2. Kesimpulan ‘net benefit’ untuk publik

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Volume layanan dan kontinuitas suplai sebagai dasar proyeksi pendapatan dan OPEX	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Kapasitas fasilitas dan kebutuhan investasi berdasarkan desain teknis	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Jenis produk, volume konservatif, dan kesiapan pasar sebagai dasar asumsi pendapatan	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Volume input, output produk, dan residu sebagai dasar biaya operasi dan pendapatan	Bab 7 Neraca Massa
Struktur kelembagaan operator yang mempengaruhi struktur biaya operasional dan skema pembiayaan	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Dampak lingkungan, sosial dan iklim yang mempengaruhi biaya mitigasi dan monitoring	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Identifikasi risiko teknis, pasar, dan operasional yang mempengaruhi sensitivitas finansial	Bab 11 Manajemen Risiko
Kebutuhan tahapan investasi dan kesiapan implementasi proyek	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan

Contoh Ilustratif

Jenis fasilitas : TPST RDF

Kapasitas tahap awal : 250 ton/hari

Input efektif awal : 213 ton/hari

Umur proyek : 20 tahun

Tahap 1 Konsolidasi Asumsi Dasar Finansial

1. Konsolidasi Input Teknis dan Pasar

Semua parameter teknis yang mempengaruhi biaya dan pendapatan dikumpulkan.

a. Parameter Kapasitas dan Operasi

Parameter	**Nilai**	**Sumber**
Kapasitas desain awal	250 ton/hari	BAB 7
Input efektif awal	213 ton/hari	BAB 7
Kapasitas setelah ekspansi	350 ton/hari	BAB 7
Tahun ekspansi	Tahun ke-7	BAB 7

b. Output Produk

Produk	**Volume**	**Sumber**
RDF	84,92 ton/hari	BAB 7
Material daur ulang	25,56 ton/hari	BAB 7
Residu ke TPA	97,96 ton/hari	BAB 7

c. Parameter Pasar

Parameter	**Nilai**	**Sumber**
Harga RDF	Rp 300.000/ton	BAB 6
Volume offtake	80 ton/hari	BAB 6
Skema kontrak	MoU industri semen	BAB 6

2. Penetapan Umur Proyek dan Periode Analisis

Asumsi umum:

Parameter	**Nilai**
Umur proyek	20 tahun
Masa konstruksi	2 tahun
Masa operasi	18 tahun
Tahun awal operasi	Tahun ke-3

Pertimbangan: umur teknis peralatan utama, periode kontrak offtake, kelayakan investasi infrastruktur.

3. Penetapan Asumsi Ekonomi Makro

Digunakan sebagai dasar proyeksi biaya dan pendapatan.

Parameter	**Nilai**	**Dasar**
Inflasi	3,00%	Rata-rata historis
Diskonto	10,00%	Benchmark proyek infrastruktur
Eskalasi OPEX	3,00%	Mengikuti inflasi
Kurs	Rp 15.500/USD	Jika peralatan impor

4. Penetapan Skenario Operasi (Ramp-Up)

Fasilitas tidak langsung beroperasi pada kapasitas penuh.

Asumsi ramp-up:

Tahun Operasi	**Utilisasi**

Tahun 1 operasi	70%
Tahun 2 operasi	85%
Tahun 3 operasi	100%

Contoh: Produksi RDF tahun pertama operasi = 84,92 × 70% = 59,44 ton/hari

Tujuan: menghindari overestimasi pendapatan awal, realistis terhadap fase commissioning.

5. Validasi Konsistensi Asumsi

Dilakukan pengecekan silang:

Parameter	**Validasi**
Produksi RDF	sesuai neraca massa
Volume residu	sesuai neraca massa
Kebutuhan transport	sesuai volume material
Kapasitas alat	sesuai throughput

Hasil: tidak ada perbedaan volume antar BAB, asumsi siap digunakan dalam model finansial.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: asumsi teknis, pasar, dan operasional telah konsisten, asumsi finansial tidak berdiri sendiri tetapi berasal dari neraca massa, model finansial siap digunakan untuk estimasi biaya investasi dan operasi.

Catatan: Kesalahan umum dalam FS adalah menggunakan asumsi finansial yang tidak berasal dari neraca massa atau kapasitas proses. Tahap konsolidasi ini memastikan bahwa seluruh perhitungan biaya dapat ditelusuri kembali ke analisis teknis proyek.

Tahap 2 – Estimasi CAPEX (Capital Expenditure)

1. Identifikasi Komponen Investasi

Komponen investasi diidentifikasi berdasarkan unit proses dan kebutuhan fasilitas.

a. Pekerjaan Sipil & Bangunan

Komponen	**Dasar Penentuan**
Tipping floor	Volume kendaraan & waktu bongkar
Bangunan sorting	Jumlah line sorting
Area proses RDF	Layout peralatan
Storage RDF	Buffer 3 hari produksi
Jalan internal	Operasi alat berat
Drainase & pengolahan lindi	Fraksi organik

b. Mesin & Peralatan Proses

Berdasarkan throughput hasil neraca massa:

Peralatan	**Kapasitas**	**Jumlah**
Trommel screen	30 ton/jam	1 unit
Sorting conveyor	15 ton/jam	2 line
Shredder RDF	15 ton/jam	2 unit
Magnetic separator	20 ton/jam	1 unit
Wheel loader	2,5 m^3	1 unit

c. MEP & Utilitas

instalasi listrik, panel kontrol, weighbridge, sistem air, sistem pemadam kebakaran, dust control.

2. Estimasi Biaya Pengadaan Mesin & Peralatan Proses

Biaya diperoleh dari: referensi vendor, benchmark proyek sejenis, database biaya EPC.

Contoh estimasi:

Peralatan	**Harga Satuan (Rp Miliar)**	**Jumlah**	**Subtotal (Rp Miliar)**
Trommel	3,50	1	3,50
Shredder	5,00	2	10,00
Conveyor system	2,00	1	2,00
Magnetic separator	1,20	1	1,20
Loader	1,50	1	1,50
Subtotal Peralatan			**18,20**

3. Estimasi Biaya Konstruksi & Instalasi

Pendekatan dihitung sebagai persentase dari biaya peralatan:

Komponen	**Persentase**	**Nilai (Rp Miliar)**
Civil works	40%	7,28
Mechanical installation	15%	2,73
Electrical & control	10%	1,82
Subtotal		**11,83**

4. Biaya Engineering, Management & Contingency

a. Engineering & Management

10% dari direct cost

b. Contingency

Digunakan untuk risiko desain awal: 10% – 15% dari total biaya konstruksi

Contoh:

Komponen	**Nilai (Rp Miliar)**
Engineering & supervision	3,00
Contingency	3,30

5. Penyusunan Phasing Investasi

Sesuai hasil BAB 7:

Tahap	**Kapasitas**	**Persentase Investasi**
Tahap 1	250 ton/hari	70%
Tahap 2	Ekspansi	30%

Tujuan: menghindari investasi berlebih di awal, menjaga utilisasi optimal.

6. Rekapitulasi Estimasi CAPEX

Komponen	**Nilai (Rp Miliar)**
Mesin & peralatan proses	18,20
Konstruksi & instalasi	11,83
Engineering & management	3,00
Contingency	3,30
Total CAPEX Tahap 1	**36,33**

7. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: estimasi CAPEX konsisten dengan kapasitas proses, investasi utama berada pada peralatan RDF, pendekatan investasi bertahap mengurangi kebutuhan pendanaan awal, estimasi siap digunakan dalam analisis kelayakan finansial.

Catatan: Estimasi CAPEX harus selalu diturunkan dari daftar peralatan dan kapasitas proses. Penggunaan angka rata-rata per ton tanpa dasar neraca massa berisiko menghasilkan estimasi yang tidak realistis.

Tahap 3 – Estimasi OPEX (Operational Expenditure)

Output berdasarkan BAB 7:

Output	Volume
RDF	84,92 ton/hari
Material daur ulang	25,56 ton/hari
Residu ke TPA	97,96 ton/hari

Jam operasi: 8 jam/hari, 365 hari/tahun

Tujuan tahap ini adalah menghitung biaya operasi tahunan berdasarkan kebutuhan riil fasilitas.

Komponen Biaya Operasional

- Tenaga kerja (SDM)
- Energi dan utilitas
- Bahan habis pakai
- Maintenance mesin
- Transport dan logistik
- Pengelolaan lingkungan
- Biaya umum operasional

1. Biaya Tenaga Kerja

Kebutuhan SDM berdasarkan konfigurasi operasi BAB 7.

Posisi	Jumlah	Gaji/bln (Rp juta)	Total/bln (Rp juta)
Supervisor	1	10	10
Operator alat	6	6	36
Pekerja sorting	16	4	64
Maintenance	2	6	12
Administrasi	2	5	10
Total	**27 orang**		**132**

Biaya tahunan: 132 × 12 = Rp 1,58 miliar/tahun

2. Biaya Energi dan Utilitas

Berdasarkan konsumsi listrik peralatan.

Peralatan	Konsumsi (kWh/hari)
Trommel	240
Shredder	720
Conveyor	160
Utilitas lain	200
Total	**1.320 kWh/hari**

Tarif listrik: Rp 1.500/kWh

Biaya tahunan: 1.320 × 1.500 × 365 = Rp 0,72 miliar/tahun

3. Maintenance Mesin

Estimasi umum: 4% dari nilai peralatan per tahun

Nilai peralatan: Rp 18,20 miliar

Biaya maintenance: 18,20 × 4% = Rp 0,73 miliar/tahun

Termasuk: spare part shredder, pelumas, consumables.

4. Biaya Transport dan Logistik

a. Transport Sampah ke TPST

Parameter	**Nilai**
Volume	213 ton/hari
Ritasi	27 rit/hari
Biaya/rit	Rp 250.000

Biaya tahunan: 27 × 250.000 × 365 = Rp 2,46 miliar/tahun

b. Transport RDF ke Offtaker

Parameter	**Nilai**
Ritasi	9 rit/hari
Biaya/rit	Rp 300.000

Biaya tahunan: 9 × 300.000 × 365 = Rp 0,99 miliar/tahun

c. Transport Residu ke TPA

Parameter	**Nilai**
Ritasi	13 rit/hari
Biaya/rit	Rp 200.000

Biaya tahunan: 13 × 200.000 × 365 = Rp 0,95 miliar/tahun

5. Biaya Lingkungan dan Monitoring

Meliputi: pengelolaan lindi, pengendalian bau, monitoring lingkungan.

Estimasi: Rp 0,30 miliar/tahun

6. Biaya Umum Operasional

Meliputi: administrasi, keamanan, kebersihan, asuransi.

Estimasi: Rp 0,40 miliar/tahun

7. Rekapitulasi OPEX Tahunan

Komponen	**Biaya (Rp Miliar/tahun)**
Tenaga kerja	1,58
Energi	0,72
Maintenance	0,73
Transport sampah	2,46
Transport RDF	0,99
Transport residu	0,95
Lingkungan & monitoring	0,30
Biaya umum	0,40
Total OPEX	**8,13**

8. Indikator Biaya Operasi

Biaya operasi per ton input: 8,13 miliar / (213 × 365) = Rp 104.600/ton

Tahap 4 Identifikasi Sumber Pendapatan

1. Identifikasi Seluruh Sumber Pendapatan

Pendapatan diidentifikasi berdasarkan aliran material dan skema layanan.

a. Pendapatan Tipping Fee

Pendapatan utama berasal dari layanan pengolahan sampah.

Parameter	**Nilai**
Volume input	213 ton/hari
Tipping fee	Rp 150.000/ton

Pendapatan tahunan: 213 × 150.000 × 365 = Rp 11,66 miliar/tahun

Karakteristik: stabil, bergantung pada kebijakan pemerintah daerah.

b. Penjualan RDF

Pendapatan dari penjualan bahan bakar alternatif ke industri semen.

Parameter	**Nilai**
Volume RDF	84,92 ton/hari
Harga RDF	Rp 300.000/ton

Pendapatan tahunan: 84,92 × 300.000 × 365 = Rp 9,30 miliar/tahun

Dasar: MoU dengan offtaker, spesifikasi RDF sesuai BAB 6.

c. Penjualan Material Daur Ulang

Parameter	**Nilai**
Volume	25,56 ton/hari
Harga rata-rata	Rp 500.000/ton

Pendapatan tahunan: 25,56 × 500.000 × 365 = Rp 4,66 miliar/tahun

Catatan: harga fluktuatif, tergantung kualitas pemilahan.

d. Potensi Pendapatan Tambahan (Opsional)

Jika berlaku: Extended Producer Responsibility (EPR), carbon credit, subsidi pengurangan landfill. Dalam ilustrasi ini belum dimasukkan dalam perhitungan dasar karena tingkat kepastian rendah.

2. Penentuan Volume Konservatif

Untuk menjaga konservatisme model finansial:

Sumber Pendapatan	**Faktor Konservatif**
Tipping fee	100% volume
RDF	95% volume produksi
Daur ulang	80% volume recovery

Tujuan: mengantisipasi downtime, fluktuasi pasar.

3. Evaluasi Stabilitas dan Risiko Pendapatan

Sumber	**Stabilitas**	**Risiko Utama**
Tipping fee	Tinggi	Kebijakan daerah
RDF	Menengah	Kualitas & permintaan industri
Daur ulang	Rendah	Harga pasar

4. Validasi dengan Analisis Pasar (BAB 6)

Dilakukan pengecekan: volume RDF ≤ kapasitas serapan offtaker, harga RDF sesuai kontrak, volume daur ulang realistis terhadap pasar lokal.

Hasil: tidak ada oversupply produk.

5. Penyusunan Struktur Pendapatan Proyek

Rekapitulasi:

Sumber Pendapatan	**Nilai (Rp Miliar/tahun)**	**Persentase**
Tipping fee	11,66	46%
RDF	9,30	37%
Daur ulang	4,66	17%
Total	**25,62**	**100%**

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: tipping fee menjadi sumber pendapatan utama dan paling stabil, pendapatan RDF signifikan namun bergantung kualitas produk, pendapatan daur ulang bersifat tambahan, struktur pendapatan cukup berimbang untuk mendukung kelayakan finansial.

Tahap 5 Analisis Finansial

Jenis fasilitas : TPST RDF

Kapasitas operasi : 250 ton/hari

Umur proyek : 20 tahun

Parameter dari tahap sebelumnya:

Parameter	**Nilai**
Total CAPEX	Rp 36,33 miliar
Total OPEX	Rp 8,13 miliar/tahun
Total Pendapatan	Rp 25,62 miliar/tahun
Masa konstruksi	2 tahun
Tahun operasi awal	Tahun ke-3
Diskonto	10%

Tujuan tahap ini adalah menilai apakah proyek layak secara finansial dan menentukan kebutuhan dukungan fiskal bila diperlukan.

1. Penyusunan Model Arus Kas (Cash Flow Model)

A. Prinsip Dasar Perhitungan

Arus kas proyek dihitung dengan rumus:

Net Cash Flow = Pendapatan – OPEX – CAPEX

dimana:

- CAPEX terjadi pada masa konstruksi,
- Pendapatan dan OPEX mulai saat operasi,
- nilai pendapatan mengikuti utilisasi kapasitas (ramp-up).

B. Parameter Dasar Perhitungan

1. Parameter Teknis

Parameter	**Nilai**

Input efektif	213 ton/hari
Produksi RDF	84,92 ton/hari
Material daur ulang	25,56 ton/hari
Hari operasi	365 hari/tahun

2. Parameter Pendapatan

a. Tipping Fee

213 ton/hari × Rp150.000 × 365 = Rp 11,66 miliar/tahun

b. Penjualan RDF

84,92 ton/hari × Rp300.000 × 365 = Rp 9,30 miliar/tahun

c. Penjualan Daur Ulang

25,56 ton/hari × Rp500.000 × 365 = Rp 4,66 miliar/tahun

3. Total Pendapatan Operasi Penuh

11,66 + 9,30 + 4,66 = Rp 25,62 miliar/tahun

4. Total OPEX

Komponen	**Nilai**
SDM	1,58
Energi	0,72
Maintenance	0,73
Transport	4,40
Lingkungan & umum	0,70
Total OPEX	**8,13 miliar/tahun**

5. Total CAPEX

Rp 36,33 miliar

Diasumsikan dibagi selama konstruksi:

Tahun	**CAPEX**
Tahun 1	20,00
Tahun 2	16,33

C. Perhitungan Pendapatan Saat Ramp-Up

Fasilitas tidak langsung beroperasi penuh.

Tahun Operasi 1 (Tahun ke-3 Proyek)

Utilisasi: 70%

Pendapatan: 25,62 × 70% = Rp 17,93 miliar

OPEX diasumsikan penuh karena:

- tenaga kerja,
- energi minimum,
- fixed cost tetap berjalan.

Tahun Operasi 2

Utilisasi: 85%

Pendapatan: 25,62 × 85% = Rp 21,78 miliar

(Opsi ini dapat ditampilkan jika tabel tahunan rinci digunakan.)

Tahun Operasi Penuh (Tahun 4–20)

Pendapatan = Rp 25,62 miliar/tahun

OPEX = Rp 8,13 miliar/tahun

D. Perhitungan Net Cash Flow

Tahun 1 (Konstruksi)

Net Cash Flow = 0 – 0 – 20,00 = (20,00)

Tahun 2 (Konstruksi)

Net Cash Flow = 0 – 0 – 16,33 = (16,33)

Tahun 3 (Operasi Tahun Pertama)

Net Cash Flow = 17,93 – 8,13 = 9,80

Tahun 4–20 (Operasi Penuh)

Net Cash Flow = 25,62 – 8,13 = 17,49

E. Ringkasan Struktur Arus Kas

Tahun	CAPEX	Pendapatan	OPEX	Net Cash Flow
1	(20,00)	0	0	(20,00)
2	(16,33)	0	0	(16,33)
3	0	17,93	8,13	9,80
4–20	0	25,62	8,13	17,49

2. Perhitungan Indikator Kelayakan Finansial

Dasar perhitungan menggunakan arus kas proyek:

Tahun	Net Cash Flow (Rp Miliar)
1	(20,00)
2	(16,33)
3	9,80
4–20	17,49 per tahun

Discount rate (r): 10%

Umur analisis: 20 tahun

A. Net Present Value (NPV)

1. Prinsip Perhitungan

NPV adalah nilai sekarang dari seluruh arus kas masa depan.

Rumus: NPV = Σ [Cash Flow_t / (1 + r)^t]

dimana:

- t = tahun ke-t
- r = discount rate (10%)

2. Perhitungan Nilai Sekarang (Present Value)

Tahun 1. PV1 = -20,00 / (1,10)^1 = -18,18

Tahun 2. PV2 = -16,33 / (1,10)^2 = -13,50

Tahun 3. PV3 = 9,80 / (1,10)^3 = 7,36

Tahun 4–20 (Anuitas)

Karena arus kas sama setiap tahun: CF = 17,49; n = 17 tahun

Faktor Present Value Annuity:

PV factor = [1 - (1+0,10)^-17] / 0,10 = 7,606

Nilai sekarang: PV4-20 = 17,49 × 7,606 = 133,02

3. Total NPV

NPV = (-18,18) + (-13,50) + 7,36 + 133,02 = Rp 108,70 miliar

4. Interpretasi

- NPV > 0 → proyek menghasilkan nilai tambah finansial.
- Semakin besar NPV → semakin kuat kelayakan finansial.

B. Internal Rate of Return (IRR)

1. Prinsip Perhitungan

IRR adalah tingkat diskonto dimana:

NPV = 0 atau: Σ [Cash Flow_t / (1 + IRR)^t] = 0

2. Metode Perhitungan

IRR dihitung melalui:

- iterasi,
- atau fungsi IRR pada spreadsheet.

Dengan arus kas di atas diperoleh: IRR ≈ 17,8%

3. Interpretasi

Karena: IRR (17,8%) > Discount Rate (10%) maka: proyek layak secara finansial.

C. Payback Period

1. Prinsip Perhitungan

Payback period adalah waktu yang dibutuhkan hingga investasi awal kembali.

Total investasi: 36,33 miliar

2. Akumulasi Arus Kas

Tahun	Net Cash Flow	Akumulasi
1	(20,00)	(20,00)
2	(16,33)	(36,33)
3	9,80	(26,53)
4	17,49	(9,04)
5	17,49	8,45

Investasi kembali antara tahun ke-4 dan ke-5 operasi.

3. Interpolasi

Sisa investasi pada akhir tahun ke-4: 9,04

Proporsi tahun ke-5: 9,04 / 17,49 = 0,52 tahun

4. Hasil

Payback Period ≈ 4,5 tahun operasi atau sekitar: ± 6,5 tahun sejak awal konstruksi

3. Perhitungan DSCR / Debt Service Coverage Ratio (Jika Menggunakan Pembiayaan Utang)

A. Prinsip Dasar

DSCR digunakan untuk menilai kemampuan proyek dalam membayar kewajiban utang.

Rumus utama:

DSCR = Cash Flow Available for Debt Service (CFADS) / Debt Service (Pokok + Bunga)

dimana:

CFADS = Pendapatan – OPEX

(karena CAPEX sudah terjadi sebelum operasi).

B. Asumsi Pembiayaan

Parameter	**Nilai**
Total CAPEX	Rp 36,33 miliar
Porsi pinjaman	60%
Nilai pinjaman	Rp 21,80 miliar
Tenor pinjaman	10 tahun
Bunga	8% per tahun
Metode pembayaran	Anuitas tetap

C. Perhitungan Debt Service

1. Nilai Pinjaman

Loan = 36,33 × 60% = Rp 21,80 miliar

2. Perhitungan Cicilan Tahunan (Anuitas)

Rumus anuitas:

A = P × [r(1+r)^n] / [(1+r)^n – 1]

dimana:

- P = pinjaman = 21,80
- r = bunga = 8% = 0,08
- n = tenor = 10 tahun

Langkah Perhitungan

(1 + 0,08)^10 = 2,159

A = 21,80 × [0,08 × 2,159] / (2,159 – 1)

A = 21,80 × 0,1727 / 1,159

A = Rp 3,25 miliar/tahun

Sehingga: Debt Service tahunan = Rp 3,25 miliar

D. Perhitungan CFADS

Dari arus kas operasi:

Parameter	Nilai
Pendapatan penuh	25,62
OPEX	8,13

CFADS = 25,62 – 8,13 = Rp 17,49 miliar/tahun

E. Perhitungan DSCR Tahunan

1. Tahun Operasi Penuh

DSCR = 17,49 / 3,25 = 5,38

Artinya: arus kas operasi 5,38 kali lebih besar dari kewajiban utang.

2. Tahun Operasi Awal (Ramp-up 70%)

Pendapatan: 17,93 miliar

CFADS: 17,93 – 8,13 = 9,80

DSCR: 9,80 / 3,25 = 3,02

3. Tahun Operasi Kedua (Ramp-up 85%)

Pendapatan: 21,78 miliar

CFADS: 21,78 – 8,13 = 13,65

DSCR: 13,65 / 3,25 = 4,20

F. DSCR Rata-rata

Jika dihitung selama masa pinjaman (10 tahun):

Tahun	DSCR
Tahun 1 operasi	3,02
Tahun 2 operasi	4,20
Tahun 3–10 operasi	5,38

Rata-rata: DSCR ≈ 4,9

G. Interpretasi

Nilai DSCR[3]	Interpretasi
< 1,0	Tidak mampu membayar utang
1,0 – 1,2	Risiko tinggi
1,2 – 1,4	Minimum bankable
> 1,4	Bankable
> 2,0	Sangat kuat

Dengan DSCR > 1,2: proyek layak secara pembiayaan dan memiliki ruang keamanan arus kas. DSCR 1,2 bukan hasil hitungan proyek, tetapi standar minimum keamanan arus kas,

[3] International Finance Corporation (IFC). (2017). Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects. Washington, DC: World Bank Group.

berasal dari praktik pembiayaan proyek internasional, digunakan sebagai indikator awal bankability.

4. Analisis Sensitivitas

Dilakukan terhadap variabel utama:

Variabel	Perubahan	Dampak
Harga RDF	-10%	IRR turun menjadi 15,2%
OPEX	+10%	IRR turun menjadi 14,9%
Tipping fee	-10%	IRR turun menjadi 13,5%

Kesimpulan: tipping fee adalah variabel paling sensitif.

5. Evaluasi Kebutuhan Dukungan Fiskal

Simulasi dilakukan untuk mencari tipping fee minimum:

Parameter	Nilai
IRR target	12%
Tipping fee minimum	Rp 125.000/ton

Interpretasi: tipping fee Rp 150.000/ton masih memberikan margin keamanan.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: proyek layak secara finansial dengan IRR di atas tingkat diskonto, struktur pendapatan cukup untuk menutup biaya operasi dan investasi, tipping fee tetap menjadi faktor kunci keberlanjutan finansial, proyek dapat dilanjutkan ke evaluasi ekonomi.

Catatan: Analisis finansial harus menggunakan parameter yang berasal dari neraca massa dan analisis pasar. Perubahan kecil pada asumsi volume atau harga produk dapat mengubah hasil kelayakan secara signifikan.

Tahap 6 Analisis Ekonomi

Hasil tahap sebelumnya:

Parameter	Nilai
CAPEX	Rp 36,33 miliar
OPEX	Rp 8,13 miliar/tahun
Residu ke TPA berkurang	±54%
Produksi RDF	84,92 ton/hari

Tujuan tahap ini adalah menilai apakah proyek memberikan manfaat ekonomi bersih bagi masyarakat, meskipun secara finansial mungkin memerlukan dukungan pemerintah.

Prinsip Analisis Ekonomi, perbedaan utama:

Aspek	Finansial	Ekonomi
Sudut pandang	Investor/operator	Masyarakat
Harga	Harga pasar	Harga ekonomi (shadow price)
Subsidi & pajak	Dihitung	Dihilangkan
Manfaat lingkungan	Tidak dihitung	Dihitung

1. Identifikasi Manfaat Ekonomi Proyek

Manfaat ekonomi berasal dari dampak yang tidak selalu menjadi pendapatan langsung.

a. Pengurangan Beban Landfill

Tanpa proyek: 213 ton/hari → TPA

Dengan proyek: 97,96 ton/hari → TPA

Pengurangan: 115,04 ton/hari

Jika biaya ekonomi landfill: Rp 120.000/ton

Manfaat tahunan: 115,04 × 120.000 × 365 = Rp 5,04 miliar/tahun

b. Pengurangan Emisi GRK

Asumsi: pengurangan emisi landfill = 0,8 tCO_2e/ton sampah dialihkan, nilai ekonomi karbon = Rp 75.000/tCO_2e.

Perhitungan: 115,04 × 0,8 × 365 = 33.576 tCO_2e/tahun

Manfaat ekonomi: 33.576 × 75.000 = Rp 2,52 miliar/tahun

c. Pengurangan Dampak Kesehatan dan Lingkungan

Meliputi: pengurangan pembakaran terbuka, pengurangan bau dan vektor penyakit. Estimasi konservatif: Rp 0,75 miliar/tahun

d. Substitusi Bahan Bakar Fosil

RDF menggantikan batubara di industri semen.

Asumsi: substitusi energi = 0,7 ton batubara/ton RDF, nilai ekonomi energi = Rp 500.000/ton.

Manfaat tahunan: 84,92 × 0,7 × 500.000 × 365 = Rp 10,85 miliar/tahun

Total Manfaat Ekonomi Tahunan: 5,04 + 2,52 + 10,85 + 0,75 = Rp 19,16 miliar/tahun

2. Identifikasi Biaya Ekonomi

Biaya ekonomi berbeda dari biaya finansial karena: pajak dihilangkan, subsidi tidak dihitung sebagai biaya.

Contoh:

Komponen	**Penyesuaian**
Pajak	dikeluarkan
Transfer payment	dikeluarkan
Biaya tenaga kerja	disesuaikan faktor ekonomi

Total biaya ekonomi tahunan: Rp 7,60 miliar/tahun

3. Konversi Harga Finansial menjadi Harga Ekonomi

Digunakan conversion factor:

Komponen	**Faktor**
Peralatan impor	0,95
Tenaga kerja lokal	0,90
Energi	1,00

Tujuan: mencerminkan nilai ekonomi riil sumber daya.

4. Perhitungan Indikator Kelayakan Ekonomi

A. Economic Net Present Value (ENPV)

1. Rumus

ENPV = Σ [(Benefit_t – Cost_t) / (1+r)^t]

Discount rate ekonomi: 10%

2. Net Economic Benefit Tahunan

19,16 – 7,60 = Rp 11,56 miliar/tahun

3. Present Value Manfaat Bersih

Untuk periode 20 tahun:

Faktor anuitas: [1 – (1+0,10)^-20] / 0,10 = 8,514

Sehingga: ENPV = 11,56 × 8,514 = Rp 98,45 miliar

B. Economic Internal Rate of Return (EIRR)

1. Prinsip

EIRR adalah tingkat diskonto yang membuat: ENPV = 0

2. Metode

Dihitung melalui iterasi atau fungsi IRR:

Arus kas ekonomi:

Tahun	Net Economic Benefit
1–20	11,56 miliar

Hasil: EIRR ≈ 24,6%

3. Interpretasi

Karena: EIRR > Economic Discount Rate (10%) maka proyek layak secara ekonomi.

C. Benefit-Cost Ratio (BCR)

1. Rumus

BCR = PV Benefit / PV Cost

2. Perhitungan

Present Value Benefit: 19,16 × 8,514 = 163,15

Present Value Cost: 7,60 × 8,514 = 64,71

3. Hasil

BCR = 163,15 / 64,71 = 2,52

D. Interpretasi

Indikator	Kriteria Layak
ENPV	> 0
EIRR	> discount rate ekonomi
BCR	> 1

Hasil menunjukkan: manfaat ekonomi jauh lebih besar dibanding biaya.

5. Evaluasi Justifikasi Intervensi Publik

Analisis menunjukkan: manfaat lingkungan dan kesehatan signifikan, sebagian manfaat tidak menjadi pendapatan operator, sehingga tipping fee atau dukungan fiskal dapat dibenarkan secara ekonomi.

6. Kesimpulan

Analisis menunjukkan bahwa: proyek sangat layak secara ekonomi, manfaat terbesar berasal dari pengurangan landfill dan substitusi energi, intervensi publik melalui tipping fee atau dukungan kebijakan dapat dibenarkan, proyek memberikan manfaat jangka panjang bagi sistem persampahan dan lingkungan.

Catatan: Banyak proyek pengelolaan sampah tidak sepenuhnya layak secara finansial, namun tetap sangat layak secara ekonomi. Oleh karena itu analisis ekonomi menjadi dasar utama pembenaran investasi publik.

Tahap 7 – Evaluasi Skema PPP / KPBU

Jenis fasilitas : TPST RDF

Kapasitas : 250 ton/hari

Umur proyek : 20 tahun

Hasil tahap sebelumnya:

Parameter	Nilai
Total CAPEX	Rp 36,33 miliar
OPEX	Rp 8,13 miliar/tahun
Pendapatan	Rp 25,62 miliar/tahun
IRR Finansial	17,8%
EIRR	24,6%
Sumber pendapatan utama	Tipping fee & RDF

Tujuan tahap ini adalah mengevaluasi apakah proyek menarik bagi investor swasta dan menentukan bentuk keterlibatan pemerintah.

1. Evaluasi Stabilitas Arus Kas Proyek

Arus kas dianalisis untuk melihat kestabilan pendapatan jangka panjang.

Komposisi pendapatan:

Sumber	Persentase	Stabilitas
Tipping fee	46%	Tinggi
RDF	37%	Menengah
Daur ulang	17%	Rendah

Temuan: sebagian besar pendapatan berasal dari tipping fee, stabilitas proyek sangat tergantung pada komitmen pemerintah daerah.

Kesimpulan: Arus kas relatif stabil untuk skema PPP.

2. Identifikasi Risiko yang Dapat Dialihkan ke Pihak Swasta

Dilakukan pemetaan risiko berdasarkan karakteristik proyek.

Jenis Risiko	Pihak yang Menanggung	Alasan
Risiko konstruksi	Swasta	Dapat dikendalikan kontraktor
Risiko kinerja teknologi	Swasta	Terkait desain & operasi
Risiko volume sampah	Pemerintah	Diluar kendali operator
Risiko pasar RDF	Shared	Bergantung kualitas & pasar
Risiko regulasi	Pemerintah	Kebijakan publik

Kesimpulan: sebagian risiko utama dapat dialihkan, namun risiko volume tetap pada pemerintah.

3. Analisis Gap Kemampuan Bayar

Dilakukan perbandingan antara: kebutuhan pendapatan proyek, kemampuan bayar pemerintah.

Kebutuhan tipping fee minimum (hasil Tahap 5): Rp 125.000/ton

Tipping fee rencana: Rp 150.000/ton

Hasil: tidak terdapat viability gap, proyek dapat berjalan tanpa subsidi tambahan.

4. Evaluasi Opsi Dukungan Pemerintah

Meskipun finansial layak, dilakukan evaluasi opsi dukungan:

Jenis Dukungan	**Tujuan**
Availability payment	Menjamin cash flow
Minimum waste guarantee	Mengurangi risiko volume
Land provision	Mengurangi CAPEX
VGF (jika diperlukan)	Menutup gap finansial

Dalam ilustrasi ini: dukungan berupa penyediaan lahan dan jaminan volume dianggap cukup.

5. Penilaian Indikasi Minat Investor dan Bankability

Dilakukan simulasi berdasarkan indikator umum PPP:

Parameter	**Hasil**
IRR > WACC	Ya
DSCR > 1,2	Ya
Risiko terkendali	Ya
Pendapatan stabil	Ya

Kesimpulan: Proyek memiliki indikasi bankable untuk PPP skala menengah.

6. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa: proyek memiliki arus kas yang cukup stabil untuk menarik investor, risiko konstruksi dan operasi dapat dialihkan kepada swasta, dukungan pemerintah tetap diperlukan pada aspek volume dan regulasi, skema yang direkomendasikan adalah PPP/KPBU dengan dukungan pemerintah terbatas.

Catatan: Evaluasi PPP tidak hanya melihat IRR tinggi, tetapi terutama kestabilan arus kas dan kejelasan alokasi risiko. Banyak proyek secara finansial layak namun tidak bankable karena risiko volume atau kebijakan tidak jelas.

BAB 9 Tata Kelola, Kelembagaan, dan Struktur Legal

Tujuan

Bab ini bertujuan untuk memastikan bahwa proyek memiliki:

- Landasan hukum dan regulasi yang jelas, sehingga proyek dapat dilaksanakan tanpa hambatan legal yang signifikan;
- Struktur kelembagaan yang mampu mengelola proyek secara operasional dan finansial sepanjang umur proyek;
- Model tata kelola dan pembagian peran yang akuntabel, antara regulator, operator, dan pengawas;
- Struktur legal dan skema kemitraan yang sesuai, termasuk alokasi risiko hukum dan kontraktual yang proporsional.

Bab ini menjadi penghubung langsung antara:

- kelayakan teknis dan finansial,
- dengan manajemen risiko dan kesiapan implementasi.

Jika BAB ini belum dinilai READY, maka proyek berisiko mengalami kegagalan implementasi meskipun layak secara teknis dan finansial.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi dengan Bab 8, 11, dan 12
Tenaga Ahli Hukum / Regulasi	Analisis regulasi, izin, dan struktur legal
Tenaga Ahli Kelembagaan / KPBU	Evaluasi kelembagaan dan tata kelola, analisis skema kemitraan dan alokasi risiko
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Konsistensi delivery model dengan struktur pembiayaan
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Memastikan kesesuaian peran regulator dan operator dalam sistem pengelolaan sampah daerah, serta kejelasan pembagian fungsi antara pengawasan dan operasional fasilitas.
Bappeda	Memastikan struktur kelembagaan dan model kerja sama selaras dengan arah pembangunan daerah dan rencana pengembangan layanan persampahan jangka panjang.
BPKAD/BPKD	Memvalidasi implikasi struktur kelembagaan terhadap kewajiban fiskal daerah, mekanisme pembayaran layanan, dan pengelolaan aset daerah.
Bagian Hukum Setda	Melakukan telaah legal terhadap struktur kerja sama, bentuk kontrak, alokasi risiko hukum, dan kebutuhan dasar hukum daerah (Perda/Perkada).
DPMPTSP	Memastikan struktur badan usaha/operator dan skema kerja sama sesuai dengan ketentuan perizinan usaha dan investasi.
Inspektorat Daerah	Memberikan masukan terkait mekanisme pengawasan, akuntabilitas, dan tata kelola untuk meminimalkan risiko tata kelola pada tahap implementasi.
Sekretariat Daerah / Asisten Pemerintahan atau Ekonomi	Mendukung koordinasi lintas perangkat daerah dalam penetapan struktur kelembagaan dan model implementasi proyek.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Unit KPBU / Bappenas (jika relevan)
- Operator fasilitas persampahan
- Konsultan hukum infrastruktur

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Analisis Regulasi & Perizinan	2. Kapasitas Kelembagaan & Tata Kelola	3. Struktur Legal & Skema Kemitraan	4. Penetapan Delivery Model & Alokasi Tanggung Jawab
Apa yang dilakukan?	1. Mengidentifikasi regulasi nasional dan daerah yang relevan dengan proyek (persampahan, lingkungan, energi, tata ruang, pengadaan). 2. Mengidentifikasi izin yang diperlukan pada tahap perencanaan, konstruksi, dan operasi. 3. Mengevaluasi kesesuaian proyek terhadap RTRW, kebijakan daerah, dan penugasan kelembagaan. 4. Mengidentifikasi potensi hambatan hukum atau konflik regulasi. 5. Menyusun daftar izin dan status pemenuhannya.	1. Mengidentifikasi institusi yang terlibat dalam perencanaan, implementasi, dan operasi proyek. 2. Mengevaluasi kapasitas organisasi, SDM, pengalaman operasional, dan sistem pengawasan. 3. Mengidentifikasi kesenjangan kapasitas kelembagaan terhadap kebutuhan operasi fasilitas. 4. Mengevaluasi mekanisme koordinasi antar lembaga (regulator–operator–pengawas). 5. Mengidentifikasi kebutuhan penguatan kelembagaan sebelum implementasi.	1. Mengidentifikasi alternatif struktur legal pengelolaan proyek (UPTD, BLUD, BUMD, KPBU/PPP, kontrak layanan). 2. Menganalisis implikasi hukum dan operasional dari masing-masing skema. 3. Mengidentifikasi struktur kontrak utama (operator, offtaker, penyedia teknologi). 4. Mengkaji pembagian risiko hukum dan kontraktual. 5. Mengevaluasi kesesuaian struktur legal dengan model pembiayaan proyek.	1. Menentukan delivery model proyek yang paling sesuai berdasarkan hasil analisis regulasi, kapasitas kelembagaan, dan struktur pembiayaan. 2. Menetapkan peran dan tanggung jawab masing-masing pihak (Pemda, operator, mitra swasta). 3. Menyusun matriks tanggung jawab (regulasi, operasi, pembiayaan, pengawasan). 4. Mengidentifikasi risiko kelembagaan dan legal yang perlu dimitigasi. 5. Mengintegrasikan hasil ke struktur implementasi proyek.
Metode / Tools	Regulatory review matrix, permit checklist, legal gap analysis	Institutional capacity assessment, stakeholder mapping, governance analysis **Rujukan:**	Legal structure comparison matrix, contract mapping, PPP screening tools	Delivery model assessment, responsibility matrix (RACI), institutional risk mapping

TAHAP	1. Analisis Regulasi & Perizinan	2. Kapasitas Kelembagaan & Tata Kelola	3. Struktur Legal & Skema Kemitraan	4. Penetapan Delivery Model & Alokasi Tanggung Jawab
		J. Arsitektur model bisnis RDF berbasis BLUD		
Keluaran	Daftar regulasi relevan, daftar izin dan statusnya	Evaluasi kapasitas kelembagaan dan kebutuhan penguatan	Rekomendasi struktur legal dan skema kemitraan	Delivery model proyek dan matriks pembagian tanggung jawab

Catatan:

- Analisis pada BAB ini tidak berhenti pada pemetaan institusi, tetapi harus menghasilkan struktur operasional yang dapat dijalankan.
- Struktur legal dan delivery model harus konsisten dengan:
  - hasil analisis finansial,
  - alokasi risiko,
  - serta kesiapan implementasi.

Jika peran operator atau dasar hukum operasional belum jelas, maka status BAB ini minimal CONDITIONAL.

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Tujuan proyek, kewenangan pemerintah daerah, dan konteks kelembagaan wilayah	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kesesuaian proyek terhadap kebijakan nasional, daerah, dan tata ruang	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Kepastian wilayah layanan dan tanggung jawab pelayanan persampahan	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Kompleksitas teknologi yang menentukan kebutuhan kapasitas operator	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Struktur pasar dan kebutuhan pengaturan kontrak offtake	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Konsistensi aliran material dan tanggung jawab operasional fasilitas	Bab 7 Neraca Massa
Kesesuaian struktur kelembagaan dengan model pembiayaan proyek	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Persyaratan lingkungan dan tanggung jawab pengelolaan dampak	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Integrasi tata kelola dengan aspek keberlanjutan dan kebijakan iklim	
Alokasi risiko kelembagaan dan kontraktual	Bab 11 Manajemen Risiko
Kesiapan institusi dalam tahapan implementasi proyek	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Integrasi hasil analisis kelembagaan dalam keputusan akhir proyek	Bab 13 Kesimpulan & Rekomendasi

Contoh Ilustratif

Tahap 1 – Analisis Regulasi & Perizinan

A. Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis Fasilitas : TPST RDF

Lokasi : Kawasan peri-urban dalam wilayah administrasi kabupaten

Kapasitas : 250 ton/hari

Tujuan Proyek :

- Mengurangi residu menuju TPA,
- Menghasilkan RDF sebagai bahan bakar alternatif industri.
- Mendukung target pengurangan sampah daerah.

Pada tahap ini dilakukan analisis untuk memastikan bahwa proyek dapat dilaksanakan secara legal dan seluruh perizinan yang diperlukan dapat dipenuhi sebelum tahap konstruksi dan operasi.

B. Apa yang Dilakukan

Analisis regulasi dan perizinan dilakukan melalui langkah berikut:

1. Identifikasi Regulasi yang Relevan

Tim FS melakukan identifikasi regulasi pada tiga tingkat:

a. Regulasi Nasional

Meliputi:

- regulasi pengelolaan sampah,
- perlindungan lingkungan hidup,
- perizinan berusaha berbasis risiko,
- standar teknis pengolahan sampah,
- regulasi energi alternatif (jika RDF digunakan sebagai bahan bakar).

Tujuan: memastikan aktivitas pengolahan RDF diperbolehkan secara hukum.

b. Regulasi Provinsi dan Daerah

Meliputi:

- Perda pengelolaan sampah,
- RTRW dan RDTR,
- kebijakan retribusi/tipping fee,
- penugasan kelembagaan pengelolaan sampah.

Tujuan: memastikan lokasi dan fungsi fasilitas sesuai tata ruang dan kewenangan daerah.

c. Regulasi Sektoral

Meliputi:

- regulasi industri pengguna RDF,
- standar emisi dan lingkungan,
- regulasi transportasi limbah non-B3.

2. Identifikasi Persyaratan Perizinan

Tim menyusun daftar izin berdasarkan tahapan proyek:

Tahap	**Jenis Perizinan**
Perencanaan	Kesesuaian tata ruang, Persetujuan Lingkungan
Konstruksi	Persetujuan Bangunan Gedung (PBG)
Operasi	Perizinan operasional fasilitas pengolahan sampah
Operasi RDF	Persetujuan pemanfaatan RDF oleh industri

Setiap izin kemudian diklasifikasikan menjadi: ☑ Sudah tersedia, ⚠ Dalam proses, ✗ Belum tersedia

3. Analisis Kesesuaian Lokasi dan Aktivitas

Dilakukan pengecekan: lokasi terhadap RTRW, jarak terhadap permukiman, status lahan, fungsi kawasan.

Hasil analisis menunjukkan lokasi berada pada zona utilitas publik sehingga secara tata ruang diperbolehkan.

4. Identifikasi Risiko Regulasi

Tim mengidentifikasi potensi hambatan, misalnya:

- perubahan kebijakan lingkungan,
- perizinan lingkungan membutuhkan waktu panjang,
- belum adanya regulasi spesifik RDF di daerah.
- Risiko ini kemudian menjadi input ke BAB 12 Manajemen Risiko.

C. Metode / Tools

Metode yang digunakan dalam analisis:

Metode / Tools	**Fungsi**
Regulatory review matrix	Memetakan regulasi yang relevan
Permit checklist	Mengidentifikasi seluruh izin yang dibutuhkan
Legal gap analysis	Mengidentifikasi kekosongan atau konflik regulasi
Konsultasi instansi	Validasi interpretasi regulasi
Review RTRW/RDTR	Validasi kesesuaian lokasi

Sumber data: peraturan nasional dan daerah, OSS-RBA, dokumen RTRW/RDTR, konsultasi DLH dan DPMPTSP.

D. Keluaran

Hasil dari tahap ini adalah:

1. Matriks Regulasi Proyek

Regulasi	**Relevansi**	**Status Kepatuhan**
UU Pengelolaan Sampah	Aktivitas utama proyek	Sesuai
PP Lingkungan Hidup	Persetujuan lingkungan	Dalam proses
Perda Persampahan	Penugasan DLH	Sesuai

2. Daftar Perizinan dan Status

Izin	**Status**	**Catatan**
Persetujuan Lingkungan	Proses	Target selesai sebelum tender
PBG	Belum	Menunggu DED
Izin Operasi	Belum	Setelah konstruksi

3. Peta Risiko Regulasi

Risiko	**Dampak**	**Mitigasi**
Keterlambatan AMDAL	Penundaan konstruksi	Percepatan studi lingkungan
Interpretasi RDF	Penolakan izin	Konsultasi KLHK

4. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa:

- proyek secara hukum dapat dilaksanakan,
- tidak terdapat hambatan regulasi fundamental,
- namun penyelesaian persetujuan lingkungan menjadi prasyarat utama sebelum konstruksi.

Catatan: Proyek dianggap siap secara regulasi bukan ketika seluruh izin telah terbit, tetapi ketika seluruh izin telah teridentifikasi, jalur pemenuhannya jelas, dan tidak terdapat hambatan hukum yang menghalangi implementasi."

Tahap 2 – Kapasitas Kelembagaan & Tata Kelola

A. Apa yang Dilakukan

Analisis kapasitas kelembagaan dan tata kelola dilakukan melalui empat langkah utama:

1. Identifikasi Struktur Kelembagaan Eksisting

Tim FS memetakan seluruh institusi yang terlibat dalam siklus layanan:

Fungsi	**Institusi**
Regulator layanan	Pemerintah Daerah
Penanggung jawab layanan	DLH
Operator pengangkutan	UPTD Persampahan
Operator fasilitas	Belum ditetapkan
Pengawasan	Inspektorat / DLH

Tujuan:

- memahami rantai tanggung jawab dari hulu hingga hilir,
- menghindari tumpang tindih kewenangan.

2. Evaluasi Kapasitas Organisasi dan SDM

Evaluasi dilakukan terhadap:

a. Kapasitas Organisasi

- struktur organisasi,
- kejelasan fungsi operasi dan pemeliharaan,
- pengalaman mengelola fasilitas pengolahan.

Temuan: UPTD memiliki pengalaman operasi TPS3R, namun belum pernah mengoperasikan fasilitas RDF skala besar.

b. Kapasitas SDM

- jumlah operator,
- kompetensi teknis,
- kemampuan pemeliharaan peralatan mekanikal.

Temuan: dibutuhkan peningkatan kapasitas teknis operator.

c. Kapasitas Manajerial

- sistem pelaporan,
- pengawasan kinerja,
- pengendalian biaya operasional.

3. Evaluasi Tata Kelola dan Mekanisme Koordinasi

Tim menilai:

- hubungan kerja antara DLH, operator, dan pemerintah daerah,
- mekanisme pengambilan keputusan operasional,
- sistem pengawasan dan evaluasi kinerja.

Temuan: belum terdapat KPI operasional fasilitas, mekanisme evaluasi kinerja operator belum formal.

4. Identifikasi Gap dan Kebutuhan Penguatan

Gap utama yang diidentifikasi:

Area	Gap	Dampak
Operasional RDF	Kurang pengalaman teknis	Risiko downtime
Pengawasan kinerja	KPI belum tersedia	Kinerja tidak terukur
Manajemen kontrak	Pengalaman terbatas	Risiko konflik operasional

Gap ini menjadi input langsung ke:

- BAB 11 → risiko kelembagaan,
- BAB 12 → program penguatan kapasitas.

B. Metode / Tools

Metode yang digunakan:

Metode / Tools	Fungsi
Institutional mapping	Memetakan peran institusi
Capacity assessment checklist	Evaluasi kapasitas organisasi
Stakeholder analysis	Identifikasi hubungan antar lembaga
Governance analysis	Evaluasi mekanisme pengambilan keputusan
Gap analysis	Identifikasi kebutuhan penguatan

Sumber data: struktur organisasi DLH, wawancara pejabat teknis, dokumen SOP eksisting, benchmarking fasilitas sejenis.

C. Keluaran

Hasil Tahap 2 menghasilkan:

1. Peta Struktur Kelembagaan Proyek

Diagram yang menunjukkan: regulator, operator, pengawas, hubungan koordinasi antar pihak.

2. Matriks Kapasitas Kelembagaan

Fungsi	Kapasitas Saat Ini	Kebutuhan	Status
Operasi fasilitas	Terbatas	Pelatihan RDF	Bersyarat
Pengawasan	Ada	KPI operasional	Bersyarat
Manajemen kontrak	Terbatas	Pendampingan teknis	Bersyarat

3. Daftar Gap Kelembagaan

Dokumen yang menjelaskan: area kelemahan, dampak terhadap operasi, prioritas penguatan.

4. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa:

- struktur kelembagaan dasar telah tersedia,
- namun kapasitas operasional dan sistem tata kelola perlu diperkuat sebelum operasi dimulai,
- penguatan kapasitas menjadi prasyarat implementasi.

Catatan: Keberhasilan fasilitas pengolahan sampah lebih sering ditentukan oleh kapasitas kelembagaan dibandingkan teknologi. Struktur organisasi yang jelas tanpa kapasitas operasional yang memadai tetap berisiko menghasilkan kegagalan operasi.

Tahap 3 – Struktur Legal & Skema Kemitraan

A. Apa yang Dilakukan

Analisis struktur legal dan skema kemitraan dilakukan melalui lima langkah utama:

1. Identifikasi Alternatif Struktur Legal

Tim FS mengidentifikasi alternatif struktur pengelolaan fasilitas yang secara hukum dimungkinkan:

Alternatif	**Karakteristik**
UPTD (Operasi langsung Pemda)	Kontrol penuh pemerintah
BLUD	Fleksibilitas keuangan operasional
BUMD	Entitas bisnis daerah
Kontrak Operator Swasta	Operasi oleh pihak ketiga
KPBU/PPP	Investasi dan operasi bersama

Tujuan: memastikan pilihan struktur sesuai dengan kompleksitas teknologi dan kebutuhan operasi.

2. Analisis Kesesuaian Struktur Legal terhadap Karakter Proyek

Evaluasi dilakukan terhadap:

- kompleksitas teknologi RDF,
- kebutuhan keandalan operasi,
- kebutuhan fleksibilitas biaya operasional,
- kemampuan kelembagaan eksisting.

Temuan:

- operasi RDF membutuhkan kemampuan teknis tinggi,
- sistem keuangan UPTD dinilai kurang fleksibel untuk pengadaan spare part cepat,
- skema operator swasta dinilai lebih sesuai untuk menjaga performa.

3. Analisis Struktur Kontrak dan Hubungan Antar Pihak

Tim memetakan hubungan hukum utama dalam proyek:

Hubungan	**Jenis Kontrak**
Pemda – Operator	Kontrak operasi & pemeliharaan
Operator – Offtaker	Kontrak penjualan RDF
Pemda – Penyedia Teknologi	Kontrak EPC
Pemda – Pengangkut Sampah	Kontrak layanan

Tujuan: memastikan tidak ada celah tanggung jawab operasional, memastikan aliran tanggung jawab jelas.

4. Analisis Alokasi Risiko Legal & Kontraktual

Risiko dianalisis berdasarkan siapa yang memiliki kontrol terbaik:

Risiko	Pihak Pengelola
Kinerja teknologi	Operator
Ketersediaan sampah	Pemerintah Daerah
Penyerapan RDF	Shared
Kepatuhan lingkungan	Operator & Pemda

Hasil analisis ini menjadi input langsung ke BAB 12 Manajemen Risiko.

5. Penentuan Skema Kemitraan yang Direkomendasikan

Berdasarkan analisis:

- investasi fasilitas oleh Pemda,
- operasi oleh operator swasta melalui kontrak O&M,
- pengawasan oleh DLH.

Alasan:

- menjaga kontrol layanan publik,
- meningkatkan keandalan operasi,
- mengurangi risiko operasional Pemda.

B. Metode / Tools

Metode yang digunakan:

Metode / Tools	Fungsi
Legal structure comparison matrix	Membandingkan alternatif struktur legal
Delivery model assessment	Menilai kesesuaian model implementasi
Contract mapping	Memetakan hubungan kontraktual
Risk allocation analysis	Menentukan pembagian risiko
Stakeholder consultation	Validasi kelayakan kelembagaan

Sumber data: regulasi pengelolaan sampah, regulasi pengadaan pemerintah, praktik proyek RDF sejenis, diskusi dengan bagian hukum Pemda.

C. Keluaran

Tahap ini menghasilkan:

1. Matriks Perbandingan Struktur Legal

Struktur	Kelebihan	Kelemahan	Kesesuaian
UPTD	Kontrol penuh	Kurang fleksibel	Rendah
BLUD	Fleksibel	Kapasitas terbatas	Sedang
Operator Swasta	Profesional	Perlu pengawasan kuat	Tinggi

2. Peta Struktur Kontrak Proyek

Diagram hubungan hukum antara: Pemda, operator, offtaker, penyedia teknologi.

3. Matriks Alokasi Risiko Legal

Dokumen yang menunjukkan pembagian tanggung jawab hukum antar pihak.

4. Rekomendasi Struktur Legal & Skema Kemitraan

Rekomendasi akhir:

- Pemda sebagai pemilik aset,
- operator swasta sebagai pelaksana operasi,
- kontrak berbasis kinerja (performance-based O&M).

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa:

- struktur legal yang direkomendasikan memungkinkan proyek berjalan secara operasional dan finansial,
- pembagian tanggung jawab jelas,
- tidak terdapat hambatan hukum fundamental.

Catatan: Struktur legal yang tepat bukan yang paling sederhana secara administratif, tetapi yang paling mampu memastikan fasilitas beroperasi secara andal selama umur proyek.

Tahap 4 – Penetapan Delivery Model

A. Apa yang Dilakukan

Penetapan delivery model dilakukan melalui lima langkah utama:

1. Identifikasi Alternatif Delivery Model

Tim FS mengidentifikasi beberapa model implementasi yang secara hukum dan kelembagaan dimungkinkan:

Delivery Model	Karakteristik
Operasi langsung oleh UPTD	Seluruh fungsi di bawah Pemda
BLUD	Operasi semi-bisnis dengan fleksibilitas keuangan
Kontrak O&M Operator Swasta	Aset Pemda, operasi oleh pihak ketiga
KPBU/PPP	Investasi dan operasi oleh mitra swasta

Tujuan: memastikan pilihan model sesuai dengan kapasitas kelembagaan dan kebutuhan teknis proyek.

2. Evaluasi Kesesuaian Delivery Model terhadap Karakter Proyek

Evaluasi dilakukan berdasarkan:

- kompleksitas teknologi RDF,
- kebutuhan keandalan operasi harian,
- kapasitas teknis SDM daerah,
- kemampuan pengelolaan risiko operasional,
- skema pembiayaan yang telah ditentukan (Bab 8).

Temuan:

- operasi RDF membutuhkan pengendalian proses mekanikal yang intensif,
- UPTD belum memiliki pengalaman operasi fasilitas sejenis,
- KPBU tidak dipilih karena investasi telah direncanakan melalui APBD.

Alternatif yang paling sesuai: Aset dimiliki Pemda, operasi oleh operator swasta melalui kontrak O&M berbasis kinerja.

3. Penyusunan Matriks Peran dan Tanggung Jawab

Tim menyusun pembagian tanggung jawab berdasarkan fungsi utama proyek:

Fungsi	Pemerintah Daerah	Operator	Offtaker
Penyediaan lahan	✓		
Investasi fasilitas	✓		
Operasi harian		✓	
Pemeliharaan		✓	
Penyediaan sampah	✓		

Fungsi	Pemerintah Daerah	Operator	Offtaker
Penjualan RDF		✓	✓
Pengawasan kinerja	✓		

Tujuan: menghindari area tanggung jawab yang tidak jelas, memastikan accountability operasional.

4. Penyesuaian Alokasi Tanggung Jawab dengan Risiko

Hasil matriks tanggung jawab diselaraskan dengan prinsip: risiko ditanggung oleh pihak yang memiliki kontrol terbaik.

Contoh:

Risiko	Pihak Penanggung Jawab	Alasan
Kinerja peralatan	Operator	Mengendalikan operasi
Kontinuitas suplai sampah	Pemda	Mengendalikan sistem pengumpulan
Penyerapan RDF	Shared	Dipengaruhi pasar
Kepatuhan lingkungan	Operator & Pemda	Operasi dan regulator

Hasil ini menjadi input langsung ke BAB 11.

5. Validasi Delivery Model terhadap Implementasi

Dilakukan pengecekan:

- kesesuaian dengan regulasi pengadaan,
- kesiapan kontraktual,
- kesiapan kelembagaan pengawasan,
- kesesuaian dengan jadwal implementasi (Bab 12).

Hasil: delivery model dapat diimplementasikan tanpa perubahan regulasi tambahan.

B. Metode / Tools

Metode yang digunakan:

Metode / Tools	Fungsi
Delivery model assessment matrix	Membandingkan alternatif model
Responsibility matrix (RACI)	Penetapan peran dan tanggung jawab
Risk allocation analysis	Penyesuaian tanggung jawab dengan risiko
Institutional consultation	Validasi kesiapan kelembagaan
Benchmarking proyek sejenis	Validasi kelayakan model

Sumber data: hasil Tahap 1–3 BAB 9, analisis finansial (Bab 8), analisis risiko (Bab 11), pengalaman proyek RDF sejenis.

C. Keluaran

Tahap ini menghasilkan:

1. Pernyataan Delivery Model Proyek

Dokumen yang menjelaskan:

- Pemda sebagai pemilik aset,
- operator swasta sebagai pelaksana operasi,

- DLH sebagai pengawas layanan.

2. Matriks Pembagian Tanggung Jawab

Dokumen formal yang menunjukkan peran masing-masing pihak selama siklus proyek.

3. Matriks Alokasi Risiko Kelembagaan

Input utama untuk BAB 11 Manajemen Risiko.

4. Rekomendasi Struktur Implementasi

Delivery model yang direkomendasikan:

Public-Owned Asset – Private Operated Facility (Performance-Based O&M Contract)

5. Kesimpulan Tahap

Analisis menunjukkan bahwa:

- delivery model yang dipilih realistis terhadap kapasitas kelembagaan daerah,
- tanggung jawab operasional jelas,
- risiko kelembagaan dapat dikendalikan,
- model implementasi konsisten dengan analisis finansial dan risiko.

Catatan: Delivery model yang tepat adalah yang meminimalkan risiko kegagalan operasi, bukan yang paling sederhana secara administratif.

BAB 10 Lingkungan, Sosial, dan Iklim

SUB BAB LINGKUNGAN DAN SOSIAL

Tujuan

SUB BAB Lingkungan dan Sosial bertujuan untuk memastikan bahwa proyek fasilitas pengelolaan sampah:

- Memenuhi seluruh persyaratan lingkungan dan sosial sesuai regulasi nasional dan standar pembiaya.
- Mengidentifikasi secara dini risiko dan dampak lingkungan serta sosial yang berpotensi mempengaruhi keberterimaan dan keberlanjutan proyek.
- Menyusun langkah pengelolaan dan mitigasi yang praktis dan dapat diimplementasikan selama tahap konstruksi dan operasi.
- Memastikan bahwa proyek dapat diterima oleh regulator, masyarakat, dan pembiaya tanpa menimbulkan risiko lingkungan dan sosial yang tidak dapat dikelola.

SUB BAB ini menjadi dasar keputusan apakah proyek:

- Layak secara lingkungan dan sosial untuk dilanjutkan,
- Memerlukan penguatan mitigasi tertentu, atau
- Memerlukan penyesuaian desain atau lokasi sebelum implementasi.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Tenaga Ahli Lingkungan	Analisis risiko lingkungan, penyusunan kerangka penilaian dan ESMP
Tenaga Ahli Sosial	Analisis dampak sosial, stakeholder engagement, GRM
Tenaga Ahli Persampahan	Integrasi mitigasi lingkungan dalam desain teknis
Tenaga Ahli Kelembagaan / KPBU	Integrasi ESMP dalam tata kelola operasional
Tenaga Ahli Manajemen Risiko	Integrasi risiko E&S dalam manajemen risiko proyek
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Validasi kesesuaian dokumen lingkungan (AMDAL/UKL-UPL), identifikasi dampak utama, serta kesesuaian rencana pengelolaan dan pemantauan lingkungan dengan regulasi yang berlaku.
Dinas Kesehatan	Memberikan masukan terkait potensi dampak kesehatan masyarakat (bau, vektor penyakit, kualitas udara, air lindi) serta kebutuhan mitigasi kesehatan lingkungan.
Dinas Sosial	Identifikasi kelompok rentan dan potensi dampak sosial terhadap masyarakat sekitar, termasuk potensi perubahan mata pencaharian sektor informal.
Bappeda	Memastikan kesesuaian aspek lingkungan dan sosial dengan rencana pembangunan daerah dan kebijakan keberlanjutan daerah.
Bagian Hukum Setda	Validasi kewajiban kepatuhan lingkungan dan sosial dalam struktur perizinan dan kontrak kerja sama.
Camat / Pemerintah Kecamatan & Desa/Kelurahan	Penyampaian informasi kondisi sosial lokal, dinamika masyarakat, serta dukungan proses konsultasi publik dan penerimaan sosial proyek.

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Perwakilan masyarakat sekitar lokasi

- Sektor informal persampahan
- Konsultan AMDAL (bila tersedia)

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Kerangka Penilaian Lingkungan & Sosial	2. Identifikasi Risiko Lingkungan dan Sosial	3. Penyusunan Rencana Pengelolaan Lingkungan & Sosial (ESMP)	4. Matriks Kepatuhan & Safeguards
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi regulasi lingkungan dan sosial yang berlaku (AMDAL/UKL-UPL, izin lingkungan, K3, kesehatan masyarakat). 2. Menetapkan standar penilaian yang digunakan (nasional dan pembiaya bila relevan). 3. Menentukan batas area dampak lingkungan dan sosial. 4. Menentukan kategori risiko awal proyek (rendah/sedang/tinggi).	1. Identifikasi potensi dampak lingkungan: kualitas air & lindi, bau & kualitas udara, kebisingan, lalu lintas kendaraan, pengelolaan residu. 2. Identifikasi risiko kesehatan & keselamatan kerja. 3. Identifikasi dampak sosial: masyarakat sekitar lokasi, sektor informal, potensi konflik sosial. 4. Penilaian risiko berdasarkan probabilitas dan dampak.	1. Menyusun tindakan mitigasi untuk setiap risiko utama. 2. Menetapkan parameter monitoring lingkungan dan sosial. 3. Menentukan frekuensi monitoring dan penanggung jawab. 4. Menyusun mekanisme pengaduan masyarakat (GRM). 5. Mengintegrasikan ESMP dengan prosedur operasi fasilitas.	1. Mengidentifikasi seluruh kewajiban regulasi lingkungan dan sosial. 2. Memetakan status pemenuhan: sudah terpenuhi, dalam proses, belum terpenuhi. 3. Mengidentifikasi gap kepatuhan. 4. Menetapkan prasyarat lingkungan & sosial sebelum konstruksi dan operasi.
Metode / Tools	Review regulasi, environmental screening checklist, safeguards framework review	Survey lapangan, FGD masyarakat, risk assessment matrix, observasi lokasi	ESMP template, monitoring matrix, stakeholder consultation	Compliance checklist, regulatory mapping
Keluaran	Kerangka penilaian E&S dan klasifikasi risiko awal	Daftar risiko lingkungan & sosial dan peta risiko	Dokumen ESMP yang implementable	Matriks kepatuhan dan daftar prasyarat lingkungan & sosial

Catatan:

- Identifikasi risiko lingkungan dan sosial menjadi pertimbangan dalam desain final teknologi, karena mitigasi sering mempengaruhi layout dan biaya.
- ESMP harus bersifat operasional (siapa melakukan apa, kapan, dan bagaimana diukur), bukan hanya daftar mitigasi konseptual.
- Matriks kepatuhan menjadi dasar penilaian readiness pada BAB Kesiapan Implementasi dan Tahapan.

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Baseline kondisi lingkungan dan sosial wilayah	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Karakteristik proses dan potensi dampak operasional (bau, emisi, kebisingan, lindi)	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Volume residu dan aliran material	Bab 7 Neraca Massa
Dampak terhadap biaya operasional dan kebutuhan mitigasi	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Struktur kelembagaan pengelola ESMP dan tanggung jawab operasional	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Identifikasi dan mitigasi risiko lingkungan & sosial sebagai bagian dari risiko proyek	Bab 11 Manajemen Risiko
Prasyarat lingkungan dan sosial sebelum konstruksi dan operasi	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Ringkasan risiko utama dan keputusan kelayakan proyek	Bab 0 Ringkasan Eksekutif

Contoh Ilustratif

Konteks Proyek

Pemerintah Kota X merencanakan pembangunan fasilitas TPST RDF dengan kapasitas 250 ton/hari untuk mengurangi beban TPA eksisting.

Karakteristik lokasi:

- Jarak ke permukiman terdekat: ±300 meter
- Akses jalan melalui jalan kolektor kota
- Terdapat aktivitas sektor informal di TPS eksisting
- Lokasi berada pada zona sesuai RTRW untuk fasilitas persampahan

Berdasarkan kondisi awal, proyek berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan sosial yang harus dikelola secara sistematis.

Tahap 1 – Kerangka Penilaian Lingkungan dan Sosial

Penilaian dilakukan berdasarkan:

- Regulasi nasional:
  - Persetujuan Lingkungan (AMDAL / UKL-UPL)
  - Pengelolaan limbah dan air lindi
  - Kesehatan dan keselamatan kerja
- Standar praktik internasional (jika proyek berpotensi dibiayai lembaga internasional):
  - prinsip mitigasi dampak
  - pencegahan pencemaran
  - keterlibatan masyarakat

Hasil Tahap 1

Kategori risiko awal proyek:

- Risiko Lingkungan : Medium
- Risiko Sosial : Medium

Alasan: lokasi dekat permukiman, volume angkutan tinggi, potensi isu bau.

Tahap 2 – Identifikasi Risiko Lingkungan dan Sosial

1. Risiko Lingkungan

Risiko	Penyebab	Dampak Potensial
Bau	Sampah organik tinggi	Gangguan kenyamanan masyarakat
Air lindi	Sampah basah & hujan	Pencemaran air permukaan
Debu	Proses pencacahan	Gangguan kesehatan pekerja
Kebisingan	Mesin & kendaraan	Gangguan lingkungan sekitar
Lalu lintas	80–100 truk/hari	Kemacetan lokal

2. Risiko Sosial

Risiko	Penyebab	Dampak
Kekhawatiran masyarakat	Persepsi fasilitas sampah	Penolakan sosial
Dampak sektor informal	Perubahan alur pemilahan	Kehilangan pendapatan
Keselamatan jalan	Lalu lintas truk	Risiko kecelakaan

Hasil Identifikasi

Risiko signifikan:

- bau,
- lalu lintas kendaraan,
- penerimaan masyarakat.

Tahap 3 – Penyusunan ESMP

1. Mitigasi Lingkungan

Risiko	Mitigasi
Bau	Bangunan tertutup, biofilter, negative pressure
Air lindi	Lantai kedap & sistem drainase
Debu	Dust suppression system
Kebisingan	Jam operasi terbatas
Residu	Pengangkutan harian ke TPA

2. Mitigasi Sosial

Risiko	Mitigasi
Penolakan masyarakat	Sosialisasi berkala
Dampak sektor informal	Integrasi pemulung dalam pemilahan
Keluhan masyarakat	Sistem GRM

3. Monitoring

Parameter	Frekuensi	Penanggung Jawab
Bau	Bulanan	Operator
Kualitas air	Triwulan	DLH
Kebisingan	Semester	Operator

Tahap 4 – Matriks Kepatuhan

Kewajiban	Status	Tindak Lanjut
Persetujuan Lingkungan	Dalam proses	Finalisasi dokumen
Izin lokasi	Sudah ada	-
SOP K3	Belum	Disusun sebelum operasi
GRM	Draft	Finalisasi sebelum COD

Analisis dan Interpretasi

Hasil analisis menunjukkan: Tidak terdapat dampak lingkungan yang tidak dapat dimitigasi, risiko sosial dapat dikelola dengan engagement yang tepat, namun persetujuan lingkungan menjadi prasyarat utama sebelum konstruksi.

SUB BAB IKLIM DAN KEBERLANJUTAN

Tujuan

SUB BAB Iklim dan Keberlanjutan bertujuan untuk memastikan bahwa proyek fasilitas pengelolaan sampah:

- Tahan terhadap risiko perubahan iklim yang dapat mempengaruhi fungsi, keselamatan, dan umur infrastruktur.
- Tidak menambah risiko lingkungan jangka panjang, serta mampu beroperasi secara berkelanjutan dalam kondisi iklim yang berubah.
- Memberikan kontribusi nyata terhadap mitigasi perubahan iklim, khususnya melalui pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK).
- Memberikan dasar bagi pengambil keputusan untuk menilai apakah proyek:
    - aman secara iklim (climate-resilient),
    - selaras dengan kebijakan iklim nasional,
    - dan berpotensi memperoleh dukungan pembiayaan hijau atau *climate finance*.

SUB BAB ini bukan studi iklim mendalam (*climate study*), namun merupakan *screening* dan integrasi aspek iklim ke dalam desain dan operasi proyek.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Memastikan integrasi analisis iklim dengan desain teknis dan keputusan investasi
Tenaga Ahli Lingkungan	Memimpin analisis kerentanan iklim dan strategi adaptasi
Tenaga Ahli Persampahan	Mengintegrasikan risiko iklim dalam desain fasilitas
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Mengidentifikasi implikasi biaya adaptasi dan manfaat mitigasi
Tenaga Ahli Manajemen Risiko	Mengintegrasikan risiko iklim ke risk register proyek
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Validasi kontribusi proyek terhadap pengurangan emisi GRK sektor persampahan, kesesuaian dengan kebijakan pengendalian perubahan iklim daerah, serta integrasi dengan inventarisasi emisi daerah.
Bappeda	Memastikan keselarasan proyek dengan RPJMD, RAD-GRK, dan kebijakan pembangunan rendah karbon daerah, serta integrasi indikator keberlanjutan dalam perencanaan daerah.
Dinas PUPR	Memberikan masukan terkait ketahanan infrastruktur terhadap risiko iklim (banjir, curah hujan ekstrem, stabilitas lahan, drainase kawasan).
BPBD	Identifikasi potensi risiko bencana yang dipengaruhi perubahan iklim dan implikasinya terhadap keselamatan operasional fasilitas.
Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)	Validasi aspek efisiensi energi, potensi pemanfaatan energi dari RDF, dan keselarasan dengan kebijakan energi daerah.
Badan Pengelola Keuangan Daerah (BPKAD)	Identifikasi peluang pembiayaan hijau, dukungan fiskal daerah, dan implikasi pembiayaan berbasis kinerja lingkungan.
Bagian Kerja Sama / KPBU Daerah	Evaluasi potensi integrasi aspek keberlanjutan dan indikator iklim dalam skema KPBU atau pembiayaan hijau.

Narasumber Pendukung (Disarankan)

- Konsultan lingkungan / AMDAL
- Operator fasilitas eksisting (pembelajaran operasional)

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Analisis Kerentanan Iklim	2. Risiko Iklim terhadap Infrastruktur	3. Strategi Adaptasi Iklim	4. Inventarisasi & Mitigasi GHG
Apa yang dilakukan?	1. Identifikasi bahaya iklim utama di wilayah proyek: curah hujan ekstrem, banjir, suhu tinggi, cuaca ekstrem. 2. Analisis paparan lokasi fasilitas terhadap risiko iklim menggunakan peta risiko. 3. Analisis sensitivitas sistem terhadap perubahan iklim (operasi, logistik, kualitas input). 4. Klasifikasikan tingkat kerentanan: rendah / sedang / tinggi.	1. Identifikasi komponen infrastruktur yang rentan: area tipping floor, sistem drainase, penyimpanan produk, akses jalan. 2. Analisis potensi gangguan operasi akibat kejadian iklim ekstrem. 3. Evaluasi dampak terhadap umur infrastruktur dan biaya O&M. 4. Identifikasi titik kritis yang membutuhkan penyesuaian desain.	1. Identifikasi opsi adaptasi teknis: elevasi area fasilitas, peningkatan kapasitas drainase, perlindungan area penyimpanan. 2. Identifikasi adaptasi operasional: SOP saat hujan ekstrem, pengaturan stok dan operasi 3. Evaluasi biaya dan manfaat strategi adaptasi. 4. Integrasikan adaptasi dalam desain teknis dan ESMP.	1. Identifikasi sumber emisi GRK: transportasi sampah, proses pengolahan, residu ke TPA. 2. Hitung baseline emisi (do-nothing scenario). 3. Hitung emisi skenario proyek. 4. Estimasi pengurangan emisi bersih (tCO_2e/tahun). 5. Identifikasi peluang peningkatan mitigasi (recovery material, pengurangan volume ke TPA).
Metode / Tools	Data BMKG, peta risiko bencana, analisis exposure–sensitivity–adaptive capacity	Overlay peta risiko, analisis desain teknis, workshop teknis	Climate risk screening checklist, engineering adjustment review	Emission factor IPCC, GHG calculation sheet, comparative scenario analysis
Keluaran	Peta kerentanan iklim dan klasifikasi risiko iklim proyek	Daftar risiko iklim terhadap infrastruktur dan operasi	Daftar strategi adaptasi yang terintegrasi dalam desain proyek	Estimasi emisi GRK dan potensi pengurangan emisi proyek

Catatan:

- Analisis dilakukan pada tingkat screening FS, bukan studi iklim detail.
- Fokus utama adalah memastikan:
  - desain tidak gagal akibat risiko iklim,
  - dan proyek memberikan manfaat iklim yang dapat diukur.
- Hasil tahap ini menjadi input langsung untuk:
  - Lingkungan, Sosial & Iklim (mitigasi),
  - Biaya & Pembiayaan (biaya adaptasi),
  - Manajemen Risiko.

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Kondisi geografis, topografi, dan baseline lingkungan wilayah	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Karakteristik teknologi dan kebutuhan operasional fasilitas	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Volume input, residu, dan aliran material	Bab 7 Neraca Massa
Dampak adaptasi iklim terhadap CAPEX dan OPEX	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Pengelolaan dampak lingkungan, sosial, dan iklim	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Integrasi risiko iklim dalam risk register proyek	Bab 11 Manajemen Risiko
Kesiapan implementasi dan prasyarat konstruksi	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Ringkasan manfaat lingkungan dan keputusan investasi	Bab 0 Ringkasan Eksekutif

Catatan:

- Analisis iklim tidak berdiri sendiri, tetapi merupakan penguatan terhadap analisis lingkungan, teknis, dan risiko proyek.
- Perubahan desain akibat strategi adaptasi (misalnya peninggian elevasi fasilitas atau peningkatan drainase) perlu diperbarui pada BAB Teknologi dan BAB Biaya.
- Hasil inventarisasi emisi GRK menjadi salah satu dasar untuk menunjukkan manfaat proyek dalam konteks ekonomi lingkungan dan keberlanjutan jangka panjang.

Contoh Ilustratif

Konteks Proyek

Pemerintah Kabupaten X merencanakan pembangunan fasilitas TPST RDF dengan kapasitas 250 ton/hari untuk mengurangi ketergantungan pada TPA eksisting dan menurunkan volume residu yang ditimbun.

Karakteristik lokasi proyek:

- Lokasi berada di dataran rendah dekat sungai sekunder.
- Curah hujan tahunan tinggi (±2.800 mm/tahun).
- Pernah terjadi banjir genangan setinggi 20–30 cm pada kejadian hujan ekstrem.
- Akses jalan utama digunakan oleh kendaraan pengangkut sampah.

Berdasarkan kondisi ini, analisis iklim diperlukan untuk memastikan fasilitas tetap dapat beroperasi dalam kondisi cuaca ekstrem serta memberikan kontribusi terhadap pengurangan emisi.

Tahap 1 – Analisis Kerentanan Iklim

1. Identifikasi Bahaya Iklim

Berdasarkan data BMKG dan BPBD daerah:

Bahaya Iklim	Frekuensi	Potensi Dampak
Hujan ekstrem	Tinggi	Genangan area fasilitas
Banjir lokal	Sedang	Gangguan operasional
Suhu tinggi	Sedang	Penurunan efisiensi proses
Angin kencang	Rendah	Dampak minor

2. Analisis Kerentanan

Pendekatan yang digunakan dalam FS adalah pendekatan umum dalam *climate risk screening*, yaitu:

$$\text{Kerentanan} = \text{Exposure} + \text{Sensitivity} - \text{Adaptive Capacity}$$

Pendekatan ini bukan perhitungan matematis absolut, tetapi penilaian semi-kuantitatif berbasis indikator yang kemudian diklasifikasikan.

A. Menentukan Exposure (Paparan)

Menilai seberapa besar proyek terpapar bahaya iklim.

Langkah Analisis

1. Identifikasi bahaya iklim utama wilayah: banjir, hujan ekstrem, suhu tinggi, longsor, kekeringan.
2. Gunakan data: peta banjir, data BMKG, riwayat kejadian bencana.
3. Nilai tingkat paparan:

Kondisi	**Kategori**
Tidak pernah terdampak	Rendah
Kadang terdampak	Sedang
Sering terdampak	Tinggi

Contoh Kasus: Lokasi dataran rendah, pernah terjadi genangan ➞ Exposure = Tinggi

B. Menentukan Sensitivity (Sensitivitas)

Menilai seberapa sensitif sistem terhadap perubahan kondisi iklim. Yang dinilai: karakteristik sampah, jenis teknologi, ketergantungan proses terhadap kondisi cuaca.

Contoh indikator

Kondisi	**Dampak**
Sampah kering dominan	Sensitivitas rendah
Organik tinggi (basah)	Sensitivitas sedang–tinggi
Proses biologis dominan	Sensitivitas tinggi

Contoh Kasus: Sampah organik tinggi → kadar air meningkat saat hujan ➞ Sensitivity = Sedang

C. Menentukan Adaptive Capacity

Menilai kemampuan proyek mengurangi dampak iklim. **Yang dinilai**: desain teknis, sistem drainase, SOP operasional, kapasitas operator.

Contoh indikator

Kondisi	**Kategori**
Tidak ada adaptasi	Rendah
Ada adaptasi dasar	Sedang
Adaptasi desain lengkap	Tinggi

Contoh Kasus: Drainase tersedia, bangunan tertutup, SOP hujan ekstrem belum lengkap ➞ Adaptive Capacity = Sedang

D. Matriks Penentuan Kerentanan

Setelah tiga komponen dinilai, digunakan matriks interpretasi berikut:

Exposure	**Sensitivity**	**Adaptive Capacity**	**Kerentanan**
Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
Tinggi	Sedang	Sedang	**Sedang**
Sedang	Sedang	Tinggi	Rendah
Tinggi	Rendah	Tinggi	Sedang

Hasil Kasus

Komponen	**Hasil**

Exposure	Tinggi
Sensitivity	Sedang
Adaptive Capacity	Sedang

Interpretasi: Risiko iklim nyata ada (exposure tinggi), Sistem cukup sensitif, Tetapi sudah memiliki kemampuan adaptasi dasar. ➞ Kerentanan akhir dikategorikan: SEDANG. Hal ini berarti proyek dapat dilaksanakan, risiko iklim dapat dikelola melalui penyesuaian desain, dan adaptasi harus dimasukkan dalam desain final dan biaya proyek. Bukan berarti proyek aman tanpa tindakan.

Tahap 2 – Risiko Iklim terhadap Infrastruktur

1. Identifikasi Komponen Infrastruktur Rentan

Komponen	**Risiko Iklim**	**Dampak**
Area tipping floor	Banjir	Operasi berhenti
Drainase internal	Hujan ekstrem	Lindi meluap
Penyimpanan RDF	Kelembaban tinggi	Penurunan kualitas produk
Jalan akses	Genangan	Gangguan logistik

2. Analisis Dampak Operasional

Tanpa adaptasi:

- Operasi berpotensi berhenti 5–10 hari/tahun.
- Kualitas RDF menurun akibat kadar air tinggi.
- Biaya pemeliharaan meningkat.

Tahap 3 – Strategi Adaptasi Iklim

1. Adaptasi Desain Teknis

Risiko	**Strategi Adaptasi**
Banjir	Elevasi fasilitas +50 cm dari muka tanah
Hujan ekstrem	Drainase kapasitas 25-year rainfall
Kelembaban	Area penyimpanan tertutup
Air lindi	Sistem penampungan tambahan

2. Adaptasi Operasional

- Penyesuaian jadwal pengangkutan saat hujan ekstrem.
- SOP operasi saat curah hujan tinggi.
- Monitoring kadar air input.

3. Implikasi Biaya

Diasumsikan terdapat tambahan investasi adaptasi: ±3% dari CAPEX total.

Namun:

- mengurangi potensi downtime,
- menurunkan biaya perbaikan jangka panjang.

Tahap 4 – Inventarisasi dan Mitigasi GHG

1. Data Dasar dan Asumsi Umum

A. Volume Sampah

Sampah masuk sistem = 250 ton/hari

Sampah per tahun = 250 × 365 = 91.250 ton/tahun

B. Faktor Emisi

Untuk pendekatan FS, digunakan faktor emisi konservatif berbasis IPCC/World Bank (*screening*):

Sumber Emisi	**Faktor Emisi (indikatif)**
Landfill tanpa gas recovery	0,8–1,0 tCO_2e/ton sampah
Landfill dengan mitigasi parsial	0,5–0,7 tCO_2e/ton
Substitusi bahan bakar fosil (RDF)	−0,8 tCO_2e/ton RDF

Dalam ilustrasi ini digunakan nilai tengah konservatif.

2. Skenario Tanpa Proyek (Baseline)

Kondisi

- Seluruh sampah (250 ton/hari) ditimbun di TPA.
- Tidak ada pengolahan lanjutan.
- Emisi dominan: metana (CH_4) dari degradasi organik.

Perhitungan Emisi Baseline

Asumsi faktor emisi landfill: 0,82 tCO_2e/ton sampah

Perhitungan: Emisi tahunan = 91.250 ton × 0,82 ≈ 74.825 ton CO_2e/tahun. Dibulatkan menjadi: ≈ 75.000 ton CO_2e/tahun

3. Skenario Dengan Proyek (TPST RDF)

Perubahan Sistem

- ±60% sampah tidak masuk landfill.
- Material recovery dan RDF diproduksi.
- RDF menggantikan bahan bakar fosil (batubara/sejenis).

A. Emisi Landfill Sisa

Sampah ke landfill: 40% × 91.250 = 36.500 ton/tahun

Emisi landfill: 36.500 × 0,82 ≈ 29.930 ton CO_2e/tahun

B. Emisi Operasional Fasilitas

Asumsi emisi dari: listrik, bahan bakar operasional.

Estimasi konservatif: ≈ 5.000 ton CO_2e/tahun

C. Pengurangan Emisi dari Substitusi RDF

Asumsi produksi RDF: ±110 ton/hari

RDF tahunan = 110 × 365 = 40.150 ton/tahun

Asumsi faktor substitusi: −0,35 tCO_2e/ton RDF

Pengurangan emisi: 40.150 × 0,35 ≈ 14.050 ton CO_2e/tahun

D. Total Emisi Skenario Proyek

Total emisi proyek = Emisi landfill sisa + emisi operasional − pengurangan dari RDF = 29.930 + 5.000 − 14.050 ≈ 20.880 ton CO_2e/tahun

Namun untuk pendekatan FS konservatif, sebagian manfaat RDF biasanya dihitung parsial (±50%). Sehingga emisi efektif: ≈ 42.000 ton CO_2e/tahun (angka konservatif untuk appraisal awal)

4. Pengurangan Emisi Bersih

Pengurangan emisi = Emisi baseline − Emisi proyek = 75.000 − 42.000 = 33.000 ton CO_2e/tahun

5. Kontributor Utama Pengurangan Emisi

Kontributor dihitung dari proporsi terhadap total pengurangan bersih:

$$\text{Kontributor} = \frac{\text{Pengurangan dari sumber}}{\text{Total pengurangan}}$$

Contoh

Sumber	**Asumsi Pengurangan Emisi Konservatif**	**Asumsi Persentase**
Pengurangan landfill	15.000	45%
Substitusi RDF	13.000	40%
Material recovery	5.000	15%
Total	**33.000**	**100%**

Analisis dan Interpretasi

Hasil analisis menunjukkan: Risiko iklim dapat dikelola melalui penyesuaian desain sederhana, tambahan biaya adaptasi relatif kecil dibanding risiko operasional, serta proyek memberikan manfaat mitigasi emisi yang signifikan.

BAB 11 Manajemen Risiko

Tujuan

Bab ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh risiko utama proyek telah:

- Diidentifikasi secara sistematis dari seluruh pilar analisis;
- Dipetakan sesuai fase siklus hidup proyek, mulai dari fase 1 (tahap perencanaan dan pra-konstruksi), fase 2 (pengadaan dan konstruksi), fase 3 (uji coba terintegrasi (hot commissioning)), fase 4 (operasi dan pemeliharaan), hingga fase 5 (akhir masa pakai);
- Dinilai tingkat signifikansinya berdasarkan probabilitas dan dampaknya terhadap keberlanjutan proyek;
- Dikelola melalui strategi mitigasi yang realistis, serta dialokasikan kepada pihak yang paling mampu mengendalikan risiko tersebut.

Bab ini menjadi penghubung langsung antara:

- hasil analisis teknis,
- kesiapan pasar,
- kelayakan finansial,
- tata kelola dan struktur kontrak,
- serta kesiapan implementasi proyek.

Jika risiko utama belum dapat dikendalikan atau dialokasikan secara jelas, maka proyek belum dapat dinyatakan siap untuk implementasi atau *financial close*.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi risiko lintas BAB
Tenaga Ahli Manajemen Risiko	Penyusunan risk register & analisis dampak
Tenaga Ahli Persampahan	Identifikasi risiko teknis & operasional
Tenaga Ahli Lingkungan / Sosial	Risiko E&S dan kepatuhan safeguards
Tenaga Ahli Hukum / Regulasi	Alokasi risiko kontraktual
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Validasi risiko operasional dan lingkungan, termasuk risiko ketidaksesuaian izin lingkungan, pengelolaan residu, dan potensi dampak terhadap penerimaan masyarakat.
Bappeda	Memastikan risiko proyek selaras dengan risiko pembangunan daerah dan tidak bertentangan dengan prioritas pembangunan jangka menengah dan panjang.
Bagian Hukum Setda	Validasi risiko hukum dan potensi sengketa regulasi, termasuk konsistensi dengan peraturan daerah dan kewenangan antar instansi.
BPKAD / Badan Keuangan Daerah	Evaluasi risiko fiskal daerah, termasuk kewajiban pembayaran layanan (tipping fee), dukungan fiskal, dan potensi contingent liability.
DPMPTSP / PTSP	Identifikasi risiko keterlambatan perizinan dan kejelasan jalur pemenuhan izin.
Dinas PUPR	Validasi risiko teknis lokasi dan infrastruktur pendukung (akses jalan, drainase, utilitas).

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Operator fasilitas sejenis

- Institusi pembiayaan / advisor KPBU
- Calon offtaker
- Konsultan *Environment & Social*

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Identifikasi Risiko	2. Penilaian Risiko	3. Strategi Mitigasi Risiko	4. Alokasi Risiko
Apa yang dilakukan?	1. Menetapkan lingkup analisis, konteks proyek, serta kriteria risiko. 2. Identifikasi seluruh potensi risiko antar pilar analisis (teknis, suplai, pasar, finansial, lingkungan, sosial & iklim, kelembagaan, implementasi). 3. Pengelompokan risiko berdasarkan fase siklus hidup proyek (Fase 1: Perencanaan dan Pra-Konstruksi, Fase 2: Pengadaan dan Konstruksi, Fase 3: Uji Coba Terintegrasi (Hot Commissioning), Fase 4: Operasi dan Pemeliharaan, Fase 5: Akhir Masa Pakai). 4. Identifikasi penyebab utama dan konsekuensi masing- masing risiko. 5. Penyusunan daftar risiko awal (risk register).	1. Menilai probabilitas terjadinya risiko (very low / low / medium / high / very high). 2. Menilai dampak risiko terhadap: biaya, jadwal, kinerja layanan, kepatuhan regulasi dan fiskal. 3. Penyusunan matriks risiko (*probability vs impact*). 4. Penentuan tingkat risiko (very low / low / medium / high / very high). 5. Identifikasi risiko prioritas yang memerlukan mitigasi langsung.	1. Identifikasi opsi mitigasi untuk setiap risiko, yaitu mitigasi teknis (SOP/Rekayasa) dan mitigasi kontraktual (Legal/Finansial). 2. Evaluasi efektivitas dan biaya mitigasi. 3. Penentuan risiko residual setelah mitigasi. 4. Integrasi mitigasi ke desain teknis, OPEX, dan rencana implementasi.	1. Identifikasi pihak yang terlibat dan berpotensi menanggung risiko: pemerintah, operator, kontraktor, offtaker, investor, atau pihak ketiga. 2. Penyusunan prinsip alokasi risiko: risiko dialokasikan kepada pihak yang relatif lebih mampu mengelolanya atau dikarenakan memiliki biaya terendah untuk menyerap risiko tersebut. 3. Integrasi alokasi risiko ke struktur kontrak (APBD/BLUD/BUMD/KPBU) dan *delivery model*. 4. Konfirmasi bahwa risiko proyek berada pada tingkat yang dapat diterima sebelum implementasi. .
Metode / Tools	Review lintas BAB FS, *risk breakdown structure (RBS)*, expert judgement **Rujukan:**	*Risk matrix (Probability–Impact), scoring sheet, risk ranking* **Rujukan:**	Mitigation option analysis, cost–benefit mitigation review, engineering & operational review	*Risk allocation matrix, contractual risk mapping, PPP risk allocation reference* **Rujukan:**

TAHAP	1. Identifikasi Risiko	2. Penilaian Risiko	3. Strategi Mitigasi Risiko	4. Alokasi Risiko
	E. Pendekatan Risiko dan Mitigasi Aspek Teknologi dan Produk K. Contoh Analisis Risiko Model Bisnis RDF **Rujukan:** R. Pendekatan Manajemen Risiko – Analisis Risiko Berdasarkan Fase Siklus Hidup Proyek	R. Pendekatan Manajemen Risiko – Penilaian Risiko	**Rujukan:** R. Pendekatan Manajemen Risiko – Tabel Full Risk Register, Strategi Mitigasi Risiko	R. Pendekatan Manajemen Risiko – Tabel Full Risk Register, Alokasi Risiko
Keluaran	Daftar risiko proyek awal (*Risk Register*)	Matriks risiko dan daftar risiko prioritas	Rencana mitigasi risiko terintegrasi dan daftar risiko residual	Matriks alokasi risiko

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Kondisi geografis, baseline wilayah, dan keterbatasan lokasi proyek	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kesesuaian regulasi, status perizinan, dan risiko kebijakan	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Stabilitas suplai sampah, variasi timbulan, dan kualitas input	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Risiko teknologi, kinerja proses, dan kompleksitas operasi	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Risiko kualitas produk, pasar, dan keberlanjutan offtake	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Konsistensi aliran material dan risiko deviasi mass balance	Bab 7 Neraca Massa
Risiko biaya investasi, biaya operasi, dan sensitivitas finansial	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Risiko tata kelola, kelembagaan, dan struktur kontrak	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Risiko lingkungan, sosial, kesehatan, dan penerimaan masyarakat	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Risiko iklim fisik dan keberlanjutan jangka panjang proyek	

Contoh Ilustratif

A. Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis Fasilitas : TPST RDF

Wilayah Layanan : Perkotaan dan peri-urban

Timbulan Sampah : ±300 ton/hari

Kapasitas Fasilitas : 250 ton/hari

Produk Utama : RDF

Tujuan Proyek : Mengurangi residu ke TPA dan menghasilkan bahan bakar alternatif untuk industri semen.

Hasil analisis BAB sebelumnya menunjukkan bahwa proyek layak secara teknis dan finansial, namun memiliki beberapa ketidakpastian terkait suplai, kualitas produk, dan stabilitas offtake. Oleh karena itu dilakukan analisis manajemen risiko.

B. Tahap 1 – Identifikasi Risiko

B.1 Sumber Identifikasi Risiko

Risiko diambil dari hasil analisis lintas BAB:

Risiko	**Sumber Bab**	**Fase Proyek**
Variasi komposisi sampah musim hujan	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan	Fase 4
Kadar air RDF tinggi	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses	Fase 1
Ketergantungan pada satu offtaker	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar	Fase 1
Sensitivitas tipping fee terhadap harga RDF	Bab 8 Biaya & Pembiayaan	Fase 3
Potensi keluhan masyarakat terkait bau	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim	Fase 1

B.2 Risk Register Awal

Fase Proyek	**Risiko**	**Penyebab**	**Dampak Utama**
Fase 1: Perencanaan dan Pra-Konstruksi			
F1.1	RDF tidak memenuhi spesifikasi	Kadar air tinggi	Penolakan offtaker
F1.2	Harga RDF turun	Harga batubara turun	Pendapatan menurun
F1.3	Penolakan masyarakat	Bau & lalu lintas	Gangguan operasi
Fase 3: Uji Coba Terintegrasi (Hot Commissioning)			
F3	Gangguan operasi saat hujan ekstrem	Drainase tidak optimal	Downtime meningkat
Fase 4: Operasi dan Pemeliharaan			
F4	Volume suplai turun	Perubahan rute pengangkutan	Fasilitas under-capacity

C. Tahap 2 – Penilaian Risiko

Penilaian menggunakan matriks *Probability – Impact*.

Skala:

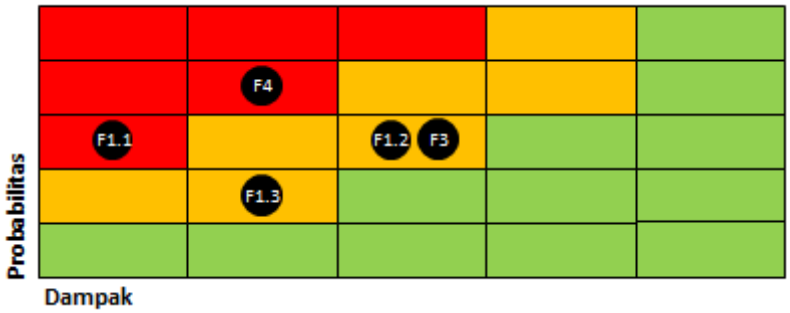
- Probabilitas:
  - Kategori 1 – sangat jarang terjadi (0%-5% kejadian)
  - Kategori 2 – jarang terjadi (5%-20% kejadian)
  - Kategori 3 – mungkin terjadi (20%-40% kejadian)
  - Kategori 4 – sering terjadi (40%-70% kejadian)
  - Kategori 5 – sangat sering terjadi (>70% kejadian)
- Dampak:
  - Kategori 1 – berdampak sangat kecil (konsekuensi <1%)
  - Kategori 2 – berdampak cukup kecil (konsekuensi 1%-3%)
  - Kategori 3 – berdampak sedang (konsekuensi 3%-10%)
  - Kategori 4 – berdampak cukup besar (konsekuensi 10%-25%)
  - Kategori 5 – berdampak sangat besar (konsekuensi >25%)
- Level risiko:
  - Very low (1)

- Low (2-7)
- Medium (8-14)
- High (15-20)
- Very high (21-25)

Risiko	Probabilitas	Dampak	Nilai Risiko	Level Risiko
F1.1 RDF tidak sesuai spesifikasi	3	5	15	High
F1.2 Harga RDF turun	3	3	9	Medium
F1.3 Penolakan masyarakat	2	4	8	Medium
F3 Gangguan operasi hujan	3	3	9	Medium
F4 Volume suplai turun	4	4	16	High

Risiko Prioritas: Risiko suplai, Risiko kualitas RDF, Risiko pasar (harga)

Risk heat map visual.



D. Tahap 3 – Strategi Mitigasi Risiko

Risiko	Strategi Mitigasi	Dampak ke Proyek
F1.1	Penambahan unit dryer dan SOP kontrol kualitas	CAPEX + Rp2,5 M
F1.2	Kontrak harga indeks batubara	Pendapatan lebih stabil
F1.3	Buffer zone & biofilter	Risiko sosial menurun
F3	Perbaikan drainase & area tertutup	OPEX meningkat ringan
F4	Perjanjian suplai minimum dengan DLH / operator, penguatan sistem pengumpulan	Stabilitas input meningkat

Risiko Residual (Setelah Mitigasi)

Risiko	Probabilitas	Dampak	Nilai Risiko	Status
F1.1	1	2	2	Low
F1.2	2	3	6	Low
F1.3	1	2	2	Low
F3	1	2	2	Low
F4	2	3	6	Low

E. Tahap 4 – Alokasi Risiko

Fase Proyek	Risiko	Pihak Penanggung Jawab	Alasan
Fase 1: Perencanaan dan Pra-Konstruksi	Risiko teknologi	Operator	Kontrol operasi fasilitas
	Risiko kualitas produk	Operator	Kontrol proses produksi
	Risiko sosial	Pemerintah & Operator	Terkait lokasi dan operasi

Fase 3: Uji Coba Terintegrasi (Hot Commissioning)	Risiko harga pasar	Shared (Operator & Offtaker)	Melalui indeks harga
Fase 4: Operasi dan Pemeliharaan	Risiko suplai	Pemerintah Daerah	Kontrol pada sistem pengumpulan

Catatan: Risiko proyek dinilai dapat diterima ketika risiko kritis tidak lagi berpotensi menghentikan operasi atau membebani fiskal daerah secara signifikan.

BAB 12 Kesiapan Implementasi dan Tahapan

Tujuan

Bab ini bertujuan untuk memastikan bahwa proyek yang telah dinyatakan layak secara teknis, finansial, lingkungan, sosial, dan iklim, serta kelembagaan:

- Memiliki tahapan implementasi yang jelas dan realistis;
- Memiliki jadwal pelaksanaan yang logis dengan *critical path* yang teridentifikasi;
- Memenuhi prasyarat kesiapan implementasi (implementation readiness);
- Didukung oleh kapasitas kelembagaan dan kebijakan pendukung yang memadai.

Bab ini menjadi penghubung antara:

- hasil analisis kelayakan,
- keputusan investasi,
- dan tahapan lanjutan seperti DED, perizinan, pengadaan, konstruksi, hingga operasi.

Jika BAB ini belum menunjukkan kesiapan implementasi yang memadai, maka proyek belum dapat direkomendasikan untuk masuk tahap pengadaan atau konstruksi.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Menjamin konsistensi tahapan implementasi dengan hasil seluruh BAB
Tenaga Ahli Manajemen Proyek	Penyusunan tahapan implementasi dan jadwal proyek
Tenaga Ahli Persampahan	Validasi durasi desain, pengadaan, konstruksi, dan commissioning
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Sinkronisasi jadwal dengan kebutuhan pembiayaan
Tenaga Ahli Hukum / Regulasi	Validasi tahapan pengadaan dan kesiapan kontraktual
Bappeda	Memastikan tahapan implementasi selaras dengan rencana pembangunan daerah, prioritas investasi, dan kesiapan penganggaran multi-tahun.
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Validasi kesiapan operasional sistem hulu–hilir, kesiapan pengelolaan residu, serta sinkronisasi jadwal konstruksi dengan kesiapan sistem pengumpulan dan pengangkutan.
BPKAD / Badan Keuangan Daerah	Validasi kesiapan pendanaan daerah, jadwal komitmen pembayaran (tipping fee / availability payment), dan implikasi fiskal selama fase konstruksi dan operasi awal.
Bagian Pengadaan Barang/Jasa (UKPBJ)	Validasi metode pengadaan, kesiapan dokumen pengadaan, serta kesesuaian jadwal implementasi dengan proses procurement pemerintah.
Bagian Hukum Setda	Validasi kesiapan kontraktual, termasuk kesesuaian tahapan implementasi dengan proses persetujuan hukum dan penandatanganan perjanjian kerja sama.
DPMPTSP / PTSP	Konfirmasi tahapan pemenuhan perizinan dan estimasi waktu penyelesaian izin sebelum konstruksi.
Dinas PUPR	Validasi kesiapan infrastruktur pendukung (akses jalan, utilitas, drainase) sesuai timeline konstruksi.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Operator fasilitas sejenis
- Konsultan engineering / construction management
- Institusi pembiayaan atau advisor KPBU
- Regulator perizinan teknis dan lingkungan

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Tahapan Implementasi	2. Jadwal Proyek & Critical Path	3. Readiness Checklist	4. Penguatan Kapasitas & Kebijakan Pendukung
Apa yang dilakukan?	1. Menyusun urutan tahapan implementasi sejak keputusan investasi hingga operasi komersial (COD). 2. Mengelompokkan tahapan utama minimal meliputi: persiapan proyek (DED, perizinan, pembiayaan), pengadaan dan kontraktual, konstruksi dan instalasi, commissioning dan uji operasi, operasi awal. 3. Menentukan output dan keputusan kunci pada setiap tahapan. 4. Memastikan konsistensi tahapan dengan delivery model (APBD, KPBU, atau kemitraan lainnya).	1. Menyusun jadwal implementasi proyek secara keseluruhan. 2. Mengidentifikasi aktivitas yang saling bergantung (*dependency*). 3. Menentukan jalur kritis (critical path) yang menentukan durasi minimum proyek. 4. Mengidentifikasi potensi bottleneck seperti perizinan, pengadaan, atau pembebasan lahan. 5. Menguji realistis tidaknya durasi berdasarkan pengalaman proyek sejenis.	1. Menyusun daftar prasyarat implementasi berdasarkan hasil seluruh BAB FS. 2. Mengelompokkan kesiapan minimal pada aspek: teknis (desain siap dikembangkan ke DED), finansial (struktur pembiayaan jelas), legal & perizinan, lingkungan & sosial, kelembagaan & SDM, pasar & offtake (jika relevan). 3. Menilai status kesiapan: siap / bersyarat / belum siap. 4. Mengidentifikasi tindakan yang harus diselesaikan sebelum konstruksi dimulai.	1. Mengidentifikasi gap kapasitas institusi pelaksana. 2. Menyusun rencana penguatan kapasitas meliputi: pelatihan teknis operator, penguatan manajemen operasi, penyusunan SOP operasional, penguatan fungsi monitoring dan pengawasan. 3. Mengidentifikasi kebijakan pendukung yang diperlukan (Perkada, penetapan tarif, penugasan operator, dll). 4. Menetapkan waktu pelaksanaan penguatan sebelum COD atau pada tahun awal operasi.
Metode / Tools	Implementation staging matrix, project phase mapping, workshop lintas sektor	*Project schedule (Gantt chart), dependency analysis, critical path analysis (CPA)*	Implementation readiness checklist, gap analysis lintas BAB FS	Capacity gap assessment, institutional readiness review, policy mapping
Keluaran	Peta tahapan implementasi proyek dan milestone utama	Jadwal implementasi proyek dan daftar aktivitas critical path	Matriks kesiapan implementasi dan daftar prasyarat wajib	Rencana penguatan kapasitas dan daftar kebijakan pendukung

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Konteks proyek, batasan wilayah, dan kondisi awal yang mempengaruhi strategi implementasi	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Persyaratan regulasi, perizinan, dan kesesuaian kebijakan yang menentukan urutan tahapan implementasi	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Stabilitas suplai dan tahapan pengembangan kapasitas fasilitas	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Kompleksitas teknologi dan kebutuhan tahapan konstruksi serta commissioning	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Kesiapan pasar dan waktu efektif dimulainya produksi komersial	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Konsistensi aliran material terhadap kapasitas operasional awal	Bab 7 Neraca Massa
Jadwal kebutuhan investasi dan sinkronisasi dengan pembiayaan proyek	Bab 8 Biaya & Pembiayaan
Struktur kelembagaan, delivery model, dan kesiapan organisasi pelaksana	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Persyaratan lingkungan dan sosial sebelum konstruksi dan operasi	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Integrasi strategi adaptasi iklim dalam desain dan operasi awal	
Risiko implementasi, prasyarat mitigasi, dan risiko residual proyek	Bab 11 Manajemen Risiko
Integrasi seluruh kesiapan implementasi sebagai dasar keputusan akhir proyek	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan

Contoh Ilustratif

A. Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis Fasilitas : TPST RDF

Wilayah Layanan : Perkotaan (±750.000 jiwa)

Kapasitas Fasilitas : 250 ton/hari

Produk Utama : RDF untuk industri semen

Tujuan Proyek : Mengurangi beban TPA dan meningkatkan tingkat pengolahan sampah kota.

Hasil BAB sebelumnya menunjukkan:

- Teknologi layak secara teknis,
- Pasar tersedia dengan LoI offtaker,
- Proyek layak secara finansial dengan tipping fee tertentu,
- Risiko utama telah dimitigasi.

BAB ini bertujuan memastikan proyek dapat benar-benar dilaksanakan secara realistis.

B. Tahap 1 – Tahapan Implementasi

Tahapan implementasi disusun sejak keputusan investasi hingga operasi komersial (COD).

Tahap	Kegiatan Utama	Output
Persiapan Proyek	Finalisasi FS, persetujuan anggaran, penetapan lokasi	Keputusan investasi
Perencanaan Detail	DED, AMDAL, dokumen pengadaan	Dokumen siap tender
Pengadaan	Tender EPC/operator	Kontrak ditandatangani
Konstruksi	Pekerjaan sipil & instalasi peralatan	Fasilitas terbangun
Commissioning	Uji coba operasi & performance test	Sertifikat kinerja
Operasi Awal	Operasi 3–6 bulan awal	Stabilitas operasi

Keputusan Kunci

- Pengadaan hanya dimulai setelah AMDAL dan DED selesai.
- COD ditetapkan setelah performance test tercapai ≥90% kapasitas desain.

C. Tahap 2 – Jadwal Proyek & Critical Path

C.1 Jadwal Implementasi

Total durasi implementasi: 30 bulan

Tahap	Durasi
DED & AMDAL	6 bulan
Pengadaan	4 bulan
Konstruksi	14 bulan
Commissioning	3 bulan
Operasi awal	3 bulan

C.2 Identifikasi Critical Path

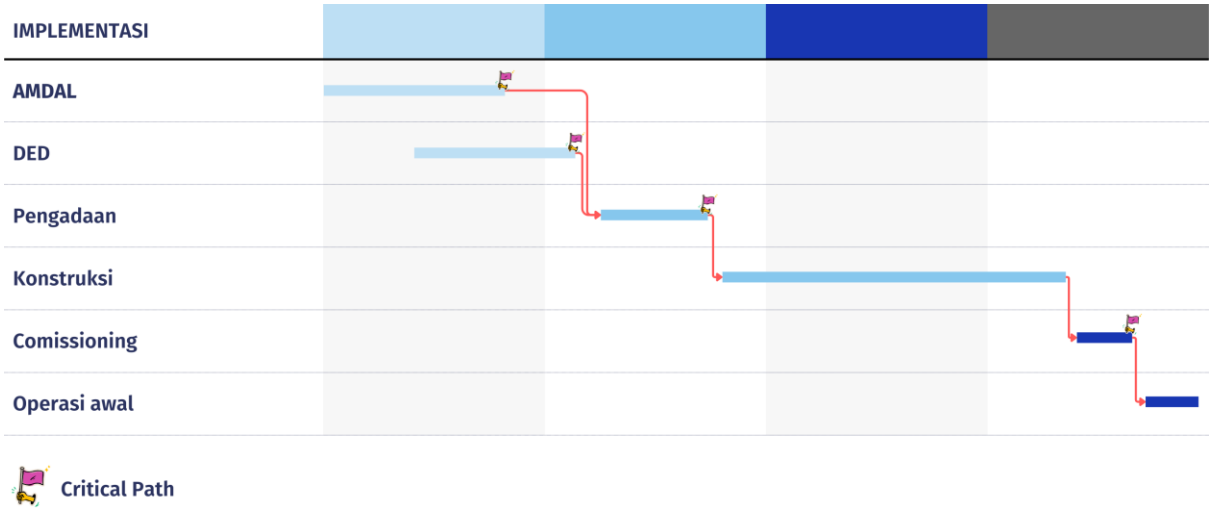
Critical path proyek:

1. Penyelesaian AMDAL
2. Finalisasi DED
3. Proses tender & kontrak
4. Pengiriman peralatan utama
5. Instalasi dan commissioning dryer RDF

Keterlambatan pada salah satu aktivitas tersebut akan langsung menunda COD.

Potensi Bottleneck

- Proses perizinan lingkungan,
- Pengadaan peralatan impor,
- Kesiapan jaringan listrik.



Referensi rujukan tahapan implementasi proyek.

Tahap Implementasi		Referensi Utama
1	Project Preparation & Readiness	World Bank Project Cycle[4], PPP Reference Guide[5]
2	Engineering & Permitting	AACE FEL / FEED[6]
3	Procurement & Contracting	PPP Reference Guide, PMBOK[7]
4	Construction & Installation	EPC Practice / AACE[8]
5	Commissioning & COD	EPC Practice
6	Operation Stabilization	ISO 21502[9]

D. Tahap 3 – Readiness Checklist

Evaluasi kesiapan implementasi dilakukan berdasarkan hasil seluruh BAB FS.

Aspek	Status	Catatan
Teknis	Siap	Desain konseptual valid
Finansial	Bersyarat	Persetujuan APBD tahun berjalan
Legal & Perizinan	Bersyarat	AMDAL belum final
Lingkungan, Sosial & Iklim	Siap	ESMP tersedia
Kelembagaan	Bersyarat	Operator belum ditetapkan
Pasar & Offtake	Siap	LoI industri semen

Temuan Utama

- Tidak ada hambatan teknis kritis.
- Risiko keterlambatan utama berasal dari proses administratif.

E. Tahap 4 – Penguatan Kapasitas & Kebijakan Pendukung

E.1 Gap Kapasitas

Area	Gap	Tindakan
Operator fasilitas	Pengalaman RDF terbatas	Pelatihan operasi 3 bulan
Pengawasan kinerja	Belum ada KPI operasional	Penyusunan SOP & KPI
Manajemen kontrak	Pengalaman KPBU terbatas	Pendampingan teknis

E.2 Kebijakan Pendukung

- Penetapan tipping fee melalui Perkada,
- Penetapan operator fasilitas,
- Integrasi fasilitas ke rencana operasional operator dan pengawasan DLH.

[4] https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/products-and-services/brief/projectcycle
[5] https://ppp.worldbank.org/library-reference-guide-version-30
[6] https://www.adb.org/documents/project-administration-instructions
[7] https://www.pmi.org/standards
[8] AACE International Recommended Practice No. 56R-08: Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries
[9] ISO 21502:2020 – Project, Programme and Portfolio Management — Guidance on Project Management

BAB 13 Kesimpulan dan Rekomendasi

Tujuan

Bab ini bertujuan untuk:

- Menyusun sintesis hasil analisis dari seluruh BAB Studi Kelayakan, sehingga memberikan gambaran utuh mengenai kelayakan proyek;
- Menyampaikan penilaian kelayakan proyek secara menyeluruh dari aspek teknis, finansial, lingkungan, sosial & iklim, kelembagaan, pasar, serta risiko;
- Mengidentifikasi faktor penentu keberhasilan proyek (*success factors*) dan risiko residual yang masih perlu dikelola pada tahap implementasi;
- Memberikan rekomendasi keputusan yang eksplisit kepada pengambil kebijakan terkait kelanjutan proyek.

Bab ini merupakan bab penutup FS dan menjadi dasar utama bagi:

- keputusan go / conditional / no-go,
- arahan tahap lanjutan (DED, pengadaan, KPBU, penganggaran),
- dan penetapan prasyarat implementasi.

Jika kesimpulan pada BAB ini belum jelas atau masih kontradiktif antar BAB, maka FS belum dapat digunakan sebagai dasar keputusan investasi.

Siapa yang Mengerjakan

Tim Inti (Wajib)

Peran	Tanggung Jawab
Koordinator Tim / Team Leader	Memastikan konsistensi kesimpulan lintas BAB
Tenaga Ahli Persampahan	Sintesis kelayakan teknis dan operasional
Tenaga Ahli Ekonomi / Finansial	Sintesis kelayakan finansial dan implikasi fiskal
Tenaga Ahli Lingkungan / Sosial	Konfirmasi kelayakan E&S dan safeguards
Tenaga Ahli Kelembagaan / KPBU / Legal	Sintesis kesiapan kelembagaan dan legal
Bappeda	Validasi kesesuaian rekomendasi proyek dengan arah pembangunan daerah, prioritas investasi, dan rencana pembangunan jangka menengah/panjang.
Dinas Lingkungan Hidup (DLH)	Validasi implikasi operasional dan kebijakan pengelolaan sampah daerah, termasuk kesiapan integrasi fasilitas dengan sistem layanan eksisting.
BPKAD / Badan Keuangan Daerah	Evaluasi implikasi fiskal jangka panjang dari rekomendasi proyek, termasuk kebutuhan dukungan APBD, skema pembayaran layanan, dan risiko fiskal.
Bagian Hukum Setda	Validasi implikasi hukum dari rekomendasi skema implementasi, termasuk kesiapan dasar hukum kerja sama atau KPBU.
Sekretariat Daerah / Asisten Perekonomian	Sinkronisasi rekomendasi proyek dengan kebijakan ekonomi daerah dan koordinasi lintas OPD sebelum pengambilan keputusan kepala daerah.

Narasumber Eksternal (Disarankan)

- Institusi pembiayaan / advisor proyek,
- Operator fasilitas,
- Pemangku kepentingan utama proyek lainnnya.

Tahapan Kerja

TAHAP	1. Sintesis Hasil Analisis Lintas Bab	2. Penilaian Kelayakan Proyek Secara Menyeluruh	3. Identifikasi Faktor Penentu Keberhasilan & Risiko Residual	4. Perumusan Kesimpulan & Rekomendasi Keputusan
Apa yang dilakukan?	1. Mengkompilasi temuan utama dari seluruh BAB FS. 2. Mengidentifikasi konsistensi antar aspek: teknis, pasar, finansial, kelembagaan, lingkungan, dan risiko. 3. Mengidentifikasi konflik atau ketidaksesuaian hasil antar BAB (misal: teknis layak tetapi finansial tidak stabil). 4. Menyusun ringkasan temuan kunci per aspek.	1. Menilai kelayakan proyek secara agregat berdasarkan hasil seluruh BAB. 2. Mengkonsolidasikan hasil skoring BAB kunci (Teknologi, Pasar, Finansial, Lingkungan, Sosial & Iklim, Risiko, Implementasi). 3. Menilai apakah risiko proyek berada dalam tingkat yang dapat diterima. 4. Menentukan status kelayakan awal: READY / CONDITIONAL / NOT READY.	1. Mengidentifikasi faktor yang paling menentukan keberhasilan implementasi proyek (*critical success factors*). 2. Mengidentifikasi risiko residual yang masih tersisa setelah mitigasi. 3. Mengklasifikasikan risiko residual menjadi: operasional, pasar, fiskal, sosial, dan kelembagaan. 4. Menentukan kebutuhan pengelolaan risiko pada tahap implementasi.	1. Merumuskan kesimpulan utama FS secara eksplisit dan ringkas. 2. Menyusun rekomendasi keputusan proyek: Go (Siap Implementasi), Conditional (Siap dengan prasyarat), No-Go (Tidak direkomendasikan). 3. Menyusun daftar prasyarat implementasi (*pre-condition*). 4. Menyusun arahan tahapan lanjutan (DED, AMDAL, procurement, KPBU, dll).
Metode / Tools	Summary matrix lintas BAB, Cross-check consistency analysis, Executive synthesis worksheet	Multi-aspect evaluation matrix, Aggregate scoring sheet, Risk acceptability review	Risk register, Critical success factor analysis, Residual risk mapping	Decision matrix, Executive summary template, Go / Conditional / No-Go framework
Keluaran	Ringkasan temuan utama lintas BAB FS	Status kelayakan proyek secara menyeluruh	Daftar faktor keberhasilan dan risiko residual proyek	Pernyataan kesimpulan dan rekomendasi keputusan proyek

Keterkaitan dengan Bab Lain

Komponen	Bab Sumber
Latar belakang proyek, kebutuhan layanan, dan tujuan pembangunan yang menjadi dasar evaluasi akhir	Bab 2 Konteks Proyek & Baseline Wilayah
Kesesuaian proyek terhadap regulasi, kebijakan nasional dan daerah	Bab 3 Kerangka Regulasi & Kebijakan
Kepastian suplai dan keberlanjutan input fasilitas	Bab 4 Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Kelayakan teknologi, kinerja proses, dan keandalan operasi	Bab 5 Teknologi & Kinerja Proses
Kesiapan pasar dan keberlanjutan penyerapan produk	Bab 6 Produk & Kesiapan Pasar
Konsistensi neraca massa dan output sistem	Bab 7 Neraca Massa
Kelayakan finansial dan implikasi fiskal proyek	Bab 8 Biaya & Pembiayaan

Komponen	Bab Sumber
Struktur kelembagaan, skema implementasi, dan pengaturan legal	Bab 9 Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal
Kelayakan lingkungan dan sosial serta kepatuhan safeguards	Bab 10 Lingkungan, Sosial & Iklim
Ketahanan proyek terhadap perubahan iklim dan aspek keberlanjutan	
Risiko proyek, mitigasi, dan risiko residual	Bab 11 Manajemen Risiko
Kesiapan implementasi, tahapan proyek, dan prasyarat pelaksanaan	Bab 12 Kesiapan Implementasi & Tahapan
Integrasi seluruh hasil analisis menjadi keputusan akhir proyek	Bab 13 Kesimpulan & Rekomendasi

Contoh Ilustratif

A. Profil Proyek (Konteks Singkat)

Jenis Fasilitas : TPST RDF

Wilayah Layanan : Perkotaan (±750.000 jiwa)

Kapasitas Fasilitas : 250 ton/hari

Tujuan Proyek:

- Mengurangi residu ke TPA,
- Meningkatkan tingkat pengolahan sampah,
- Menghasilkan RDF sebagai substitusi bahan bakar industri.

Hasil analisis pada BAB sebelumnya menunjukkan bahwa proyek layak secara umum, namun keberhasilan implementasi bergantung pada kesiapan pasar dan kelembagaan.

B. Tahap 1 – Sintesis Hasil Analisis Lintas Bab

Sintesis dilakukan terhadap seluruh BAB analitis.

Aspek Kelayakan	Sumber BAB	Temuan Utama	Status
Suplai & Wilayah Layanan	Bab 4	Volume sampah mencukupi dengan variasi musiman	Layak
Teknologi & Operasi	Bab 5	Teknologi sesuai karakteristik sampah	Layak
Pasar & Offtake	Bab 6	Offtaker tersedia dengan LoI	Bersyarat
Finansial	Bab 8	Layak dengan tipping fee tertentu	Layak
Kelembagaan & Legal	Bab 9	Struktur operator dan pembagian tanggung jawab jelas	Layak
Lingkungan, Sosial & Iklim	Bab 10	Dampak dapat dimitigasi	Layak
	Bab 10	Kontribusi pengurangan emisi signifikan	Layak
Risiko	Bab 11	Risiko utama telah dimitigasi	Bersyarat
Kesiapan Implementasi	Bab 12	Implementasi siap dengan prasyarat	Bersyarat

Temuan Sintesis

- Tidak terdapat konflik antar BAB.
- Aspek pasar dan readiness implementasi menjadi faktor pembatas utama.

C. Tahap 2 – Penilaian Kelayakan Proyek Secara Menyeluruh

Penilaian agregat dilakukan berdasarkan seluruh aspek kelayakan.

Dimensi Kelayakan	Kesimpulan
Teknis & Operasional	Memenuhi
Finansial & Fiskal	Memenuhi
Kelembagaan & Legal	Memenuhi
Lingkungan, Sosial & Iklim	Memenuhi
Pasar	Bersyarat
Risiko	Bersyarat
Kesiapan Implementasi	Bersyarat

Kesimpulan Kelayakan: Proyek dinilai layak secara menyeluruh, namun belum sepenuhnya siap untuk implementasi tanpa pemenuhan prasyarat tertentu.

D. Tahap 3 – Faktor Penentu Keberhasilan & Risiko Residual

D.1 Faktor Penentu Keberhasilan

- Kepastian kontrak offtake minimum volume RDF.
- Konsistensi kualitas RDF sesuai spesifikasi industri.
- Kejelasan struktur operator dan pengawasan kinerja.
- Konsistensi dukungan kebijakan pemerintah daerah.

D.2 Risiko Residual

Risiko Residual	Kategori	Strategi Pengelolaan
Fluktuasi harga RDF	Pasar	Kontrak berbasis indeks
Variasi kualitas input	Operasional	SOP kontrol kualitas
Perubahan kebijakan fiskal	Kelembagaan	Penguatan regulasi daerah
Perubahan kebijakan iklim	Lingkungan, sosial, dan iklim	Monitoring kebijakan energi

Risiko residual dinilai masih dalam batas yang dapat diterima.

E. Tahap 4 – Kesimpulan & Rekomendasi Keputusan

Kesimpulan. Berdasarkan hasil analisis lintas aspek:

- Layak secara teknis dan operasional
- Layak secara finansial dan fiskal
- Kelembagaan dan struktur legal memadai
- Memenuhi persyaratan lingkungan dan keberlanjutan
- Memerlukan penguatan aspek pasar dan kesiapan implementasi

Rekomendasi. Status Proyek: CONDITIONAL. Prasyarat implementasi:

- Penandatanganan kontrak offtake minimum volume.
- Finalisasi kebijakan tipping fee.
- Penetapan operator sebelum commissioning.

Studi Kelayakan telah memenuhi kualitas analisis yang diperlukan sebagai dasar pengambilan keputusan investasi. Proyek dinilai layak secara menyeluruh berdasarkan sintesis aspek teknis, finansial, kelembagaan, lingkungan, sosial, dan iklim, manajemen risiko, serta kesiapan implementasi.

Proyek secara prinsip siap untuk dilanjutkan ke tahap implementasi, dengan risiko utama telah diidentifikasi dan berada pada tingkat yang dapat diterima. Risiko yang masih tersisa bersifat residual dan tidak mempengaruhi kelayakan dasar proyek, namun tetap memerlukan pengelolaan pada tahap implementasi.

Risiko implementasi yang masih perlu diperhatikan terutama berasal dari:

- stabilitas pasar dan keberlanjutan kontrak offtake,
- konsistensi kualitas operasional pada tahap awal operasi,

- kesinambungan dukungan kelembagaan dan kebijakan daerah.

Tindak Lanjut yang Direkomendasikan

- Finalisasi kontrak offtake untuk menjamin stabilitas volume dan harga produk.
- Integrasi mekanisme monitoring risiko ke dalam SOP operasional.
- Penguatan fungsi pengawasan kinerja operator pada tahun awal operasi.
- Monitoring berkala terhadap perubahan kebijakan dan kondisi pasar yang dapat mempengaruhi keberlanjutan proyek.

Catatan: Kelayakan proyek tidak berarti proyek bebas risiko implementasi; proyek dinyatakan siap dijalankan ketika hasil analisis lintas aspek telah konsisten, risiko utama dapat dikelola, dan prasyarat implementasi telah jelas untuk dilaksanakan pada tahap berikutnya.

Daftar Pustaka

Bappenas. (2025). *Keputusan Menteri PPN/Bappenas Nomor 111 Tahun 2025 tentang Tim Koordinasi Strategis Nasional (TKSN).* Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM).* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Kementerian Dalam Negeri. (2025). *Pedoman Materi Muatan Peraturan Daerah Pengelolaan Sampah.* Jakarta: Kementerian Dalam Negeri.

Pemerintah Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 tentang Percepatan Pengelolaan Sampah menjadi Energi Terbarukan.* Jakarta: Sekretariat Negara.

UNDP Indonesia. (2025). *Rekomendasi Strategis atas Reviu Studi Kelayakan Pengelolaan Sampah (Laporan Konsultan Individu).* Jakarta: United Nations Development Programme.

UNDP Indonesia. (2025). *Buku Petunjuk Pengisian Matriks Penilaian (Matriks V.1.0).* Jakarta: United Nations Development Programme.

UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Perbandingan Teknologi Pengolahan Sampah.* Jakarta: United Nations Development Programme.

UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

Tetra Tech. (2019). *Material Recovery Facility Feasibility Study – Municipality of Anchorage.* Anchorage: Municipality of Anchorage.

World Bank Group. (2019). *Project Appraisal Document (PAD).* Washington, DC: World Bank.

World Bank. (2021). *Preparing Feasibility Studies for the Financing of Geothermal Projects.* Washington, DC: World Bank.

HM Treasury. (2022). *The Green Book: Central Government Guidance on Appraisal and Evaluation (Infrastructure Business Case International Guidance).* London: UK Government.

USAID. (n.d.). *Proposal Writing Training Manual for Community-Based Organizations and NGOs.* Washington, DC: United States Agency for International Development.

Asian Development Bank (ADB). (2017). *Guidelines for the Economic Analysis of Projects.* Manila: Asian Development Bank.

Asian Development Bank (ADB). (2020). *Developing Solid Waste Management Projects: A Guide for Project Preparation.* Manila: Asian Development Bank.

European Commission. (2014). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects.* Brussels: European Commission.

International Finance Corporation (IFC). (2012). *Performance Standards on Environmental and Social Sustainability.* Washington, DC: IFC.

World Bank. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Washington, DC: World Bank.

World Bank. (2020). *Municipal Solid Waste Management Decision Maker's Guide.* Washington, DC: World Bank.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2015). *Global Waste Management Outlook.* Nairobi: UNEP.

UK Infrastructure and Projects Authority. (2018). *The Five Case Model: Guidance for Developing Business Cases.* London: HM Treasury.

PT Sarana Multi Infrastruktur (PT SMI). (2025). *Support for Infrastructure Investments in Indonesia (S4I): Consulting Services for Project Implementation, Desk Study on the Potential and Technical Requirements for Utilisation of Refuse-Derived Fuel Technologies & RDF Off-Takers in Indonesia: Volume 2: Clustering RDF Implementation and Off-Taker Potential.* Jakarta: PT Sarana Multi Infrastruktur (Persero).

World Bank Group. (n.d.). The World Bank Project Cycle. World Bank. *https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/products-and-services/brief/projectcycle*

World Bank Group, Asian Development Bank, & Inter-American Development Bank. (2017). Public-Private Partnership Reference Guide Version 3.0. World Bank Group. *https://ppp.worldbank.org/library-reference-guide-version-30*

Asian Development Bank. (n.d.). Project Administration Instructions (PAI). Asian Development Bank. *https://www.adb.org/documents/project-administration-instructions*

Project Management Institute (PMI). (2021). PMI Standards and Guides (including PMBOK® Guide). Project Management Institute. *https://www.pmi.org/standards*

AACE International. (2008). Recommended Practice No. 56R-08: Cost Estimate Classification System — As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries. AACE International.

International Organization for Standardization (ISO). (2020). ISO 21502:2020 – Project, Programme and Portfolio Management — Guidance on Project Management. ISO.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN): Capaian Pengelolaan Sampah Nasional. *https://sampahnasional.kemenlh.go.id/*

KLH/BPLH. 2025. Siaran Pers Nomor SR.123/HUMAS/KLH-BPLH/6/2025 tentang Arah Baru Menuju Indonesia Bebas Sampah 2029. Jakarta.

Kementerian PPN/
Bappenas

SIPA
Sustainable Infrastructure Programme in Asia

UNDP

LAMPIRAN



Supported by:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection

based on a decision of
the German Bundestag

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

OECD

A. Daftar Regulasi Relevan untuk Penyusunan dan Evaluasi FS Pengelolaan Sampah

A. Regulasi Nasional – Pengelolaan Sampah

No	Regulasi	Pokok Pengaturan
1	Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah	Kerangka hukum utama pengelolaan sampah nasional (pengurangan & penanganan)
2	PP No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga	Pengelolaan sampah rumah tangga, pemilahan, pengumpulan, pengolahan
3	PP No. 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik	Pengelolaan sampah B3 rumah tangga & sampah khusus
4	Perpres No. 97 Tahun 2017 tentang Jakstranas Pengelolaan Sampah	Target nasional pengurangan dan penanganan sampah
5	Permen LHK P.75 Tahun 2019	Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen (EPR)

B. Regulasi Nasional – Lingkungan Hidup & Perizinan

No	Regulasi	Pokok Pengaturan
1	UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	AMDAL, UKL-UPL, izin lingkungan
2	UU No. 6 Tahun 2023 (Cipta Kerja)	Penyederhanaan perizinan berbasis risiko
3	PP No. 5 Tahun 2021	Perizinan berusaha berbasis risiko (OSS-RBA)
4	Permen LHK No. P.70 Tahun 2016	Baku mutu emisi pengolahan sampah termal
5	Permen LHK No. 14 Tahun 2021	Pengelolaan limbah dan dokumen lingkungan

C. Regulasi Nasional – Investasi & Pembiayaan Infrastruktur

No	Regulasi	Pokok Pengaturan
1	Perpres No. 38 Tahun 2015 tentang KPBU	Kerja Sama Pemerintah dan Badan Usaha (PPP)
2	Perpres No. 66 Tahun 2020 (Perubahan KPBU)	Penyempurnaan skema KPBU
3	Permen PPN/Bappenas No. 9 Tahun 2025	Pelaksanaan Kerja Sama Pemerintah dan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur
4	UU No. 25 Tahun 2007 tentang Penanaman Modal	Kerangka investasi nasional
5	UU No. 1 Tahun 2004 tentang Perbendaharaan Negara	Dukungan fiskal pemerintah

D. Regulasi Nasional – Infrastruktur & Teknis Persampahan

No	Regulasi	Pokok Pengaturan
1	Permen PUPR No. 03/PRT/M/2013	Penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan
2	Perpres No. 35 Tahun 2018	Percepatan pembangunan PLTSa
3	SNI terkait pengelolaan sampah	Standar teknis fasilitas (BSN)
4	Pedoman Teknis KLHK & PUPR	Desain TPST/TPA & fasilitas pengolahan lainnya

E. Regulasi Daerah Terkait untuk Dirujuk

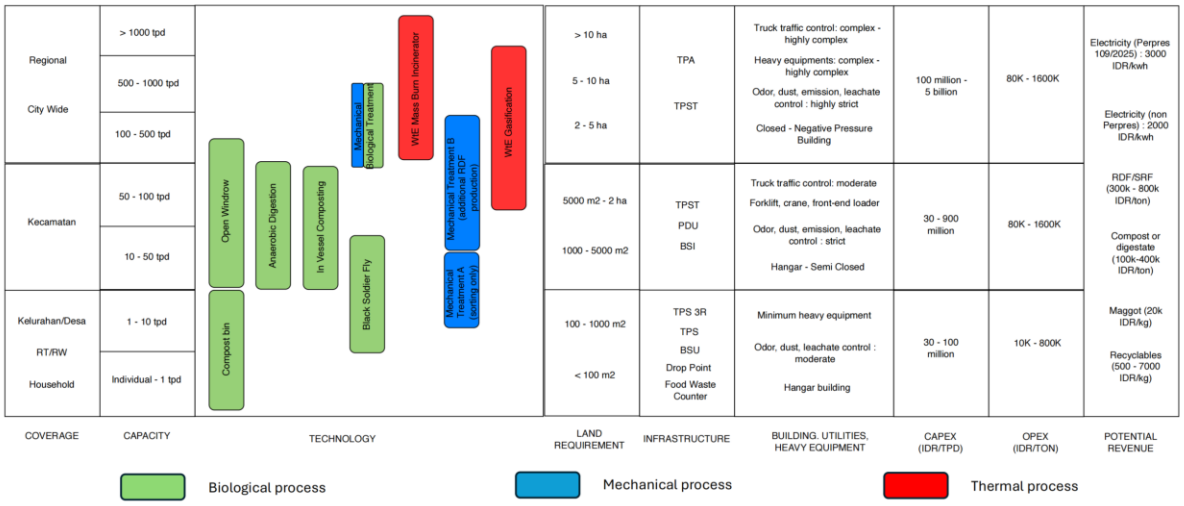
No	Jenis Regulasi	Fungsi dalam FS
1	RPJPD (Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah)	Arah pembangunan jangka panjang
2	RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah)	Justifikasi program & investasi

3	RKPD (Rencana Kerja Pemerintah Daerah)	Kesesuaian rencana tahunan
4	Renstra DLH / OPD terkait	Kesesuaian program teknis
5	Perda Pengelolaan Sampah	Dasar hukum operasional
6	Perkada/Juknis pengelolaan sampah	Implementasi teknis
7	Jakstrada (Kebijakan dan Strategi Daerah)	Target pengurangan & penanganan
8	Kebijakan pemilahan di sumber	Kualitas feedstock
9	RTRW Kabupaten/Kota	Kesesuaian zonasi
10	RDTR	Validasi lokasi detail
11	Perkada pemanfaatan ruang	Pembatasan lokasi
12	Perda Retribusi Persampahan	Struktur pendapatan
13	Perkada tarif layanan	Basis proyeksi revenue
14	Kebijakan subsidi layanan lainnya	Analisis fiskal
15	SK Pokja / Tim Pengelola Sampah	Legalitas kelembagaan
16	Struktur organisasi DLH / UPT	Operator fasilitas
17	Perkada BLUD	Model operasional
18	Perda Perlindungan Lingkungan	Kerangka lokal E&S
19	Kebijakan lokasi TPA/TPST lainnya	Persyaratan lingkungan
20	Dokumen AMDAL wilayah	Baseline lingkungan
21	Perda Kerjasama Daerah / KPBU	Dasar kerja sama
22	Perkada KPBU	Proses pengadaan
23	Kebijakan investasi daerah lainnya	Dukungan investor

B. Komparasi Teknologi Pengolahan Sampah

Bagian ini membahas informasi kunci yang dapat dijadikan rujukan oleh penyusun studi kelayakan, berdasarkan hasil asesmen dalam *comprehensive study on comparative waste treatment technology options in Indonesia*[10], yang mencakup teknologi waste-to-energy (WtE) maupun non-waste-to-energy.

Mapping Teknologi Pengolahan Sampah



Matriks Kapasitas Teknologi, Kebutuhan Lahan, dan Kondisi Input Sampah

No	Teknologi	Kapasitas dan Kondisi Input Sampah	Kebutuhan Lahan	Faktor Kunci yang Mempengaruhi Kapasitas dan Lahan
1	Anaerobic Digestion (Digesti Anaerob)	Non-komersial: 5 – 30 ton/hari Komersial: 30 – 150 ton/hari Input: organik terpilah (sampah makanan/pasar). TPD = input organik saja	Non-komersial: 1.500 – 6.000 m² Komersial: 6.000 – 15.000 m²	• Jumlah dan ukuran digester • Pra-perlakuan (pulper/screen) • CHP atau upgrading biogas • Penyimpanan digestate/pasteurisasi • Area buffer dan penerimaan truk
2	Compost Bin (Komposter Bin)	1 – 20 ton/hari Input: organik terpilah dari sumber	200 – 2.000 m²	• Jumlah rumah tangga dilayani • Jumlah bin/tumbler • Area curing dan pembalikan • Penyimpanan bahan pencampur
3	Open Windrow Composting	Non-komersial: 10 – 80 ton/hari	Non-komersial:	• Geometri jalur windrow

[10] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Perbandingan Teknologi Pengolahan Sampah.* Jakarta: United Nations Development Programme.

No	Teknologi	Kapasitas dan Kondisi Input Sampah	Kebutuhan Lahan	Faktor Kunci yang Mempengaruhi Kapasitas dan Lahan
		Komersial: 80 – 250 ton/hari Input: organik/limbah hijau (taman, pasar, kebun)	8.000 – 25.000 m² Komersial: 15.000 – 50.000 m²	• Area pembalikan dan pematangan \n • Kolam lindi • Jarak buffer dari permukiman • Kebutuhan lahan meningkat seiring tahap curing
4	In Vessel Composting	Non-komersial: 10 – 40 ton/hari Komersial: 40 – 120 ton/hari Input: organik terpilah (dicacah/bersih)	Non-komersial: 2.000 – 6.000 m² Komersial: 6.000 – 12.000 m²	• Jumlah dan ukuran vessel • Bangunan tertutup • Sistem pengendalian bau • Area penerimaan bahan dan penyimpanan kompos matang
5	Black Soldier Fly (BSF)	Non-komersial: 5 – 30 ton/hari Komersial: 30 – 80 ton/hari Input: organik kadar air tinggi (sisa makanan/pasar)	Non-komersial: 1.500 – 6.000 m² Komersial: 4.000 – 10.000 m²	• Kepadatan budidaya (rak/lantai) • Area staging substrat • Sistem panen & pengeringan larva • Biosecurity • Pengolahan dan penyimpanan frass
6	Mechanical Treatment (Pemilahan Mekanis)	Sorting saja: 5 – 30 ton/hari Produksi RDF tambahan: 30 – 600 ton/hari Input: sampah campuran (MSW tidak terpilah)	Sorting saja: 1.000 – 5.000 m² Produksi RDF: 5.000 – 25.000 m²	Sorting saja: • Tingkat otomasi (manual/optical) • Area penyimpanan material daur ulang • Penanganan residu • Area manuver truk Produksi RDF: • Area shredder & dryer • Zona kontrol debu dan bau • Penyimpanan RDF (bale/pellet/briket) • Loading dock dan sistem keselamatan
7	Mechanical Biological Treatment (MBT)	150 – 800 ton/hari Input: sampah campuran (MSW tidak terpilah)	10.000 – 50.000 m²	• Kombinasi area mekanis & biologis (bio-drying/komposting/AD kecil) • Area penyimpanan & curing • Pengendalian bau dan lindi • Kompleksitas meningkat seiring kapasitas
8	WTE Mass Burn Incinerator	Non-komersial: 100 – 300 ton/hari Komersial: 300 – 3.000 ton/hari Input: sampah campuran (MSW tidak terpilah)	Non-komersial: 12.000 – 28.000 m² Komersial: 30.000 – 70.000 m²	• Ukuran bunker sampah • Bangunan boiler & turbin • Bangunan APC (Air Pollution Control) • Penyimpanan abu • Stack dan jarak aman • Logistik feeding kontinu

No	Teknologi	Kapasitas dan Kondisi Input Sampah	Kebutuhan Lahan	Faktor Kunci yang Mempengaruhi Kapasitas dan Lahan
9	WTE Gasification	Non-komersial: 40 – 150 ton/hari Komersial: 150 – 1.200 ton/hari Input: fraksi kalor tinggi / sampah pra-olah (bukan MSW basah langsung)	Non-komersial: 6.000 – 15.000 m^2 Komersial: 10.000 – 30.000 m^2	• Area pengeringan & pencacahan bahan bakar • Reaktor & sistem pembersihan gas • Penanganan abu/slag • Pemanfaatan syngas • Konsistensi bahan bakar sangat kritikal

Matriks Penilaian Kesesuaian dan Kompatibilitas Teknologi

No	Teknologi	Kesesuaian (Applicability)	Kompatibilitas (Compatibility)
1	Anaerobic Digestion (Digesti Anaerob)	• Cocok untuk bahan baku dengan fraksi organik tinggi (≥30–50% basah), ideal jika terpilah dari sumber. • Cocok untuk lokasi dengan kebutuhan lahan sedang (tangki, pra-perlakuan, silo, dan pengolahan digestate). • Dapat diterapkan pada lokasi perkotaan terbatas hanya untuk modul kecil. • Kurang cocok untuk sampah campuran dengan kadar air tinggi atau kontaminasi plastik tanpa pemilahan awal yang baik.	• Kompatibel dengan pemilahan awal MRF, co-digestion dengan lumpur IPAL/residu pertanian, serta pengomposan untuk pematangan digestate. • Tidak kompatibel dengan input langsung sampah campuran dengan kandungan inert/plastik tinggi atau limbah kayu besar tanpa pra-pengolahan signifikan.
2	Compost Bin (Komposter Bin)	• Cocok untuk rumah tangga, apartemen, dan komunitas peri-urban dengan program pemilahan dari sumber yang baik. • Cocok untuk sistem desentralisasi (lingkungan/komunitas). • Cocok untuk wilayah dengan keterbatasan layanan pengangkutan atau program pengurangan sampah di sumber. • Kurang cocok untuk kawasan perkotaan padat tanpa ruang atau volume komersial besar.	• Kompatibel dengan kebun lokal/pertanian urban, program edukasi, serta BSF atau vermikompos sebagai tahap lanjutan. • Tidak kompatibel untuk pengolahan limbah organik berbasis daging/tulang.
3	Open Windrow Composting	• Cocok untuk limbah taman dan organik berukuran besar di wilayah rural/suburban. • Cocok untuk sistem desentralisasi atau semi-sentralisasi dengan ketersediaan lahan luas. • Kurang cocok untuk kawasan perkotaan padat, lokasi dengan regulasi bau/kualitas udara ketat, atau lahan mahal.	• Kompatibel dengan material hasil pemilahan MT/MBT, pematangan digestate AD, serta pemanfaatan kompos untuk pertanian. • Tidak kompatibel untuk limbah organik mudah busuk berbasis daging tanpa pra-digesti atau pencampuran bahan struktur.
4	In-Vessel Composting	• Cocok untuk kawasan perkotaan yang membutuhkan kontrol bau dan proses lebih cepat.	• Kompatibel dengan pembersihan awal MT/MBT, pematangan residu

No	Teknologi	Kesesuaian (Applicability)	Kompatibilitas (Compatibility)
		• Cocok untuk sistem terpusat atau dekat pusat kota dengan keterbatasan lahan. • Cocok untuk klaster institusi (pasar, rumah sakit, kampus). • Kurang cocok untuk wilayah dengan anggaran sangat terbatas atau sumber sampah tersebar.	AD, pemanfaatan panas buangan, dan co-treatment biosolid. • Tidak kompatibel dengan sampah sangat terkontaminasi tanpa pemisahan mekanis sebelumnya.
5	Black Soldier Fly (BSF)	• Cocok untuk aliran sampah makanan dengan kadar air tinggi dan kandungan protein tinggi (pasar, katering, industri makanan). • Cocok untuk klaster desentralisasi dekat sumber bahan baku. • Dapat modular dan ditempatkan pada lahan relatif kecil. • Kurang cocok untuk sampah campuran dengan kontaminasi tinggi atau kandungan plastik/logam.	• Kompatibel dengan program pemilahan sumber, TPS3R, fasilitas kompos/biogas (frass dapat dikomposkan). • Output terhubung dengan pasar pakan ternak dan kompos. • Tidak kompatibel dengan limbah yang mengandung bahan toksik atau kontaminasi kimia berat, atau wilayah dengan regulasi yang melarang pakan berbasis serangga.
6	Mechanical Treatment (Pemilahan Mekanis)	• Cocok untuk sampah campuran dimana pemulihan material menjadi prioritas dan pasar daur ulang tersedia. • Dapat diterapkan dari skala kecil hingga besar (MRF hingga ITF). • Fleksibel untuk sistem terpusat maupun desentralisasi. • Cocok di lokasi dengan pasar material daur ulang dan RDF. • Kurang cocok untuk volume sangat kecil atau sistem pengumpulan sangat informal.	• Kompatibel dengan proses biologis dan termal: AD, komposting, IVC (organik dipisahkan), MBT (sebagai front-end), WtE mass burn, dan gasifikasi melalui produksi RDF/SRF.
7	Mechanical Biological Treatment (MBT)	• Cocok untuk kota dengan tingkat pemilahan rendah (umum di Asia), terutama untuk produksi RDF/SRF. • Cocok untuk fasilitas terpusat dengan ekonomi skala besar. • Terintegrasi baik dengan jaringan transfer station. • Kurang cocok untuk pulau kecil terpencil dengan volume kecil karena investasi tinggi.	• Kompatibel dengan AD (pasca tahap biologis), IVC untuk pematangan, WtE mass burn dan gasifikasi (sebagai input RDF), serta komposting organik stabil. • Tidak kompatibel dengan strategi desentralisasi berbasis rumah tangga yang mengutamakan pengolahan di sumber.
8	WTE Mass Burn Incinerator	• Cocok untuk kota besar dengan timbulan sampah stabil dan tinggi. • Cocok untuk sistem terpusat dengan pemanfaatan listrik atau panas industri. • Dapat mengolah sampah campuran dengan pra-perlakuan minimal. • Memerlukan kemampuan pendanaan tinggi dan pengawasan emisi ketat. • Kurang cocok untuk kota kecil atau sampah dengan kadar air sangat tinggi.	• Kompatibel dengan MT/MBT untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan nilai kalor. • Kompatibel dengan sistem district heating atau pengguna uap industri.

No	Teknologi	Kesesuaian (Applicability)	Kompatibilitas (Compatibility)
9	WTE Gasification	• Cocok untuk produksi energi/syngas dari sampah homogen yang telah diproses dan memiliki nilai kalor sedang–tinggi. • Cocok untuk sistem semi-terpusat dengan pasokan RDF stabil. • Membutuhkan kualitas input stabil. • Kurang cocok untuk kota dengan kapasitas teknis dan fiskal terbatas.	• Kompatibel dengan sistem yang menyediakan bahan bakar pra-olah (dipilah, dicacah, dikeringkan). • Syngas dapat diintegrasikan ke sistem energi atau bahan bakar industri. • Tidak kompatibel dengan input langsung sampah campuran berkadar air tinggi tanpa pengeringan dan pembersihan.

Matriks Perbandingan Biaya Teknologi dan Potensi Pendapatan

Catatan definisi:

- CAPEX (IDR/tpd) = biaya investasi per kapasitas terpasang per ton/hari (tidak termasuk pembebasan lahan).
- OPEX (IDR/ton) = biaya operasi per ton sampah yang diolah (tenaga kerja, utilitas, perawatan, bahan habis pakai, dll).

No	Teknologi	Biaya Investasi / CAPEX (IDR per tpd kapasitas)	Biaya Operasi / OPEX (IDR per ton)	Sumber Pendapatan Potensial
1	Anaerobic Digestion (Digesti Anaerob)	166 juta – 997 juta (USD 10.000 – 60.000) Faktor utama: skala fasilitas, tingkat pra-perlakuan, CHP atau upgrading biomethane, pekerjaan sipil, pengolahan digestate, dan biaya pembiayaan	332 ribu – 1,33 juta (USD 20 – 80) Faktor utama: listrik untuk pompa/mixer, tenaga kerja, perawatan mesin gas, bahan kimia pembersih gas	• Penjualan listrik/biogas • Biomethane • Kompos/digestate
2	Compost Bin (Komposter Bin)	8,3 juta – 33 juta (USD 500 – 2.000) Faktor utama: infrastruktur sederhana, pelatihan, bin kompos, peralatan kecil	16 ribu – 166 ribu (USD 1 – 10) Faktor utama: tenaga kerja komunitas, perawatan ringan	• Penjualan kompos • Pengurangan biaya pengangkutan
3	Open Windrow Composting	33 juta – 166 juta (USD 2.000 – 10.000) Faktor utama: persiapan lahan, pengendalian lindi, windrow turner, screening	83 ribu – 332 ribu (USD 5 – 20) Faktor utama: bahan bakar alat, tenaga kerja, pengelolaan air dan lindi	• Penjualan kompos • Pengurangan biaya TPA
4	In-Vessel Composting	166 juta – 664 juta (USD 10.000 – 40.000) Faktor utama: peralatan vessel, blower, kontrol bau, bangunan tertutup	249 ribu – 664 ribu (USD 15 – 40) Faktor utama: listrik, sparepart mekanis, operator terampil	• Penjualan kompos • Biaya layanan pengolahan
5	Black Soldier Fly (BSF)	83 juta – 498 juta (USD 5.000 – 30.000) Faktor utama: tingkat otomasi, sistem pengeringan, biosecurity	166 ribu – 830 ribu (USD 10 – 50) Faktor utama: tenaga kerja, listrik, pengolahan larva	• Penjualan larva (protein pakan) • Minyak larva • Frass (pupuk)
6	Mechanical Treatment (MT)	Sorting saja: 83 juta – 415 juta Dengan produksi RDF: 332 juta – 1,33 miliar	Sorting saja: 166 ribu – 664 ribu Dengan RDF: 332 ribu – 997 ribu	• Penjualan material daur ulang • Penjualan RDF • Biaya tipping fee

No	Teknologi	Biaya Investasi / CAPEX (IDR per tpd kapasitas)	Biaya Operasi / OPEX (IDR per ton)	Sumber Pendapatan Potensial
		Faktor utama: tingkat otomasi, conveyor, baler, shredder, dryer, sistem kontrol debu	Faktor utama: energi pengeringan, maintenance alat berat, logistik RDF	
7	Mechanical Biological Treatment (MBT)	498 juta – 1,99 miliar (USD 30.000 – 120.000) Faktor utama: kombinasi MRF + proses biologis, kontrol bau, sistem otomatisasi	498 ribu – 1,5 juta (USD 30 – 90) Faktor utama: energi proses biologis, O&M multidisiplin, QA	• Penjualan RDF/SRF • Material daur ulang • Tipping fee
8	WTE Mass Burn Incinerator	1,66 miliar – 6,64 miliar (USD 100.000 – 400.000) Faktor utama: boiler & turbin, sistem APC lengkap, penanganan abu, kompleksitas engineering	332 ribu – 1,33 juta (USD 20 – 80) Faktor utama: bahan kimia APC, tenaga kerja terampil, maintenance tinggi	• Penjualan listrik • Heat/steam supply • Tipping fee
9	WTE Gasification	1,33 miliar – 5,81 miliar (USD 80.000 – 350.000) Faktor utama: pra-perlakuan bahan bakar, gasifier, pembersihan syngas	415 ribu – 1,66 juta (USD 25 – 100) Faktor utama: energi pengeringan, bahan kimia pembersih gas, maintenance khusus	• Penjualan listrik/syngas • Bahan bakar industri • Tipping fee

Tahapan Pemilihan Teknologi

Tahapan	Deskripsi
Penilaian Kondisi Awal (Initial Condition Assessment)	• Mengidentifikasi tujuan utama sistem pengelolaan sampah (pengurangan volume, pemulihan energi, manfaat bagi masyarakat, dan lain-lain) menggunakan kerangka perbandingan tujuan. • Memahami karakteristik sampah seperti kadar air, komposisi organik/anorganik, dan nilai kalor untuk membentuk profil teknis sampah sebagai dasar pemilihan teknologi.
Evaluasi Output dan Rantai Nilai (Output and Value Chain Evaluation)	• Mengidentifikasi calon pengguna akhir (offtaker) dari hasil pengolahan: \n ○ RDF → kiln semen / boiler industri ○ Kompos → petani / taman kota ○ Energi → pembangkit listrik / kawasan industri ○ BSF → peternakan / akuakultur • Memastikan adanya pasar atau pengguna akhir yang layak untuk menjamin keberlanjutan sistem.
Kompatibilitas Teknis dan Operasional (Technical and Operational Compatibility)	• Membandingkan efisiensi teknologi terhadap jenis sampah (misalnya: kadar air tinggi → AD, komposting, BSF; fraksi kering tinggi → biodrying, insinerasi). • Menilai kesesuaian teknologi dengan output yang diharapkan dan kebutuhan offtaker. • Memastikan ketersediaan dukungan teknologi dalam negeri, suku cadang, teknisi, dan layanan purna jual.
Analisis Kelayakan Dasar (Basic Feasibility Analysis)	• Mengevaluasi ketersediaan lahan: teknologi dengan kebutuhan lahan besar (open windrow, MBT) dibandingkan sistem kompak (in-vessel, WtE). • Meninjau kapasitas fiskal pemerintah daerah: opsi biaya rendah (komposting, BSF) vs teknologi investasi tinggi (WtE, AD).

Tahapan	Deskripsi
	• Menilai kesiapan kelembagaan dan sumber daya manusia dalam mengelola sistem yang lebih kompleks (otomasi, pengendalian emisi, dll.).
Penilaian Dampak dan Risiko (Impact and Risk Assessment)	• Menilai dampak lingkungan dan sosial, termasuk emisi, bau, residu, dan penerimaan masyarakat. • Menganalisis risiko teknis dan operasional (kegagalan sistem, ketergantungan pasar, dll.). • Mengidentifikasi risiko serta langkah mitigasi dari perspektif pemerintah daerah, offtaker, dan operator sistem.
Skoring dan Pemilihan Akhir (Scoring and Final Selection)	• Menyusun matriks penilaian multi-kriteria berbobot (misalnya: 20% teknis, 20% fiskal, 15% kelembagaan, 15% pasar/offtaker, 15% dampak, 15% keberlanjutan). • Memberikan skor pada setiap teknologi, menerapkan pembobotan, dan menyusun peringkat hasil sebagai dasar pengambilan keputusan kuantitatif.

C. Daftar Perusahaan Pengguna dan Potensi Pengguna RDF

Berikut adalah rekapitulasi nama perusahaan yang menggunakan atau berpotensi menggunakan RDF berdasarkan daftar pada dokumen *RDF Market Mapping – PT SMI (Volume 2)*[11].

No	Perusahaan	Industri	Kab/Kota	Provinsi
1	PT. Pupuk Iskandar Muda	Pupuk	Kab. Aceh Utara	Aceh
2	PT Solusi Bangun Andalas	Semen	Kab. Aceh Besar	Aceh
3	Non Ferindo Utama, PT.	Industri Daur Ulang Timbal	Kab. Tangerang	Banten
4	Aplus Pacific, PT	Logam	Kota Tangerang	Banten
5	Barata Indonesia, PT.	Logam	Kota Cilegon	Banten
6	Bina Usaha Mandiri Mizusawa, PT.	Logam	Kota Tangerang	Banten
7	Growth Asia, PT. - Cilegon	Logam	Kota Cilegon	Banten
8	Kaishun Industries Indonesia, PT.	Logam	Kab. Serang	Banten
9	Stainless Steel Primavalve Majubersama, PT.	Pengecoran	Kab. Tangerang	Banten
10	PT Cemindo Gemilang Lebak	Semen	Kab. Lebak	Banten
11	Karya Hidup Sentosa, CV.	Logam	Kota Yogyakarta	DI Yogyakarta
12	Daiki Aluminium Industry Indonesia, PT.	Alloy Aluminium	Karawang	Jawa Barat
13	Molten Aluminum Produser Indonesia, PT.	Alloy Aluminium	Karawang	Jawa Barat
14	Muhtomas, PT.	Industri Daur Ulang Timbal	Kab. Bekasi	Jawa Barat
15	Asian Isuzu Casting Center, PT	Logam	Karawang	Jawa Barat
16	Bakrie Autoparts, PT.	Logam	Kota Bekasi	Jawa Barat
17	Pindad (Persero), PT.	Logam	Kota Bandung	Jawa Barat
18	Yanmar Indonesia, PT.	Logam	Kota Depok	Jawa Barat
19	Trieka Aimex, PT.	Pengecoran	Kab. Bogor	Jawa Barat
20	Aluzindo Paduan Mulia, PT (Bekasi)	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Kota Bekasi	Jawa Barat
21	Aluzindo Paduan Mulia, PT	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Kab. Bogor	Jawa Barat
22	AT Indonesia, PT.	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Karawang	Jawa Barat
23	Central Motor Wheel Indonesia, PT.	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Karawang	Jawa Barat
24	Chemco Harapan Nusantara, PT.	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Kab. Bekasi	Jawa Barat

[11] PT Sarana Multi Infrastruktur (PT SMI). (2025). *Support for Infrastructure Investments in Indonesia (S4I): Consulting Services for Project Implementation, Desk Study on the Potential and Technical Requirements for Utilisation of Refuse-Derived Fuel Technologies & RDF Off-Takers in Indonesia: Volume 2: Clustering RDF Implementation and Off-Taker Potential*. Jakarta: PT Sarana Multi Infrastruktur (Persero).

No	Perusahaan	Industri	Kab/Kota	Provinsi
25	Nakakin Indonesia, PT.	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Kab. Bekasi	Jawa Barat
26	Wijaya Karya Industri dan Kontruksi, PT.	Pengecoran Logam Non-Ferrous - Aluminium	Kab. Bogor	Jawa Barat
27	PT. Pupuk Kujang	Pupuk	Karawang	Jawa Barat
28	PT Semen Jawa	Semen	Kab. Sukabumi	Jawa Barat
29	PT Solusi Bangun Indonesia - Narogong Plant	Semen	Kab. Bogor	Jawa Barat
30	PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. - Pabrik Citeureup Bogor	Semen	Kab. Bogor	Jawa Barat
31	PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. - Pabrik Cirebon	Semen	Kab. Cirebon	Jawa Barat
32	PT Jui Shin Indonesia - Semen Garuda	Semen	Karawang	Jawa Barat
33	Sinar Agung Selalu Sukses, PT.	Logam	Kab. Karanganyar	Jawa Tengah
34	PT Semen Gresik Rembang	Semen	Kab. Rembang	Jawa Tengah
35	PT Semen Grobogan	Semen	Kab. Grobogan	Jawa Tengah
36	PT Solusi Bangun Indonesia - Cilacap	Semen	Kab. Cilacap	Jawa Tengah
37	PT Sinar Tambang Arthalestari - Semen Bima	Semen	Kab. Banyumas	Jawa Tengah
38	Indonesia Smelting Technology, PT.	Alloy Aluminium	Kab. Pasuruan	Jawa Timur
39	Indra Eramulti Logam Industri, PT.	Industri Daur Ulang Timbal	Kab. Pasuruan	Jawa Timur
40	Hansa Pratama, PT.	Logam	Kab. Sidoarjo	Jawa Timur
41	Indoprima Gemilang, PT. Surabaya	Logam	Kota Surabaya	Jawa Timur
42	Indoprima Gemilang, PT.	Logam	Kab.Nganjuk	Jawa Timur
43	Jatim Taman Steel, PT.	Logam	Kab. Sidoarjo	Jawa Timur
44	Pakarti Riken Indonesia, PT.	Logam	Kab. Sidoarjo	Jawa Timur
45	Prima Alloy Steel Universal, PT.	Logam	Kab. Sidoarjo	Jawa Timur
46	Pelopor Teknologi Implantindo, PT.	Pengecoran	Kab. Mojokerto	Jawa Timur
47	Peroni Karya Sentra, PT	Pengecoran	Kab.Mojokerto	Jawa Timur
48	Zenith Allmart Precisindo, PT.	Pengecoran	Kab.Sidoarjo	Jawa Timur
49	PT. Pabrik Paper Tjiwi Kimia, Tbk	Pulp & Kertas	Kab. Sidoarjo	Jawa Timur
50	PT Petrokimia Gresik	Pupuk	Kab. Gresik	Jawa Timur
51	Wilmar International Limited	Pupuk	Kab. Gresik	Jawa Timur
52	PT. Petro Jordan Abadi	Pupuk	Kab. Gresik	Jawa Timur
53	PT. Petrogres Jatim	Pupuk	Kab. Gresik	Jawa Timur
54	PT. Dupan Anugerah Lestari	Pupuk	Kab. Mojokerto	Jawa Timur
55	PT. Jadi Mas	Pupuk	Surabaya	Jawa Timur
56	PT Semen Imasco Asiatic	Semen	Kab. Jember	Jawa Timur
57	PT Semen Indonesia - Tuban Plant	Semen	Kab. Tuban	Jawa Timur

No	Perusahaan	Industri	Kab/Kota	Provinsi
58	PT Solusi Bangun Indonesia - Tuban Plant	Semen	Kab. Tuban	Jawa Timur
59	PT Conch Cement Indonesia - Kalimantan Selatan	Semen	Kab. Tabalong	Kalimantan Selatan
60	PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. - Pabrik Tarjun	Semen	Kab. Kotabaru	Kalimantan Selatan
61	PT. Pupuk Kalimantan Timur (Pupuk Kaltim)	Pupuk	Bontang	Kalimantan Timur
62	PT Kobexindo Cement	Semen	Kab. Kutai Timur	Kalimantan Timur
63	PT Semen Kupang	Semen	Kota Kupang	Nusa Tenggara Timur
64	PT SDIC Papua Cement Indonesia	Semen	Kab. Manokwari	Papua Barat
65	Riau Baja Indo, PT.	Logam	Kota Pekanbaru	Riau
66	PT Semen Bosowa Maros	Semen	Kab. Maros	Sulawesi Selatan
67	PT Semen Tonasa	Semen	Kab. Pangkajene dan Kepulauan	Sulawesi Selatan
68	PT Conch Cement Indonesia - Sulawesi Utara	Semen	Kab. Bolaang Mongondow	Sulawesi Utara
69	PT Semen Padang Indarung	Semen	Kota Padang	Sumatera Barat
70	PT. Pupuk Sriwidjaya Palembang	Pupuk	Kota Palembang	Sumatera Selatan
71	PT Semen Baturaja	Semen	Kab. Ogan Komering Ulu	Sumatera Selatan
72	Asia Raya Foundry, PT.	Logam	Kab. Deli Serdang	Sumatera Utara
73	Cipta Baja Raya, PT.	Logam	Kota Medan	Sumatera Utara
74	Growth Asia, PT. - Medan	Logam	Kota Medan	Sumatera Utara
75	Sentana Multi Makmur, PT.	Logam	Kota Medan	Sumatera Utara

D. Format Profiling Offtaker RDF

Format informasi offtaker ini merujuk dan dikembangkan dari *Refuse Derived Fuels (RDF) Interest and Requirements Questionnaire*[12].

Informasi Umum

1. Nama Perusahaan: _____
2. Wilayah lokasi: _____
3. Nama dan Jabatan Kontak: _____
4. Email: _____
5. Nomor Telepon: _____
6. Industri/Sektor Utama: _____
7. Pendapatan Tahunan Perusahaan: _____
8. Jumlah Karyawan: _____

Minat terhadap Refuse Derived Fuel (RDF)

9. Apakah Anda familiar dengan konsep RDF?

- Ya
- Tidak

10. Apakah saat ini Anda menggunakan RDF dalam operasional Anda?

- Ya
- Tidak

11. Apakah Anda tertarik menggunakan RDF dalam proses produksi Anda?

- Ya
- Tidak

12. Jika jawaban pada pertanyaan 9 adalah ya, mohon jelaskan jenis RDF yang digunakan dan jumlah penggunaannya (bulanan/tahunan).
13. Jika jawaban pada pertanyaan 9 adalah ya, berapa persentase sumber bahan bakar Anda yang saat ini berasal dari RDF?
14. Jika jawaban pada pertanyaan 10 adalah ya, mohon jelaskan jenis RDF yang direncanakan/diperkirakan akan digunakan dan jumlahnya (bulanan/tahunan).
15. Jika jawaban pada pertanyaan 10 adalah ya, berapa persentase sumber bahan bakar yang dapat dipenuhi oleh RDF?
16. Apa alasan utama ketertarikan Anda terhadap RDF? (Pilih semua yang sesuai)

[12] PT Sarana Multi Infrastruktur (PT SMI). (2025). *Support for Infrastructure Investments in Indonesia (S4I): Consulting Services for Project Implementation, Desk Study on the Potential and Technical Requirements for Utilisation of Refuse-Derived Fuel Technologies & RDF Off-Takers in Indonesia: Volume 2: Clustering RDF Implementation and Off-Taker Potential.* Jakarta: PT Sarana Multi Infrastruktur (Persero).

- Penghematan biaya
- Pertimbangan/manfaat lingkungan
- Efisiensi energi
- Kepatuhan terhadap regulasi
- Citra publik yang positif
- Lainnya (sebutkan): _____

17. Apakah Anda mengetahui adanya inisiatif di wilayah Anda untuk memulai produksi RDF?

- Ya (jika ya, mohon jelaskan inisiatif yang diketahui): _____
- Tidak

18. Apakah Anda mengetahui adanya insentif dari pemerintah atau institusi lain terkait penggunaan RDF?

- Ya
- Tidak
  Jika ya, mohon jelaskan jenis insentif tersebut dan apakah perusahaan Anda pernah memanfaatkannya.

19. Apakah insentif finansial atau subsidi akan meningkatkan minat atau kelayakan Anda dalam mengadopsi RDF?

- Sangat meningkatkan
- Cukup meningkatkan
- Sedikit meningkatkan
- Tidak sama sekali

Kebutuhan Teknis

20. Sebutkan spesifikasi teknis RDF yang dibutuhkan oleh operasional Anda (misal: nilai kalor, kadar air, kadar abu, dll.).

21. Apakah terdapat keterbatasan peralatan atau infrastruktur dalam mempertimbangkan penggunaan RDF?

- Ya
- Tidak
  Jika ya, mohon jelaskan secara rinci.

22. Apakah diperlukan modifikasi pada peralatan yang ada untuk menggunakan RDF?

- Ya
- Tidak
  Jika ya, mohon jelaskan jenis dan skala modifikasi yang diperlukan.

23. Apakah terdapat bentuk RDF atau teknik pengolahan tertentu yang lebih sesuai untuk operasional Anda?
  (misal: pellet, fluff, dll.) Mohon berikan urutan preferensi jika memungkinkan.

Dukungan dalam Penyesuaian Teknis Operasional

24. Apakah Anda memerlukan dukungan teknis atau konsultansi eksternal untuk menyesuaikan operasional agar dapat menggunakan RDF?

- Ya
- Tidak

25. Jika asosiasi industri Anda menyediakan dukungan teknis, workshop, atau layanan konsultansi terkait adaptasi RDF, apakah perusahaan Anda tertarik?

- Sangat tertarik
- Cukup tertarik
- Sedikit tertarik
- Tidak tertarik

Pertimbangan Lingkungan dan Kesehatan

26. Apakah Anda mengetahui risiko dan manfaat lingkungan dari penggunaan RDF dibandingkan bahan bakar tradisional?

- Ya
- Tidak

27. Apakah Anda memiliki kekhawatiran terkait dampak lingkungan dari produksi atau penggunaan RDF?

- Ya
- Tidak
  Jika ya, mohon jelaskan kekhawatiran tersebut.

28. Apakah Anda mengetahui pertimbangan atau risiko kesehatan yang terkait dengan penggunaan RDF?

- Ya
- Tidak
  Jika ya, mohon jelaskan.

29. Apakah perusahaan Anda memiliki tim atau departemen khusus yang menangani standar lingkungan dan kesehatan terkait sumber bahan bakar, termasuk RDF?

- Ya
- Tidak

Kebutuhan Logistik

30. Apa metode pengiriman RDF yang Anda preferensikan ke fasilitas Anda?

- Truk
- Kereta api
- Kapal laut
- Kapal perairan darat
- Pipa (jika memungkinkan)

- Lainnya (sebutkan): _____

31. Seberapa sering Anda membutuhkan pengiriman RDF?

- Harian
- Mingguan
- Bulanan
- Triwulanan
- Lainnya (sebutkan): _____

32. Apakah Anda memiliki fasilitas penyimpanan RDF di lokasi operasional?

- Ya
- Tidak

33. Jika ya, berapa kapasitas fasilitas penyimpanan tersebut?

34. Apakah terdapat persyaratan pengemasan khusus untuk RDF? (misal: curah, karung, kontainer tertutup, dll.)

35. Apakah Anda telah melibatkan pemangku kepentingan (karyawan, masyarakat sekitar, pelanggan) terkait potensi penggunaan RDF?

- Ya
- Tidak

36. Jika Anda mempertimbangkan penggunaan RDF, apakah Anda tertarik pada alat atau sumber daya untuk mendukung sosialisasi dan peningkatan pemahaman pemangku kepentingan mengenai RDF?

- Ya
- Tidak

Pertimbangan Tambahan

37. Apakah terdapat isu regulasi atau perizinan yang Anda perkirakan akan muncul dalam penggunaan RDF di operasional Anda?

- Ya
- Tidak
  Jika ya, mohon jelaskan secara rinci.

38. Apakah terdapat kekhawatiran, pertanyaan, atau komentar lain yang ingin Anda sampaikan terkait penggunaan RDF dalam operasional Anda?

E. Pendekatan Risiko dan Mitigasi Aspek Teknologi dan Produk

Merujuk pada *comprehensive study on comparative waste treatment technology options in Indonesia*[13], bagian ini secara khusus mengidentifikasi risiko-risiko kritis yang terkait dengan pengoperasian fasilitas Waste-to-Energy (WtE) tipe mass-burn berkapasitas 1.000 ton per hari (TPD), dengan mempertimbangkan perspektif tiga pemangku kepentingan utama, yaitu industri pengguna hasil (offtaker), pemerintah daerah, dan operator pengelolaan sampah.

Tujuan utama analisis ini adalah untuk memastikan bahwa risiko teknis, operasional, finansial, lingkungan, dan sosial dapat diidentifikasi sejak tahap perencanaan sehingga strategi mitigasi dapat disiapkan secara sistematis.

1. Analisis Risiko dari Perspektif Industri Offtaker

   Bagian ini membahas risiko yang berkaitan dengan pemanfaatan produk turunan dari teknologi pengolahan sampah perkotaan (MSW), seperti energi, RDF, kompos, atau produk lainnya. Industri offtaker memiliki peran penting dalam memastikan kelayakan ekonomi sistem pengelolaan sampah.

   Risiko utama yang diidentifikasi meliputi:

   - Peningkatan biaya operasi dan pemeliharaan atau kegagalan sistem akibat kualitas, stabilitas, atau kuantitas bahan baku yang tidak memenuhi spesifikasi teknis.
   - Kerusakan lahan atau infrastruktur pertanian akibat kualitas kompos yang tidak sesuai.
   - Risiko penyakit atau kerusakan pada industri peternakan akibat kualitas produk pakan berbasis limbah.
   - Operasi tidak optimal atau idle akibat kurangnya pasokan material daur ulang berkualitas.
   - Ketidaksesuaian spesifikasi bahan baku untuk industri semen, pembangkit listrik, atau industri manufaktur.

   Strategi mitigasi meliputi:

   - Seleksi pemasok yang ketat dan pengendalian kontraktual.
   - Protokol pengujian dan uji coba yang ketat.
   - Penyesuaian sistem untuk mengakomodasi variasi bahan baku.
   - Standardisasi dan sistem penjaminan mutu produk hasil pengolahan.

2. Analisis Risiko dari Perspektif Pemerintah Daerah

   Bagian ini mengevaluasi risiko pengoperasian fasilitas WtE dari sudut pandang pemerintah daerah, dengan fokus pada kepatuhan regulasi, perlindungan lingkungan, dan tanggung jawab sosial.

   Risiko utama meliputi:

   - Kegagalan operasional atau waktu henti (downtime) tinggi akibat desain yang tidak sesuai dengan karakteristik sampah lokal atau penggunaan teknologi yang belum terbukti.
   - Emisi udara melebihi baku mutu akibat sistem pengendalian emisi yang tidak optimal atau SOP operasional yang tidak memadai.
   - Biaya operasi lebih tinggi dari proyeksi akibat estimasi biaya yang tidak akurat atau rendahnya kompetensi operator.
   - Penolakan masyarakat akibat pemilihan lokasi yang tidak tepat atau kurangnya keterlibatan publik.
   - Kesalahan desain atau kapasitas yang tidak sesuai dengan volume dan komposisi sampah aktual.
   - Keterbatasan sumber daya manusia dan kompetensi operasional.

[13] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Perbandingan Teknologi Pengolahan Sampah.* Jakarta: United Nations Development Programme.

- Kegagalan integrasi dalam rantai pengelolaan sampah (TPS – fasilitas pengolahan).

Strategi mitigasi meliputi:

- Studi kelayakan komprehensif termasuk uji coba lokal.
- Penggunaan teknologi yang telah terbukti (track record).
- Audit dan inspeksi independen secara berkala.
- Penerapan sistem pemantauan emisi berkelanjutan (CEMS).
- Pelibatan masyarakat sejak tahap perencanaan.
- Pembaruan data komposisi sampah secara berkala.
- Sertifikasi operator dan kerja sama dengan institusi pendidikan.
- Integrasi fasilitas dalam rencana induk pengelolaan sampah kota.

3. Analisis Risiko dari Perspektif Operator Pengelolaan Sampah

Bagian ini mengevaluasi risiko dari sisi operator yang bertanggung jawab terhadap pengumpulan, transportasi, dan pengolahan sampah.

Risiko utama meliputi:

- Gangguan operasional atau penghentian tidak terencana akibat kualitas dan volume sampah yang tidak konsisten.
- Kerusakan komponen kritis dan keterlambatan suku cadang.
- Keterlambatan pembayaran biaya operasional atau ketidakjelasan skema pendanaan.
- Efisiensi energi rendah akibat kadar air tinggi atau nilai kalor rendah.
- Kegagalan sistem pengendalian emisi.
- Ketidakmampuan operator menangani permasalahan teknis kompleks.
- Ketidakstabilan volume sampah di bawah kapasitas minimum operasi.
- Lokasi fasilitas yang tidak optimal secara operasional.
- Risiko bencana alam dan gangguan sosial.

Strategi mitigasi meliputi:

- Perjanjian tingkat layanan (SLA) terkait kualitas dan volume sampah.
- Penyediaan buffer stok material kering.
- Kontrak jangka panjang penyedia suku cadang.
- Sistem pembayaran berbasis ketersediaan (availability payment).
- Sistem pencampuran RDF dan karakterisasi sampah berkala.
- Sistem pemantauan emisi real-time.
- Program pelatihan operator jangka panjang.
- Diversifikasi sumber pasokan sampah.
- Penilaian teknis dan sosial pada tahap perencanaan lokasi.
- Program keterlibatan masyarakat dan CSR di sekitar fasilitas.

F. Prasyarat Lokasi yang Mendukung Kelayakan Proyek RDF

Merujuk pada Studi Model Bisnis dan Praktik Terbaik Refused Derived Fuel (RDF) di Indonesia[14], prasyarat lokasi merupakan faktor penentu dalam menilai kelayakan proyek RDF, mengingat keberlanjutan operasi sangat dipengaruhi oleh kondisi lokasi fasilitas. Dalam kajian ini, penilaian lokasi dilakukan dengan menetapkan parameter dan indikator yang disusun berdasarkan cross-cutting review atas studi kelayakan RDF di Indonesia, regulasi dan pedoman teknis yang berlaku, serta hasil studi lapangan. Terdapat tujuh parameter utama yang digunakan, yaitu legalitas dan tata ruang, topografi dan risiko bencana, aksesibilitas, jarak dengan offtaker, ketersediaan infrastruktur dasar, keberadaan permukiman dan pusat kegiatan publik, serta keberterimaan sosial, dilengkapi dengan indikator yang menunjukkan terpenuhinya kelayakan per parameter.

1) **Legalitas dan tata ruang:** Aspek ini menekankan pentingnya kepastian hukum serta kesesuaian penggunaan lahan untuk pengembangan fasilitas RDF. Penilaian aspek ini mengacu pada regulasi nasional, antara lain Permen PU No. 3/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan, yang mengatur kewajiban kesesuaian dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), kejelasan status kepemilikan lahan, serta kepastian peruntukan lahan yang sah. Dalam konteks ini, lokasi dengan status kepemilikan yang jelas dan sesuai dengan RTRW dapat dikategorikan terpenuhi kelayakannya, sedangkan lokasi yang menghadapi permasalahan legalitas atau tidak selaras dengan peruntukan ruang dinilai tidak terpenuhi kelayakannya karena memiliki risiko tinggi terhadap keberlanjutan proyek.
2) **Topografi dan risiko bencana:** Kondisi topografi dan kerentanan terhadap bencana alam menjadi faktor kritis karena memengaruhi konstruksi, biaya operasional, dan risiko jangka panjang dari fasilitas RDF. Indikator penilaian pada aspek ini merujuk pada ketentuan dalam Permen PU No. 3/2013, yang menyebutkan bahwa fasilitas dianjurkan berada pada lahan dengan kemiringan kurang dari 20 persen serta tidak berada pada kawasan rawan banjir maupun zona geologi berisiko, seperti daerah sesar atau patahan, maupun sekitar gunung berapi. Oleh karena itu, lahan datar dengan kemiringan rendah dan bukan merupakan kawasan rawan bencana dinilai memenuhi syarat, sementara lokasi dengan kemiringan curam atau potensi bencana tinggi seperti banjir tahunan, gempa aktif, atau longsor berat akan mengurangi kelayakan proyek.
3) **Aksesabilitas:** Aspek ini berfokus pada ketersediaan dan kualitas infrastruktur transportasi menuju lokasi fasilitas RDF. Aksesibilitas menjadi faktor penentu kelancaran operasional karena truk sampah dan kendaraan logistik harus dapat mencapai lokasi secara rutin dengan kapasitas yang beragam, sesuai jumlah waktu pengiriman sampah dan kapasitas fasiitas RDF. Berdasarkan Permen PU No. 3/2013 dan sejumlah regulasi daerah, fasilitas RDF harus memiliki jalan akses yang dapat dilalui truk sampah dua arah, memiliki lebar yang memadai, serta dekat dengan jalan besar ataupun tol. Lokasi dengan akses jalan yang memenuhi kriteria tersebut dinilai lebih layak karena dapat menjamin efisiensi logistik dan kontinuitas suplai sampah. Sebaliknya, akses jalan sempit, rusak, atau jarak yang terlalu jauh dari jalan utama menurunkan tingkat kelayakan karena dapat menghambat pengangkutan sampah ke fasilitas.
4) **Jarak ke offtaker:** Parameter yang krusial dalam tinjauan kelayakan lokasi proyek RDF karena secara langsung memengaruhi biaya transportasi dan efisiensi operasional. Berdasarkan studi PT SMI (2024)44, pembangunan fasilitas RDF direkomendasikan apabila terdapat offtaker potensial dalam jarak kurang dari 80 km. Dengan demikian, fasilitas yang berlokasi di bawah ambang tersebut dianggap paling memenuhi aspek kelayakan. Untuk jarak lebih dari 80 km, fasilitas masih dapat dinilai layak apabila disertai langkah mitigasi, misalnya dengan mengubah bentuk RDF dari fluff menjadi pellet atau briket yang lebih stabil, memiliki densitas lebih tinggi, serta membutuhkan ruang penyimpanan lebih kecil, sehingga memungkinkan pengangkutan dalam volume energi yang lebih besar per perjalanan.
5) **Ketersediaan infrastruktur dasar:** Sebuah parameter yang penting dalam tinjauan kelayakan lokasi fasilitas RDF karena keberfungsian fasilitas terikat pada tersedianya utilitas pendukung seperti listrik, air, dan sistem drainase atau badan air penerima limbah. Regulasi nasional, khususnya Permen PU No. 3/2013, mensyaratkan bahwa fasilitas persampahan harus dilengkapi dengan prasarana yang memadai

[14] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

agar operasionalnya tidakterganggu oleh kendala teknis atau lingkungan. Oleh karena itu, lokasi yang memiliki sambungan listrik yang stabil, pasokan air bersih yang mencukupi, serta akses ke badan air atau sistem limbah yang tidak membahayakan lingkungan akan dinilai sangat layak. Sebaliknya, kurangnya infrastruktur dasar ini dapat menimbulkan risiko biaya tinggi, gangguan operasional, serta potensi dampak lingkungan yang lebih besar.

6) **Keberadaan permukiman dan pusat kegiatan publik:** Untuk menilai kondisi aktivitas di sekitar lokasi fasilitas. Kedekatan terhadap permukiman berpotensi menimbulkan risiko sosial dan lingkungan, antara lain gangguan bau, kebisingan, serta resistensi masyarakat. Lokasi yang memiliki jarak memadai dari permukiman atau pusat aktivitas publik (lebih dari 500 meter), maupun yang secara historis sudah lebih dahulu ada dibandingkan permukiman di sekitarnya, dinilai lebih layak karena berpeluang memiliki tingkat penerimaan masyarakat yang lebih tinggi. Sebaliknya, fasilitas yang sangat dekat dengan permukiman dan fasilitas publik dianggap kurang layak dan berpotensi memerlukan kajian sosial serta strategi mitigasi tambahan.
7) **Keberterimaan sosial:** Dukungan masyarakat lokal adalah parameter yang penting, karena penerimaan sosial yang baik dapat memperlancar operasional dan mengurangi risiko penolakan, sementara resistensi masyarakat berpotensi menggagalkan proyek meskipun seluruh persyaratan teknis dan administratif terpenuhi. Dukungan ini umumnya dipengaruhi oleh seberapa besar manfaat langsung yang dirasakan, baik dari sisi ekonomi maupun lingkungan, serta sejauh mana masyarakat dilibatkan dalam proses perencanaan dan operasional. Oleh karena itu, fasilitas yang memperoleh penerimaan positif dinilai lebih layak, sedangkan fasilitas dengan resistensi tinggi kurang layak, dan memerlukan strategi mitigasi sosial dan komunikasi publik yang lebih inklusif dan interaktif.

Indikator tinjauan prasyarat lokasi yang mendukung kelayakan proyek RDF

Parameter		Kelayakan Tidak Terpenuhi	Kelayakan Terpenuhi dengan Mitigasi	Kelayakan Terpenuhi
(1) Legalitas dan tata ruang	**1A:** Kepemilikan **1B:** Kepatuhan pada regulasi	**1A:** sengketa/tidak jelas **1B:** tidak sesuai RTRW, tidak bisa dialihfungsikan	...	**1A:** pemerintah, legalitas jelas dan aman **1B:** sesuai RTRW
(2) Topografi dan risiko bencana	**2A:** Topografi (kemiringan) **2B:** Risiko kebencanaan	**2A:** > 20% **2B:** tinggi (banjir tahunan, gempa aktif, longsor berat)	...	**2A:** < 5% (datar) **2B:** kecil, bukan daerah rawan bencana
(3) Aksesabilitas	**3A:** Kondisi jalan menuju lokasi **3B:** Konektivitas dengan jalan utama/tol	**3A:** jalan sempit dan rusak, tidak bisa dilewati truk besar **3B:** > 15 km	...	**3A:** jalan aspal/beton lebar, akses lancar, minim gangguan **3B:** < 2km
(4) Jarak dengan *offtaker*			*Offtaker* dalam radius > 80 km	*Offtaker* dalam radius < 50 km
(5) Ketersediaan infastruktur dasar	**5A:** Jaringan listrik **5B:** Sumber air **5C:** Badan air penerima	**5A:** tidak ada **5B:** tidak ada **5C:** tidak ada	...	**5A:** memadai **5B:** memadai **5C:** akses langsung dan terkoneksi dengan sistem kota
(6) Keberadaan permukiman dan pusat kegiatan publik	**6A:** Permukiman **6B:** Fasilitas publik	**6A:** < 100 m **6B:** < 100 m	...	**6A:** ≥ 500 m atau secara historis lebih dahulu dibandingkan fasilitas **6B:** ≥ 500 m atau secara historis lebih dahulu dibandingkan fasilitas
(7) Keberterimaan sosial		Penolakan keras dari warga	...	Warga mendukung & melihat manfaat

G. Standar Kualitas RDF

Merujuk pada Studi Model Bisnis dan Praktik Terbaik Refused Derived Fuel (RDF) di Indonesia[15], perbedaan standar kualitas yang dipersyaratkan tiap sektor industri menjadi salah satu faktor penentu utama dalam menentukan seberapa jauh RDF dapat diserap offtaker potensial. Variasi ini dapat berimplikasi langsung terhadap kelayakan pemanfaatan dan strategi penetrasi pasar RDF. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.4, pembangkit listrik menggunakan tiga kelas mutu (kelas 1–3) sesuai SNI 8966:2021, dengan rentang spesifikasi yang luas. RDF kelas 1 memiliki nilai kalor tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar utama, sementara kelas 2 dan 3 lebih sesuai untuk skema co-firing dengan pangsa terbatas. Fleksibilitas ini menjadikan sektor ketenagalistrikan sebagai salah satu pasar awal yang relatif mudah menyerap RDF dengan kualitas beragam. Industri semen (SNI 9313:2024) memiliki persyaratan yang lebih longgar, dengan kadar air di bawah 22% dan nilai kalor minimal 3.000 kkal/kg, yang umumnya sesuai dengan karakteristik RDF di Indonesia saat ini. Sebaliknya, sektor pupuk dan baja menetapkan kriteria yang jauh lebih ketat, dengan batas kadar air rendah (<15% dan <10%) serta nilai kalor tinggi (hingga >4.200 kkal/kg). Perbedaan ini menegaskan bahwa walaupun peluang pemanfaatan RDF terbuka di berbagai sektor, penetrasi tercepat dan paling realistis ada pada pembangkit listrik dan industri semen, sementara adopsi di sektor pupuk dan baja masih membutuhkan peningkatan kualitas produksi serta kepastian rantai pasok yang lebih konsisten.

Standar kualitas RDF berdasarkan industri offtaker

Parameter Pengujian	Satuan (min./maks.)		Pembangkit Listrik (SNI 8966:2021)			Industri Semen (SNI 9313:2024)	Industri Pupuk	Industri Baja
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3			
Ukuran								
Fluff	mm	(min.) – (maks.)	0,297–2,38	0,297–2,38	0,297–2,38	≤ 50	10–40	10–30
Pelet, dia.; panjang	mm	(min.) – (maks.)	6–10; 3,15–40	6–12; 3,15–40	6–12; 3,15–40			
Briket, dia.; panjang	mm	(min.) – (maks.)	50–70; 20–70	50–70; 20–70	50–70; 20–70			
Densitas								
Fluff	g/cm^3	(min.)	0,4	0,4	0,4	n.d.	n.d.	n.d.
Pelet	g/cm^3	(min.)	0,8	0,7	0,6	n.d.	n.d.	n.d.
Briket	g/cm^3	(min.)	0,9	0,9	0,9	n.d.	n.d.	n.d.
Fraksi Organik	%	(min.)	≥ 95	87,5 ≤ x < 95	80 ≤ x < 87,5	n.d.	n.d.	n.d.
Moisture Content	**%-wt.**	**-**	**< 15**	**< 20**	**< 25**	**< 22**	**< 15**	**< 10**
Abu	%-wt.	-	< 15	< 20	< 25	< 20	< 20	< 15
Volatile Matter	%-wt.	(maks.)	65	70	75	n.d.	n.d.	n.d.
Fixed Carbon	%-wt.	-	> 15	> 10	> 5	n.d.	n.d.	n.d.
Net Calorific Value	**MJ/kg**	**(rata-rata)**	**≥ 20**	**≥ 15**	**≥ 10**	**≥ 13**	**16–22**	**18–22**
	kkal/kg		**4.700**	**3.500**	**2.300**	**3.000**	**3.800–5.200**	**4.200–5.200**
Sulfur (S)	%-wt.	-	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 0,5	n.d.	n.d.

[15] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

Parameter Pengujian	Satuan (min./maks.)		Pembangkit Listrik (SNI 8966:2021)			Industri Semen (SNI 9313:2024)	Industri Pupuk	Industri Baja
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3			
Klorin (Cl)	%-wt.	(rata-rata)	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1	≤ 0,5	< 0,7	< 0,5
Merkuri (Hg)	mg/MJ	(rata-rata)	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,08	n.d.	n.d.

H. Pendekatan Alur Proses di Fasilitas RDF

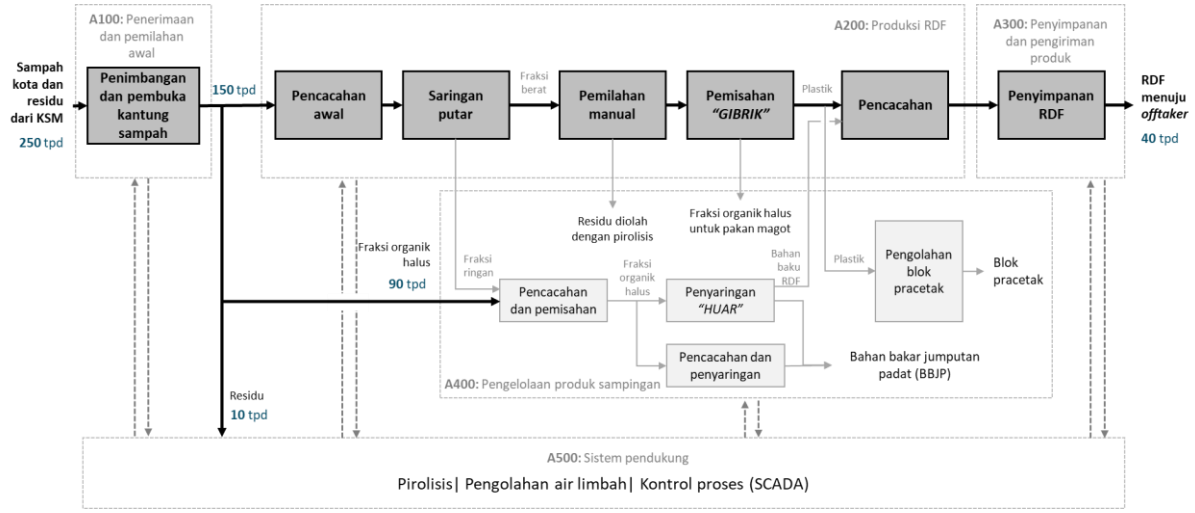
Merujuk pada Studi Model Bisnis dan Praktik Terbaik Refused Derived Fuel (RDF) di Indonesia [16], keberhasilan suatu fasilitas pengolahan sampah menjadi RDF salah satunya ditentukan dari aspek teknis dan operasional yang diterapkan pada fasilitas tersebut. Aspek teknis yang dimaksud adalah terkait pemilihan dan perancangan sistem pengolahan sampah, mulai dari penerimaan sampah sampai pada pengiriman produk RDF dan produk olahan lainnya ke offtaker. Standar operasi mesin yang sesuai juga merupakan aspek penting guna memastikan kelancaran produksi dan pemeliharaan mesin. Melalui proses teknis dan operasional yang tepat, fasilitas pengolahan sampah tidak hanya dapat menghasilkan RDF dengan spesifikasi sesuai dengan yang sudah ditentukan, namun juga dapat berfungsi sebagai solusi strategis dalam upaya pengurangan sampah ke TPA. Bagian ini menjelaskan secara rinci alur proses pengolahan sampah kota menjadi RDF di setiap fasilitas studi. Analisis difokuskan pada temuan dan pembelajaran dari praktik operasional di tiap tahapan proses, termasuk identifikasi berbagai kendala teknis dan operasional yang dihadapi di lapangan.

Deskripsi kategori area proses di fasilitas RDF

Area Proses	Deskripsi
A100: Penerimaan dan pemilahan awal	Area penerimaan dan penyimpanan sampah sebagai *feedstock*. Selain itu, area ini juga dapat didesain untuk pemilahan awal (*pre-sorting*) sampah secara manual Contoh: *Weighing Bridge, Dumping Area, Bunker, Bag Opener, Manual Sorting (Pre-Sorting, Conveying Table)*, dsb.
A200: Produksi RDF	Area produksi RDF yang dapat mencakup beberapa proses berikut. • Pemilahan mekanis (*mechanical separation*) Contoh: *Magnetic Separator, Optical Separator, Trommel Screen, Eddy Current Separator*, dsb. • Reduksi ukuran (*sizing*) Contoh: *Pre-Shredder, Crusher, Fine Shredder,* dsb. • Pengeringan (*drying*) Contoh: *Mechanical Rotary Drying, Mechanical Biological Drying*, dsb. • Densifikasi (*densification*) Contoh: *Pelletizing, Ball Pressing*, dsb.
A300: Penyimpanan dan pengiriman produk	Area penyimpanan produk RDF yang siap untuk ditransportasikan ke *offtaker* Contoh: *Open Space, Eclosed Storage Room/Area*.
A400: Pengelolaan produk samping	Area manajemen produk samping selain RDF, seperti produk organik, kompos, *maggot*, *paving block*, dsb. Contoh: *Separator* ("Gibrik"), *Chopper & Separator, Compost Mixer, Maggotizing Bay*, dsb.
A500: Sistem pendukung	Area pendukung proses, termasuk utilitas (suplai listrik dan air), *treatment* emisi/polusi/limbah yang dihasilkan, *process control system, residue disposal,* Contoh: *Power Generation/Substation, Water Supply, Wastewater Treatment, Process Control, Hazardous Waste Isolation, Sanitary Landfill*.

[16] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

Contoh Diagram alur proses pengolahan sampah kota menjadi RDF di TPA BLE Banyumas



I. Contoh Analisis Finansial Fasilitas RDF Banyumas

Merujuk pada Studi Model Bisnis dan Praktik Terbaik Refused Derived Fuel (RDF) di Indonesia[17], dalam dokumen FS terkait fasilitas RDF Banyumas tidak ditemukan data teknis dan finansial, sehingga analisis finansial untuk skenario *Ex ante* tidak dilakukan pada studi ini. Oleh karena itu, analisis finansial pada subbab ini ditujukan untuk skenario *Ex post*. Berdasarkan informasi saat *site survey* pada Juli 2025, diperoleh informasi bahwa fasilitas RDF Banyumas didesain dengan kapasitas 250 ton-MSW/hari. Pengelolaan sampah di Banyumas menerapkan skema desentralistik, dimana sampah dari sumber akan diolah di TPS3R dan TPST oleh KSM terlebih dahulu, kemudian ditransportasikan menuju fasilitas RDF.

Pada tahun 2024 (*Ex post*), fasilitas ini memproses 150 ton-MSW/hari, dimana input sampah bersumber dari KSM, terdiri dari dua (2) jenis, yaitu sampah segar (*fresh waste* atau *mixed waste*) sebesar 80 ton dan produk terpilah anorganik sebesar 70 ton per hari. Produk RDF yang dihasilkan adalah 40 ton-RDF/hari, dan diestimasi *yield* (rasio RDF/MSW) sebesar 0,27. Di sisi lain, KSM juga membawa residu (hasil pemilahan dari TPS3R dan TPST) untuk dilakukan pirolisis di fasilitas RDF.

Berdasarkan hasil kompilasi dan analisis data, total biaya operasional (OPEX) fasilitas pada tahun 2024 (*Ex post*) adalah 8,7 miliar rupiah, atau sekitar Rp159.000/ton-MSW. Komponen biaya staf dan administrasi berkontribusi paling besar di fasilitas RDF Banyumas, sekitar 37%, diikuti dengan biaya transportasi RDF menuju *offtaker* (25%), dan *consumable* (17%), seperti penggunaan listrik dan bahan bakar, serta sewa alat berat. Sementara itu, biaya penggantian alat berkontribusi sekitar 15%, serta pemeliharaan dan perbaikan sekitar 6%.

Mengacu pada *site survey*, komponen pendapatan (*revenue*) di tahun 2024 (*Ex post*) diidentifikasi dan diklasifikasikan sebagai berikut: (i) penjualan produk RDF sebesar Rp67.500/ton-RDF; (ii) *gate/tipping fee* dari KSM, sebesar Rp100.000/ton-MSW untuk sampah segar (*fresh/mixed waste*) dan Rp50.000/ton-MSW untuk residu; (iii) kontribusi EPR dari Unilever sebesar Rp100.000/ton-RDF. Total pendapatan di tahun 2024 sebesar 5,5 miliar rupiah, dimana penjualan RDF berkontribusi paling rendah dari komponen lainnya, hanya 18%. Sementara itu, *gate/tipping fee* dari KSM menyumbang 56%, dan kontribusi EPR sebesar 26% dari total pendapatan.

Hasil *examination* finansial menunjukkan bahwa total pendapatan belum cukup untuk meng-*offset* seluruh biaya operasional di tahun 2024 (masih defisit), sehingga diperlukan tambahan subsidi dari pemerintah daerah untuk mengompensasi OPEX dalam satu (1) tahun. Hal ini selaras dengan konfirmasi pemerintah daerah dalam rangkaian studi ini, bahwa operasional fasilitas RDF saat ini dipenuhi dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBD).

Hasil analisis finansial fasilitas RDF Banyumas untuk skenario *Ex post* sepanjang umur proyek (30 tahun), dengan indikator berupa biaya pokok rata-rata pengolahan sampah menjadi RDF (*LUC-gross*) dan kriteria profitabilitas. Dari hasil analisis, tercatat biaya pokok (*LUC-gross*) sekitar Rp302.000/ton-MSW, sementara rata-rata pendapatan sekitar Rp145.000/ton-MSW, sehingga diperoleh *LUC-net* yang masih negatif. Hal ini selaras dengan hasil analisis profitabilitas, dimana skenario *Ex post* belum mencapai BEP. Berdasarkan hasil simulasi finansial, dibutuhkan tambahan dukungan fiskal, misalnya berupa subsidi dari pemerintah pusat/daerah sekitar Rp156.000/ton-MSW, supaya fasilitas mencapai kondisi BEP, dimana IRR setara dengan tingkat diskonto (SDR: 6,19%) dan NPV adalah nol (0).

Data operasional fasilitas, rincian biaya operasional (OPEX) dan pendapatan (*revenue*) pada tahun dasar untuk skenario *Ex post* di fasilitas RDF Banyumas

No.	Kategori	Unit	*Ex post*
	Operasional Fasilitas		
	Kapasitas Desain Fasilitas	**t-MSW/hari** (t-MSW/tahun)	**250** (91.250)

[17] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

No.	Kategori	Unit	*Ex post*
	Input: Sampah yang Diproses	**t-MSW/hari** (t-MSW/tahun)	**150** (54.750)
	Output: RDF yang Diproduksi	**t-RDF/hari** (t-RDF/tahun)	**40** (14.600)
	Yield	-	0,27
	Biaya Operasional (OPEX)		
1	**Pemeliharaan & Perbaikan**	**juta-Rp/tahun**	**485**
	Pemeliharaan	juta-Rp/tahun	465
	Suku Cadang	juta-Rp/tahun	20
2	***Consumable***	**juta-Rp/tahun**	**1.454**
	Listrik	juta-Rp/tahun	446
	Bahan Bakar	juta-Rp/tahun	407
	Lainnya	juta-Rp/tahun	601
3	**Staf & Administrasi**	**juta-Rp/tahun**	**3.230**
	Tenaga Kerja Operasional	juta-Rp/tahun	2.896
	Administrasi	juta-Rp/tahun	334
4	**Transportasi Residu ke TPA**	**juta-Rp/tahun**	**-**
5	**Transportasi RDF ke *Offtaker***	**juta-Rp/tahun**	**2.190**
6	**Penggantian Alat (anuitas)**	**juta-Rp/tahun**	**1.359**
	Total OPEX	**juta-Rp/tahun**	**8.718**
	Unit OPEX	Rp/t-MSW	159.300
	Pendapatan (*Revenue*)		
1	**Pendapatan dari Penjualan RDF**	**juta-Rp/tahun**	**986**
	Penjualan RDF	juta-Rp/tahun	-
	Cost Sharing dari *Offtaker*	juta-Rp/tahun	-
2	***Gate/Tipping Fee***	**juta-Rp/tahun**	**3.102**
	Gate/Tipping Fee	juta-Rp/tahun	-
	Cost Sharing dari Publik	juta-Rp/tahun	-
3	**Kontribusi EPR dari Swasta**	**juta-Rp/tahun**	**1.460**
	Total Pendapatan	**juta-Rp/tahun**	**5.548**
	Surplus/Defisit, terhadap OPEX	**juta-Rp/tahun**	**(-) 3.170**

Indikator kinerja finansial untuk skenario *Ex post* di fasilitas RDF Banyumas

No.	Kategori	Unit	*Ex post*
	Biaya Pokok Pengolahan Sampah Menjadi RDF (*Levelized Unit Cost*, LUC)		
1	**Biaya Pokok Rata-rata Pengolahan Sampah Menjadi RDF (*LUC-gross*)**	**juta-Rp/t-MSW**	**- 0,302**
	Capital Cost	juta-Rp/t-MSW	**- 0,228**
	Operating Cost	juta-Rp/t-MSW	**- 0,074**
2	**Rata-rata Pendapatan (*Revenue*)**	**juta-Rp/t-MSW**	**0,145**
	Penjualan RDF (atau *cost sharing* dari *offtaker*)	juta-Rp/t-MSW	0,026
	Gate/Tipping Fee (atau *cost sharing* dari Pemda)	juta-Rp/t-MSW	0,081
	Kontribusi EPR dari Swasta	juta-Rp/t-MSW	0,038
	Tambahan Subsidi, dari pemerintah pusat/daerah	juta-Rp/t-MSW	-
3	**Biaya Pokok Rata-rata Pengolahan Sampah Menjadi RDF (*LUC-net*)**	**juta-Rp/t-MSW**	**- 0,157**
	Analisis Profitabilitas		
1	*Payback Period*	tahun	N/D*)
2	IRR (*Internal Rate of Return*)	%	N/D*)
3	NPV (*Net Present Value*)	juta-Rp	N/D*)

Catatan:
*) N/D: *Not Defined*, dimana IRR dan NPV bernilai negatif, yang berarti proyek belum mencapai kondisi BEP.

J. Arsitektur model bisnis RDF berbasis BLUD

Merujuk pada Studi Model Bisnis dan Praktik Terbaik Refused Derived Fuel (RDF) di Indonesia[18], setelah dibahas dasar pemilihan BLUD sebagai model kelembagaan, bagian ini menguraikan rancangan arsitektur model bisnis RDF berbasis BLUD. Pembahasan mencakup penjelasan mengenai arketipe model bisnis serta gambaran arsitektur yang menampilkan peran dan interaksi antaraktor dalam sistem pengelolaan yang dikembangkan.

Arketip Model Bisnis

Model bisnis RDF yang dikembangkan berlandaskan pada prinsip efisiensi, inklusivitas, dan akuntabilitas. Dalam kerangka ini, BLUD berperan sebagai pengelola utama yang mengintegrasikan fungsi layanan publik, pengelolaan keuangan, serta kemitraan teknis dan komersial. Studi ini mengidentifikasi dua arketip model bisnis RDF, yaitu arketip sentralistik dan arketip desentralistik, yang merepresentasikan variasi tata kelola dan struktur operasional di tingkat daerah, disesuaikan dengan konteks kapasitas kelembagaan dan sumber daya masing-masing wilayah.

- Arketip Sentralistik
  Dalam model arketip sentralistik, BLUD berperan sebagai pengelola terintegrasi seluruh rantai nilai pengelolaan sampah—mulai dari pengumpulan di tingkat sumber, pengelolaan retribusi, operasi fasilitas RDF, hingga penjualan produk RDF kepada offtaker industri.

  Dalam model ini, fungsi utama BLUD mencakup:

  - Mengelola sistem retribusi secara langsung melalui digitalisasi dan penerapan mekanisme pembayaran berbasis kinerja.
  - Menjalankan kontrak operasi dan pemeliharaan (O&M) dengan mitra swasta untuk pengoperasian fasilitas RDF.
  - Menjamin kualitas, kontinuitas pasokan, dan nilai kalor RDF yang dipasarkan kepada offtaker (misalnya industri semen).

  Model ini sesuai untuk daerah dengan volume sampah tinggi dan kapasitas kelembagaan yang relatif kuat. Keunggulan utamanya adalah efisiensi dan kontrol yang terpusat, sehingga memungkinkan integrasi sistem yang lebih baik. Namun, risiko finansial BLUD juga lebih besar karena ketergantungan pada efektivitas pengumpulan retribusi dan stabilitas pasar RDF. Di sisi lain, tantangan utama model ini adalah beban operasional yang tinggi serta kebutuhan kapasitas kelembagaan yang matang.

- Arketip Desentralistik
  Dalam model arketip desentralistik, BLUD berperan sebagai koordinator utama yang bekerja sama dengan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) atau lembaga lokal di sisi hulu untuk memperkuat sistem pengumpulan dan pemilahan sampah di tingkat TPS3R. Model ini memerlukan landasan hukum yang jelas melalui Perda atau Perkada, sehingga KSM dapat mengelola layanan pengumpulan dan retribusi secara resmi.

  Dalam model ini:

  - KSM berperan dalam pengumpulan retribusi dan pengolahan awal sampah, dengan insentif berbasis volume atau kualitas material (bahan baku RDF) yang disetorkan.
  - BLUD mengelola sistem agregasi, pembayaran, serta kerja sama operasi dan pemeliharaan (O&M) untuk fasilitas RDF utama.

  Model ini lebih cost-effective dan adaptif untuk wilayah dengan kepadatan menengah serta ekosistem partisipatif yang telah terbentuk. Model ini memiliki kelebihan berupa karakter yang lebih inklusif, memperkuat social license to operate, dan berpotensi meningkatkan collection rate,

[18] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

namun juga menghadapi tantangan berupa kebutuhan koordinasi intensif antar-aktor serta sistem pengawasan mutu input RDF yang kuat.

Kedua arketip dapat dijalankan dalam kerangka Kerja Sama Daerah dengan Pihak Ketiga (KSDPK), di mana BLUD bertindak sebagai badan pengelola utama yang menjalin kontrak dengan mitra teknis maupun finansial.

Ekosistem di Model Bisnis RDF Berbasis BLUD

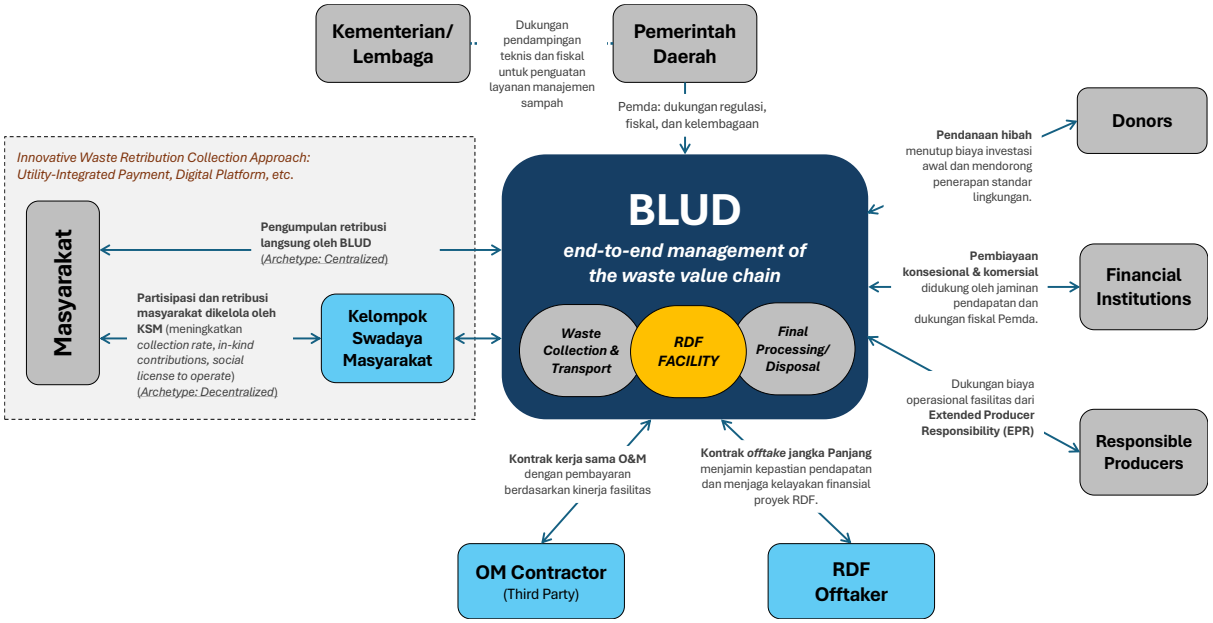
Model bisnis berbasis model kelembagaan BLUD dirancang untuk menciptakan ekosistem yang fleksibel namun terukur dalam pengelolaan arus keuangan dan tanggung jawab kelembagaan. Dalam kerangka arsitektur model ini:

- Kementerian/lembaga berperan sebagai pendamping dan fasilitator pembentukan kelembagaan BLUD, sekaligus mendukung harmonisasi kebijakan dan standar nasional.
- Pemerintah daerah bertindak sebagai service authority yang menetapkan kebijakan, struktur tarif, serta mengatur mekanisme kerja sama dengan pihak ketiga (KSDPK), sekaligus menyediakan dukungan regulatif, fiskal, dan kelembagaan.
- BLUD berfungsi sebagai service operator yang mengelola layanan dan pengumpul pendapatan utama, menyalurkan retribusi, serta menjalin kontrak dengan pihak ketiga untuk operasional dan pemeliharaan (O&M).
- KSM/TPS3R dan masyarakat berperan di sisi upstream melalui pengumpulan dan pemilahan sampah, menjaga keamanan pasokan (feedstock security), serta meningkatkan kepatuhan dan partisipasi retribusi berbasis komunitas.
- Sektor swasta berkontribusi sebagai mitra teknis dan finansial, mencakup operator O&M , offtaker RDF (dengan kontrak offtake jangka panjang), serta entitas Extended Producer Responsibility (EPR) yang mendukung pembiayaan operasional.
- Lembaga keuangan dan donor menyediakan dukungan pendanaan melalui hibah, pinjaman konsesional, atau skema blended finance untuk menutup biaya investasi dan memperkuat kelayakan proyek.
- Akademisi dan LSM berperan dalam peningkatan kapasitas, riset terapan, serta pengawasan sosial untuk memastikan transparansi dan keberlanjutan program.

Kolaborasi antara pemerintah daerah, offtaker industri, lembaga pembiayaan, donor, dan pelaku EPR membentuk ekosistem investasi hijau yang terintegrasi. Sinergi ini tidak hanya memperluas akses pembiayaan jangka panjang, tetapi juga memperkuat value chain RDF melalui dukungan finansial, teknis, dan kelembagaan lintas aktor. Kolaborasi tersebut membangun legitimasi sosial dan lingkungan yang lebih kuat, sekaligus meningkatkan kepercayaan publik terhadap pengelolaan fasilitas RDF berbasis BLUD sebagai langkah strategis menuju sistem pengelolaan sampah yang mandiri, berkelanjutan, dan berdaya saing.

Dalam struktur ini, BLUD berperan sebagai instrumen ring-fencing keuangan yang menjamin efisiensi, transparansi, dan keberlanjutan layanan publik. Dengan kapasitas kelembagaan yang memadai, BLUD mampu menjaga kontinuitas operasi, stabilitas pasokan RDF, serta prediktabilitas arus kas—faktor kunci bagi viabilitas jangka panjang. Di tengah belum kuatnya kebijakan penciptaan permintaan terhadap produk RDF, BLUD juga berfungsi sebagai entitas transisi yang menjembatani fase menuju kemandirian pasar, memungkinkan fasilitas RDF beroperasi dengan tingkat subsidi yang terukur sambil membangun fondasi kelembagaan menuju model bisnis yang lebih komersial dan kompetitif di masa mendatang.

Arsitektur model bisnis RDF berbasis BLUD



K. Contoh Analisis Risiko Model Bisnis RDF

Merujuk pada Studi Model Bisnis dan Praktik Terbaik Refused Derived Fuel (RDF) di Indonesia[19], analisis risiko diperlukan untuk memahami berbagai hambatan struktural yang dapat memengaruhi keberhasilan penerapan model bisnis RDF, terutama dalam konteks tata kelola pengelolaan sampah di Indonesia yang masih bersifat sektoral. Secara konseptual, RDF berada pada irisan antara dua domain kebijakan: sebagai bagian dari layanan publik pengelolaan sampah yang menjadi tanggung jawab pemerintah daerah, dan sekaligus sebagai komoditas energi alternatif yang berhubungan dengan kebijakan energi. Perbedaan orientasi dan mekanisme pengaturan di antara kedua domain ini sering kali menimbulkan tantangan dalam hal kejelasan peran, aliran pendanaan, serta koordinasi lintas sektor.

Matriks risiko dan startegi mitigasi model bisnis RDF

Kategori Risiko	Deskripsi dan Potensi Dampak Risiko Utama	Pihak Utama yang Terpapar	Strategi Mitigasi dan Alokasi Tanggung Jawab[20]
1. Risiko Pasokan (*Feedstock Supply Risk*)	• Variasi volume dan komposisi sampah di tingkat sumber menyebabkan ketidakpastian pasokan bahan baku RDF. • Kualitas sampah yang buruk (misalnya kadar air tinggi dan dominasi material organik basah) dapat memperberat beban kerja peralatan dan menurunkan kualitas RDF yang dihasilkan. • Gangguan logistik, seperti keterlambatan pengumpulan dan distribusi, menambah risiko ketidakstabilan bahan baku. **Potensi dampak:** penurunan kualitas RDF (nilai kalor tidak stabil dan kadar air tinggi), peningkatan residu, gangguan operasional, keterlambatan pengiriman ke *offtaker*, dan tidak tercapainya target produksi tahunan.	• DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • Operator pengumpulan dan pengangkutan sampah (BLUD, KSM, pengelola TPS3R) • Offtaker industri (misalnya industri semen, pembangkit listrik tenaga batu bara, industri tekstil, dan lainnya)	• Peningkatan kualitas sistem pengumpulan dan pemilahan di hulu melalui pelatihan dan pengawasan rutin **(DLH, pengelola TPS3R, KSM)**. • Penerapan mekanisme *buffer stock* bahan baku RDF untuk mengantisipasi fluktuasi pasokan **(BLUD/pengelola fasilitas RDF)**. • Penguatan koordinasi logistik dan jadwal pengiriman antarfasilitas TPS3R–TPA–RDF **(DLH dan pengelola fasilitas RDF)**. • Penetapan standar kualitas *feedstock* yang disepakati antarpihak, termasuk indikator kadar air dan komposisi **(DLH, pengelola fasilitas RDF, *offtaker*)**. • Integrasi sistem monitoring timbulan sampah berbasis digital untuk memantau volume dan kualitas pasokan secara *real time* **(DLH provinsi/kabupaten/kota)**.
2. Risiko Operasional dan Teknis	• Gangguan atau kegagalan operasi mesin utama (*shredder*, *dryer*, dan sistem *biodrying*) akibat keterbatasan kapasitas teknis dan kurangnya perawatan berkala. • Risiko keandalan teknologi, keterbatasan kapasitas operasional, serta ketidaksiapan fasilitas RDF dalam menjalankan pemeliharaan preventif.	• DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • Kontraktor operasi dan pemeliharaan (kontraktor O&M) • *Offtaker* industri	• Penerapan skema kontrak O&M (*Operation and Maintenance Contracting*) dengan mitra berpengalaman untuk menjamin keandalan operasional **(BLUD, DLH)**. • Pelatihan teknis intensif bagi operator BLUD dan teknisi RDF, termasuk sertifikasi kompetensi **(BLUD, penyedia teknologi)**.

[19] UNDP Indonesia. (2025). *Laporan Model Bisnis Refuse Derived Fuel (RDF).* Jakarta: United Nations Development Programme.

[20] Dalam tabel, alokasi tanggung jawab ditunjukkan dalam tanda kurung dengan huruf tebal.

Kategori Risiko	Deskripsi dan Potensi Dampak Risiko Utama	Pihak Utama yang Terpapar	Strategi Mitigasi dan Alokasi Tanggung Jawab[20]
	• Potensi kegagalan memenuhi spesifikasi teknis RDF yang disyaratkan oleh *offtaker* (misalnya nilai kalor, kadar air, dan ukuran partikel). • Risiko ketidakpatuhan terhadap standar lingkungan dan keselamatan kerja, termasuk pengendalian emisi dan pengelolaan limbah residu. **Potensi dampak:** penurunan kinerja fasilitas RDF, peningkatan *downtime*, potensi pelanggaran lingkungan, gangguan pasokan RDF ke *offtaker*, dan kerugian finansial akibat biaya perbaikan serta penurunan pendapatan.		• Penyediaan dana pemeliharaan rutin dalam anggaran tahunan RDF untuk mendukung *preventive maintenance* **(BLUD, DLH)**. • Implementasi standar K3 dan lingkungan, termasuk pelatihan penggunaan APD, prosedur tanggap darurat, dan audit keselamatan berkala **(BLUD, DLH)**. • Penyusunan rencana *preventive maintenance* dan jadwal inspeksi rutin untuk mencegah *downtime* **(BLUD, kontraktor O&M)**. • Kemitraan dengan penyedia teknologi swasta berpengalaman untuk dukungan teknis dan pembaruan sistem **(BLUD, DLH)**. • Integrasi RDF ke dalam rencana pengelolaan sampah regional (Jakstrada dan RIPS/Rencana Induk Pengelolaan Sampah) serta penguatan koordinasi lintas lembaga melalui MoU dan *platform* koordinasi bersama **(DLH provinsi/kabupaten/kota)**.
3. Risiko Finansial dan Pasar	• Pendapatan dari retribusi kebersihan tidak mencukupi untuk menutup biaya operasional RDF, terutama pada tahap awal operasional. • Risiko terhadap keberlanjutan keuangan fasilitas RDF akibat mekanisme penetapan tarif retribusi dan harga jual RDF yang belum mencerminkan biaya penuh pengelolaan (*full cost recovery*). • Keterbatasan akses pembiayaan dari perbankan dan lembaga keuangan karena belum adanya rekam jejak (*track record*) kinerja keuangan RDF yang stabil. • Daya saing RDF yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil, terutama saat harga energi konvensional menurun. **Potensi dampak:** gangguan terhadap arus kas operasional, peningkatan ketergantungan pada subsidi pemerintah, penundaan pemeliharaan dan investasi ulang, serta penurunan minat pasar (*offtaker*) terhadap RDF.	• Pemda • DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • *Offtaker* industri	• Integrasi sistem penagihan retribusi dengan layanan utilitas (air dan listrik) untuk meningkatkan kepatuhan dan efisiensi pembayaran **(Pemda, DLH, BLUD)**. • Penerapan subsidi berbasis kinerja (*performance-based subsidy*) yang dikaitkan dengan capaian pengurangan timbulan dan peningkatan volume RDF terolah **(Pemda, kementerian/lembaga terkait)**. • Diversifikasi sumber pendanaan, termasuk pemanfaatan Dana Alokasi Umum (DAU), Dana Alokasi Khusus (DAK), *Corporate Social Responsibility* (CSR), dan dukungan *Extended Producer Responsibility* (EPR) **(Pemda, BLUD, industri)**. • Penetapan formula harga jual RDF melalui regulasi daerah (Peraturan Gubernur/Bupati/Walikota) untuk menjamin kepastian pasar dan daya saing harga **(Pemda, BLUD)**. • Penandatanganan kontrak jangka panjang (*long-term supply agreement*) dengan *offtaker* industri untuk memastikan stabilitas pendapatan **(BLUD, DLH, *offtaker*)**.

Kategori Risiko	Deskripsi dan Potensi Dampak Risiko Utama	Pihak Utama yang Terpapar	Strategi Mitigasi dan Alokasi Tanggung Jawab[20]
			• Pemberian insentif fiskal bagi industri pengguna RDF, seperti pengurangan pajak daerah atau subsidi transportasi bahan bakar alternatif **(Pemda, Kementerian Keuangan, KESDM, KLH)**. • Penguatan kapasitas manajemen keuangan BLUD, termasuk pengelolaan *cash flow*, audit internal, dan penyusunan rencana usaha berbasis risiko **(BLUD, Pemda)**.
4. Risiko Kelembagaan dan Tata Kelola	• Proses transformasi kelembagaan dari UPTD ke BLUD berjalan lambat, sehingga menghambat fleksibilitas pengelolaan keuangan dan otonomi operasional fasilitas RDF. • Koordinasi internal antarbidang di DLH belum optimal, menyebabkan tumpang tindih kewenangan dan keterlambatan pengambilan keputusan. • Belum adanya payung hukum dan pedoman kemitraan yang jelas untuk kerja sama antara BLUD dan sektor swasta, termasuk aspek pembagian peran, risiko, dan tanggung jawab. • Ketidakpastian kontrak *off-take* dengan industri pengguna RDF yang dapat berdampak pada keberlanjutan pendapatan dan kepastian pasar. • Risiko yang berkaitan dengan transparansi, integritas, dan akuntabilitas tata kelola, termasuk lemahnya sistem pengawasan, audit internal, dan mekanisme pengadaan. • Keterbatasan data dan informasi mengenai timbulan sampah, kualitas *feedstock*, serta permintaan RDF yang memengaruhi pengambilan keputusan strategis dan perencanaan investasi. **Potensi dampak**: keterlambatan operasional RDF, penurunan kepercayaan investor dan mitra industri, ketidakefisienan birokrasi,	• Pemda • DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • Mitra industri dan *offtaker* RDF	• Pendampingan kelembagaan oleh kementerian/lembaga terkait, seperti Kemendagri, KLH, dan Bappenas, untuk mempercepat proses transformasi UPTD menjadi BLUD dan memastikan kepatuhan regulasi **(Pemda, DLH, Kemendagri, KLH, Bappenas)**. • Penyusunan regulasi daerah (Peraturan Bupati/Walikota) tentang pola kemitraan BLUD–swasta yang mencakup tata kelola, pembagian risiko, dan mekanisme pengawasan **(Pemda, DLH)**. • Pembentukan dewan tata kelola (*governance board*) lintas-perangkat daerah untuk memperkuat koordinasi, monitoring, dan evaluasi implementasi program RDF **(Pemda, Bappeda, DLH)**. • Penguatan sistem pengumpulan data, MRV (*Measurement, Reporting, and Verification*), dan digitalisasi pelaporan guna meningkatkan transparansi dan keandalan informasi **(DLH, BLUD/pengelola fasilitas RDF)**. • Peningkatan kapasitas manajemen dan pengawasan, termasuk pelatihan tata kelola BLUD, pelaporan publik, dan penerapan sistem *e-procurement* dan *e-reporting* **(Pemda, DLH)**. • Penggunaan templat kontrak kerja sama terstandardisasi dengan klausul yang jelas dan mekanisme penyelesaian sengketa yang transparan **(Pemda, BLUD, mitra industri, *offtaker*)**. • Pelibatan pihak ketiga untuk *contract review* dan audit hukum

Kategori Risiko	Deskripsi dan Potensi Dampak Risiko Utama	Pihak Utama yang Terpapar	Strategi Mitigasi dan Alokasi Tanggung Jawab[20]
	serta peningkatan risiko hukum dan reputasi bagi Pemda dan BLUD.		(*legal due diligence*) guna meminimalkan risiko kontraktual dan meningkatkan kredibilitas kemitraan **(Pemda, BLUD)**.
5. Risiko Sosial dan Partisipasi Masyarakat	• Penolakan masyarakat terhadap fasilitas RDF (*social license to operate*) akibat kurangnya pemahaman mengenai manfaat lingkungan dan potensi dampak operasional (bau, emisi, lalu lintas, dsb). • Rendahnya kepatuhan masyarakat dalam membayar retribusi pengelolaan sampah yang dapat memengaruhi keberlanjutan keuangan BLUD. • Kurangnya partisipasi masyarakat dan kelompok swadaya masyarakat (KSM) dalam proses pengelolaan sampah, yang berpotensi menghambat rantai pasokan dan efektivitas program. • Potensi konflik sosial atau misinformasi jika komunikasi publik dan pelibatan masyarakat tidak dilakukan secara transparan dan inklusif. **Potensi dampak:** keterlambatan implementasi proyek, rendahnya tingkat pasokan bahan baku sampah, kehilangan kepercayaan publik, dan gangguan sosial di sekitar wilayah fasilitas RDF.	• Pemda • DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) • Masyarakat lokal dan komunitas sekitar fasilitas RDF	• Strategi komunikasi publik yang proaktif dan transparan, termasuk kampanye informasi tentang manfaat RDF, kontribusi terhadap pengurangan sampah dan emisi karbon, serta potensi dampak positif bagi ekonomi lokal **(Pemda, DLH)**. • Pelaksanaan konsultasi publik sejak tahap perencanaan, dengan penyampaian informasi secara terbuka dan penyusunan *community engagement plan* yang melibatkan masyarakat lokal secara berkelanjutan **(Pemda, DLH, BLUD/pengelola fasilitas RDF)**. • Pelibatan pemulung dan KSM dalam rantai pasokan RDF, seperti pengumpulan dan pemilahan sampah, untuk meningkatkan inklusivitas dan memperkuat penghidupan masyarakat **(BLUD, KSM)**. • Pemberian insentif sosial dan ekonomi, seperti potongan retribusi, atau penghargaan bagi warga dan RT/RW yang berpartisipasi aktif dalam pemilahan dan pembayaran retribusi **(Pemda, DLH)**. • Mekanisme pengawasan sosial berbasis masyarakat, dengan melibatkan KSM atau lembaga independen dalam pemantauan kinerja dan dampak fasilitas RDF **(DLH, BLUD, KSM)**. • Penanganan keluhan (*grievance mechanism*) yang mudah diakses, transparan, dan responsif untuk menjaga kepercayaan masyarakat serta mencegah eskalasi konflik sosial **(DLH, BLUD)**.
6. Risiko Kebijakan dan Regulasi	• Perubahan kebijakan nasional terkait RDF, subsidi energi, atau mekanisme *Extended Producer Responsibility (EPR)*. • Ketidakpastian keberlanjutan kebijakan lintas periode kepemimpinan daerah.	• Pemda • DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • Mitra industri dan *offtaker* RDF	• Melakukan advokasi dan koordinasi rutin dengan kementerian/lembaga terkait, seperti Kementerian Keuangan, Kemendagri, KLH, Kementerian PU, KESDM, Kemenperin, Bappenas, dan lembaga terkait untuk menjaga sinkronisasi kebijakan

Kategori Risiko	Deskripsi dan Potensi Dampak Risiko Utama	Pihak Utama yang Terpapar	Strategi Mitigasi dan Alokasi Tanggung Jawab[20]
	• Potensi tumpang tindih (*overlaps*) antara mandat dan regulasi di tingkat nasional dan daerah—misalnya dengan ketentuan dalam **Perpres 109/2025**. • Lemahnya dasar hukum dan koordinasi lintas lembaga dalam pelaksanaan kebijakan RDF. **Potensi Dampak:** tertundanya proses investasi dan pengoperasian fasilitas RDF, menurunnya minat sektor swasta dalam kemitraan jangka panjang, serta ketidakpastian hukum dan arah kebijakan di tingkat daerah.		**(kementerian/lembaga terkait, Pemda, BLUD)**. • Memperkuat dasar hukum melalui peraturan daerah (Perda/Perkada) yang menjamin keberlanjutan program RDF lintas periode **(Pemda)**. • Membentuk forum koordinasi kebijakan lintas sektor untuk memantau dan menindaklanjuti perubahan regulasi nasional **(Pemda, DLH)**. • Mengintegrasikan RDF ke dalam dokumen perencanaan strategis daerah (RPJMD, *Jakstrada*) untuk menjamin kesinambungan program **(Pemda)**.
7. Lainnya	• Risiko yang timbul akibat faktor eksternal seperti bencana alam (banjir, gempa bumi, tanah longsor), krisis ekonomi, atau pandemi. • Gangguan terhadap rantai pasok bahan baku RDF dan distribusi produk akibat kondisi darurat. • Terbatasnya kapasitas respon cepat dalam menghadapi keadaan darurat di tingkat fasilitas maupun daerah. **Potensi Dampak:** gangguan operasional jangka pendek hingga penutupan sementara fasilitas RDF, keterlambatan proyek konstruksi dan distribusi RDF, serta kerugian material dan finansial signifikan bagi pengelola fasilitas dan mitra usaha.	• Pemda • DLH • BLUD/pengelola fasilitas RDF • Mitra industri dan *offtaker* RDF	• Menyusun *contingency plan* dan protokol tanggap darurat yang mencakup prosedur evakuasi, komunikasi, dan pemulihan operasional **(Pemda, BLUD)**. • Mencantumkan klausul *force majeure* dalam seluruh kontrak kerja sama untuk melindungi pihak terkait dari risiko di luar kendala **(BLUD, kontraktor O&M, mitra industri/*offtaker*)**. • Mengembangkan sistem pemantauan dini dan koordinasi antarinstansi (BPBD/Badan Penanggulangan Bencana Daerah, DLH, dan BLUD) untuk respons cepat terhadap bencana **(Pemda, DLH)**. • Mengasuransikan aset utama RDF terhadap risiko bencana alam dan gangguan operasional besar **(BLUD, Pemda)**.

L. Pendekatan Komponen CAPEX Studi Kelayakan

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[21], pengeluaran modal (CAPEX) dalam proyek RDF merupakan komponen penting yang memengaruhi kelayakan dan keberlanjutan strategi pengelolaan sampah. CAPEX dapat dibagi menjadi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*), yang masing-masing memainkan peran berbeda dalam anggaran keseluruhan fasilitas RDF.

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya yang secara eksplisit dapat dikaitkan dengan pembangunan dan pengoperasian fasilitas RDF. Biaya ini umumnya meliputi:

1. Biaya konstruksi, merupakan bagian signifikan dari pengeluaran langsung yang terkait dengan pembangunan pabrik RDF. Biaya ini mencakup pengeluaran untuk material dan mesin yang dibutuhkan untuk infrastruktur fisik. Menurut Beres (2025), biaya modal dalam proyek produksi energi seperti fasilitas RDF seringkali menunjukkan variabilitas berdasarkan pilihan teknologi dan kondisi spesifik lokasi.
2. Peralatan dan teknologi, mewakili biaya langsung yang substansial. Ini termasuk pengeluaran untuk *sorting and shredding machinery*, *compaction and baling equipment*, serta sistem apa pun yang diperlukan untuk pengendalian emisi. Choupin dkk. (2021) menggarisbawahi perlunya rincian biaya yang terperinci untuk peralatan tersebut, karena kinerjanya secara langsung memengaruhi CAPEX dan efisiensi operasional selanjutnya.
3. Biaya yang terkait dengan pengadaan lahan untuk fasilitas RDF. Biaya ini dapat sangat bervariasi tergantung lokasi dan sangat penting dalam menentukan anggaran modal keseluruhan untuk suatu proyek (Selly & Prasetya, 2025). Biaya pengadaan lahan dapat mencakup tidak hanya harga pembelian tetapi juga biaya untuk izin dan penilaian lingkungan yang harus dilakukan sebelum konstruksi.

Di sisi lain, biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah pengeluaran yang tidak dapat dikaitkan secara langsung dengan pembangunan atau pengoperasian fasilitas RDF. Biaya-biaya ini sangat penting dalam penilaian CAPEX yang komprehensif dan biasanya meliputi:

1. Biaya *overhead*, mencakup pengeluaran untuk fungsi administratif yang mendukung proyek RDF tetapi tidak berkaitan langsung dengan hasil proyek tersebut. Ini dapat mencakup gaji untuk personel manajemen proyek, utilitas, dan biaya operasional lainnya (Selly & Prasetya, 2025).
2. Biaya pembiayaan, seperti bunga pinjaman yang diambil untuk mendanai belanja modal proyek RDF, juga termasuk dalam biaya tidak langsung. Biaya ini dapat secara signifikan memengaruhi kesehatan keuangan proyek secara keseluruhan, terutama karena proyek cenderung mengeluarkan modal awal yang besar sebelum pendapatan mulai masuk.
3. Alokasi dana risiko, untuk kontingensi terkait pengeluaran atau risiko yang tidak terduga seperti penundaan yang disebabkan oleh hambatan regulasi atau peningkatan biaya material yang tidak terduga dapat diklasifikasikan sebagai biaya tidak langsung. Strategi manajemen risiko yang efektif dapat meminimalkan dampak ketidakpastian ini, seperti yang dibahas dalam literatur yang berfokus pada perencanaan keuangan di sektor energi (Mulya, 2022).

Memahami komponen biaya langsung dan biaya tidak langsung dari CAPEX dalam proyek RDF sangat penting bagi pemangku kepentingan dan investor. Biaya langsung termasuk konstruksi, peralatan, dan akuisisi lahan membentuk persyaratan keuangan mendasar untuk membangun fasilitas RDF. Sebaliknya, biaya tidak langsung membahas implikasi keuangan yang lebih luas dari manajemen proyek, kepatuhan, dan risiko. Evaluasi komprehensif yang mempertimbangkan kedua kategori tersebut akan sangat penting untuk memastikan kelayakan finansial dan keberlanjutan jangka panjang proyek.

[21] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

***Direct* CAPEX (Biaya Langsung)**

Berdasarkan hasil analisis *benchmark*, dilakukan identifikasi dan pemetaan komponen secara lebih rinci dengan mengacu pada proposal terdahulu serta dokumen teknis. Inventarisasi ini bertujuan untuk memastikan seluruh elemen biaya investasi langsung telah teridentifikasi secara komprehensif dan selaras dengan kebutuhan teknis proyek.

Tabel berikut menampilkan daftar komponen *direct* CAPEX yang menjadi dasar dalam penyusunan estimasi CAPEX.

1. Legalitas Lahan & Persiapan Lahan	2. Sipil & Bangunan	3. Infrastruktur Internal	4. Mesin & Peralatan Proses	5. MEP & Utilitas	6. Fasilitas Lingkungan	7. Mobile Equipment
Beli/sewa/pinjam pakai lahan	Bangunan penerima/ *receiving hall*	Pagar & *gate*	*Bag opener*	Jaringan listrik internal	*Sludge handling*	*Mini loader*
Sertfifikasi lahan	MRF/area pilah	Rumah timbang	*Magnetic/eddy current*	Trafo	WWTP	*Telehandler*
Pengukuran lahan	MBT/RDF *hall*	*Access road & maneuver area*	*Manual sorting line*	Proteksi petir	*Biofilter/fan*	*Wheel loader*
Legalitas lahan	*Composting hall*	*Parking area*	*Feeder*	Air bersih & air proses	*Misting system*	*Excavator*
Pajak terkait lahan	Gudang	*Drainage system*	*Crusher*	Jaringan komunikasi	TPS B3	*Forklift*
Land clearing	Fasilitas pekerja	*Security post*	RDF *baller*	*Power house, genset & panel room*	*Material recovery storage*	*Pick-up truck*
Cut & fill	*Office building*	*Vehicle washing station*	*Strapping*, PLC	*Lighting sytem*	*Rack storage*	*Armroll truck*
Pematangan lahan		*Shelter*	*Mixing conveyor & hopper*	*Hydrant*, APAR	*Storage tank*	*Dump truck*
Pagar		*Tools Workshop*	*Sorting conveyor*	*Lab. equipmen*	*Sump pit*	
Pos keamanan		*Weightbridge*	*Trommel screen*	*Pump system*		
Akses sementara			*Magnetic separator*	*Plumbing system*		
Basecamp			*Shredder*	CCTV		
Mobilisasi alat			*Bio-drying set*			
			SCADA			

Dengan teridentifikasinya seluruh komponen *direct* CAPEX sebagaimana diuraikan di atas, struktur biaya investasi langsung proyek telah tersusun secara komprehensif.

Komponen *direct* CAPEX meliputi:

1. Legalitas Lahan & Persiapan Lahan

- Pembelian/sewa/pinjam pakai lahan
- Sertifikasi lahan
- Pengukuran lahan
- Legalitas lahan
- Pajak terkait lahan
- *Land clearing*
- *Cut* & *fill*
- Pematangan lahan
- Pembangunan pagar
- Pos keamanan
- Akses sementara
- *Basecamp*
- Mobilisasi alat

2. Pekerjaan Sipil & Bangunan
    - Bangunan penerima/*receiving hall*
    - MRF/area pilah
    - MBT/RDF *hall*
    - *Composting hall*
    - Gudang
    - Fasilitas pekerja
    - *Office building*
3. Infrastruktur Internal
    - Pagar dan *gate*
    - Rumah timbang
    - *Access road* & *manuver area*
    - *Parking area*
    - *Drainage system*
    - *Security post*
    - *Vehicle washing station*
    - *Shelter*
    - *Tools workshop*
    - *Weighbridge*
4. Mesin & Peralatan Proses
    - *Bag opener*
    - *Magnetic/eddy current separator*
    - *Manual sorting line*
    - *Feeder*
    - *Crusher*
    - RDF *baller*
    - *Strapping machine*
    - PLC system
    - *Mixing conveyor* & *hopper*
    - *Sorting conveyor*
    - *Trommel screen*
    - *Magnetic separator*
    - *Shredder*
    - *Bio-drying set*
    - SCADA system
5. MEP & Utilitas
    - Jaringan listrik internal
    - Trafo
    - Proteksi petir
    - Air bersih & air proses
    - Jaringan komunikasi
    - *Power house, genset* & *panel room*
    - *Lighting system*

- *Hydrant* & APAR
- *Lab. equipment*
- *Pump system*
- *Plumbing system*
- CCTV

6. Fasilitas Lingkungan
   - *Sludge handling*
   - WWTP
   - *Biofilter/fan*
   - *Misting system*
   - TPS B3
   - *Material recovery storage*
   - *Rack storage*
   - *Storage tank*
   - *Sump pit*
7. *Mobile Equipment*
   - *Mini loader*
   - *Telehandler*
   - *Wheel loader*
   - *Excavator*
   - *Forklift*
   - *Pick-up truck*
   - *Armroll truck*
   - *Dump truck*

***Indirect* CAPEX (Biaya Tidak Langsung)**

Berdasarkan hasil analisis *benchmark*, dilakukan identifikasi dan pemetaan komponen secara lebih rinci dengan mengacu pada proposal terdahulu. Inventarisasi ini bertujuan untuk memastikan seluruh elemen biaya investasi tidak langsung telah teridentifikasi secara komprehensif dan selaras dengan kebutuhan teknis proyek.

Tabel berikut menampilkan daftar komponen *indirect* CAPEX yang menjadi dasar dalam penyusunan estimasi CAPEX.

1. Engineering & Design	2. Commissioning	3. Interest During Construction (IDC)
FS/DED/*Detail Engineering Design*	*Testing* & commissioning	Bunga masa konstruksi
Supervisi	*Trial run*	*Commitment fee*
Construction management	*Training operator*	Biaya bank
Uji geotek	SOP	
Topografi		
Lab. material		

Dengan teridentifikasinya seluruh komponen *indirect* CAPEX sebagaimana diuraikan di atas, struktur biaya investasi tidak langsung proyek telah tersusun secara komprehensif.

Komponen *indirect* CAPEX meliputi:

1. *Engineering* & *Design*
   - FS/DED/*Detail Engineering Design*
   - Supervisi
   - *Construction management*
   - Uji geotek
   - Topografi

- Lab. material

2. *Commissioning*
   - *Testing* & c*ommissioning*
   - *Trial run*
   - *Training* operator
   - SOP
3. *Interest During Construction* (IDC)
   - Bunga masa konstruksi
   - *Commitment fee*
   - Biaya bank

***Output* Minimal CAPEX**

Berdasarkan telaah proposal terdahulu dan dokumen teknis, prinsip penyusunan CAPEX perlu dilakukan berdasarkan *Work Breakdown Structure* (WBS) agar setiap komponen pekerjaan dan biaya dapat diidentifikasi secara jelas. Dalam penyusunannya, biaya investasi harus dipisahkan antara biaya investasi langsung (*direct cost*) dan biaya investasi tidak langsung (*indirect cost*). Seluruh komponen biaya tersebut perlu divalidasi menggunakan BoQ/AHS maupun *vendor quotation* untuk memastikan kewajaran harga. Selanjutnya, total investasi disusun dalam tahapan (*phasing*) sesuai dengan jadwal dan tahapan pembangunan proyek. Output minimum yang harus ditampilkan dalam penyusunan dokumen studi berupa:

1. Rekap CAPEX per kelompok + CAPEX/ton kapasitas (Rp/ton-hari dan Rp/ton-tahun)
2. Jadwal konstruksi & CAPEX *phasing* (bila bertahap)

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
1. Legalitas Lahan & Persiapan Lahan						
Pembelian lahan	Luas sesuai kebutuhan tapak	m2	…	…	…	NJOP / appraisal independen
Sewa/pinjam pakai lahan	Perjanjian kerja sama jangka panjang	tahun/m2	…	…	…	Perjanjian / MoU
Sertifikasi lahan	Biaya pengurusan SHM/HGB/HPL	lot	…	…	…	Konsultan notaris
Pengukuran lahan	Survey topografi	lot	…	…	…	Konsultan survey
Legalitas lahan	Kajian legalitas & status kepemilikan	lot	…	…	…	Konsultan hukum
Pajak lahan	BPHTB, PPh, biaya notaris	lot	…	…	…	Ketentuan perpajakan
Land clearing	Pembersihan vegetasi & puing	m2	…	…	…	AHS / BoQ
Cut & fiil	Pekerjaan galian & timbunan	m3	…	…	…	AHS / BoQ
Pematangan lahan	Pemadatan & perataan akhir	m2	…	…	…	AHS / BoQ
Pagar	Pagar BCR/beton	m	…	…	…	BoQ
Pos keamanan		unit	…	…	…	AHS / BoQ
Akses sementara proyek	Jalan kerja konstruksi	m2	…	…	…	BoQ
Basecamp	Fasilitas sementara pekerja	lot	…	…	…	BoQ

Mobilisasi alat	Pengiriman alat berat ke lokasi	lot	...	...	...	Kontraktor / AHS

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
2. Sipil & Bangunan						
Bangunan receiving hall	...	m2	...	...	...	AHS / BoQ
MRF/area pilah	...	m2	...	...	...	AHS / BoQ
MBT/RDF hall	...	m2	...	...	...	AHS / BoQ
Composting hall	...	m2	...	...	...	AHS / BoQ
Gudang	...	m2	...	...	...	AHS
Fasilitas pekerja	...	m2	...	...	...	AHS
Office building	...	m2	...	...	...	AHS / BoQ

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
3. Infrastruktur Internal						
Pagar	Pagar BRC/beton	m	...	...	...	AHS / BoQ
Gate	Gerbang baja sliding/swing gate	unit	...	...	...	Vendor / BoQ
Rumah timbang	...	m2	...	...	...	AHS
Access road & maneuver area	Perkerasan beton	m2	...	...	...	AHS
Parking area	Perkerasan beton	m2	...	...	...	AHS
Drainage system	Saluran beton + bak kontrol	m2	...	...	...	AHS
Security post	Pembersihan vegetasi & puing	unit	...	...	...	BoQ
Vehicle washing station	Area cuci kendaraan + sistem pompa & nozzle	lot/unit	...	...	...	Vendor / BoQ
Shelter	...	m2	...	...	...	AHS
Tools workshop	Bengkel perawatan alat	m2	...	...	...	AHS
Weightbridge	...	unit	...	...	...	Vendor quote

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
4. Mesin & Peralatan Proses						
Bag opener	Kapasitas sesuai desain	unit	...	...	...	Vendor quote
Magnetic/eddy current	Non-ferrous separator	unit	...	...	...	Vendor quote
Manual sorting line	Platform + conveyor + workstation	lot	...	...	...	Vendor / BoQ
Feeder	Apron/belt feeder, heavy duty	unit	...	...	...	Vendor quote
Crusher	Primary/secondary crusher	unit	...	...	...	Vendor quote

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
RDF baler	Hydraulic baler	unit	...	...	...	Vendor quote
Strapping	Strapping system	unit	...	...	...	Vendor quote
PLC	Programmable logic controller system	lot	...	...	...	Vendor quote
Mixing conveyor & hopper	Hopper + screw/belt conveyor	lot	...	...	...	Vendor quote
Sorting conveyor	Belt conveyor industrial grade	unit	...	...	...	Vendor quote
Trommel screen	Diameter & panjang sesuai kapasitas	unit	...	...	...	Vendor quote
Magnetic separator	Overband magnet, self-cleaning	unit	...	...	...	Vendor quote
Shredder	Twin shaft / single shaft	unit	...	...	...	Vendor quote
Bio-drying set	Aeration floor, blower, control system	lot	...	...	...	Vendor / BoQ
SCADA	Supervisory control & monitoring system	lot	...	...	...	Vendor quote

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
5. MEP & Utilitas						
Jaringan listrik internal	Kabel MV/LV, tray, panel distribusi	lot	...	...	...	AHS / BoQ
Trafo	Kapasitas sesuai beban terpasang	unit	...	...	...	Vendor quote
Proteksi petir	Lightning protection system	lot	...	...	...	BoQ
Air bersih	Pipa distribusi + tangki air	lot	...	...	...	BoQ
Air proses	Pompa + pipa distribusi proses	lot	...	...	...	Vendor / BoQ
Jaringan komunikasi	LAN, fiber optic, rack server	lot	...	...	...	Vendor quote
Power house	Ruang panel & trafo	m2	...	...	...	AHS
Genset	Diesel genset sesuai backup load	Unit	...	...	...	Vendor quote
Panel room	Panel LVMDP / MCC	lot	...	...	...	Vendor quote
Lighting system	Lampu industri indoor & outdoor	lot	...	...	...	BoQ
Hydrant	Hydrant pillar + pipa + pompa jockey	lot	...	...	...	BoQ
APAR	Alat pemadam api ringan	unit	...	...	...	Vendor quote
Lab. equipment	Timbangan, oven, moisture tester	m2	...	...	...	AHS / BoQ

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
Pump system	Transfer pump / submersible pump	unit	...	...	...	Vendor quote
Plumbing	Instalasi pipa air & sanitasi	lot	...	...	...	AHS
CCTV	Kamera + DVR/NVR	lot	...	...	...	Vendor quote

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
6. Fasilitas Lingkungan						
Sludge handling	Sludge drying bed/sludge press	lot	...	...	...	Vendor quote
WWTP	Sistem equalization tank, aerasi, sedimentasi, filtrasi	lot	...	...	...	Vendor / BoQ
Biofilter/fan	Sistem pengendalian bau	lot	...	...	...	Vendor quote
Misting system	Sistem pengendali debu	lot	...	...	...	Vendor quote
TPS B3	Bangunan penyimpanan limbah B3 sesuai regulasi	m2	...	...	...	AHS / BoQ
Material recovery storage	Area penyimpanan material daur ulang	m2	...	...	...	AHS
Rack storage	Rak besi heavy duty	unit/lot	...	...	...	Vendor quote
Storage tank	Tangki air/lindi (HDPE/steel tank)	unit	...	...	...	Vendor quote
Sump pit	Bak penampung air lindi/drainase	unit	...	...	...	AHS

Tabel – CAPEX Detail – *Direct Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
7. Mobile Equipment						
Mini loader	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Telehandler	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Wheel loader	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Excavator	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Forklift	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Pickup truck	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Armroll truck	...	unit	...	...	...	Vendor quote
Dump truck	...	unit	...	...	...	Vendor quote

Tabel – CAPEX Detail – *Indirect Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga

8. Engineering & Design						
FS (Feasibility Study)	Studi kelayakan teknis & finansial	lot	...	...	...	Konsultan
DED (Detail Engineering Design)	Gambar kerja lengkap sipil, arsitektur, MEP, struktur.	lot	...	...	...	Konsultan
Supervisi	Pengawasan pelaksanaan konstruksi (site supervision)	bulan	...	...	...	Konsultan
Construction management	Manajemen proyek, scheduling, cost control, QA/QC	bulan/lot	...	...	...	Konsultan
Uji geoteknik	Soil investigation, bore hole, SPT, lab test tanah	lot	...	...	...	Vendor/ konsultan
Survey topografi	Pengukuran kontur & pemetaan area proyek	lot	...	...	...	Konsultan survey
Lab. material	Uji beton, baja, agregat, kepadatan tanah	lot	...	...	...	Lab. terakreditasi

Tabel – CAPEX Detail – *Indirect Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
9. Commissioning						
Testing & commissioning	Pengujian sistem mekanikal, elektrikal & proses sebelum operasi	lot	...	...	...	Vendor/kontraktor
Trial run	Uji coba operasi dengan beban aktual (performance test)	lot	...	...	...	Vendor/internal
Training operator	Pelatihan operator & teknisi (teori + praktik)	sesi/orang	...	...	...	Vendor
Penyusunan SOP	Pembuatan SOP operasi & maintenance manual	lot	...	...	...	Vendor/ konsultan

Tabel – CAPEX Detail – *Indirect Cost* (BoQ/AHS)

WBS/Item	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
10. Interest During Construction (IDC)						
Bunga masa konstruksi	Bunga pinjaman selama periode pembangunan proyek	tahun	Durasi konstruksi	% bunga	...	Perjanjian kredit
Commitment fee	Biaya komitmen fasilitas pinjaman yang belum ditarik	tahun	Durasi	% fee	...	Perjanjian kredit
Biaya bank	Administrasi kredit, provisi, notaris, appraisal	% dari loan / lot	Nilai pinjaman	%	...	Bank

Tabel – Jadwal Pengeluaran CAPEX (CAPEX *Phasing*)

Tahun	% CAPEX	Nilai (Rp)	Komponen dominan
Tahun-0	...	...	DED, perizinan
Tahun-1	...	...	sipil, utilitas
Tahun-2	...	...	mesin, commissioning

M. Pendekatan Komponen OPEX Studi Kelayakan

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[22], biaya operasional (OPEX) dalam proyek RDF juga merupakan komponen penting yang memengaruhi kelayakan finansial dan keberlanjutan pengoperasian fasilitas. OPEX dikelompokkan ke dalam biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variable cost*), yang masing-masing memiliki karakteristik dan implikasi berbeda terhadap struktur biaya tahunan. Selain itu, asumsi operasional seperti jam operasi, jumlah *shift*, dan tingkat *availability* fasilitas perlu dijelaskan secara jelas karena sangat memengaruhi besaran total biaya operasional per tahun.

OPEX tetap mengacu pada biaya yang tetap konstan terlepas dari tingkat produksi atau operasi di dalam fasilitas RDF. Pengeluaran ini terjadi terlepas dari apakah fasilitas tersebut memproduksi RDF atau tidak. Komponen utama OPEX tetap meliputi:

1. Gaji karyawan, termasuk gaji staf manajemen dan pemeliharaan, merupakan bagian signifikan dari OPEX tetap. Biaya ini dikeluarkan secara terus-menerus dan tidak berfluktuasi dengan tingkat produksi (Singh & Viswanathan, 2025).
2. Premi asuransi dan pajak properti untuk fasilitas RDF merupakan contoh biaya tetap yang tidak berubah seiring dengan output operasional. Perusahaan harus mempertahankan cakupan asuransi untuk mengurangi risiko operasional, sementara pajak properti harus dibayarkan berdasarkan nilai fasilitas terlepas dari produksi RDF (Pinto et al., 2013).

Sebaliknya, OPEX variabel mencakup biaya yang berfluktuasi berdasarkan tingkat operasional fasilitas, volume produksi, atau aktivitas spesifik yang berhubungan langsung dengan pengolahan RDF. Komponen utama OPEX variabel meliputi:

1. Biaya pemeliharaan. Perbaikan tak terencana yang diakibatkan oleh kerusakan atau gangguan peralatan dapat dikategorikan sebagai OPEX variabel. Pengeluaran tersebut timbul dari frekuensi dan intensitas operasional, yang menyebabkan tuntutan pemeliharaan variabel seperti yang disoroti dalam diskusi tentang sistem energi (Farias et al., 2016).
2. Pengangkutan RDF ke pengguna akhir atau pusat distribusi, pengeluaran ini bergantung pada volume RDF yang diproduksi dan dijual. Biaya transportasi dapat berfluktuasi berdasarkan jarak, harga bahan bakar, dan persyaratan logistik, sehingga secara langsung berdampak pada biaya variabel OPEX yang terlibat dalam produksi dan distribusi RDF (Guo et al., 2023).

Memahami komponen OPEX dalam proyek RDF melibatkan pengenalan perbedaan antara biaya tetap dan biaya variabel. OPEX tetap mencakup pengeluaran yang tetap konstan terlepas dari tingkat produksi, sedangkan OPEX variabel mencakup biaya yang berkorelasi langsung dengan hasil operasional. Evaluasi terperinci dari kedua kategori ini sangat penting bagi para pemangku kepentingan untuk memastikan perencanaan keuangan yang komprehensif, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan mendukung pengambilan keputusan dalam operasi fasilitas RDF.

Fixed OPEX (Biaya Tetap)

Berdasarkan hasil analisis *benchmark*, dilakukan identifikasi dan pemetaan komponen secara lebih rinci dengan mengacu pada proposal terdahulu serta dokumen teknis. Inventarisasi ini bertujuan untuk memastikan seluruh elemen biaya operasional tetap telah teridentifikasi secara komprehensif dan selaras dengan kebutuhan teknis proyek.

Tabel berikut menampilkan daftar komponen *fixed* OPEX yang menjadi dasar dalam penyusunan estimasi OPEX.

[22] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

1. SDM & Organisasi	2. Administrasi & *Overhead*	3. Asuransi
QC/lab	IT	*Property all risk*
Mekanik	Komunikasi	*Third party liability*
EHS/K3	Perjalanan dinas lokal	Kendaraan
Keamanan	Jasa audit/pelaporan	
Cleaning service	Peralatan kantor	
Manajer/supervisor		
Operator alat		
Pemilah		
Adminstrasi		
Maintenance		
Supir + kenek		

Dengan teridentifikasinya seluruh komponen *fixed* OPEX sebagaimana diuraikan di atas, struktur biaya operasional tetap proyek telah tersusun secara komprehensif.

Komponen *fixed* OPEX meliputi:

1. SDM & Organisasi
    - QC/Lab
    - Mekanik
    - EHS/K3
    - Keamanan
    - *Cleaning service*
    - Manajer/supervisor
    - Operator alat
    - Pemilah
    - Administrasi
    - *Maintenance*
    - Supir + kenek
2. Administrasi & *Overhead*
    - IT
    - Komunikasi
    - Perjalanan dinas lokal
    - Jasa audit/pelaporan
    - Peralatan kantor
3. Asuransi
    - *Property all risk*
    - *Third party liability*
    - Kendaraan

***Variable* OPEX (Biaya Variabel)**

Berdasarkan hasil analisis *benchmark*, dilakukan identifikasi dan pemetaan komponen secara lebih rinci dengan mengacu pada proposal terdahulu serta dokumen teknis. Inventarisasi ini bertujuan untuk memastikan seluruh elemen biaya investasi langsung telah teridentifikasi secara komprehensif dan selaras dengan kebutuhan teknis proyek.

Tabel berikut menampilkan daftar komponen CAPEX *direct cost* yang menjadi dasar dalam penyusunan estimasi CAPEX.

1. Energi & Utilitas	2. *Consumables*	3. *Maintenance* Mesin	4. *Maintenance* Gedung	5. Residu & Disposal	6. *Environmental Monitoring* & *Compliance*
Listrik (kWh)	Oli/*grease*	*Preventive maintenance*	(Misalnya % dari nilai bangunan/tahun)	*Tipping fee landfill*	Uji kualitas air/udara
Air (m3)	*Belt*	*Corrective maintenance*		Transport residu ke TPA	Kebisingan
Bahan bakar alat berat (liter)	Pisau *shredder*	Suku cadang			Pelaporan lingkungan
	Chemical IPAL				
	PPE				
	Wrapping/strapping untuk RDF *baller*				
	Lab. equipment				

Dengan teridentifikasinya seluruh komponen *variable* OPEX sebagaimana diuraikan di atas, struktur biaya operasional tetap proyek telah tersusun secara komprehensif.

Komponen *variable* OPEX meliputi:

1. Energi & Utilitas
    - Listirk (kWh)
    - Air (m3)
    - Bahan bakar alat berat (liter)
2. *Consumables*
    - Oli/*grease*
    - *Belt*
    - Pisau *shredder*
    - *Chemical* IPAL
    - PPE
    - *Wrapping/strapping* untuk RDF *baler*
    - *Lab. equipment*
3. *Maintenance* Mesin
    - *Preventive maintenance*
    - *Corrective maintenance*
    - Suku cadang
4. *Maintenance* Gedung
    - (Misalnya % dari nilai bangunan per tahun)
5. Residu & Disposal
    - *Tipping fee landfill*
    - *Transport* residu ke TPA
6. *Environment Monitoring* & *Compliance*
    - Uji kualitas air/udara
    - Kebisingan
    - Pelaporan lingkungan

***Output* Minimal OPEX**

Berdasarkan telaah proposal terdahulu dan dokumen teknsi, prinsip penyusunan OPEX adalah per unit proses/peralatan sampai 'per tahun' dengan input: jumlah unit, tenaga kerja/*shift*, power/BBM, jam operasi, dst. Output minimum yang harus ditampilkan dalam penyusunan dokumen studi berupa:

1. Rekap OPEX per kelompok (SDM/energi/*maintenance*/*consumables*/residu/*overhead*)
2. OPEX Rp/ton input dan Rp/ton produk (RDF/kompos/*recyclables*) bila perlu
3. Asumsi jam operasi, *shift*/hari, hari operasi/tahun

Tabel – OPEX Detail – *Fixed* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
1. SDM & Organisasi						
QC/Lab	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Mekanik	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
EHS/K3	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Keamanan	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Cleaning service	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Manajer/supervisor	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Operalor alat	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Pemilah	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Administrasi	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Maintenance	... orang × ... bulan	...	orang-bulan	...	...	shift
Supir + kenek	... orang × ... bulan		orang-bulan	...	...	shift

Tabel – OPEX Detail – *Fixed* OPEX

Komponen	Spesifikasi Singkat	Unit	Volume	Harga Satuan	Total	Sumber Harga
2. Administrasi & Overhead						
IT system	Software, server	tahun	...	...	...	Vendor
Komunikasi	Internet, telepon	tahun	...	...	...	Estimasi tahunan
Perjalanan dinas	Dinas lokal	tahun	...	...	...	Estimasi tahunan
Jasa audit	Audit/report	tahun	...	...	...	Vendor/konsultan
Peralatan kantor	ATK	tahun	...	...	...	Estimasi tahunan

Tabel – OPEX Detail – *Fixed* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
3. Asuransi						
Property all risk	... % × nilai aset	...	%/tahun	...	...	dari nilai CAPEX
Third party liability	Kontrak tahunan	...	tahun	...	...	...
Asuransi kendaraan	... unit × premi	...	unit/tahun	...	...	Alat berat

Tabel – OPEX Detail – *Variable* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan

4. Energi & Utilitas						
Listrik proses	… kWh/ton × … ton	…	kWh	…	…	…
Air proses	… m3/ton × … ton	…	m3	…	…	…
Solar	… liter/hari × … hari	…	liter	…	…	Alat berat

Tabel – OPEX Detail – *Variable* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
5. Consumables						
Oli/grease	Estimasi per jam operasi	…	liter	…	…	…
Belt conveyor	… set/tahun	…	set	…	…	Replacement
Pisau shredder	… set/tahun	…	set	…	…	Wear part
Chemical IPAL	… kg/tahun	…	kg	…	…	…
PPE	… orang × … set/tahun	…	set	…	…	Safety
Wrapping/strapping RDF	… ton RDF	…	kg	…	…	Packing
Lab. equipment	Estimasi tahunan	…	tahun	…	…	Reagent

Tabel – OPEX Detail – *Variable* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
6. Maintenance Mesin						
Preventive maintenance	… % x nilai mesin	…	%/tahun	…	…	…
Corrective maintenance	Estimasi tahunan	…	tahun	…	…	…
Suku cadang	Estimasi tahunan		tahun			

Tabel – OPEX Detail – *Variable* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
7. Maintenance Gedung						
Maintenance bangunan	… % x nilai bangunan	…	%/tahun	…	…	…

Tabel – OPEX Detail – *Variable* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
8. Residu & Disposal						
Tipping fee landfill	… ton residu x tarif	…	ton	…	…	…
Transport residu	… trip x tarif	…	trip	…	…	ke TPA

Tabel – OPEX Detail – *Variable* OPEX

Komponen	Basis Perhitungan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total	Catatan
9. Environmetn Monitoring & Compliance						

Uji kualitas air	... kali/tahun	...	test	...	...	Lab. eksternal
Uji kualitas udara	... kali/tahun	...	test	...	...	Lab. eksternal
Uji kebisingan	... kali/tahun	...	test	...	...	Lab. eksternal
Pelaporan lingkungan	kontrak tahunan	...	tahun	...	...	UKL – UPL/AMDAL

N. Pendekatan Komponen Sumber Pendapatan Studi Kelayakan

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[23], berdasarkan telaah proposal terdahulu dan dokumen teknis, pendapatan proyek perlu disusun secara terstruktur berdasarkan masing-masing sumber serta diuji tingkat keandalannya, mencakup *service payment* atau *tipping fee* (baik dari APBD maupun skema *availability payment*), retribusi (bila dioperasikan oleh UPT/BLUD), penjualan produk seperti RDF, kompos, material daur ulang, dan maggot apabila tersedia serta *Extended Producer Responsibility* (EPR). Khusus pendapatan dari produk, perhitungan harus menggunakan asumsi volume yang konservatif serta didukung kejelasan *offtaker*, spesifikasi produk, dan skema logistik. Selanjutnya, perlu dilakukan evaluasi terhadap stabilitas dan tingkat risiko dari masing-masing sumber pendapatan, termasuk ketergantungan terhadap kebijakan pemerintah, kondisi pasar, maupun keberlanjutan kontrak dengan pihak pembeli. Asumsi pendapatan tersebut juga harus divalidasi dengan hasil analisis pasar pada pilar Produk dan Kesiapan Pasar untuk memastikan konsistensi antara proyeksi produksi, permintaan pasar, dan harga yang digunakan. Berdasarkan keseluruhan analisis tersebut, struktur pendapatan proyek kemudian dirumuskan secara komprehensif sebagai dasar dalam penyusunan model keuangan proyek.

Sumber pendapatan utama fasilitas RDF berasal dari penjualan langsung RDF yang dihasilkan kepada pengguna industri. Ini termasuk pabrik semen, pembangkit listrik, dan tungku industri yang menggunakan RDF sebagai pengganti bahan bakar fosil tradisional. Scalia dkk. (2022) menekankan penerimaan RDF yang semakin meningkat di kalangan industri semen karena mereka berupaya mengurangi emisi gas rumah kaca dan menurunkan biaya produksi. Pendapatan yang dihasilkan dari produksi RDF dapat dipengaruhi secara signifikan oleh permintaan pasar terhadap bahan bakar alternatif. Perubahan harga energi, terutama untuk bahan bakar fosil tradisional, dapat memengaruhi harga RDF. Meningkatnya permintaan akan solusi energi berkelanjutan, yang didorong oleh perubahan regulasi dan sentimen publik, dapat berdampak positif pada kesediaan industri untuk membeli RDF (Phogat, 2025).

Banyak proyek RDF memenuhi syarat untuk subsidi atau insentif pemerintah yang bertujuan untuk mempromosikan sumber energi terbarukan dan mengurangi limbah TPA. Dukungan keuangan ini dapat berkontribusi secara signifikan terhadap aliran pendapatan keseluruhan untuk operasi RDF. Barba dkk. (2022) mencatat bahwa penilaian tekno-ekonomi teknologi pengelolaan limbah sering kali memasukkan potensi insentif keuangan, menyoroti peran mereka dalam meningkatkan pendapatan dan meningkatkan pengembalian investasi proyek. Program yang dirancang untuk memberikan insentif produksi energi terbarukan juga dapat menawarkan keringanan pajak atau hibah, yang selanjutnya meningkatkan potensi pendapatan.

Pendapatan dalam konteks RDF juga dapat diperoleh dari penghematan biaya yang terkait dengan pengelolaan limbah. Dengan mengalihkan limbah dari tempat pembuangan akhir dan mengubahnya menjadi RDF, pemerintah kota dan operator pengelolaan limbah dapat mengurangi biaya tempat pembuangan akhir, yang, meskipun bukan pendapatan langsung, berkontribusi pada manfaat finansial keseluruhan dari operasi RDF. Jamilatun dkk. (2023) membahas bagaimana produksi RDF dapat mengurangi biaya tempat pembuangan akhir sekaligus menghasilkan produk yang dapat dipasarkan, mendorong perspektif ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah.

Regulasi pemerintah juga memainkan peran penting dalam menentukan struktur pendapatan untuk proyek RDF. Kebijakan yang mendukung energi terbarukan, mewajibkan pengalihan limbah dari tempat pembuangan akhir, atau menetapkan standar portofolio energi terbarukan dapat meningkatkan pasar RDF, menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi pertumbuhan pendapatan (Jamilatun dkk., 2023). Sebaliknya, regulasi yang ketat dapat menimbulkan biaya operasional tambahan yang dapat menghambat pendapatan.

---

[23] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

Identifikasi dampak terhadap pendapatan (dalam skema KPBU):

1. Terjadinya kenaikan biaya KPBU (*cost over run*).
   Apabila terjadi kenaikan biaya kerjasama (KPBU), karena adanya peningkatan komponen biaya CAPEX, OPEX dalam bentuk kenaikan biaya operasional, biaya pemeliharaan gedung, akan berdampak pada perubahan nilai dukungan pemerintah/subsidi tarif, ekuitas IRR dan jangka waktu pengembalian investasi (*payback period*) pada masing-masing skenario.
2. Pembangunan KBPU selesai lebih awal.
   Tidak berpengaruh terhadap aspek keuangan, karena masa pembangunan hanya diperkirakan selama (maksimum) dua tahun, seluruh biaya sudah memperhitungkan batasan waktu tersebut.
3. Pengembalian KPBU melebihi tingkat maksimum yang ditentukan sehingga dimungkinkan pemberlakuan mekanisme pembagian keuntungan (*clawback mechanism*).
   Masa pengembalian sesuai dengan KPBU telah memperhitungkan jangka waktu kerjasama yang paling ideal dimana untuk pembangunan diperkirakan membutuhkan waktu kerjasama minimal 30 tahun termasuk masa konstruksi selama 2 tahun, apabila equity IRR lebih besar dari tingkat *Cost of Equity*.
4. Terjadinya pemberian insentif atau pemotongan pembayaran dalam hal pemenuhan kewajiban.
   Pemberian insentif dalam hal pemenuhan kewajiban ini biasanya dimasukkan dalam perjanjian kerjasama, demikian pula dengan pemotongan pembayaran akan diatur dapam perjanjian kerjasama. Sebagai identifikasi awal, jika terjadi pemotongan pembayaran atas layanan, perhitungan sensitivitas menunjukkan bahwa kelayakan proyek akan turun dari nilai awal hingga bisa mencapai di bawah *Cut Off Rate* yang dikehendaki.

Struktur Pendapatan Minimal

Pendapatan proyek umumnya bersumber dari kombinasi pembayaran layanan pengelolaan sampah dan hasil pemanfaatan produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, struktur minimal pendapatan harus mencerminkan sumber penerimaan utama yang bersifat reguler dan terukur, serta mempertimbangkan potensi pendapatan tambahan yang dapat meningkatkan ketahanan finansial proyek. Komponen struktur minimal pendapatan meliputi:

1. *Tipping fee/service payment* (Rp/ton x ton/tahun)
2. Retribusi (Rp/pelanggan/bulan)
3. RDF (volume x harga kontrak/indikatif)
4. Material daur ulang (PET/PP/HDPE/Logam/Kertas)
5. Kompos/*Soil Conditioner*
6. Pendapatan Lain (Opsional): Sewa Fasilitas, EPR, Kredit Karbon (bila *eligible*)

***Output* Minimal Pendapatan**

1. Tabel *Revenue* Tahun-1 + Proyeksi Multi-Tahun
2. Tingkat Keandalan Pendapatan (*Reliability Rating*)

Tabel – Proyeksi Pendapatan (Tahun-1)

Sumber Pendapatan	Volume	Unit	Harga Satuan	Nilai (Rp/tahun)	Catatan	Sumber/Dasar
Tipping fee/service payment	...	ton	...	...	APBD	Benchmark/FS
Retribusi	...	ton	...	...	...	Benchmark/FS
RDF	...	ton	...	...	kontrak offtaker	Tools Neraca Masa
Material daur ulang (PET/PP/HDPE/Kertas)	...	ton	...	...	harga pasar	Tools Neraca Masa
Kompos	...	ton	...	...	kualitas & demand	Benchmark/FS
Lainnya	...	...	...	...		

O. Pendekatan Komponen *LCC (Life Cycle Cost)*

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[24], *Life Cycle Cost* (LCC) adalah total biaya sepanjang umur proyek, mencakup CAPEX, OPEX selama masa operasi, biaya pemeliharaan besar, penggantian aset, hingga biaya akhir masa layanan serta sumber pendapatan. Karena itu, LCC tidak cukup dihitung dari CAPEX dan OPEX tahun pertama saja, tetapi harus merefleksikan seluruh biaya jangka panjang proyek.

Struktur LCC Minimal (20-25 Tahun)

Mengacu pada hasil *benchmark*, dilakukan penjabaran komponen LCC secara lebih detail berdasarkan proposal terdahulu. Identifikasi ini dimaksudkan untuk memastikan seluruh biaya yang timbul selama umur layanan proyek telah terakomodasi secara komprehensif dalam struktur analisis, yaitu meliputi:

1. CAPEX Awal (Tahun-0 s.d. konstruksi selesai)
   Total investasi termasuk *contingency & indirect cost*
2. OPEX Tahunan (Tahun 1-n)
   Dengan eskalasi inflasi/kenaikan tarif energi & upah
3. *Major Replacement/Reinvestment*
   Komponen yang wajib dimasukkan jadwalnya:
   - *Shredder knives/major overhaul*
   - *Belt conveyor replacement*
   - *Motor/gearbox overhaul*
   - *Baler overhaul*
   - *Civil repainting/roofing repair*
   - *Genset major service*
   - (buat tabel *replacement*: *item* – tahun ke berapa – biaya – dasar asumsi)
4. Potensi *Revenue*
5. *End-of-life Cost*
   - *Decommissioning*, pembersihan, disposal aset
   - Rehabilitasi/penutupan fasilitas (bila ada kewajiban)
6. *Salvage Value* (Nilai Sisa)
   - Nilai jual sisa peralatan di akhir umur (jika diasumsikan)
7. Nilai Kini (*Discounted* LCC)
   - Hitung NPV (LCC) dengan *discount rate* yang konsisten

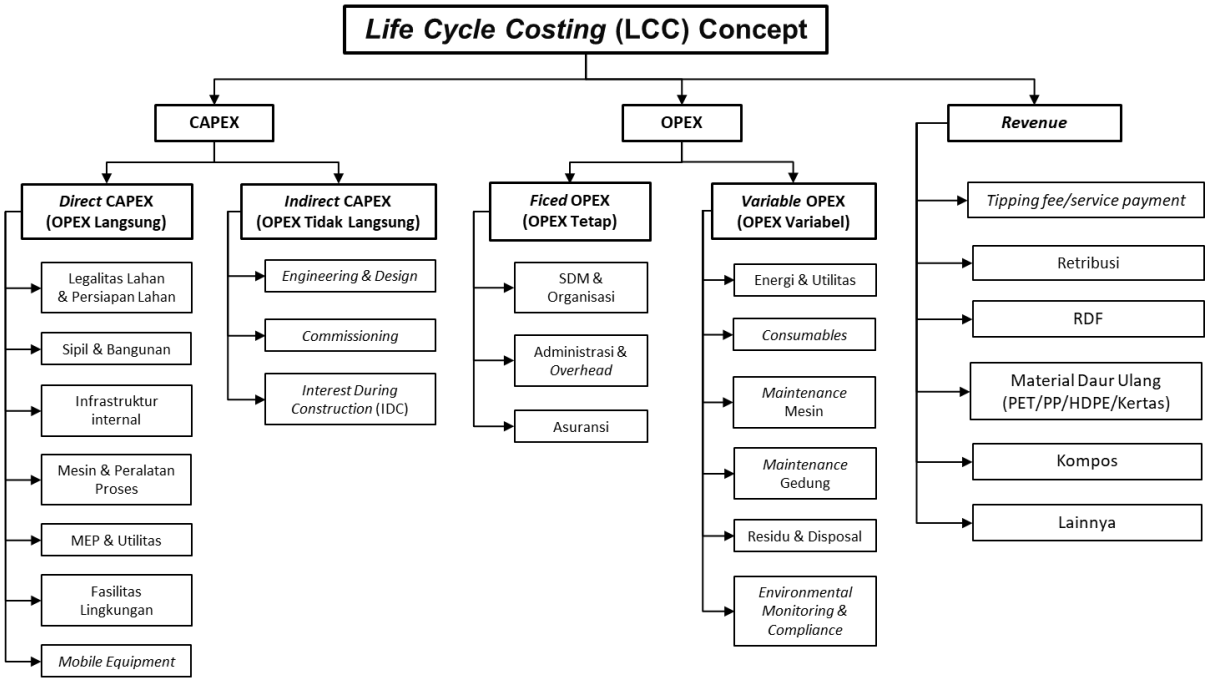
***Output* Minimal LCC**

- Tabel arus biaya tahunan (CAPEX, OPEX, *replacement, salvage value*)
- LCC Rp/ton sepanjang umur rencana
- Sensitivitas minimal: CAPEX ±10%, OPEX ±10%, *revenue* -10%

Konsep LCC

Life Cycle Cost (LCC) merupakan pendekatan analisis finansial yang digunakan untuk menghitung keseluruhan biaya dan manfaat ekonomi suatu proyek sepanjang umur layanannya. Dalam konteks TPST RDF, LCC tidak hanya mempertimbangkan biaya investasi awal, tetapi juga seluruh biaya operasional, pemeliharaan, serta potensi pendapatan yang dihasilkan selama periode operasional fasilitas.

[24] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.



Konsep LCC dalam laporan ini disusun berdasarkan tiga komponen utama, yaitu CAPEX, OPEX, dan *Revenue* (Pendapatan), yang secara terintegrasi membentuk struktur arus kas proyek.

1. CAPEX, merupakan pengeluaran awal yang diperlukan untuk merealisasikan pembangunan dan pengadaan fasilitas TPST RDF. Komponen ini terdiri atas:
   - *Direct* OPEX (OPEX Langsung), yang mencakup pembangunan fisik dan pengadaan aset utama seperti legalitas & persiapan lahan, pekerjaan sipil & bangunan, infrastruktur internal, mesin & peralatan proses, sistem MEP & utilitas, fasilitas lingkungan, serta *mobile equipment*.
   - *Indirect* OPEX (OPEX Tidak Langsung), yang meliputi biaya pendukung selama tahap perencanaan dan konstruksi seperti *engineering* & *design*, *commissioning*, dan *interest during construction* (IDC).
2. OPEX, merupakan biaya yang timbul selama fasilitas beroperasi dan dihitung secara periodik (umumnya tahunan). OPEX terbagi menjadi:
   - *Fixed* OPEX (Tetap OPEX), yaitu biaya yang relatif tidak bergantung pada volume pengolahan sampah, seperti biaya SDM & organisasi, administrasi & *overhead*, serta asuransi.
   - *Variable* OPEX (Variabel OPEX), yaitu biaya yang dipengaruhi oleh tingkat aktivitas operasional, termasuk energi & utilitas, bahan habis pakai (*consumables*), pemeliharaan mesin, pemeliharaan gedung, pengelolaan residu & disposal, serta biaya pemantauan & kepatuhan lingkungan (e*nvironmental monitoring* & *compliance*).

   Dalam siklus hidup proyek, OPEX biasanya menjadi komponen biaya terbesar secara kumulatif karena berlangsung secara berkelanjutan selama masa operasional fasilitas.
3. *Revenue* (Pendapatan). Untuk menilai keberlanjutan finansial, konsep LCC juga memasukkan proyeksi pendapatan proyek. Sumber pendapatan TPST RDF meliputi:
   - *Tipping fee*/*service payment*
   - Retribusi
   - Penjualan RDF
   - Penjualan material daur ulang (PET, PP, HDPE, kertas)
   - Penjualan kompos
   - Pendapatan lainnya

   Pendapatan ini berfungsi untuk menutup biaya operasional serta mengembalikan investasi awal dalam periode proyek yang telah ditetapkan.

Secara keseluruhan, LCC menghitung seluruh arus kas proyek, baik pengeluaran maupun penerimaan selama umur layanan fasilitas dengan mempertimbangkan faktor diskonto. Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi kelayakan finansial melalui indikator seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), maupun kebutuhan *tipping fee* untuk mencapai keseimbangan biaya.

Dengan demikian, pendekatan LCC memungkinkan penilaian proyek TPST RDF secara menyeluruh dan berorientasi jangka panjang, sehingga keputusan investasi tidak hanya didasarkan pada besaran biaya awal, tetapi pada total konsekuensi finansial sepanjang siklus hidup fasilitas.

Tabel – Jadwal *Replacement* & *Major Overhaul*

Item	Umur Teknis (th)	Tahun Replace	Estimasi Biaya (Rp)	Dasar
Shredder knives	…	…	…	vendor/benchmark
Conveyor belt	…	…	…	benchmark
Motor/gearbox	…	…	…	benchmark
Baler overhaul	…	…	…	vendor
…	…	…	…	

P. Pendekatan Komponen Analisis Finansial

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[25], *a*nalisis finansial dalam studi TPST RDF disusun untuk menilai kelayakan keuangan proyek secara menyeluruh dan terukur. Pendekatan yang digunakan tidak hanya mempertimbangkan kebutuhan investasi awal, tetapi juga proyeksi biaya operasional, potensi pendapatan, serta faktor risiko yang dapat memengaruhi kinerja finansial sepanjang umur proyek.

Pedoman ini disusun sebagai acuan dalam membangun model keuangan yang transparan, terstruktur, dan dapat direplikasi. Setiap komponen analisis harus didasarkan pada asumsi yang jelas, konsisten dengan hasil perhitungan teknis dan LCC, serta mampu menggambarkan arus kas proyek secara realistis. Dengan demikian, model finansial yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan investasi, penentuan skema *tipping fee*, maupun evaluasi pembiayaan.

Struktur Analisis Finansial

Struktur analisis finansial disusun dalam bentuk model arus kas (*cashflow* model) proyek dengan horizon waktu 20–25 tahun sesuai umur layanan fasilitas TPST RDF. Model ini mencerminkan seluruh arus kas masuk dan keluar proyek secara periodik, dengan komponen utama sebagai berikut:

1. Penyusunan *Cashflow* Proyek (20-25 tahun):
    - CAPEX (*Phasing*)
    - OPEX (*Escalation*)
    - *Revenue* (*Escalation/Price Scenario*)
    - Pajak (Jika badan usaha)
    - *Working Capital*
2. Perhitungan Indikator Kelayakan
    - NPV, IRR, *Payback Period*
    - DSCR (Bila ada utang)
    - *Break-even tipping fee* (Rp/ton)
3. Analisis sensitivitas minimum: CAPEX ±10%, OPEX ±10%, *revenue* -10%, *downtime* naik
4. Integrasi LCC. Untuk menghindari *underestimate* biaya, model finansial wajib memasukkan:
    - *Major Replacement/Overhaul Schedule* (*Shredder, Conveyor, Motor/Gearbox, Loader*)
    - *End-of-life Cost*
    - *Salvage Value* (Konservatif, Opsional)

Output Analisis Finansial

- Ringkasan NPV/IRR/*Payback*/DSCR
- *Required Tipping Fee* dan/atau Kebutuhan Subsidi (Jika Gap)

Parameter Kelayakan Finansial

Kriteria evaluasi dalam analisa kelayakan finansial adalah *Financial Internal Rate of Return* (FIRR atau *Project* IRR), *Financial Net Present Value* (*Project* NPV) dan *Equity Internal Rate of Return* (*Equity* IRR), *Equity Net Present Value* (*Equity* NPV), dimana:

- Tingkat imbal hasil keuangan (*Financial Internal Rate of Return*) merupakan tingkat imbal hasil keuangan proyek yang dilakukan dengan membandingkan pendapatan dan biaya proyek dengan mempertimbangkan besarnya faktor nilai uang di masa depan.
- *Equity Internal Rate of Return (Equity* IRR) adalah imbal hasil ekuitas yang merupakan tingkat besaran imbal hasil yang diperoleh atas ekuitas yang diinvestasikan.

[25] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

- *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) atau rata-rata modal tertimbang dengan memperhatikan faktor nilai uang masa kini dan masa depan sesuai dengan rasio ekuitas dan pinjaman yang akan digunakan, tingkat suku bunga pinjaman, serta biaya ekuitas.
- *Cost of Equity* adalah biaya modal yang dikeluarkan dalam melakukan pendanaan *Equity* Proyek.

Parameter Kelayakan Finansial adalah sebagai berikut :

- Project IRR **>** WACC
- Project NPV **>** 0
- *Equity* IRR **>** *Cost of Equity*
- *Equity* NPV > 0

Analisis kelayakan finansial dilakukan untuk menilai apakah proyek layak dilaksanakan dari sudut pandang investasi, kemampuan pendanaan, serta tingkat pengembalian yang dihasilkan. Analisis ini mencakup struktur pendanaan, biaya modal, tingkat pengembalian investasi, kemampuan pembayaran utang, imbal hasil ekuitas, serta indikator nilai proyek berbasis arus kas.

1. *Cost of Equity* (CoE).
   Biaya modal yang dikeluarkan dalam melakukan pendanaan *Equity* Proyek.
2. *Financial Internal Rate of Return* (FIRR).
   Kelayakan finansial proyek kemudian dievaluasi menggunakan tingkat pengembalian internal / *Financial Internal Rate of Return* (FIRR). FIRR adalah tingkat pengembalian yang dihasilkan proyek berdasarkan arus kas dibandingkan dengan nilai investasi. *Project* FIRR dibandingkan dengan WACC karena keduanya merepresentasikan keseluruhan biaya modal proyek tanpa membedakan sumber pembiayaan. Sementara itu, *Equity* FIRR dibandingkan dengan *Cost of Equity* karena hanya mempertimbangkan pengembalian bagi pemegang saham. Perhitungan FIRR mengikuti prinsip IRR sebagai tingkat diskonto yang menjadikan NPV sama dengan nol. Formulasi untuk menghitung FIRR:

$$\sum_{n=0}^{N} \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

   Dimana:
   IRR mengikuti NPV sebagai fungsi pengembalian investasi;
   r adalah biaya bunga pinjaman jangka panjang;
   Cn adalah *cashflow* pada tahun ke n;
3. *Equity Internal Rate of Return* (*Equity IRR*)
   Sementara, untuk pengembalian ekuitas (*Equity* FIRR) akan dibandingan dengan *Cost of Equity*. Hal in karena perhitungan *Equity* FIRR hanya memperhatikan porsi pembiayaan yang dibiayai oleh ekuitas dan pengembalian pokok pinjaman, konsisten dengan *Minimal Attractive Rate of Return* (MARR) yang dihitung dalam *Cost of Equity*.
4. *Debt Service Coverage Ratio* (DSCR).
   Rasio cakupan pembayaran hutang (*Debt Service Coverage Ratio*/DSCR) dengan menghitung *Net Operating Income* untuk membayar kewajiban (pokok pinjaman dan bunga) yang akan jatuh tempo pada tahun berjalan. Analisa terhadap biaya pengembalian utang (DSCR), dihitung berdasarkan formulasi sebagai berikut:

$$DSCR = \frac{Net\ Operating\ Income}{Kewajiban\ Jatuh\ Tempo}$$

5. *Weighted Average Cost of Capital* (WACC).
   Dalam menilai kelayakan investasi, digunakan pendekatan estimasi atas biaya modal rata-rata tertimbang/ *Weighed Average Cost of Capital* (WACC), yaitu rata-rata tertimbang biaya modal berdasarkan proporsi utang dan ekuitas. WACC merepresentasikan tingkat pengembalian minimum yang disyaratkan oleh penyedia dana. Pada perusahaan yang hanya menggunakan pendanaan ekuitas, maka *cost of capital* setara *cost of equity*. Pada perusahaan yang hanya menggunakan pendanaan utang, maka *cost of capital* setara *cost of debt*. WACC dihitung dengan formula berikut:

$$WACC = (We \times Ke) + (Wd \times Kd) \times (1-T)$$

   Di mana:

We = Rasio ekuitas terhadap keseluruhan total pendanaan
Ke = Biaya ekuitas
Wd = Rasio utang terhadap keseluruhan total pendanaan
Kd = Biaya utang
T = Tarif pajak

6. *Financial Net Present Value* (FNPV)

FNPV didefinisikan sebagai nilai dari proyek yang bersangkutan yang diperoleh berdasarkan selisih antara cash flow yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan. FNPV yang dianggap layak adalah FNPV yang bernilai positif. FNPV bernilai positif mengindikasikan cash flow yang dihasilkan melebihi jumlah yang diinvestasikan. Dalam melakukan analisis baik dengan menggunakan FIRR maupun FNPV, faktor periode evaluasi dan konsep nilai uang terhadap waktu (*time value of money*) juga diperhatikan.

Analisa terhadap *Financial Net Present Value* (FNPV) dan dihitung berdasarkan beberapa formulasi berikut.

$$NPV = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Bi - Ci)}{(1+r)^{i-1}}$$

Dimana:
n = Periode perhitungan keuangan (jangka waktu = 25 tahun)
Bi = Keuntungan pada tahun ke-i
Ci = Biaya pada tahun ke-i

7. *Payback Period.*

Payback period adalah jangka waktu kembalinya investasi yang telah dikeluarkan melalui keuntungan yang didapatkan dari suatu proyek yang sudah dibuat. Ada juga yang menyebut kalau *payback period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk bisa menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan *proceeds* atau aliran kas netto. Rumus *Payback Period*:

Rumus periode pengembalian jika arus kas per tahun jumlahnya berbeda:

Payback Period = n + (a-b) /(c-b) x 1 tahun

Rumus periode pengembalian jika arus kas per tahun jumlahnya sama:

Payback Period = (investasi awal) /(arus kas) x 1 tahun

Dimana :
n = Tahun terakhir dimana jumlah arus kas masih belum bisa menutup investasi mula-mula.
a = Jumlah investasi mula-mula.
b = Jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke – n
c = Jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke n + 1

Semakin cepat periode pengembalian, semakin menarik proyek tersebut dari sisi likuiditas, terutama jika dibandingkan dengan proyek lain yang memiliki tingkat risiko dan imbal hasil serupa. *Payback period* memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu:

- Kelebihan
  Payback period akan memudahkan anda untuk bisa dihitung dengan menentukan lamanya waktu pengembalian dana investasi. Selain itu juga bisa memberikan informasi tentang lamanya *break even project*. Bisa digunakan untuk membandingkan dua proyek yang punya resiko serta imbal hasil yang sama dengan cara melihat jangka waktu pengembalian investasi jika *payback period*-nya lebih pendek itu dipilih.
- Kekurangan
  Dengan memakai metode di atas bisa mengabaikan penerimaan-penerimaan investasi atau *proceeds* yang sudah diperoleh setelah *payback periode* terpenuhi. Metode ini mengabaikan *time value of money* (nilai waktu uang). Tidak bisa memberikan informasi tentang tambahan value pada perusahaan. *Payback periods* bisa untuk mengukur kecepatan kembalinya dana, namun tidak mengukur keuntungan proyek pembangunan yang sudah direncanakan.

Tabel – Ringkasan Indikator Finansial

Indikator	Nilai	Catatan
NPV	…	discount rate …%
IRR	…%	target …%
Payback	… tahun	
DSCR min	…x	jika ada debt
Break-even tipping fee	Rp …/ton	agar NPV ≥ 0

Tabel – Sensitivitas

Variabel	Skenario	NPV	IRR	Catatan
CAPEX	±10%	…	…	
OPEX	±10%	…	…	
Harga RDF	-10%	…	…	
Yield RDF	-10%	…	…	
Tipping fee	-10%	…	…	
…	…	…	…	

Q. Pendekatan Komponen Analisis Ekonomi

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[26], *a*nalisis ekonomi disusun untuk menilai manfaat dan biaya proyek TPST RDF dari perspektif sosial dan makroekonomi, bukan semata-mata dari sudut pandang finansial proyek. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana proyek memberikan nilai tambah bagi masyarakat dan lingkungan, termasuk manfaat yang tidak selalu tercermin dalam arus kas komersial.

Analisis ekonomi harus mempertimbangkan seluruh biaya dan manfaat relevan sepanjang umur proyek, baik yang bersifat langsung maupun tidak langsung. Komponen yang dianalisis umumnya mencakup biaya investasi dan operasional yang telah disesuaikan dengan harga ekonomi (*economic price* atau *shadow price*), serta manfaat ekonomi seperti pengurangan beban TPA, penurunan emisi gas rumah kaca, peningkatan nilai material daur ulang, dan dampak positif lainnya terhadap sistem pengelolaan sampah daerah.

Dalam penyusunannya, analisis kelayakan ekonomi harus menggunakan asumsi yang transparan, metodologi yang konsisten, serta indikator evaluasi yang terukur, seperti *Economic Net Present Value* (ENPV), *Economic Internal Rate of Return* (EIRR), dan *Benefit-Cost Ratio* (BCR). Dengan demikian, hasil analisis dapat memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan keputusan kebijakan dan justifikasi investasi publik.

Struktur Analisis Ekonomi

Struktur analisis ekonomi disusun menggunakan pendekatan *Cost-Benefit Analysis* (CBA) dengan membandingkan kondisi "dengan proyek" dan "tanpa proyek" dalam horizon waktu yang sama dengan umur layanan fasilitas TPST RDF. Analisis ini bertujuan untuk menilai kontribusi proyek terhadap kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan, bukan hanya dari sisi finansial proyek.

Komponen utama dalam struktur analisis ekonomi meliputi:

1. Tentukan baseline pembanding, misalnya:
    - *Sanitary landfill* / *open dumping improvement scenario*
2. Hitung manfaat ekonomi (contoh):
    - *Avoided cost* pengelolaan TPA & *transport*
    - Kredit karbon (pengurangan emisi)
    - *Health cost saving* (dampak kesehatan)
    - *Land saving* (penghematan lahan TPA)
    - *Saving cost* dari substitusi bahan bakar
    - Penjualan produk (RDF/material daur ulang/kompos)
    - *Tipping fee*
3. Hitung indikator ekonomi:
    - ENPV, EIRR, BCR
4. Uji sensitivitas: benefit turun, biaya naik.

***Output* Analisis Ekonomi**

- Ringkasan ENPV, EIRR, BCR
- Kesimpulan '*net benefit*' untuk publik

Parameter Kelayakan Ekonomi

Kriteria evaluasi dalam analisa ekonomi adalah *Economic Internal Rate of Return* (EIRR), *Economic Net Present Value* (ENPV) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR).

- *Economic Internal Rate of Return* (EIRR); tingkat imbal hasil ekonomi pada KPBU yang merupakan tingkat imbal hasil ekonomi proyek yang dilakukan dengan membandingkan manfaat dan biaya

[26] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

proyek dengan mengubah harga finansial menjadi harga ekonomi (*shadow price*) untuk setiap masukan dan keluaran berdasarkan faktor konversi ekonomi dengan mempertimbangkan besarnya faktor nilai uang di masa depan pada KPBU.

- *Economic Net Present Value* (ENPV); didefinisikan sebagai selisih antara *Present Value* dari komponen manfaat dan *Present Value* komponen biaya pada KPBU.
- *Benefit Cost Ratio* (BCR); membandingkan semua pemasukan yang diterima (dihitung pada kondisi saat ini) dengan semua pengeluaran yang telah dilakukan (dihitung pada kondisi saat ini) pada KPBU.
- Tingkat diskonto sosial/ekonomi (*Economic discount rate*) adalah tingkat yang menggambarkan penilaian relatif masyarakat saat ini dibandingkan dengan nilai pada masa yang akan datang. Pada umumnya, institusi/ lembaga-lembaga dan pemerintah biasanya menggunakan tingkat diskonto sosial sekitar 10-12%.

Parameter Kelayakan Ekonomi adalah sebagai berikut :

- *Project* EIRR > *Economic Discount Rate*
- *Project* ENPV > 0
- *Benefit Cost Ratio* (BCR) > 1

Parameter penilaian kelayakan finansial dan ekonomi mengacu pada identifikasi perkiraan semua nilai *benefit* dan *cost* proyek.

1. *Economic Net Present Value* (ENPV)
   ENPV didefinisikan sebagai selisih antara *present value* dari komponen manfaat dan *present value* komponen biaya. ENPV mencerminkan tingkat imbal hasil ekonomi yang dihitung dengan membandingkan besaran hasil kuantifikasi manfaat ekonomi yang diterima oleh masyarakat dan pemerintah dari proyek terhadap biaya ekonomi proyek. Rumus ENPV adalah sebagai berikut.

$$\mathrm{ENPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

   dimana:
   n : Umur ekonomis proyek (jangka waktu = 25 tahun)
   Bt : Manfaat ekonomi pada periode t (dalam Rupiah)
   Ct : Biaya ekonomi pada periode t (dalam Rupiah)
   r : Suku bunga atau *discount rate* (dalam %)
   t : Periode tahun proyeksi (tahun)
   Berdasarkan kriteria ini dapat dikatakan bahwa proyek layak secara ekonomi jika nilai ENPV > 0, sementara jika nilai ENPV < 0 artinya proyek tidak layak secara ekonomi dan jika nilai NPV = 0 artinya tingkat pengembaliannya setara dengan suku bunga patokan (bank) atau dapat dikatakan bahwa proyek mengembalikan dananya persis sebesar *Opportunity Cost of Capital* (OCC), mengingat ada penggunaan lain yang lebih menguntungkan.
2. *Economic Internal Rate of Return* (EIRR)
   EIRR merupakan suatu nilai petunjuk yang identik dengan seberapa besar suku bunga yang dapat dihasilkan oleh investasi tersebut dibandingkan dengan suku bunga bank yang berlaku umum (tingkat suku bunga atau *Minimum Attractive Rate of Return*/MARR). *Internal Rate of Return* (IRR) adalah besaran yang menunjukkan harga *discount rate* pada saat NPV = 0. IRR sering disebut sebagai laju pengembalian modal. Kriteria untuk menetapkan kelayakan suatu proyek adalah bila IRR-nya lebih besar dari *discount rate* (tingkat suku bunga). Rumus EIRR adalah sebagai berikut.

$$EIRR = IR_1 - NPV_1 \frac{IR_{2-} IR_1}{NPV_2 - NPV_1}$$

   dimana:
   EIRR : *Economic Internal Rate of Return*
   IR1 : Tingkat bunga penetapan ke-1
   IR2 : Tingkat bunga penetapan ke-2

NPV1 : *Net Present Value* dari hasil IR1
NPV2 : *Net Present Value* dari hasil IR2

3. *Economic Benefit Cost Ratio* (BCR)

BCR adalah rasio yang membandingkan total manfaat ekonomi dengan total biaya ekonomi suatu proyek. Hasil dari perhitungannya akan menunjukkan berapa keuntungan berlipat yang didapatkan dari total biaya yang dikeluarkan dari sebuah proyek. Rumus BCR adalah sebagai berikut.

$$\text{BCR} = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} \div \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

dimana:

n : Umur ekonomis proyek (jangka waktu = 25 tahun)
Bt : Manfaat ekonomi pada periode t (dalam Rupiah)
Ct : Biaya ekonomi pada periode t (dalam Rupiah)
r : Suku bunga atau *discount rate* (dalam %)
t : Periode tahun proyeksi (tahun)

Terdapat indikator yang memperlihatkan besaran keuntungan sebuah proyek. Indikator tersebut meliputi:

- Jika BCR > 1, maka maka keuntungan dari proyek tersebut lebih besar daripada pengeluaran sehingga proyek tersebut dapat diterima atau layak dilanjutkan.
- Jika BCR > 1, maka keuntungan dari proyek tersebut lebih kecil daripada pengeluarannya sehinga proyek tersebut tidak layak dan perlu ditinjau ulang.
- Jika BCR = 1, maka keuntungan dan pengeluarannya dikatakan seimbang atau impas.

Berdasarkan telaah proposal terdahulu, terdapat beberapa manfaat ekonomi yang dihitung dalam perhitungan BCR. Pada Tasikmalaya dan Temanggung, manfaat ekonomi yang dihitung berupa*:*

1. *Health Benefits*
   Peningkatan infrastruktur pengelolaan sampah dan sanitasi berkontribusi terhadap penurunan insiden penyakit berbasis lingkungan seperti malaria/demam berdarah dan diare. Penurunan kasus tersebut menghasilkan penghematan biaya kesehatan pada tingkat rumah tangga dalam bentuk biaya pengobatan langsung yang selanjutnya dimonetisasi sebagai manfaat ekonomi dalam analisis kelayakan proyek.
2. GHG *Saving*
   Pengolahan sampah padar yang mengurangi pembuangan ke TPA berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca. Reduksi emisi tersebut dikonversi menjadi kredit karbon yang memiliki nilai ekonomi apabila diperdagangkan dalam skema pasar karbon.
3. *Land Saving*
   Tanpa proyek TPST ini, lahan tambahan akan dibutuhkan untuk tempat pembuangan sampah, sehingga jika sampah diolah, kebutuhan lahan akan berkurang yang dapat penghematan biaya lahan sekali waktu.

Sedangkan pada Cimahi, Depok, Tuban, Gianyar, dan Pedungan, manfaat ekonomi dihitung berdasarkan estimasi pendapatan. Estimasi pendapatan dibedakan menjadi 2, yaitu pendapatan riil yang mendatangkan arus kas masuk dan pendapatan aktual yang tidak semua dari pendapatan berupa arus kas masuk.

1. Pendapatan Riil
   Pendapatan riil diproyeksikan sebagai sumber utama arus kas masuk. Jumlah pendapatan ini penting untuk dihitung dalam rangka mengestimasikan besarnya pendapatan riil yang dapat dihasilkan. Jenis pendapatan ini terdiri dari:
   a. Penjualan produk olahan TPST (RDF/material daur ulang/kompos). Kuantitas ton yang dihasilkan selanjutnya dikalikan dengan harga pasar per ton masing-masing produk.
   b. Pembayaran *tipping fee*. *Tipping fee* diposisikan sebagai kontribusi anggaran Pemerintah Daerah kepada operator sebagai bentuk dukungan dan komitmen terhadap keberlanjutan layanan publik di sektor persampahan. Menggunakan dasar perhitungan perkiraan Biaya Operasional dan Pemeliharaan TPST dengan RDF Fluff dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Penanganan Sampah, maka hasil perkiraan biaya pengolahan per ton tersebut dapat menjadi acuan pemberian *tipping fee* oleh pemerintah.

$$Tipping\ fee = \frac{\text{Bop TPST (Rp/tahun)}}{\text{Volume sampah terolah (ton/tahun)}}$$

   Studi kasus pabrik RDF di Cilacap menunjukkan bahwa kelayakan investasi tidak hanya dipengaruhi oleh potensi pengurangan emisi CO_2, tetapi juga oleh struktur pembiayaan proyek. Dalam studi tersebut dijelaskan bahwa besaran biaya pengolahan atau *tipping fee* perlu disesuaikan dengan kebutuhan pembiayaan proyek serta dukungan kebijakan pemerintah. Artinya, penetapan *tipping fee* harus mempertimbangkan kewajiban pembayaran utang, biaya operasional, dan skema pendanaan yang digunakan agar proyek tetap layak secara finansial (Romaulina & Faturohman, 2024). Sementara itu, studi mengenai pabrik RDF Griyo Mulyo menunjukkan bahwa kelayakan proyek sangat bergantung pada tingkat efisiensi produksi RDF. Apabila hasil RDF rendah akibat proses pemilahan atau pengeringan yang kurang optimal, maka pendapatan proyek akan menurun. Dalam kondisi tersebut, *tipping fee* perlu dinaikkan atau subsidi pemerintah harus ditambah agar biaya operasi dan pembayaran utang tetap dapat dipenuhi untuk mempertahankan kelayakan (Ugroseno & Warmadewanthi, 2023).
2. Pendapatan Aktual
   Pendapatan aktual merupakan manfaat ekonomi yang dihasilkan oleh proyek meskipun tidak seluruhnya berbentuk arus kas langsung. Pendapatan aktual mencerminkan nilai ekonomi yang dapat dihemat atau dihindari akibat implementasi TPST. Jenis pendapatan ini terdiri dari:
   a. *Opportunity cost* atas penggunaan lahan (*land saving*), yaitu nilai ekonomi lahan yang dapat dihemat karena berkurangnya volume timbunan sampah di TPA sehingga kebutuhan

perluasan lahan dapat ditunda atau dihindari. Jika sampah dapat dikelola dengan konsep *zero waste* maka kebutuhan tanah sebagai TPA dapat dikurangi. Konversi penghematan lahan ini dihitung dengan volume sampah yang tertangani (ton/tahun) dibagi ketinggian tumpukan sampah (hektar/tahun) kemudian dikalikan harga pasar tanah (Rp/hektar).

$$Land\ Saving = \frac{\text{Volume sampah tertangani}}{\text{Ketinggian tumpukan sampah}} \times \text{Harga pasar tanah}$$

b. *Saving cost* dari substitusi bahan bakar, yaitu penghematan biaya yang diperoleh jika industri menggunakan RDF daripada menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Biaya ini menjadi manfaat ekonomi terutama bagi industri yang menggunakan batubara. Penghematan biaya yang dapat dirasakan oleh industri dihitung dari estimasi harga pasar batubara (Rp/ton) dan harga RDF (Rp/ton).

$$Saving\ Cost = \text{Estimasi harga pasar batubara} - \text{harga RDF}$$

Tabel – Ringkasan Indikator Ekonomi

Indikator	Nilai	Catatan
ENPV	…	discount rate …%
EIRR	…%	target …%
BCR	…	BCR>1, BCR<1, BCR=1

Tabel – Manfaat Ekonomi

Indikator	Nilai	Catatan
Avoided Cost Pengelolaan TPA & Transport	Rp…	Penghematan dalam biaya transportasi
Kredit Karbon	Rp…	Reduksi emisi dikonversi menjadi kredit karbon
Health Cost Saving	Rp…	Penghematan biaya kesehatan yang dimonetisasi
Land Saving	Rp…	Penghematan biaya lahan
Saving Cost	Rp…	Penghematan biaya dari substitusi bahan bakar menjadi RDF
Penjualan Produk	Rp…	RDF/material daur ulang/kompos
Tipping Fee	Rp…	Konstribusi anggaran Pemerintah Daerah

Tabel – Health Cost Saving (Manfaat Ekonomi)

Health Cost Saving	Value	Catatan
Total Population	BPS	…
In Patients	% (Assumption)	…
Outpatients	% (Assumption)	…
In Patients Cost	Rp	…
Outpatients Cost	Rp	…
Weighted Costs	…	(In patients cost x in patients %) + (outpatients cost x outpatients %)
Number of Health Cases	Benchmark	…
Annual Health Cost Incurred	…	Number of health cases x weigthed costs
Patients Visiting Hospitals	% (Assumption)	…
Annual Health Costs- Saving	…	Annual health cost incurred x patients visiting hospitals

Tabel – Sensitivitas

Variabel	Skenario	NPV	IRR	Catatan
CAPEX	±10%	…	…	
OPEX	±10%	…	…	
Harga RDF	-10%	…	…	
Yield RDF	-10%	…	…	

Tipping fee	-10%	…	…
…	…	…	…

R. Pendekatan Manajemen Risiko

Merujuk pada *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial*[27], *m*anajemen risiko adalah proses identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko dalam kegiatan usaha atau operasional, baik yang bersumber dari faktor internal maupun eksternal. Untuk itu, diperlukan upaya mitigasi guna mencegah atau mengurangi dampak risiko tersebut. Tujuan utama dari bab ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh risiko utama proyek telah dikenali, dinilai tingkat signifikansinya, dimitigasi secara memadai, dan dialokasikan kepada pihak yang paling mampu mengendalikannya. Dengan manajemen risiko yang terintegrasi, proyek dapat mencapai kondisi berikut:

- *Implementable*: Tingkat risiko berada pada batas yang dapat diterima oleh pemerintah daerah, investor, dan lembaga pembiayaan.
- *Bankable*: Menghilangkan risiko tersembunyi yang dapat menggagalkan proyek pada tahap konstruksi maupun operasi, terutama dalam skema KPBU/PPP.

Pelaksanaan manajemen risiko dikoordinasikan oleh tim inti penyusun studi kelayakan yang bertanggung jawab mengonsolidasikan temuan risiko dari seluruh aspek analisis. Tim ini didukung oleh tenaga ahli teknis, finansial, lingkungan, dan kelembagaan untuk memastikan bahwa setiap risiko dinilai secara komprehensif dan strategi mitigasinya dapat diterapkan. Selain itu, masukan dari narasumber eksternal seperti pelaku industri, penyedia teknologi, maupun lembaga pembiayaan sangat dianjurkan untuk memperkaya pemahaman terhadap risiko pasar, operasional, dan pembiayaan yang mungkin tidak sepenuhnya tercermin dalam analisis internal.

5.1 Identifikasi Risiko

Tahap awal dalam proses identifikasi risiko adalah menetapkan lingkup analisis, konteks proyek, serta kriteria risiko yang akan digunakan dalam penilaian. Penetapan ini menjadi dasar agar proses manajemen risiko dapat dilakukan secara terstruktur dan menghasilkan analisis yang relevan terhadap tujuan proyek. Selanjutnya, proses identifikasi risiko dilakukan dengan menelusuri seluruh potensi risiko yang dapat memengaruhi jalannya proyek, baik pada tahap perencanaan, pembangunan, maupun saat sudah beroperasi. Proses ini mencakup penelusuran terhadap sumber risiko yang berasal dari pilar analisis (teknis; suplai; pasar; finansial; lingkungan, sosial & iklim; kelembagaan; implementasi). Risiko dapat muncul baik dari faktor internal proyek maupun faktor eksternal di luar kendali langsung pengelola kegiatan. Kemudian dilakukan pengelompokkan potensi risiko berdasarkan fase siklus hidup proyek, yaitu Fase 1: Perencanaan dan Pra-Konstruksi; Fase 2: Pengadaan dan Konstruksi; Fase 3: Uji Coba Terintegrasi (*Hot Commissioning*); Fase 4: Operasi dan Pemeliharaan; serta Fase 5: Akhir Masa Pakai. Pada setiap fase tersebut, dilakukan penelusuran terhadap potensi penyebab utama dari masing-masing risiko serta konsekuensi yang dapat timbul terhadap biaya, jadwal pelaksanaan, kinerja operasional, maupun keberlanjutan layanan.

Hasil dari proses ini kemudian dirangkum dalam bentuk daftar risiko awal (*risk register*) yang memuat fase risiko, peristiwa risiko, serta deskripsi risiko yang teridentifikasi. Melalui tahapan ini, diharapkan sejak awal telah tersedia gambaran yang komprehensif mengenai berbagai kondisi yang berpotensi menghambat pelaksanaan proyek, menimbulkan tambahan biaya, menyebabkan keterlambatan, atau menurunkan kinerja layanan, sehingga langkah-langkah pengelolaan risiko dapat dirumuskan secara lebih tepat dan sistematis.

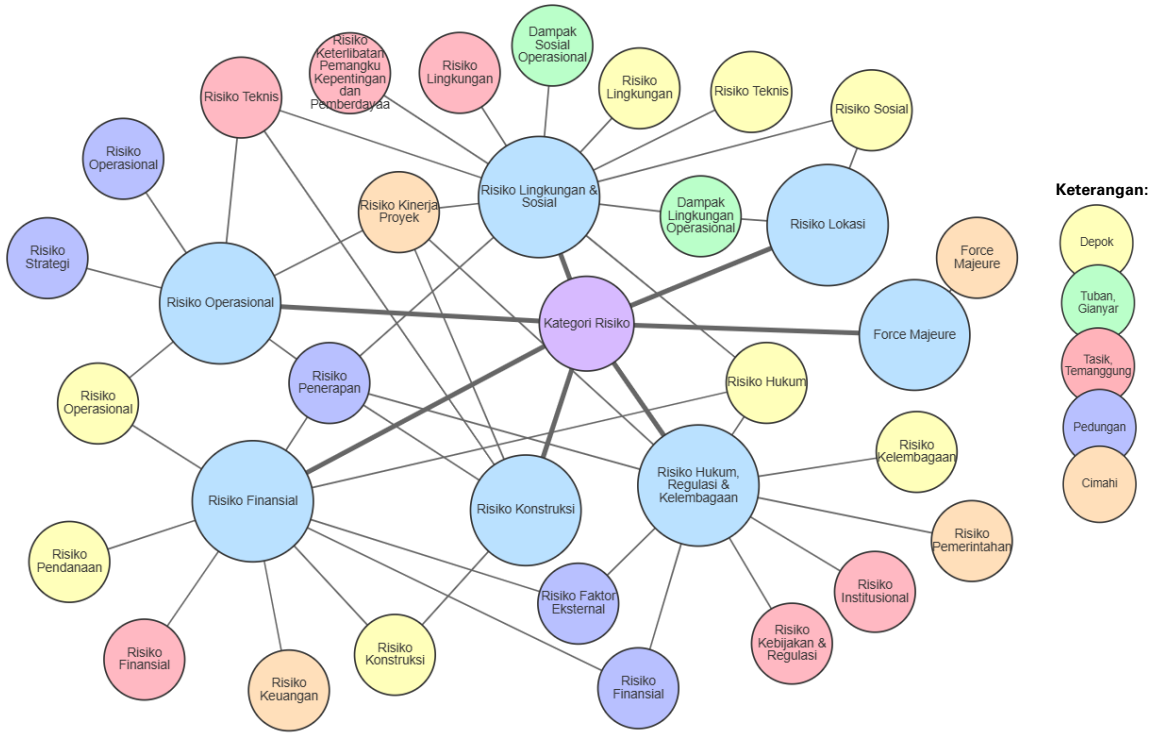
Hasil telaah terhadap berbagai dokumen studi TPST RDF menunjukkan bahwa sebagian besar proyek menghadapi pola risiko yang relatif serupa, meskipun dengan tingkat kedalaman dan struktur identifikasi yang berbeda. Proses *benchmarking* yang dilakukan melalui pemetaan dan perbandingan antar dokumen studi tersebut menghasilkan gambaran empiris mengenai kategori dan karakteristik risiko pada tahap pra-

[27] UNDP Indonesia. (2026). *Laporan Pedoman Studi Kelayakan RDF dan Pengelolaan Sampah: Kerangka Analisis Ekonomi Dan Finansial.* Jakarta: United Nations Development Programme.

konstruksi, konstruksi, hingga operasional. Berdasarkan hasil *benchmarking* terhadap berbagai studi kelayakan TPTS RDF, teridentifikasi 15 kategori risiko.

Namun demikian, analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa sejumlah peristiwa risiko pada beberapa kategori memiliki substansi yang serupa dan hanya berbeda dalam pengelompokan atau penamaannya. Untuk menghindari duplikasi dan memastikan konsistensi klasifikasi, konsultan melakukan pemetaan menggunakan pendekatan visual (*bubble diagram*) guna mengidentifikasi keterkaitan dan irisan antar kategori. *Bubble diagram* kategori risiko ditampilkan pada gambar berikut.

Gambar - Bubble Diagram Kategori Risiko



(Sumber: Analisis Konsultan, 2026)

Hasil pemetaan tersebut menunjukkan adanya konsolidasi menjadi 7 kategori risiko utama yang merepresentasikan seluruh spektrum risiko proyek secara lebih terstruktur dan tidak tumpang tindih. 7 kategori risiko utama meliputi:

1. Risiko Lokasi, berkaitan dengan kepastian hukum, administratif, dan kesiapan fisik lahan yang digunakan untuk pembangunan dan operasional fasilitas. Kategori ini mencerminkan potensi kendala yang timbul akibat ketidakjelasan status kepemilikan, kesesuaian tata ruang, legalitas penggunaan lahan, maupun kondisi eksisting di atas tapak yang dapat memengaruhi kelancaran implementasi proyek. Risiko lokasi pada dasarnya menentukan apakah proyek memiliki landasan hukum dan spasial yang kuat sebelum memasuki tahap konstruksi dan operasi.
2. Risiko Konstruksi, mencakup ketidakpastian yang muncul pada tahap perencanaan teknis hingga penyelesaian pembangunan fasilitas. Risiko ini berhubungan dengan ketepatan desain, kesesuaian teknologi, pengendalian mutu, pengelolaan waktu, serta disiplin biaya selama proses pembangunan. Ketidakefisienan atau ketidaksesuaian dalam tahap ini dapat berdampak pada keterlambatan penyelesaian proyek, peningkatan biaya investasi, serta penurunan kualitas infrastruktur yang dibangun.
3. Risiko Finansial, berkaitan dengan ketidakpastian yang memengaruhi struktur pembiayaan, stabilitas arus kas, serta kelayakan ekonomi proyek dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Risiko ini mencerminkan potensi perubahan kondisi ekonomi, ketidakpastian pendapatan, fluktuasi biaya, serta keterbatasan atau ketidakterpenuhinya komitmen pendanaan. Secara umum, risiko finansial menentukan keberlanjutan operasional proyek dan kemampuannya dalam memenuhi kewajiban ekonomi yang telah direncanakan.

4. Risiko Operasional, berkaitan dengan efektivitas dan keandalan proses pengoperasian fasilitas dalam kondisi aktual. Kategori ini mencerminkan potensi ketidaksesuaian antara asumsi perencanaan dan realitas lapangan, baik dari sisi input, proses, sumber daya manusia, maupun kinerja sistem. Risiko operasional dapat memengaruhi kontinuitas layanan, pencapaian target produksi, serta kualitas output yang dihasilkan.
5. Risiko Lingkungan & Sosial, mencerminkan potensi dampak proyek terhadap kualitas lingkungan hidup, kesehatan dan keselamatan kerja, serta dinamika sosial masyarakat sekitar. Risiko ini berkaitan dengan kemungkinan terjadinya gangguan ekologis, penurunan kualitas lingkungan, maupun munculnya resistensi sosial akibat persepsi atau dampak nyata dari kegiatan proyek. Secara umum, kategori ini berhubungan dengan tingkat penerimaan publik dan keberlanjutan sosial- lingkungan dari penyelenggaraan fasilitas.
6. Risiko Hukum, Regulasi & Kelembagaan, berkaitan dengan kepastian kerangka hukum, stabilitas kebijakan, kejelasan pembagian peran, serta kepatuhan para pihak terhadap peraturan dan perjanjian yang berlaku. Risiko ini mencerminkan potensi perubahan aturan, ketidaksesuaian regulasi, lemahnya koordinasi antar lembaga, maupun tidak terpenuhinya kewajiban kontraktual. Stabilitas aspek ini sangat menentukan kelancaran tata kelola dan kesinambungan kerja sama dalam proyek
7. *Force Majeure*, merupakan risiko yang timbul akibat kejadian luar biasa di luar kendali para pihak, yang dapat mengganggu atau menghentikan pelaksanaan proyek. Risiko ini bersifat eksternal dan tidak dapat diprediksi secara pasti, sehingga umumnya diantisipasi melalui mekanisme pengaturan kontraktual dan strategi mitigasi darurat.

***Benchmark* Kategori Risiko Berdasarkan PT. PII**

Berdasarkan Buku Acuan Alokasi Risiko PT. Penjaminan Infrastruktur Indonesia (PT. PII, 2025), kategori risiko terdiri dari:

1. Risiko Lokasi adalah kelompok risiko terkait ketersediaan, kesiapan, dan kondisi lahan proyek yang dapat memengaruhi jadwal, biaya, atau bahwa lokasi dapat menimbulkan suatu beban atau kewajiban bagi pihak tertentu.
2. Risiko Desain, Konstruksi dan Uji Operasi adalah risiko pada tahap desain, konstruksi atau uji operasi suatu fasilitas proyek atau elemen dari prosesnya yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap biaya maupun kinerja pelayanan proyek.
3. Risiko Sponsor adalah risiko di mana BU tidak dapat memenuhi kewajiban kontraktualnya kepada PJPK akibat tindakan pihak investor swasta selaku sponsor proyek, kegagalan Badan Usaha (BU) dalam memenuhi persyaratan lender, atau kegagalan lender menyediakan pinjaman.
4. Risiko Finansial adalah risiko-risiko terkait aspek kelayakan finansial proyek, yang dapat memengaruhi kelayakan finansial, pendanaan, dan kinerja arus kas proyek..
5. Risiko Operasional adalah risiko di mana proses penyediaan layanan infrastruktur sesuai kontrak - atau suatu elemen dari proses tersebut (termasuk input yang digunakan atau sebagai bagian dari proses itu) - akan terganggu sehingga menghambat Badan Usaha (BU) dalam memberikan layanan sesuai spesifikasi yang disepakati dan/atau sesuai dengan proyeksi biaya.
6. Risiko Pendapatan (Revenue) adalah risiko bahwa pendapatan proyek tidak dapat memenuhi proyeksi tingkat kelayakan finansial, karena perubahan permintaan layanan dan/atau tarif yang disepakati.
7. Risiko Konektivitas Jaringan adalah risiko timbulnya dampak negatif terhadap ketersediaan layanan dan kelayakan finansial proyek akibat perubahan dari kondisi jaringan saat ini atau rencana di masa mendatang.
8. Risiko Interface adalah risiko dimana metode pelaksanaan, sumber pembiayaan proyek oleh para pihak terkait, atau perbedaan standar layanan akan menyebabkan hambatan atau gangguan terhadap penyediaan fasilitas dan layanan infrastruktur yang dilakukan sektor publik atau sebaliknya.
9. Risiko Politik adalah risiko yang terjadi akibat tindakan atau tidak dilakukannya tindakan oleh PJPK yang sebelumnya tidak dapat diprediksi, sehingga merugikan secara material dan mempengaruhi pengembalian atas ekuitas maupun pinjaman.

10. Risiko Kahar (*Force majeure*) adalah risiko terjadinya peristiwa di luar kendali para pihak, baik akibat alam maupun perbuatan manusia, yang dapat menyebabkan penundaan atau kegagalan Badan Usaha (BU) dalam melaksanakan kewajiban kontraktualnya.
11. Risiko Kepemilikan Aset adalah risiko terjadinya peristiwa seperti kejadian kehilangan (misalnya hilangnya kontrak, *force majeure*), perubahan teknologi, dan faktor lainnya, yang menyebabkan penurunan nilai ekonomi aset, baik selama masa kontrak maupun pada akhir masa kontrak.

Dalam konteks penyusunan kerangka manajemen risiko proyek TPST RDF, seluruh kategori risiko yang tercantum dalam pedoman PT. PII digunakan sebagai referensi utama dalam proses identifikasi risiko. Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan bahwa analisis risiko dalam studi ini tetap selaras dengan kerangka pengelolaan risiko yang berlaku secara nasional, khususnya dalam konteks proyek infrastruktur yang berpotensi menggunakan skema kerja sama pemerintah dengan badan usaha (KPBU).

Benchmark kategori risiko PT. PII bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh potensi sumber ketidakpastian proyek dapat dipetakan secara komprehensif, baik yang berkaitan dengan aspek teknis, operasional, finansial, kelembagaan, maupun faktor eksternal yang dapat memengaruhi keberlanjutan proyek. Dengan demikian, struktur kategori risiko yang digunakan dalam laporan ini tidak hanya mencerminkan karakteristik spesifik proyek TPST RDF, tetapi juga tetap mempertahankan konsistensi dengan praktik pengelolaan risiko infrastruktur yang telah distandarkan secara nasional.

Analisis Risiko Berdasarkan Fase Siklus Hidup Proyek

Pendekatan manajemen risiko pada fasilitas *Mechanical Biological Treatment - Refuse Derived Fuel* (MBT-RDF) menggunakan metodologi hibrida, menggabungkan analisis operasional berbasis Siklus Hidup Proyek (*Life Cycle Cost*/LCC) dengan kerangka hukum kepatuhan dari Buku Acuan Alokasi Risiko PT. Penjaminan Infrastruktur Indonesia (PT. PII) Sektor Persampahan. Melalui strategi *umbrella mapping*, karakteristik dinamis dari sampah kota seperti evolusi material, toksisitas, dan keandalan logistik daerah, dimasukkan secara spesifik ke dalam 11 Kategori Resmi PT. PII (Tabel – Matriks Risiko Berdasarkan 5 Fase Siklus Hidup Proyek).

Dalam laporan ini, konsultan membagi kategori risiko ke dalam lima fase, yaitu:

1. Fase 1: Perencanaan dan Pra-Konstruksi
2. Fase 2: Pengadaan dan Konstruksi
3. Fase 3: Uji Coba Terintegrasi (*Hot Commissioning*)
4. Fase 4: Operasi dan Pemeliharaan
5. Fase 5: Akhir Masa Pakai

Untuk menunjukkan keterkaitan antar risiko proyek dengan ruang lingkup analisis Studi Kelayakan, dilakukan pemetaan antara pilar analisis FS dan fase siklus hidup proyek. Pemetaan ini membantu mengidentifikasi pada fase mana suatu isu atau risiko berpotensi muncul, disajikan pada tabel berikut.

Tabel Pemetaan Pilar Analisis FS dengan Fase Siklus Hidup Proyek

Pilar Analisis	Fase 1 Perencanaan & Pra-Konstruksi	Fase 2 Pengadaan & Konstruksi	Fase 3 Hot Commissioning	Fase 4 Operasi & Pemeliharaan	Fase 5 Akhir Masa Pakai
1. Konteks Proyek & Baseline Wilayah	✓				
2. Kerangka Regulasi & Kebijakan	✓	✓	✓	✓	✓
3. Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan	✓		✓	✓	

4. Teknologi & Kinerja Proses	✓	✓	✓	✓	
5. Produk & Kesiapan Pasar	✓		✓	✓	
6. Neraca Massa	✓		✓	✓	
7. Biaya & Pembiayaan	✓	✓		✓	✓
8. Tata Kelola, Kelembagaan & Stuktur Legal	✓	✓	✓	✓	✓
9. Lingkungan, Sosial & Iklim	✓	✓	✓	✓	✓
11. Kesiapan Implementasi & Tahapan	✓	✓	✓		

Pembagian kategori risiko berbasis fase ini bertujuan untuk menangkap dinamika risiko secara kronologis dan operasional, sehingga setiap risiko dapat dianalisis sesuai konteks kemunculannya. Melalui struktur berbasis fase ini, identifikasi dan alokasi risiko menjadi lebih presisi, karena mempertimbangkan perubahan karakter ancaman dari tahap pra-konstruksi hingga pasca-operasi. Struktur ini juga memudahkan penentuan strategi mitigasi yang spesifik dan proporsional terhadap fase proyek yang bersangkutan. Setiap risiko di bawah ini dilengkapi dengan alokasi penanggung jawab, mitigasi teknis (SOP/Rekayasa), dan mitigasi kontraktual (Legal/Finansial).

Fase 1: Perencanaan dan Pra-Konstruksi

Fase pertama merupakan titik penentu kelayakan proyek di mana kesalahan asumsi dasar dapat merusak struktur keekonomian dan finansial proyek. Ancaman pertama adalah Risiko Lokasi dan Perizinan. Jika proyek membutuhkan pembebasan lahan baru atau memicu penolakan warga (fenomena *Not in My Back Yard*/NIMBY) terkait ketakutan akan bau, maka proses AMDAL dan IMB akan tertahan. Risiko ini dialokasikan kepada PJPK (Pemerintah). Pemerintah wajib mengamankan lahan *Clear & Clean* sebelum *Financial Close*. Di sisi teknis, Badan Usaha (BU) mendukung dengan mendesain fasilitas yang 100% tertutup (*enclosed*).

Ancaman kedua adalah Risiko Desain (Kapasitas Pasokan), di mana *blower bio-drying* kekurangan kapasitas karena sampah lokal ternyata sangat basah (kadar air 65%). Risiko ini dialokasikan kepada BU. BU wajib melakukan studi karakterisasi sampah primer selama dua musim sebelum merancang mesin, dan menanggung seluruh kerugian tanpa kompensasi jika desain gagal mencapai spesifikasi akibat kelalaian uji sampel.

Selanjutnya, terdapat ancaman Risiko Pendapatan (Pasar *Off-Taker*), di mana pabrik menjadi aset mangkrak karena dibangun tanpa pembeli pasti. Risiko ini menjadi tanggung jawab BU atau dibagi bersama PJPK. Mitigasinya mengharuskan BU menerapkan *Demand-Driven Design*, serta mengamankan perjanjian *Take-or-Pay* dengan pabrik semen/PLTU sebagai Syarat Efektif Kontrak (*Condition Precedent*) pencairan kredit. Di fase ini juga rentan terhadap Risiko Politik (Tumpang Tindih Regulasi), seperti saat KLHK melakukan standar emisi yang ketat sementara ESDM mewajibkan penyerapan RDF. Selain itu, terdapat potensi kegagalan Sinkronisasi Anggaran, di mana APBD Provinsi/Pusat menahan subsidi *Tipping Fee*. Risiko ini juga dialokasikan kepada PJPK dengan mitigasi teknis berupa pembagian peran operasional logistik yang jelas di lapangan, dan mitigasi kontraktual berupa penandatanganan Perjanjian Regres (*Inter-governmental Agreement*) untuk memastikan komitmen sebelum lelang. Risiko akan dialokasikan kepada PJPK (Pusat), sementara mitigasinya mewajibkan terbitnya payung hukum lintas kementerian (Perpres/SKB) untuk melindungi kelangsungan proyek.

Fase 2: Pengadaan dan Konstruksi

Pada fase fisik ini akan berfokus pada kualitas eksekusi kontraktor EPC. Pada fase ini terdapat **Risiko Konstruksi (Penyelesaian Rantai Pasok)** berupa keterlambatan kedatangan mesin *shredder* impor yang

dapat mengacaukan jadwal proyek. Risiko ini akan ditanggung sepenuhnya oleh BU. Pemesanan alat berat utama harus dilakukan tepat pada hari *Financial Close*, dan BU akan dikenakan Denda Keterlambatan (*Liquidated Damages*) harian jika gagal mencapai Tanggal Operasi Komersial (COD).

Terkait dengan **Risiko Konstruksi dan Lingkungan (Sipil)**, kegagalan melapisi *tipping floor* dengan epoksi yang benar dapat membuat lindi merusak beton dan mencemari tanah. Hal ini akan menjadi beban BU, dengan mitigasi teknisnya mensyaratkan pengawasan QA/QC ketat oleh konsultan independen. BU wajib memperbaiki cacat konstruksi dengan biaya sendiri selama Masa Garansi (*Defect Liability Period*). Sementara itu, **Risiko Kenaikan Biaya (*Cost Overrun*)** akibat inflasi harga baja dan beton ditanggung oleh BU melalui berbagai strategi yang tersedia salah satunya melaui pendekatan *Value Engineering* dan pembelian material grosir (*bulk buying*). Secara kontraktual, hal ini dikunci melalui penggunaan kontrak EPC *Turnkey*/*Fixed-Price*.

Fase 3: Uji Coba Terintegrasi (*Hot Commissioning*)
Risiko Uji Operasi (*Bottlenecking*) seringkali menjadi salah satu faktor pada fase ini. Kejadian yang terjadi antara lain mesin yang macet akibat terlilit sampah tekstil sehingga target gagal tercapai. Risiko akan ditanggung oleh BU, dengan mitigasinya dapat melalui modifikasi corong (*chute*) dan pelaksanaan operasi bertahap (*ramp-up*). Pemerintah dapat menahan pembayaran *Tipping Fee/Availability Payment* hingga pabrik lulus Uji Kinerja yang stabil selama 30 hari.

Terjadi pula Risiko Operasi (Kegagalan Teknologi Biologis) jika bakteri *bio-drying* gagal menghasilkan panas. BU wajib melakukan penambahan inokulan secara manual. Dampak kegagalan ini bermuara pada penolakan kualitas RDF awal oleh pembeli (kadar klorin/air melampaui standar). Kalibrasi ulang algoritma mesin *optical sorter* (NIR), serta biaya operasional uji coba dan pembuangan RDF afkir, menjadi tanggungan sepenuhnya dari Badan Usaha.

Fase 4: Operasi dan Pemeliharaan
Memasuki umur operasional 15 tahun, tantangan bergeser pada logistik, keandalan mesin, dan dinamika warga. Berdasarkan standar PT PII, tantangan pertama adalah Risiko Operasi (Logistik dan Rute Pengumpulan). Jika armada truk milik Dinas Lingkungan Hidup (DLH) mogok massal atau terjebak macet, pabrik akan gagal disuplai. Risiko ini ditanggung oleh PJPK. PJPK wajib menyusun *Masterplan* rute logistik dan BU mengintegrasikan GPS armada. Jika PJPK gagal menyuplai kuota harian, PJPK dapat dikenakan kewajiban bayar batas minimal (*Put-or-Pay*).

Tantangan kedua adalah Risiko Lokasi dan Lingkungan Mandiri, di mana getaran mesin (kebisingan) dan emisi bau menyebar ke pemukiman warga, memicu demonstrasi dan penutupan paksa pabrik. Risiko ini akan dialokasikan kepada BU, dengan mitigasinya melalui pemasangan peredam akustik (*acoustic enclosure*), *Negative Pressure*, dan *bio-filter*. BU menanggung denda lingkungan dan kerugian *downtime* akibat protes warga.

Tantangan ketiga adalah Risiko Operasional dan Kenaikan Biaya O&M. Sampah yang abrasif membuat pisau *shredder* cepat aus. Jika BU bergantung pada suku cadang impor, OPEX akan meningkat signifikan akibat fluktuasi kurs mata uang asing dan mahalnya biaya pengiriman. Risiko dialokasikan kepada BU, dengan mitigasi utamanya adalah penerapan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) dengan bermitra bersama produsen fabrikasi lokal untuk melakukan *reverse engineering* dan las *hardfacing*. Pembengkakan OPEX adalah murni tanggungan BU tanpa kompensasi tambahan dari PJPK. Fasilitas juga dapat mengalami Risiko Keselamatan/Kahar akibat ledakan debu volumetrik RDF. Risiko ini dibagi oleh kedua belah pihak (*Shared*); BU wajib memasang kamera termal, *deluge system*, serta memiliki asuransi *All Risk*.

Dari sisi makro, proyek menghadapi Risiko Operasi (Menurunnya Kualitas Input). Tercampurnya limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) seperti baterai, jarum suntik, atau kaleng kimia ke sampah domestik berpotensi membuat RDF ditolak *off-taker* karena toksisitas tinggi. Risiko ini dibagi antara BU dan PJPK. BU wajib membangun stasiun pemilahan manual (*pre-sorting*) di *tipping floor*, sementara PJPK wajib mengedukasi warga. Secara legal, BU berhak menolak armada truk PJPK yang memuat B3 melampaui

toleransi tanpa dikenakan pemotongan *Tipping Fee*. Selain itu, jika Nilai Kalori (LHV) sampah turun drastis akibat kesuksesan program diet plastik pemerintah (3R), PJPK wajib membayarkan kompensasi sesuai batasan nilai kalor dalam kontrak.

Terkait keuangan, proyek menghadapi Risiko Pendapatan (Kegagalan Bayar/Penurunan Permintaan). Risiko ini muncul jika pabrik semen menolak RDF, atau PJPK gagal membayar Tipping Fee akibat penagihan retribusi sampah warga macet. Risiko ini dialokasikan bersama. Mitigasi teknis bagi BU adalah menyiapkan mesin pembungkus (*baling*) untuk menyimpan RDF, serta dilindungi klausul *Take-or-Pay* pembeli. Bagi PJPK, *Tipping Fee* tidak boleh bergantung pada fluktuasi retribusi warga, melainkan harus dijamin melalui penganggaran *Multi-Years* APBD dan penjaminan PT PII.

Fase 5: Akhir Masa Pakai

Pada akhir konsesi, Risiko Kepemilikan Aset (Finansial Akhir) muncul jika tidak ada dana tunai untuk membongkar mesin yang telah terkontaminasi. Risiko ini akan ditanggung oleh BU, dimana kontrak mewajibkan BU mencicil setoran ke Rekening *Escrow/Sinking Fund* setiap tahun selama operasi.

Pengawasan lingkungan yang lemah memunculkan Risiko Lokasi dan Lingkungan (Pencemaran Laten/Kewajiban Remediasi). Jika audit penutupan di tahun ke-15 menemukan lindi meresap secara diam-diam ke air tanah, biaya remediasi puluhan miliar rupiah dibebankan sepenuhnya kepada BU. Secara teknis, BU harus merawat sumur pantau (*monitoring wells*) secara ketat sejak awal. Secara kontraktual, PJPK berhak menyita Jaminan Pelaksanaan Akhir (*Performance Bond*) jika lahan terbukti belum bersih. Terakhir, untuk mencegah aset terdampar (tumpukan RDF yang tidak produktif), maka diperlukan adanya kontrak tegas yang memuat kebijakan *Zero Inventory Policy*, yang melarang BU menyerahkan fasilitas sebelum seluruh area bersih dari limbah.

Untuk mempermudah penelusuran (*tracking*) dari analisis naratif di atas, berikut adalah matriks risiko (tabel eksekutif) yang memetakan Fase Proyek (LCC) terhadap Kategori resmi Acuan PT. PII, Alokasi Penanggung Jawab, serta instrumen Mitigasinya. *(Catatan: Register Risiko Penuh/Full Risk Register terlampir pada Tabel – Full Risk Register).*

Tabel *Risk Executive Summary*

Fase Proyek (LCC)	Terminologi Kategori (Acuan PT PII Sektor Persampahan)	Deskripsi Kejadian Kritis di Lapangan (Konteks MBT-RDF)	Alokasi Risiko	Mitigasi Teknis (SOP / *Engineering*)	Mitigasi Kontraktual & Finansial (Legal/Finance)
Fase 1: Perencanaan & Pra-Konstruksi	1. Risiko Lokasi: Keterlambatan perolehan lahan & Izin AMDAL	Proyek memicu penolakan warga (NIMBY) karena isu bau, sehingga lahan terkendala dan AMDAL tertahan.	PJPK (Pemerintah)	PJPK melakukan sosialisasi dini. BU mendesain fasilitas 100% tertutup.	PJPK wajib menyediakan lahan *clear & clean* dan izin sebelum *Financial Close*.
Fase 1	2. Risiko Desain: Kesalahan estimasi / Ketidakjelasan spesifikasi	Salah memprediksi kadar air sampah (65% air). Kapasitas *blower bio-drying* kurang, spesifikasi output gagal.	Badan Usaha (BU)	Melakukan studi karakterisasi sampah primer dua musim sebelum desain final dibekukan.	BU menanggung seluruh kerugian tanpa kompensasi jika terjadi kesalahan desain.
Fase 1	6. Risiko Pendapatan: Offtaker	Pengadaan mesin dimulai tanpa kontrak dengan pabrik semen/PLTU.	Badan Usaha (BU) / Dibagi	Menerapkan *Demand-Driven Design* (desain berdasarkan	Kewajiban mengamankan *Letter of Intent* (LoI) atau *Take-or-Pay*

		Pabrik jadi aset mangkrak karena tidak ada pembeli RDF.		permintaan spek pembeli).	*Agreement* sebagai syarat (*Condition Precedent*) sebelum pencairan kredit bank.
Fase 2: Pengadaan & Konstruksi	2. Risiko Konstruksi: Terlambatnya penyelesaian konstruksi	Mesin *shredder* impor telat berbulan-bulan (gangguan rantai pasok global), mengacaukan target operasi.	Badan Usaha (BU)	Pemesanan alat berat utama dilakukan serentak pada hari *Financial Close*.	BU dikenakan klausul *Liquidated Damages* harian jika gagal mencapai COD tepat waktu.
Fase 2	2. Risiko Konstruksi: Kenaikan biaya konstruksi	*Cost Overrun* (pembengkakan biaya) akibat inflasi harga baja dan beton.	Badan Usaha (BU)	*Value Engineering* dan strategi pembelian material grosir (*bulk buying*) di awal.	Menggunakan kontrak EPC *Turnkey / Fixed-Price* (mengalihkan risiko inflasi ke kontraktor).
Fase 3: Uji Coba Terintegrasi	2. Risiko Uji Operasi: Kesalahan estimasi waktu/biaya	Mesin macet terlilit tekstil (*bottlenecking*). Bakteri bio-drying gagal. Kapasitas 200 TPD tidak tercapai.	Badan Usaha (BU)	*Ramp-up* operasi bertahap, penyesuaian corong mesin, dan injeksi bakteri inokulan manual.	Pembayaran *Tipping Fee* ditahan hingga pabrik lulus Uji Kinerja stabil 30 hari berturut-turut.
Fase 4: Operasi & Pemeliharaan	5. Risiko Operasi: Terganggunya kepastian rute dan jadwal angkut sampah	Armada truk Dinas Lingkungan Hidup (DLH) mogok/macet, pabrik gagal disuplai 200 TPD.	Bersama (*Shared*)	PJPK menyusun *Masterplan* rute logistik; BU mengintegrasikan GPS manajemen armada.	PJPK dikenakan kewajiban bayar batas minimal (*Put-or-Pay*) atas kuota sampah yang gagal disuplai.
Fase 4	1. Risiko Lokasi: Kontaminasi polusi ke lingkungan & Keresahan masyarakat	Getaran mesin (kebisingan) dan bau menyebar. Warga mendemo dan menyegel penutupan pabrik secara paksa.	Badan Usaha (BU)	Pemasangan peredam akustik (*acoustic enclosure*), sistem *Negative Pressure*, dan *Bio-filter*.	BU menanggung denda lingkungan KLHK dan seluruh kerugian *downtime* akibat penutupan.
Fase 4	5. Risiko Operasi: Kenaikan biaya O&M	Pisau *shredder* cepat aus. Impor suku cadang mahal karena kurs naik, memicu OPEX membengkak ekstrem.	Badan Usaha (BU)	Penerapan TKDN: Bermitra dengan bengkel lokal untuk fabrikasi dan las *hardfacing* pisau aus.	Kenaikan harga *spare-part* murni tanggungan BU dan akan memotong *Equity IRR* tanpa kompensasi PJPK.
Fase 4	5. Risiko Operasi: Menurunnya kualitas input / Pengkategorian residu B3	Masuknya Limbah B3 beracun (baterai, vape, limbah medis) dari warga. RDF ditolak pembeli karena kadar toksisitas.	Bersama (*Shared*)	PJPK mengedukasi warga. BU membangun stasiun *pre-sorting* (pemilahan manual awal).	BU berhak menolak muatan truk PJPK yang mengandung B3 di atas toleransi tanpa pemotongan *fee*.
Fase 4	6. Risiko Pendapatan: Penurunan volume	Pabrik Semen menolak beli RDF. Pemda gagal bayar	Bersama (*Shared*)	BU menyiapkan mesin pembungkus (*baling*) RDF untuk	Klausul *Take-or-Pay* untuk pabrik semen. *Tipping Fee* dijamin

	permintaan / Kegagalan bayar *Tipping Fee*	Tipping Fee karena penagihan retribusi warga macet.		disimpan secara aman di gudang.	anggaran *Multi-Years* APBD & PT PII.
Fase 5: Akhir Masa Pakai	11. Risiko Kepemilikan Aset: Transfer aset setelah kontrak berakhir	Tahun ke-15 tidak ada dana tunai untuk membongkar mesin raksasa. Fasilitas mangkrak penuh sampah.	Badan Usaha (BU)	Penerapan *Zero Inventory Policy* (larangan ada stok limbah tersisa) jelang tahun terakhir.	Kontrak mewajibkan BU mencicil setoran tunai ke Rekening *Sinking Fund* setiap tahun.
Fase 5	1. Risiko Lokasi: Kontaminasi ke lingkungan lokasi (*Legacy Contamination*)	Risiko Pencemaran Laten: Audit menemukan lindi meresap diam-diam ke air tanah selama 15 tahun operasi.	Badan Usaha (BU)	Perawatan lapisan lantai kedap air dan sumur pantau (*monitoring wells*) secara ketat sejak awal.	BU membiayai seluruh remediasi tanah. PJPK berhak menyita *Performance Bond* akhir milik BU.

(Sumber: Analisis Konsultan, 2026)

Tabel – Matriks Risiko Berdasarkan 5 Fase Siklus Hidup Proyek

Fase Proyek & Kejadian Kritis di Lapangan	**1. Lokasi**	**2. Desain, Konstruksi & Uji Operasi**	**3. Sponsor**	**4. Finansial**	**5. Operasional**	**6. Pendapatan**	**7. Konektvitas**	**8. Interface**	**9. Politik**	**10. Kahar**	**11. Aset**
FASE 1: PRA-KONSTRUKSI											
Keterlambatan pembebasan lahan	**X**										
Keresahan Masyarakat (NIMBY) & AMDAL	**X**										
Kesalahan desain / Spesifikasi input (Kadar air)		**X**									
Tidak ada pembeli RDF						X					
Kegagalan Pembiayaan (*Financial Close*)			**X**								
Perubahan Regulasi & Tumpang Tindih (KLHK/ESDM)									**X**		
Ekspropriasi / Nasionalisasi									**X**		
FASE 2: KONSTRUKSI											
Keterlambatan Konstruksi (Rantai pasok global)		**X**									
Kenaikan Biaya (*Cost Overrun*) Baja/Beton		**X**									
Cacat Sipil Lingkungan (Lantai lindi bocor)		**X**									
Keterlambatan utilitas pendukung (Jaringan PLN)								**X**			
FASE 3: UJI COBA (*HOT COMMISSIONING*)											
Kegagalan Uji Kinerja (*Bottlenecking*)		**X**									
Risiko Kegagalan Biologis		**X**									

Risiko Kualitas Produk Awal		X									
FASE 4: OPERASI & PEMELIHARAAN											
Terganggunya jadwal angkut (Truk DLH macet)					X						
Menurunnya kualitas input (Program diet plastik 3R)					X						
Pengkategorian residu B3 (Limbah warga toksik)					X						
Kontaminasi Lingkungan Mandiri (Demo kebisingan)	X										
Kenaikan Biaya O&M (Pisau aus / Impor *spare-part*)					X						
Konsumsi listrik					X						
Kegagalan Bayar PJPK (*Retribusi warga macet*)						X					
Penurunan Permintaan (Pembeli semen menolak)						X					
Inflasi, Suku Bunga, & Nilai Tukar Makro				X							
Bencana Alam & Kahar Buatan Manusia (Ledakan)										X	
FASE 5: DEKOMISIONING (AKHIR MASA PAKAI)											
Transfer aset terkendala (Tanpa *Sinking Fund*)											X
Pencemaran Laten (Lindi meresap) & Remediasi	X										
Risiko Aset Terdampar (Timbunan RDF tidak produktif/B3)											X

Tabel – *Full Risk Register*

Fase Proyek (LCC)	**Kategori Risiko (PT. PII)**	**Peristiwa Risiko (Sesuai PT. PII & Konteks Proyek RDF)**	**Alokasi**	**Mitigasi Teknis (SOP / *Engineering*)**	**Mitigasi Kontraktual & Finansial**
Fase 1: Pra-Konstruksi	1. Risiko Lokasi	Keterlambatan pembebasan lahan: Proyek terhambat karena lahan belum *clean and clear* atau adanya sengketa tanah warga.	PJPK	Pemerintah menyusun kajian perencanaan tanah secara matang sebelum lelang.	PJPK diwajibkan menyerahkan lahan secara legal sebelum *Financial Close*.
Fase 1	1. Risiko Lokasi	Keresahan Masyarakat (NIMBY) & AMDAL: Warga menolak pembangunan karena takut bau/macet, menahan penerbitan AMDAL.	PJPK	Sosialisasi dini; BU mendesain fasilitas 100% tertutup (*enclosed*) dan kedap bau.	PJPK menanggung kompensasi keterlambatan jika gagal meredam isu sosial.

Fase 1	2. Risiko Desain	Kesalahan desain / Spesifikasi input: Asumsi kadar air sampah salah (faktanya 65% air), *blower bio-drying* kurang kapasitas.	BU	Studi karakterisasi sampah primer selama dua musim sebelum desain final dibekukan.	BU menanggung seluruh kerugian/modifikasi mesin tanpa kompensasi dari PJPK.
Fase 1	6. Risiko Pendapatan: Offtaker	Pengadaan mesin dimulai tanpa kontrak dengan pabrik semen/PLTU. Pabrik jadi aset mangkrak karena tidak ada pembeli RDF.	Badan Usaha (BU) / Dibagi	Menerapkan *Demand-Driven Design* (desain berdasarkan permintaan spek pembeli).	Kewajiban mengamankan *Letter of Intent* (LoI) atau *Take-or-Pay Agreement* sebagai syarat (*Condition Precedent*) sebelum pencairan kredit bank.
Fase 1	3. Risiko Sponsor	Kegagalan Pembiayaan (*Financial Close*): BU gagal mendapatkan kredit dari bank karena dinilai kurang *bankable*.	BU	Penyiapan dokumen studi kelayakan dan *Business Plan* berstandar internasional.	Jaminan Penawaran (*Bid Bond*) milik BU disita oleh PJPK, dan BU diganti.
Fase 1	9. Risiko Politik	Perubahan Regulasi & Tumpang Tindih: Benturan aturan KLHK (pengetatan emisi) vs ESDM (wajib penyerapan RDF).	PJPK	Sinkronisasi desain teknologi filter emisi pada spesifikasi awal bersama KLHK.	Provisi kontrak wajib memuat payung hukum lintas kementerian (Perpres/SKB).
Fase 1	9. Risiko Politik	Ekspropriasi / Nasionalisasi: Pengambilalihan aset proyek secara sepihak oleh pemerintah.	PJPK	-	PJPK wajib membayar nilai buku aset dan hilangnya potensi pendapatan BU.
Fase 2: Konstruksi	2. Risiko Konstruksi	Keterlambatan Konstruksi: Gangguan rantai pasok global menyebabkan mesin *shredder* impor telat berbulan-bulan.	BU	Pemesanan alat berat (*long lead items*) dilakukan pada hari *Financial Close*.	BU dikenakan *Liquidated Damages* (Denda Keterlambatan) harian.
Fase 2	2. Risiko Konstruksi	Kenaikan Biaya (*Cost Overrun*): Inflasi drastis pada harga material dasar (baja, beton) selama masa pembangunan.	BU	*Value Engineering* dan pembelian material secara grosir di awal proyek.	Penggunaan kontrak EPC *Turnkey / Fixed-Price* (mengalihkan risiko ke kontraktor).
Fase 2	2. Risiko Konstruksi	Cacat Sipil (Lingkungan): Lantai tidak diepoksi dengan benar, lindi merusak beton sejak awal.	BU	Pengawasan QA/QC ketat oleh Konsultan Independen saat pengecoran beton.	BU memperbaiki cacat dengan biaya sendiri selama *Defect Liability Period*.
Fase 2	8. Risiko Interface	Keterlambatan utilitas pendukung: Jaringan listrik PLN tegangan menengah terlambat masuk ke lokasi pabrik.	Bersama	Koordinasi paralel sejak awal dengan PLN dan Dinas PU setempat.	PJPK membantu mediasi dengan BUMN terkait; jika molor, jadwal COD disesuaikan.
Fase 3: Uji Coba	2. Risiko Uji Operasi	Kegagalan Uji Kinerja (*Bottlenecking*): Mesin macet terlilit tekstil, bakteri gagal memanaskan sampah, gagal capai 200 TPD.	BU	*Ramp-up* bertahap, penyesuaian *chute*, dan injeksi inokulan manual.	Pembayaran *Tipping Fee* ditahan hingga lulus Uji Kinerja stabil 30 hari.

Fase 3	2. Risiko Uji Operasi	Risiko Kegagalan Biologis: Bakteri di *bio-drying* gagal menghasilkan panas. Sampah tetap basah, pencacahan tidak efisien.	Badan Usaha (BU)	Penambahan inokulan/bakteri starter dan penyesuaian aliran udara di bunker secara manual.	Tanggung jawab teknis BU. Jika gagal diperbaiki, BU dianggap gagal memenuhi Spesifikasi Layanan dan bisa dikenai pemutusan kontrak.
Fase 3	2. Risiko Desain dan Uji Operasi	Risiko Kualitas Produk Awal: RDF ditolak pembeli karena klorin (PVC) > 0,5% atau kadar air > 20%.	Badan Usaha (BU)	Kalibrasi ulang algoritma mesin *optical sorter* (NIR) dan perpanjangan waktu retensi *bio-drying*.	Biaya operasional selama uji coba yang gagal dan biaya pembuangan RDF afkir ditanggung oleh BU.
Fase 4: Operasi	5. Risiko Operasi	Terganggunya jadwal angkut sampah: Armada truk Pemda mogok/macet, gagal menyuplai target 200 TPD ke fasilitas.	Bersama	PJPK menyusun *Masterplan* rute logistik; BU mengintegrasikan GPS armada.	PJPK dikenakan skema *Put-or-Pay* atas volume sampah yang gagal dikirim.
Fase 4	5. Risiko Operasi	Menurunnya kualitas input (Program 3R): Kampanye diet plastik sukses, Nilai Kalori (LHV) sampah turun drastis.	PJPK	Fasilitas dilengkapi jalur *blending* biomassa tambahan.	PJPK memberi kompensasi penalti jika LHV anjlok di bawah *baseline* kontrak.
Fase 4	5. Risiko Operasi	Pengkategorian residu B3 (Toksisitas): Limbah medis/baterai/vape masuk ke sampah domestik, RDF ditolak karena toksik.	Bersama	PJPK edukasi warga; BU membangun stasiun *pre-sorting* manual di pabrik.	BU berhak menolak truk sampah terkontaminasi B3 tanpa pemotongan tarif layanan.
Fase 4	1. Risiko Lokasi	Kontaminasi Lingkungan Mandiri: Kebisingan & emisi bau memicu demo warga, operasional ditutup paksa.	BU	Pemasangan peredam akustik mesin, sistem *Negative Pressure*, dan *bio-filter*.	BU menanggung denda lingkungan dan menelan kerugian hilangnya pendapatan.
Fase 4	5. Risiko Operasi	Kenaikan Biaya O&M (Suku Cadang): Pisau *shredder* cepat aus, biaya impor mahal akibat kurs, OPEX membengkak.	BU	Penerapan TKDN: Kemitraan dengan bengkel lokal untuk *reverse engineering* pisau.	Ketidakefisienan OPEX dan kenaikan kurs suku cadang memotong *Equity IRR* murni milik BU.
Fase 4	5. Risiko Operasi	Konsumsi listrik blower dan *shredder* melebihi pendapatan penjualan RDF. Arus kas bulanan negatif.	Badan Usaha (BU)	Audit energi rutin, mematikan konveyor saat *idle*, dan optimalisasi jadwal operasional mesin berat di luar jam puncak PLN.	Kesalahan proyeksi beban listrik sepenuhnya ditanggung BU dan akan menggerus margin keuntungan (*Equity IRR*) mereka.
Fase 4	6. Risiko Pendapatan	Kegagalan Bayar PJPK (*Retribusi Macet*): Pemda menunggak *Tipping Fee* karena penagihan retribusi warga ke RT/RW macet.	Bersama	-	PJPK wajib menjamin alokasi *Multi-Years* APBD; diproteksi penjaminan PT PII.
Fase 4	6. Risiko Pendapatan	Penurunan Permintaan Pembeli: Pabrik semen/PLTU menolak menyerap RDF akibat *maintenance* atau alasan sepihak.	Bersama	BU menyiapkan mesin pembungkus (*baling*) untuk stok inventori aman.	Klausul *Take-or-Pay* melindungi BU; pembeli tetap membayar denda.

Fase 4	4. Finansial Makro	Inflasi, Suku Bunga, & Nilai Tukar: Gejolak makroekonomi selama masa konsesi 15 tahun.	Bersama	Lindung nilai (*Hedging*) instrumen keuangan oleh BU.	Adanya formula penyesuaian tarif (*Tariff Adjustment / Indexation*) berkala dalam PKS.
Fase 4	10. Risiko Kahar	Bencana Alam & Kahar Buatan Manusia: Gempa bumi, banjir ekstrem, atau ledakan debu/kebakaran katastropik di pabrik.	Bersama	Membangun struktur tahan gempa dan memasang *Thermal Camera/Deluge System*.	BU wajib memiliki asuransi *All-Risk*; kontrak dapat diperpanjang jika terdampak Kahar.
Fase 5: Dekomisioning	11. Aset	Transfer aset terkendala (Tanpa Sinking Fund): Tahun ke-15 tidak ada dana untuk membongkar mesin dan merapikan lahan.	BU	-	BU diwajibkan mencicil pendanaan ke Rekening *Escrow/Sinking Fund* setiap tahun.
Fase 5	1. Risiko Lokasi	Pencemaran Laten & Remediasi: Audit akhir menemukan lindi meresap diam-diam ke air tanah selama 15 tahun.	BU	Perawatan lapisan kedap air dan sumur pantau (*monitoring wells*) yang disiplin.	BU menanggung 100% biaya remediasi. PJPK dapat menyita *Performance Bond* akhir.
Fase 5	11. Aset	Risiko Aset Terdampar: Fasilitas diserahkan namun penuh dengan timbunan limbah B3/RDF tidak produktif.	BU	Manajemen inventori ketat di tahun terakhir masa operasi.	Aturan *Zero Inventory Policy*; dilarang serah-terima jika lahan belum bersih.

5.2 Penilaian Risiko

Setelah risiko teridentifikasi, tahap berikutnya adalah penilaian risiko untuk memahami tingkat signifikansinya terhadap proyek. Penilaian dilakukan dengan dua parameter utama:

- Probabilitas: Menilai kemungkinan terjadinya setiap risiko berdasarkan kondisi lokal dan pengalaman proyek serupa.
- Dampak: Menilai besarnya pengaruh risiko terhadap biaya, jadwal, kinerja layanan, lingkungan dan sosial, serta beban fiskal.

Penilaian risiko dapat dipahami sebagai proses terstruktur untuk menilai tingkat keamanan suatu proyek, menyusun rekomendasi yang spesifik, serta mendukung pengambilan keputusan dengan memanfaatkan hasil analisis risiko, estimasi tingkat risiko, dan berbagai informasi lain yang berpotensi memengaruhi keputusan tersebut. Secara khusus untuk memulai Penilaian risiko terdapat hal-hal yang harus dipahami dan jelas yaitu:

- Konteks dan objek dari organisasi, termasuk tujuan, ruang lingkup kegiatan, serta batasan sistem yang akan dinilai.
- Tingkat risiko yang dapat diterima (*risk tolerance*) dan pendekatan penanganan terhadap risiko yang tidak dapat diterima
- Integrasi penilaian risiko ke dalam proses organisasi, sehingga hasilnya menjadi bagian dari mekanisme perencanaan dan pengendalian yang rutin.
- Metode dan teknik yang digunakan, agar proses penilaian selaras dengan kerangka manajemen risiko secara keseluruhan.
- Akuntabilitas, tanggung jawab, dan kewenangan, sehingga setiap tahapan penilaian memiliki penanggung jawab yang jelas.
- Ketersediaan sumber daya, baik sumber daya manusia, waktu, maupun dukungan data dan pendanaan yang memadai.
- Mekanisme peninjauan dan pelaporan, untuk memastikan hasil penilaian risiko terdokumentasi, diperbarui secara berkala, dan digunakan dalam proses pengambilan keputusan.

Metodologi penilaian tingkat risiko dapat dilakukan dengan menggunakan skala lima poin untuk kemungkinan terjadinya risiko (*likelihood*) serta skala lima poin untuk besaran dampaknya. Kedua parameter tersebut dikombinasikan untuk memperoleh tingkat risiko keseluruhan. Hasil pengukuran ini kemudian digunakan untuk menyusun daftar risiko inheren, yaitu risiko-risiko yang teridentifikasi berpotensi muncul selama pelaksanaan proyek beserta tingkat keparahannya.

Secara khusus, untuk memulai penilaian risiko terdapat hal-hal yang harus dipahami dan jelas yaitu:

- Konteks dan objek dari organisasi.
- Risiko-risiko apa saja yang bisa ditoleransi, dan bagaimana risiko yang tidak diterima akan diperlakukan.
- Bagaimana penilaian risiko dapat diintegrasikan ke dalam proses organisasi.
- Metode dan teknik yang digunakan untuk penilaian risiko terhadap proses manajemen risiko secara kesuluruhan.
- Akuntabilitas, tanggung jawab, dan kewenangan dalam penialaian risiko.
- Sumber daya yang memadai untuk melaksanakan penialaian risiko.
- Bagaimana penilaian risiko akan ditinjau dan dilaporkan.

Besaran risiko dihitung berdasarkan tingkat probabilitas atau kemungkinan terjadi dan besaran dampak dari suatu item risiko. Klasifikasi probabilitas atau kemungkinan terjadi suatu risiko adalah sebagai berikut:

- **Kategori 1** – Sangat jarang terjadi (0%-5% kejadian)
- **Kategori 2** – Jarang terjadi (5%-20% kejadian)
- **Kategori 3** – Mungkin terjadi (20%-40% kejadian)
- **Kategori 4** – Sering terjadi (40%-70% kejadian)
- **Kategori 5** – Sangat sering terjadi (>70% kejadian)

Sedangkan klasifikasi besaran dampak yang ditimbulkan oleh risiko tersebut baik dari sisi biaya, keterlambatan, keamanan, kinerja, dan hukum adalah sebagai berikut:

- **Kategori 1** – Berdampak sangat kecil (konsekuensi <1%)
- **Kategori 2** – Berdampak cukup kecil (konsekuensi 1%-3%)
- **Kategori 3** – Berdampak sedang (konsekuensi 3%-10%)
- **Kategori 4** – Berdampak cukup besar (konsekuensi 10%-25%)
- **Kategori 5** – Berdampak sangat besar (konsekuensi >25%)

Gambar - Matriks Penilaian Risiko

			Cost Consequence				
			> 25%	10% to 25%	3% to 10%	1% to 3%	< 1%
Scale			5	4	3	2	1
Probability	> 70%	5	Very High	High	High	Medium	Low
	40% to 70%	4	High	High	Medium	Medium	Low
	20% to 40%	3	High	Medium	Medium	Low	Low
	5% to 20%	2	Medium	Medium	Low	Low	Low
	0% to 5%	1	Low	Low	Low	Low	Very Low

(Sumber: Virgina DOT (2011) dalam *A Guide to the Qualitative and Quantitative Assessment of Value for Money in PPPs: Public-Private Partnerships in the Western Balkans*, WBIF 2018)

Penentuan nilai probabilitas dan dampak pada masing-masing risiko dilakukan berdasarkan *expert judgement*. Penentuan nilai risiko pada setiap item ditentukan dengan melakukan perkalian antara nilai probabilitas dan dampak. Semakin besar nilai risiko, maka fokus dan perhatian terhadap item risiko tersebut harus ditingkatkan.

$$\text{Skor Risiko} = \text{Probabilitas} \times \text{Dampak}$$

Tabel - Level Risiko

Level Risiko	Rentang Besaran Risiko	Simbol Warna
Very Low	1	
Low	2-7	
Medium	8-14	
High	15-20	
Very High	21-25	

(Sumber: Virgina DOT (2011) dalam *A Guide to the Qualitative and Quantitative Assessment of Value for Money in PPPs: Public-Private Partnerships in the Western Balkans*, WBIF 2018 (diolah kembali))

Setelah melakukan penentuan nilai pada kategori probabilitas dan kategori dampak, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pemetaan risiko. Pemetaan ini dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pada saat sebelum penerapan langkah mitigas risiko dan setelah tindakan penanganan risiko yang telah diidentifikasi dilaksanakan. Melalui proses ini, dapat diidentifikasi risiko-risiko yang memiliki tingkat prioritas tinggi dan memerlukan langkah mitigasi secara langsung agar potensi dampaknya terhadap pelaksanaan proyek dapat dikendalikan secara efektif.

Keluaran utama dari tahap penilaian risiko adalah matriks risiko dan daftar risiko prioritas. Matriks risiko digunakan untuk mengelompokkan setiap risiko berdasarkan tingkat probabilitas dan dampaknya, sehingga tingkat risiko keseluruhan dapat terlihat secara sistematis, kemudian disusun daftar risiko prioritas berdasarkan hasil pemetaan tersebut yang mencakup risiko dengan tingkat tinggi atau kritis (*very high/critical risks*) yang memerlukan perhatian dan penanganan segera dalam tahap mitigasi risiko.

5.3 Strategi Mitigasi Risiko

Tahap selanjutnya adalah perumusan strategi mitigasi risiko. Menurut PT. PII (2025), penyusunan strategi mitigasi risiko dapat dilakukan setelah proses indentifikasi dan pengalokasian risiko selesai dilakukan, dimana proses ini dapat mencakup penyiapan cadangan risiko, strategi cadangan, *stakeholder engament* dan lainnya. Dalam konsep manajemen risiko dari *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK),

mitigasi seringkali disebutkan sebagai respon risiko. Sebuah respon risiko dari PMBOK memiliki dua klasifikasi utama, yaitu terhadap risiko positif dan risiko negatif. Risiko positif adalah peluang dan risiko negatif tetap disebut sebagai risiko. Respon terhadap risiko negatif terdiri dari 4 upaya, yaitu:

1. *Avoid*: pihak yang bertanggung jawab terhadap risiko menghindari risiko tersebut.
2. *Mitigate*/mitigasi: pihak yang bertanggung jawab berupaya untuk mengurangi nilai kemungkinan atau dampak untuk menghindari risiko yang nilainya tinggi.
3. *Transfer*: pihak yang bertanggung jawab memindahkan risiko tersebut kepada pihak ketiga seperti asuransi.
4. *Accept*: pihak yang bertanggung jawab menerima risiko dengan segala konsekuensinya.

Melalui penjelasan tersebut, maka mitigasi risiko dalam laporan ini berfokus kepada upaya nomor 2, yaitu mitigasi. Pada tahap ini, setiap risiko dianalisis untuk menentukan opsi mitigasi yang paling tepat, baik melalui pendekatan mitigasi teknis yang mencakup penyusunan prosedur operasional standar (SOP) atau rekayasa teknis, serta melalui mitigasi kontraktual yang dilakukan melalui pengaturan aspek hukum dan finansial dalam perjanjian kerja sama. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap efektivitas serta biaya dari setiap opsi mitigasi yang diusulkan untuk memastikan bahwa langkah penanganan yang dipilih bersifat realistis, efisien, dan dapat diterapkan.

Setelah langkah mitigasi dirumuskan, tingkat risiko dinilai kembali untuk mengetahui besarnya risiko residual yang masih perlu dikelola selama masa implementasi. Risiko residual mencerminkan perubahan nilai kemungkinan maupun dampak yang menurun atau tetap, sebagai hasil dari tindakan pengurangan risiko, termasuk penerapan mekanisme pengamanan atau penjaminan. Hasil mitigasi tersebut kemudian diintegrasikan ke dalam desain teknis proyek, proyeksi biaya operasional (OPEX), serta rencana implementasi proyek secara keseluruhan, sehingga pengelolaan risiko menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari perencanaan dan pelaksanaan proyek.

Keluaran dari tahap strategi mitigasi berupa rencana mitigasi risiko terintegrasi yang disusun secara sistematis beserta daftar risiko residual yang masih tersisa setelah upaya pengendalian direncanakan.

5.4 Alokasi Risiko

Alokasi risiko bertujuan untuk menentukan pihak yang paling tepat untuk menanggung dan mengelola masing-masing risiko. Dalam konteks proyek layanan publik, perlu mengidentifikasi pihak-pihak yang terlibat dan berpotensi menanggung risiko, meliputi pemerintah, operator fasilitas, kontraktor, *offtaker*, investor, atau pihak ketiga. Menurut PT. PII (2025), prinsip utama dalam alokasi risiko adalah bahwa risiko sebaiknya dialokasikan kepada pihak yang relatif lebih mampu mengelolanya atau dikarenakan memiliki biaya terendah untuk menyerap risiko tersebut. Jika prinsip ini diterapkan dengan baik, diharapkan dapat menghasilkan premi risiko yang rendah dan biaya proyek yang lebih rendah sehingga berdampak positif bagi pemangku kepentingan. Selanjutnya, hasil alokasi risiko perlu diintegrasikan ke dalam struktur kontrak (APBD/BLUD/BUMD/KPBU) dan *delivery model*, sehingga tanggung jawab masing-masing pihak menjadi jelas dan memiliki dasar pengaturan yang kuat. Melalui proses ini juga dilakukan konfirmasi bahwa tingkat risiko proyek secara keseluruhan berada pada batas yang dapat diterima sebelum proyek memasuki tahap implementasi.

Penyusunan skema alokasi risiko merupakan langkah penting untuk memaksimalkan nilai manfaat uang (*value for money*), karena pengalokasian risiko secara kontraktual yang optimal akan berbanding lurus dengan tingkat efisiensi dan efektivitas pemanfaatan sumber daya dalam proyek. Irwin (2007) mendefinisikan prinsip ini dengan lebih tepat, yang menyatakan setiap risiko harus dialokasikan kepada pihak:

- Paling mampu mengendalikan kemungkinan risiko yang terjadi, misalnya, pihak swasta biasanya bertanggung jawab atas pembangunan proyek karena pihaknya paling ahli di bidang itu. Ini juga berarti harus menanggung cost overrun atau keterlambatan biaya konstruksi.
- Paling mampu mengendalikan dampak risiko pada hasil proyek, dengan menilai dan mengantisipasi risiko dengan baik dan meresponsnya. Misalnya, sementara tidak ada pihak yang dapat mengendalikan risiko gempa bumi, jika perusahaan swasta bertanggung jawab atas desain

proyek, maka seharusnya dapat menggunakan desain yang dapat mengurangi kerusakan jika terjadi gempa bumi.

- Mampu menyerap risiko dengan biaya terendah, jika kemungkinan dan dampak risiko tidak dapat dikendalikan. Biaya suatu pihak untuk menyerap risiko tergantung pada beberapa faktor, termasuk: sejauh mana risiko tersebut berkorelasi dengan aset dan liabilitas lainnya; kemampuannya meneruskan risiko (misalnya, kepada pengguna layanan melalui perubahan harga, atau kepada pihak ketiga dengan mengasuransikan); dan sifat dari penanggung risiko utamanya. Sebagai contoh, kemampuan pemerintah untuk menyebarkan risiko di antara para wajib pajak berarti mereka mungkin memiliki biaya menanggung risiko yang lebih rendah daripada perusahaan swasta, yang pemegang risiko utamanya adalah pemegang saham mereka.

Secara konseptual, PT. PII (2025) menjelaskan bahwa penerapan prinsip alokasi risiko dalam proyek Kerjasama KPBU dilakukan melalui pendekatan berikut:

- Risiko yang berdasarkan pengalaman sulit untuk dikendalikan pemerintah agar memenuhi asas efektivitas biaya (konstruksi, operasi), sebaiknya ditanggung pihak swasta;
- Risiko yang berada di luar kendali kedua belah pihak, atau sama-sama dapat dipengaruhi kedua belah pihak sebaiknya ditanggung bersama (kejadian kahar);
- Risiko yang dapat dikelola pemerintah, karena posisinya lebih baik atau lebih mudah mendapatkan informasi dibandingkan swasta (risiko peraturan atau legislasi) sebaiknya ditanggung pemerintah;
- Risiko yang walaupun sudah ditransfer, tetap memberikan eksposur kepada pemerintah (menghambat tersedianya layanan penting ke masyarakat), di mana jika Badan Usaha Pelaksana gagal memenuhi kewajiban maka pemerintah dapat mengambil alih proyek.

Keluaran dari tahap alokasi risiko ini berupa matriks alokasi risiko yang menjadi dasar dalam penyusunan pengaturan kontraktual dan kelembagaan pada tahap implementasi.

S. Perbandingan Skenario Pengumpulan, Pemilahan, dan Karakteristik Sampah untuk Kebutuhan Neraca Massa

Untuk kebutuhan analisa teknologi dan neraca massa, telah dilakukan pendekatan pengembangan deskripsi operasional parameter karakteristik sampah yang dapat dihitung, sehingga:

1. perubahan kualitas sampah dapat diterjemahkan ke perubahan yield RDF/produk, recovery material, dan residu, dan
2. dapat terlihat pendekatan intervensi teknologi apa yang diperlukan pada masing-masing skenario.

Di bawah ini adalah tabel rujukan agar langsung bisa digunakan sebagai pendekatan input neraca massa dan evaluasi teknologi.

Aspek	Skenario 1	Skenario 2	Implikasi terhadap Neraca Massa	Intervensi Teknologi yang Diperlukan
Pola Pengumpulan	Sampah diangkut harian dari sumber	Sampah tertahan di rumah/TPS 2–3 hari	Tidak ada degradasi signifikan	Tidak perlu intervensi tambahan
Kadar Air Total	40–45%	50–60% (organik membusuk)	Berat meningkat, nilai kalor turun	Bio-drying / pengeringan mekanis
Fraksi Organik	55%	55% (tetap), tetapi lebih basah	Yield RDF menurun	Pemisahan organik lebih awal
Fraksi Plastik & Kertas	30% kering	Sebagian terkontaminasi organik	Recovery material turun	Pre-sorting lebih ketat
Fraksi Inert (tanah/pasir)	15%	18–20% (akibat degradasi & pencampuran)	Residu meningkat	Fine screening tambahan
Bulk Density	0,6–0,7 ton/m³	0,8–0,9 ton/m³	Beban alat meningkat	Conveyor & shredder lebih kuat
Nilai Kalor Input (LHV)	9–11 MJ/kg	6–8 MJ/kg	RDF sulit memenuhi spesifikasi	Blending atau drying
Potensi Recovery RDF	35–40% input	25–30% input	Produksi RDF turun	Bio-drying + blending
Potensi Residu ke TPA	50–55%	60–65%	Beban landfill meningkat	Penguatan pemilahan
Stabilitas Operasi	Stabil	Variatif (musiman & bau)	Fluktuasi output RDF	Buffer storage & kontrol input

Contoh Format Pelaporan Komposisi Sampah

Kategori Utama	Nilai	Kelompok Material	Jenis Material	% rinci komposisi (jika tersedia)
Organik	… %	Organik	Sisa makanan, daun, ranting	… %
Plastik	… %	Kemasan Kaku (Rigid Packaging)	Botol PET Bening	… %
			Botol PET Berwarna	… %
			Botol PE	… %
			Botol Lainnya	… %
			Wadah/cup/tray (PET, PE, PP, PS, lainnya)	… %

Kategori Utama	Nilai	Kelompok Material	Jenis Material	% rinci komposisi (jika tersedia)
		Kemasan Fleksibel (Flex Packaging)	PE Bening	… %
			PE Berwarna	… %
			PP	… %
			MLP (Multilayer Plastic)	… %
			Plastik Fleksibel Lainnya	… %
		Plastik Lainnya	Plastics Other	… %
Kertas / Fiber	… %	Kemasan Kertas	Kemasan Non-Cair – Board	… %
			Kemasan Non-Cair – Corrugated Board	… %
			Kemasan Cair – Alu Multilayer	… %
			Kemasan Cair – Non Aluminium	… %
		Kertas Tulis	Koran & PAMs	… %
			Kertas Campuran	… %
		Kertas Lainnya	Other Paper	… %
Residu Lain	… %	Logam	Kaleng Ferrous (Makanan, Minuman, Lainnya)	… %
			Kaleng Non-Ferrous (Makanan, Minuman, Lainnya)	… %
			Metal Foils	… %
			Logam Lainnya	… %
		Lain-lain	Kaca	… %
			Kayu	… %
			Kulit	… %
			Tekstil	… %
			Karet	… %
			Inert (tanah, pasir, keramik, dll.)	… %
			Lainnya	… %

Contoh Format Parameter Uji Karakteristik Sampah

No	Parameter	Hasil
1	Water Content	…%
2	Heat Value	
	HHV	… kkal/kg
	LHV	… kkal/kg
3	Volatile Matter	… %
4	Fixed Carbon	… %
5	Ash Content	… %
6	Carbon (C)	… %
7	Hydrogen (H)	… %
8	Oxygen (O)	… %
9	Nitrogen (N)	… %
10	Sulfur (S)	… %
11	Phosphor (P)	… %
12	Chlorine (Cl)	… %

Pendekatan Matriks Parameter Kunci Penentuan Proses Teknologi RDF

Parameter	Rentang Nilai	Kondisi Material	Implikasi terhadap RDF	Pendekatan Teknologi yang Diperlukan
Kadar Air (Moisture Content)	< 40%	Material relatif kering	Nilai kalor stabil	TPST RDF standar (sorting – shredding – homogenisasi)
	40 – 50%	Material lembab	Nilai kalor fluktuatif	Optimasi pemilahan & blending
	> 50%	Material basah	RDF sulit memenuhi spesifikasi	Bio-drying / mechanical drying wajib
Nilai Kalor (LHV)	> 2.500 kcal/kg	Energi cukup tinggi	RDF layak untuk industri semen	RDF standar
	2.000 – 2.500 kcal/kg	Borderline	Perlu kontrol komposisi	Blending dengan plastik/kertas
	< 2.000 kcal/kg	Energi rendah	RDF tidak stabil	Drying + peningkatan pemilahan
Ash Content (Kadar Abu/Inert)	< 10%	Inert rendah	Recovery RDF optimal	Trommel standar cukup
	10 – 15%	Inert moderat	Residu meningkat	Fine screening tambahan
	> 15%	Inert tinggi	RDF kualitas rendah	Fine screening + pemilahan tambahan
Fraksi Organik (%)	< 50%	Fraksi kalor tinggi dominan	RDF stabil	TPST RDF
	50 – 60%	Organik dominan	Moisture & bau meningkat	Bio-drying parsial
	> 60%	Organik sangat tinggi	RDF tidak stabil	MBT RDF (bio-stabilisasi wajib)

Pendekatan Keterpilahan di Sumber dan Implikasinya terhadap Sistem Pengolahan

Parameter	Skenario A Tanpa Pemilahan	Skenario B Pemilahan Parsial	Skenario C Pemilahan Baik
Asumsi Keterpilahan Organik di Sumber	0–10%	20–30%	40–50%
Asumsi Keterpilahan Anorganik Bernilai (plastik, kertas, logam, dsb.)	<10%	15–25%	30–40%
Karakteristik Input ke Fasilitas	Sampah campuran, kadar air tinggi	Organik berkurang, masih tercampur	Input lebih kering dan homogen
Fraksi Organik ke Trommel	Tinggi	Sedang	Rendah
Kebutuhan Drying	Sangat disarankan	Disarankan	Tidak diperlukan / minimal
Peran Pre-sorting Manual	Sangat dominan	Moderat	Quality control
Kebutuhan Trommel Screening	Kapasitas tinggi	Normal	Lebih kecil
Kebutuhan Blending RDF	Tinggi (stabilisasi kalor)	Sedang	Rendah
Stabilitas Kualitas RDF	Fluktuatif	Relatif stabil	Stabil
Residu ke TPA	Tinggi (50–60%)	Sedang (40–50%)	Lebih rendah (30–40%)

T. Contoh Outline Penyusunan Studi Kelayakan

Outline penyusunan Studi Kelayakan (FS) ini merupakan gambaran umum struktur dokumen yang disusun berdasarkan kerangka berpikir, alur analisis, dan pendekatan pilar analisis sebagaimana diusulkan dalam Pedoman Penyusunan FS Pengelolaan Sampah. Dalam penerapannya, struktur BAB dan Sub BAB dimungkinkan untuk disesuaikan dengan karakteristik proyek, jenis fasilitas, kompleksitas sistem, kebutuhan pengguna, serta pendekatan pembiayaan dan implementasi yang digunakan.

Penyesuaian tersebut dapat dilakukan sepanjang tetap menjaga konsistensi terhadap kerangka analisis, hubungan antar pilar, dan tahapan pengambilan keputusan (*decision-oriented approach*) yang diusulkan dalam pedoman ini. Dengan demikian, perubahan struktur dokumen tidak mengurangi substansi utama FS, yaitu memastikan bahwa proyek dianalisis secara komprehensif, terintegrasi, realistis, dan berorientasi pada kesiapan implementasi.

BAB	Pilar Analisis	Sub Bab
BAB 0	Ringkasan Eksekutif	
BAB 1	Pendahuluan & Metodologi	1.1 Latar Belakang Penyusunan FS
		1.2 Tujuan Penyusunan FS
		1.3 Sasaran dan Output FS
		1.4 Ruang Lingkup Studi
		1.5 Pendekatan dan Metodologi
		1.6 Metode Pengumpulan Data
		1.7 Metode Analisis
		1.8 Asumsi Dasar Studi
		1.9 Keterbatasan Studi
BAB 2	Konteks Proyek & Baseline Wilayah	2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi
		2.2 Sistem Persampahan Eksisting
		2.3 Permasalahan dan Gap Sistem
		2.4 Baseline Lingkungan
		2.5 Baseline Sosial
		2.6 Pemetaan Pemangku Kepentingan
		2.7 Kondisi Fiskal Daerah
		2.8 Kondisi Kelembagaan Eksisting
		2.9 Kesimpulan Konteks dan Kebutuhan Proyek
BAB 3	Regulasi dan Kebijakan	3.1 Regulasi Nasional Terkait
		3.2 Regulasi Daerah Terkait
		3.3 Kesesuaian Kebijakan
		3.4 Kesesuaian Tata Ruang dan Lokasi
		3.5 Kebutuhan Perizinan
		3.6 Potensi Hambatan Regulasi
		3.7 Analisis Kesiapan Legal
		3.8 Kesimpulan dan Implikasi Regulasi
BAB 4	Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan	4.1 Penetapan Wilayah Layanan
		4.2 Sistem Hulu Persampahan
		4.3 Analisis Timbulan Sampah
		4.4 Analisis Komposisi dan Karakteristik Sampah
		4.5 Analisis Pengumpulan dan Pengangkutan
		4.6 Analisis Effective Waste Supply
		4.7 Proyeksi Timbulan dan Suplai
		4.8 Analisis Risiko Suplai
		4.9 Kesimpulan Kelayakan Suplai
BAB 5	Teknologi & Kinerja Proses	5.1 Tujuan Pengolahan
		5.2 Alternatif Teknologi
		5.3 Kriteria Pemilihan Teknologi

		5.4 Analisis Teknologi Terpilih
		5.5 Analisis Kinerja Proses
		5.6 Infrastruktur Pendukung
		5.7 Analisis Risiko Teknologi
		5.8 Kesimpulan Kelayakan Teknologi
BAB 6	Produk & Kesiapan Pasar	6.1 Identifikasi Produk
		6.2 Karakteristik Produk
		6.3 Potensi Pasar
		6.4 Identifikasi Offtaker
		6.5 Analisis Kebutuhan Spesifikasi
		6.6 Analisis Harga dan Sensitivitas
		6.7 Analisis Kontrak dan Offtake
		6.8 Analisis Risiko Pasar
		6.9 Kesimpulan Kesiapan Pasar
BAB 7	Neraca Massa	7.1 Pendekatan Neraca Massa
		7.2 Input Sistem
		7.3 Proses dan Recovery
		7.4 Output Produk
		7.5 Output Residu
		7.6 Neraca Massa Multi-Tahun
		7.7 Validasi Kapasitas Sistem
		7.8 Analisis Sensitivitas Neraca Massa
		7.9 Kesimpulan Konsistensi Sistem
BAB 8	Biaya & Pembiayaan	8.1 Pendekatan Analisis Finansial
		8.2 Estimasi CAPEX
		8.3 Estimasi OPEX
		8.4 Sumber Pendapatan
		8.5 Model Finansial
		8.6 Analisis Kelayakan Finansial
		8.7 Analisis Ekonomi
		8.8 Analisis Sensitivitas
		8.9 Analisis Affordability Fiskal
		8.10 Alternatif Skema Pembiayaan
		8.11 Kesimpulan Finansial
BAB 9	Tata Kelola, Kelembagaan & Struktur Legal	9.1 Struktur Kelembagaan Eksisting
		9.2 Gap Kelembagaan
		9.3 Alternatif Delivery Model
		9.4 Struktur Pengelolaan dan Operator
		9.5 Pembagian Peran dan Kewenangan
		9.6 Kebutuhan SDM dan Kapasitas
		9.7 Struktur Kerja Sama
		9.8 Dasar Hukum Pelaksanaan
		9.9 Kesimpulan Kesiapan Kelembagaan
BAB 10	Lingkungan, Sosial & Iklim	10.1 Baseline Lingkungan
		10.2 Potensi Dampak Lingkungan
		10.3 Potensi Dampak Sosial
		10.4 Kesehatan dan Keselamatan
		10.5 Aspek Perubahan Iklim
		10.6 AMDAL/UKL-UPL
		10.7 Mitigasi dan Pengelolaan Dampak
		10.8 Mekanisme Keluhan
		10.9 Kesimpulan Lingkungan, Sosial & Iklim
BAB 11	Manajemen Risiko	11.1 Pendekatan Manajemen Risiko

		11.2 Identifikasi Risiko
		11.3 Analisis Probabilitas dan Dampak
		11.4 Strategi Mitigasi
		11.5 Alokasi Risiko
		11.6 Risk Register
		11.7 Critical Risks dan Fatal Flaws
		11.8 Kesimpulan Risiko Proyek
BAB 12	Kesiapan Implementasi	12.1 Penilaian Kesiapan Proyek
		12.2 Kesiapan Lahan
		12.3 Kesiapan Perizinan
		12.4 Kesiapan Pendanaan
		12.5 Kesiapan Kelembagaan
		12.6 Kesiapan SDM
		12.7 Roadmap Implementasi
		12.8 Tahapan Pengembangan Proyek
		12.9 Critical Path Proyek
		12.10 Decision Gate
		12.11 Status Proyek
		12.12 Prasyarat Sebelum Implementasi
BAB 13	Kesimpulan dan Rekomendasi	

U. Gambaran Kebutuhan Data Penyusunan Studi Kelayakan

Matriks kebutuhan data ini merupakan gambaran awal kebutuhan data penyusunan Studi Kelayakan (FS) yang disusun berdasarkan kerangka berpikir, pilar analisis, dan tahapan analisis sebagaimana diusulkan dalam Pedoman Penyusunan FS Pengelolaan Sampah. Matriks ini dimaksudkan sebagai panduan umum untuk membantu identifikasi kebutuhan data utama pada tahap awal penyusunan FS.

Dalam penerapannya, kebutuhan data dapat berbeda dan berkembang menyesuaikan dengan karakteristik proyek, jenis fasilitas, skala pelayanan, kompleksitas sistem, pendekatan teknologi, skema pembiayaan, kondisi wilayah, serta kebutuhan analisis lebih lanjut yang ditemukan selama proses studi berlangsung. Oleh karena itu, penyusun FS dimungkinkan untuk menambahkan, menyesuaikan, atau memperdalam kebutuhan data sesuai konteks proyek dan kebutuhan pengembangan analisis secara lebih detail.

Penyesuaian tersebut tetap perlu menjaga konsistensi terhadap kerangka analisis, keterhubungan antar pilar, dan tujuan utama FS untuk menghasilkan analisis yang komprehensif, realistis, implementable, dan mendukung proses pengambilan keputusan proyek secara lebih kredibel.

Jenis Data	Primer / Sekunder	OPD / Instansi Penyedia Utama	Pilar Analisis Terkait
Data Timbulan Sampah	Primer	DLH / UPT Persampahan	Suplai Sampah & Wilayah Pelayanan
Data Komposisi Sampah	Primer	DLH / UPT Persampahan	Suplai Sampah, Teknologi, Neraca Massa
Data Karakteristik Sampah (kadar air, densitas, nilai kalor)	Primer	DLH / Laboratorium Lingkungan	Suplai Sampah, Teknologi, Produk & Pasar
Data Wilayah Layanan Persampahan	Sekunder	DLH, Bappeda	Konteks Proyek, Suplai Sampah
Data Tingkat Pelayanan Persampahan	Sekunder	DLH	Konteks Proyek, Suplai Sampah
Data Armada dan Ritasi	Sekunder	DLH	Suplai Sampah, Finansial
Data TPS / TPS3R / TPST Eksisting	Sekunder	DLH	Konteks Proyek, Teknologi
Data TPA Eksisting	Sekunder	DLH	Konteks Proyek, Neraca Massa
Data Penduduk	Sekunder	BPS Daerah, Disdukcapil	Konteks Proyek, Suplai Sampah
Data Pertumbuhan Penduduk	Sekunder	BPS Daerah	Suplai Sampah
Data Sosial Ekonomi	Sekunder	BPS Daerah, Bappeda	Konteks Proyek, Finansial
Data Kawasan Permukiman dan Komersial	Sekunder	Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman, Dinas Perdagangan	Suplai Sampah
Data RTRW/RDTR	Sekunder	Dinas PUPR / Dinas Tata Ruang	Regulasi & Kebijakan
Data Status dan Kepemilikan Lahan	Sekunder	ATR/BPN, BPKAD	Regulasi, Kesiapan Implementasi
Data Topografi dan Geoteknik	Primer / Sekunder	Dinas PUPR	Teknologi, Kesiapan Implementasi
Data Infrastruktur Jalan dan Akses	Sekunder	Dinas PUPR	Teknologi, Kesiapan Implementasi
Data Utilitas Listrik	Sekunder	PLN	Teknologi, Kesiapan Implementasi
Data Utilitas Air Bersih	Sekunder	PDAM	Teknologi, Kesiapan Implementasi

Data Curah Hujan dan Iklim	Sekunder	BMKG	Lingkungan, Sosial & Iklim
Data Kualitas Lingkungan Eksisting	Primer / Sekunder	DLH	Lingkungan, Sosial & Iklim
Data Kesehatan Lingkungan	Sekunder	Dinas Kesehatan	Lingkungan, Sosial & Iklim
Data Risiko Bencana	Sekunder	BPBD	Risiko, Kesiapan Implementasi
Data Industri Pengguna RDF	Sekunder	Dinas Perindustrian dan Perdagangan	Produk & Kesiapan Pasar
Data Harga RDF / Material Daur Ulang	Sekunder	Dinas Perindustrian dan Perdagangan	Produk & Kesiapan Pasar, Finansial
Data Calon Offtaker	Primer	Dinas Perindustrian dan Perdagangan, DLH	Produk & Kesiapan Pasar
Data Harga Mesin dan Peralatan	Primer / Sekunder	Vendor Teknologi, Dinas PUPR	Teknologi, Finansial
Data Harga Konstruksi	Sekunder	Dinas PUPR	Finansial
Data Harga Satuan Daerah	Sekunder	BPKAD	Finansial
Data APBD dan Kapasitas Fiskal	Sekunder	BPKAD, Bappeda	Finansial
Data Retribusi Persampahan	Sekunder	DLH, Bapenda	Finansial
Data Struktur Organisasi Persampahan	Sekunder	DLH, Bagian Organisasi Setda	Tata Kelola & Kelembagaan
Data Tupoksi OPD	Sekunder	Bagian Organisasi Setda	Tata Kelola & Kelembagaan
Data Regulasi Daerah	Sekunder	Bagian Hukum Setda	Regulasi, Tata Kelola
Data Dokumen Kerja Sama Eksisting	Sekunder	Bagian Kerja Sama Setda	Tata Kelola & Struktur Legal
Data Pengadaan dan Kontrak Eksisting	Sekunder	Bagian PBJ Setda	Tata Kelola & Struktur Legal
Data SDM Pengelola Persampahan	Sekunder	DLH, BKPSDM	Tata Kelola & Kelembagaan
Data Persepsi dan Penerimaan Masyarakat	Primer	Kecamatan/Kelurahan, DLH	Lingkungan, Sosial & Iklim
Data Konflik Sosial dan Keluhan	Sekunder	Kecamatan/Kelurahan	Lingkungan, Sosial & Iklim, Risiko
Data Risiko Operasional Eksisting	Sekunder	DLH, Inspektorat	Risiko
Data Audit dan Temuan Pengawasan	Sekunder	Inspektorat Daerah, BPKP	Risiko
Data Perizinan Eksisting	Sekunder	DPMPTSP, DLH	Regulasi, Kesiapan Implementasi
Data Roadmap dan Program Daerah	Sekunder	Bappeda	Kesiapan Implementasi
Data Program Investasi Infrastruktur	Sekunder	Bappeda, Dinas PUPR	Kesiapan Implementasi, Finansial

Catatan:

1. OPD penyedia merupakan instansi yang umumnya memiliki kewenangan atau penguasaan data utama pada tingkat pemerintah daerah.
2. Dalam praktik penyusunan FS, kebutuhan data dapat melibatkan lebih dari satu OPD untuk proses validasi dan sinkronisasi data.
3. Beberapa data primer memerlukan survey lapangan, pengukuran langsung, atau pengujian laboratorium untuk memastikan akurasi analisis.