

**PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA BARAT
DINAS LINGKUNGAN HIDUP**

Jln. Khatib Sulaiman No. 22 Telp. (0751) 7055231-446571-445154 Fax (0751) 445232 PADANG
Website: <http://dlh.sumbarprov.go.id> Email: dlh@sumbarprov.go.id



**LAPORAN AKHIR
KAJIAN OFFTAKER
PENGOLAHAN SAMPAH DI TPA/TPST
REGIONAL PAYAKUMBUH**

LOKASI KEGIATAN

TPA Sampah Regional Payakumbuh
Kota Payakumbuh
Provinsi Sumatera Barat

TAHUN ANGGARAN - 2023



KONSULTAN PENYUSUN
CV. GHINA ENGINEERING CONSULTAN

ENGINEERING, JASA KAJIAN LINGKUNGAN & KESEHATAN
Jl. Bariang Indah I No. 93 Kel. Anduring Padang



KATA PENGANTAR

Pemerintah Provinsi Sumatera Barat, sedang berupaya untuk melakukan pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan merencanakan penerapan teknologi *Refused Derived Fuel* (RDF) pada unit pengolahan TPST baru dan penambahan lahan urug residu. Namun dalam implementasi pengolahan sampah secara RDF tersebut, diperlukan suatu kajian yang komprehensif agar proses pengolahan RDF menjadi suatu solusi yang tepat secara berkelanjutan

Kegiatan penyusunan dokumen Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis calon pemanfaat hasil produksi (*Offtaker*) pengolahan sampah di TPASR Payakumbuh dengan metode *Refuse Derived Fuel* (RDF). Kepedulian Pemerintah Provinsi Sumatera Barat terhadap pengelolaan persampahan akan diwujudkan melalui optimalisasi pengelolaan sampah berkelanjutan

Sesuai dengan sistem Pelaporan dalam pekerjaan penyusunan kajian ini adalah adalah penyusunan Laporan Akhir yang memuat latar belakang rencana kegiatan, gambaran umum, metoda studi dan hasil kajian.

Demikian Laporan Akhir ini disampaikan, semoga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam langkah penyelesaian pekerjaan penyusunan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh.

CV. Ghina Engineering Consultant

Wiwik Purwiningsih, MT
Team Leader



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I - 1
1.2 Maksud dan Tujuan Kegiatan.....	I - 2
1.3 Sasaran Kegiatan.....	I - 3
1.4 Lokasi Kegiatan.....	I - 3
1.5 Ruang Lingkup Kegiatan.....	I - 3
1.6 Referensi Hukum.....	I - 4
1.7. Studi-Studi Terdahulu.....	I - 5
1.8 Sistematika Laporan.....	I - 6
BAB II GAMBARAN UMUM LOKASI PEKERJAAN	
2.1 Gambaran Umum Kota Payakumbuh.....	II - 1
2.1.1 Letak dan Batas Geografis.....	II - 1
2.1.2 Kondisi Fisik Wilayah.....	II - 3
2.1.2.1 Topografi.....	II - 3
2.1.2.2 Iklim.....	II - 3
2.1.2.3 Demografi.....	II - 4
2.2 Gambaran Umum TPA Sampah Regional Payakumbuh....	II - 5
2.2.1 Jumlah Sampah Masuk ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 7
2.2.2 Kondisi Sarana dan Prasarana TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 9
2.2.2.1 Fasilitas Dasar.....	II - 9
2.2.2.2 Fasilitas Perlindungan Lingkungan.....	II - 11



2.2.2.3 Fasilitas Operasional.....	II - 15
2.2.2.4 Fasilitas Penunjang.....	II - 17
2.2.3 Kondisi Pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 22
2.3 Gambaran Umum Rencana Penerapan Pengolahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 23
BAB III STUDI LITERATUR	
3.1 Pengelolaan Sampah.....	III - 1
3.2 <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF).....	III - 3
3.2.1 Klasifikasi RDF.....	III - 4
3.2.2 Karakteristik RDF.....	III - 5
3.2.3 Proses Produksi RDF.....	III - 5
3.2.3.1 Unit Operasi pada Proses Produksi RDF.....	III - 6
3.2.3.2 Alur Produksi RDF.....	III - 9
3.2.4 Jenis dan Karakteristik Bahan Baku RDF.....	III - 10
3.2.5 Pemanfaatan RDF.....	III - 11
3.2.5.1 Industri Semen.....	III - 11
3.2.5.2 Pembangkit Listrik.....	III - 13
3.2.6 RDF di Eropa.....	III - 16
3.2.7 RDF di Indonesia.....	III - 18
BAB IV METODE STUDI	
4.1 Tahap Persiapan.....	IV - 1
4.2 Tahap Survey dan Pengumpulan Data.....	IV - 2
4.3 Tahap Analisis Data.....	IV - 4
4.4 Tahap Akhir.....	IV - 6
BAB V HASIL KAJIAN	
5.1 Identifikasi <i>Offtaker</i> Potensial.....	V - 1
5.2 Penapisan Tahap I.....	V - 2
5.2.1 PLTU Ombilin.....	V - 5
5.2.1.1 Sejarah Singkat PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin.....	V - 5



5.2.1.2	Visi Misi PT. PLN Indonesia Power UPK	
	Ombilin.....	V - 6
5.2.1.3	Kegiatan PT. PLN Indonesia Power UPK	
	Ombilin.....	V - 6
5.2.2	PT. Semen Padang.....	V - 11
5.2.2.1	Sejarah Singkat PT. Semen Padang.....	V - 11
5.2.2.2	Visi Misi PT. Semen Padang.....	V - 12
5.2.2.3	Proses Pembuatan Semen.....	V - 13
5.3	Penapisan Tahap II.....	V - 22
5.3.1	Proses Penapisan Tahap II.....	V - 22
5.3.1.1	Kapasitas Pemakaian RDF.....	V - 22
5.3.1.2	Jarak Tempuh dari TPASR Payakumbuh.....	V - 24
5.3.1.3	Biaya Operasi/Maintenance sesuai Spesifikasi RDF.....	V - 25
5.3.1.4	Kapasitas Maksimum Pengangkutan per Trip Kendaraan.....	V - 26
5.3.1.5	Kemungkinan Pemakaian Transporter Produk.....	V - 26
5.3.2	Hasil Penapisan Tahap II.....	V - 27
BAB VI PENUTUP		
6.1	Kesimpulan.....	VI - 1
6.2	Saran.....	VI - 1

DOKUMENTASI

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Luas Daerah Kecamatan di Kota Payakumbuh.....	II - 1
Tabel 2.2 Ketinggian Kantor Ibu Kota Kecamatan di Kota Payakumbuh	II - 3
Tabel 2.3 Curah Hujan dan Hari Hujan menurut Bulan di Kota Payakumbuh Tahun 2022.....	II - 4
Tabel 2.4 Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk menurut Kecamatan di Kota Payakumbuh Tahun 2022.....	II - 4
Tabel 2.5 Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh pada Tahun 2022.....	II - 7
Tabel 2.6 Kompilasi Tenaga Kerja TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 23
Tabel 3.1 Kualitas RDF dari Sampah Domestik dan Sampah Industri...	III - 5
Tabel 3.2 Laju Pemilahan Manual dan Efisiensinya.....	III - 6
Tabel 3.3 Tipikal Pengoperasian dan Karakteristik <i>Air Classifier</i> yang Digunakan untuk Proses Produksi RDF.....	III - 9
Tabel 3.4 Referensi Fasilitas Produksi RDF.....	III - 10
Tabel 3.5 Spesifikasi RDF Pabrik Semen di Indonesia.....	III - 13
Tabel 3.6 Spesifikasi Standar Bahan Bakar Jumpatan Padat untuk Pembangkit Listrik.....	III - 15
Tabel 5.1 <i>Offtaker</i> Potensial Pemakai RDF dari TPASR Payakumbuh.....	V - 2
Tabel 5.2 Kriteria Penapisan Tahap II Calon <i>Offtaker</i> Potensial.....	V - 22
Tabel 5.3 Hasil Penapisan Tahap II terhadap PLTU Ombilin.....	V - 27
Tabel 5.4 Hasil Penapisan Tahap II terhadap PT. Semen Padang.....	V - 27



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Peta Administrasi Kota Payakumbuh..... II - 2
Gambar 2.2	Citra Satelit Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh... II - 6
Gambar 2.3	Trendline Jumlah Sampah yang Masuk ke TPASR Payakumbuh..... II - 9
Gambar 2.4	Jalan Akses ke Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 10
Gambar 2.5	Drainase TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 11
Gambar 2.6	Kondisi Lapisan Kedap Air pada TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 12
Gambar 2.7	Kondisi Kolam Lindi TPA Sampah Regional Payakumbuh.. II - 13
Gambar 2.8	<i>Buffer Zone</i> TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 15
Gambar 2.9	Kendaraan Operasional di TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 16
Gambar 2.10	Areal Cadangan Tanah Penutup di TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 16
Gambar 2.11	Jembatan Timbang di TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 17
Gambar 2.12	Garase Kendaraan di TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 18
Gambar 2.13	Areal Pemilahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 19
Gambar 2.14	<i>Belt Conveyor</i> dan Mesin Pencacah di TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 19
Gambar 2.15	Siteplan TPA Sampah Regional Payakumbuh..... II - 21
Gambar 2.16	Struktur Organisasi UPTD Persampahan..... II - 22
Gambar 2.17	Diagram Alir Proses Pengolahan Sampah di TPST Regional Payakumbuh..... II - 27
Gambar 3.1	Skema Teknik Operasional Pengelolaan Sampah..... III - 3



Gambar 3.2	Diagram Klasifikasi RDF.....	III - 10
Gambar 3.3	Tipikal Proses Produksi Semen.....	III - 12
Gambar 3.4	Tipikal Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	III - 14
Gambar 3.5	Proses Pengolahan RDF di Cilacap.....	III - 19
Gambar 3.6	Ilustrasi Proses <i>Bio-Drying</i> di Plant RDF Cilacap.....	III - 20
Gambar 3.7	Proses Pengolahan RDF di TPA Ngipik, Gresik.....	III - 21
Gambar 4.1	Proses Pemilihan <i>Offtaker</i> RDF di TPA/TPST Regional Payakumbuh.....	IV - 5
Gambar 4.2	Proses Kajian Dampak Lingkungan dan Sosial Penataan dan Pengembangan TPA/TPST Regional Payakumbuh...	IV - 7
Gambar 5.1	Peta Identifikasi dan Lokasi Calon <i>Offtaker</i>	V - 3
Gambar 5.2	Perbandingan Jarak Radius TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan <i>Offtaker</i> Potensial.....	V - 4
Gambar 5.3	Siklus Utama di PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin.....	V - 9
Gambar 5.4	Proses Konversi Energi di PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin.....	V - 11
Gambar 5.5	Sejarah PT. Semen Padang.....	V - 12
Gambar 5.6	Batu Kapur (<i>Limestone</i>).....	V - 14
Gambar 5.7	Batu Silika.....	V - 14
Gambar 5.8	Tanah Liat (<i>Clay</i>).....	V - 15
Gambar 5.9	Pasir Besi (<i>Iron Sand</i>).....	V - 15
Gambar 5.10	<i>Gypsum</i>	V - 16
Gambar 5.11	Proses Pembuatan Semen Secara Umum.....	V - 17
Gambar 5.12	Proses di <i>Raw Mill</i>	V - 19
Gambar 5.13	Proses di <i>Kiln</i>	V - 20
Gambar 5.14	Proses di <i>Cement Mill</i>	V - 22
Gambar 5.15	Surat Dukungan dari PLTU Ombilin.....	V - 23
Gambar 5.16	Surat Dukungan dari PT. Semen Padang.....	V - 24
Gambar 5.17	Perbandingan Jarak Tempuh dari TPA Regional Payakumbuh ke Lokasi <i>Offtaker</i>	V - 25



Gambar 5.18 Estimasi Biaya Operasi dan Pemeliharaan TPST di TPA
Sampah Regional Payakumbuh.....

V - 26



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mengacu pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, penanganan akhir sampah perkotaan tidak lagi berupa penimbunan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), tetapi harus melalui proses pengolahan akhir sehingga sampah dikembalikan ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan hidup. Paradigma baru pengelolaan sampah memandang sampah sebagai sumber daya yang masih memiliki nilai dan dapat dimanfaatkan kembali. Perwujudan pemanfaatan sampah sebagai sumber daya dapat berupa pemulihan (*recovery*) energi dari sampah perkotaan di TPA. Proses pemulihan energi dari sampah berupa konversi sampah yang tidak dapat didaur ulang menjadi kompos, panas, atau bahan bakar.

Pemerintah Provinsi Sumatera Barat mengelola dua TPA Sampah Regional (TPASR) di Sumatera Barat, yaitu TPA Sampah Regional Payakumbuh dan TPA Sampah Regional Solok. TPA Sampah Regional Payakumbuh menerima sampah dari 4 daerah layanan, yaitu Kota Payakumbuh, Kota Bukittinggi, Kabupaten 50 Kota dan Kabupaten Agam. TPA Sampah Regional Solok menerima sampah dari 2 (dua) daerah layanan, yaitu Kota Solok dan Kabupaten Solok.

Masalah utama yang dihadapi dalam pengelolaan TPA Regional di Sumatera Barat adalah kondisi kapasitas TPA yang melebihi dari perencanaan terkhususnya bagi TPA Sampah Regional Payakumbuh. Berdasarkan data sampah yang masuk dari TPA Regional Payakumbuh tahun 2013-2022, ditemui bahwa TPA telah menampung sekitar 1,182,044 m³ sampah atau sekitar 300% dari kapasitas perencanaan yang 400.000 m³. Secara perencanaan, awalnya TPA ini diperuntukan untuk mengelola sampah dari Kota Payakumbuh saja, tapi dalam keberjalanannya fungsi TPA ini beralih menjadi TPA



Regional sehingga umur TPA yang direncanakan pada awal pembangunan sudah tidak sebanding dengan kondisi aktual.

Pemerintah Provinsi Sumatera Barat, sedang berupaya untuk melakukan pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan merencanakan penerapan teknologi *Refused Derived Fuel* (RDF) pada unit pengolahan TPST baru dan penambahan lahan urug residu. Namun dalam implementasi pengolahan sampah secara RDF tersebut, diperlukan suatu kajian yang komprehensif agar proses pengolahan RDF menjadi suatu solusi yang tepat secara berkelanjutan dengan meninjau pemanfaat hasil produksi (*Offtaker*) yang potensial dalam menerima hasil produk pengolahan RDF.

Kegiatan penyusunan dokumen Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis calon pemanfaat hasil produksi (*Offtaker*) pengolahan sampah di TPASR Payakumbuh dengan metode *Refuse Derived Fuel* (RDF). Kepedulian Pemerintah Provinsi Sumatera Barat terhadap pengelolaan persampahan akan diwujudkan melalui optimalisasi pengelolaan sampah berkelanjutan. Upaya tersebut antara lain berupa kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh. Diharapkan kajian ini dapat memberikan rekomendasi dalam pemilihan *Offtaker* yang tepat dari aspek teknis maupun non teknis.

1.2. Maksud dan Tujuan Kegiatan

Maksud

Maksud dari kajian ini adalah sebagai acuan dalam menentukan *offtaker* dari produk pengolahan sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh.

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh ini adalah untuk mendapatkan rekomendasi opsi pihak *offtaker* yang potensial sebagai



pemanfaat hasil pengolahan sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh.

1.3. Sasaran Kegiatan

Untuk mencapai tujuan dari kegiatan diatas, maka sasaran yang menjadi target dari pekerjaan ini adalah:

- 1) Mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi suatu industri berpotensi sebagai *offtaker* hasil pengolahan sampah secara RDF, baik segi aspek teknis maupun non teknis.
- 2) Melakukan pemetaan terkait industri yang berpotensi menjadi *offtaker* hasil pengolahan sampah secara RDF di Sumatera Barat.
- 3) Melakukan pembobotan (*scoring*) terhadap opsi-opsi *offtaker* yang potensial untuk mendapatkan rekomendasi dalam pemilihan off taker terbaik.

1.4. Lokasi Kegiatan

Lokasi kegiatan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh di Kelurahan Kapalo Koto Ampangan dan Kelurahan Padang Karambia, Kecamatan Payakumbuh Selatan, Kota Payakumbuh.

1.5. Ruang Lingkup Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan ini minimal meliputi:

- 1) Kondisi Eksisting Pengelolaan Sampah di TPA Regional Payakumbuh;
- 2) Jumlah sampah masuk ke TPA Regional Payakumbuh;
- 3) Rencana pengolahan sampah dengan metode RDF di TPA/TPST Regional Payakumbuh;
- 4) Kajian faktor-faktor yang mempengaruhi suatu industri berpotensi sebagai *offtaker* hasil pengolahan sampah secara RDF, baik segi aspek teknis maupun non teknis;
- 5) Pemetaan terkait industri yang berpotensi menjadi *offtaker* hasil pengolahan sampah secara RDF di Sumatera Barat;



- 6) Pembobotan(*scoring*) terhadap opsi-opsi *offtaker* yang potensial untuk mendapatkan rekomendasi dalam pemilihan *offtaker* terbaik.

1.6. Referensi Hukum

A. Undang-Undang

1. Undang-Undang RI No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 69, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4951);
2. Undang-Undang RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059);
3. Undang-Undang RI No. 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah.

B. Peraturan Pemerintah

1. Peraturan Pemerintah RI No.81 tahun 2012, tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga;
2. Peraturan Presiden RI No. 97 tahun 2017, tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga;
3. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 33 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengelolaan Sampah;
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 03 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

C. Peraturan Daerah Sumatera Barat

- a. Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Barat No. 8 Tahun 2018, tentang Pengelolaan Sampah Regional;



- b. Peraturan Gubernur Sumatera Barat Nomor 60 Tahun 2018 tentang Kebijakan dan Strategi Daerah Pengelolaan Sampah dan Sampah Sejenis Rumah Tangga;
- c. Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Barat No. 7 Tahun 2022, tentang Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Provinsi Sumatera Barat Tahun 2023;
- d. Peraturan Gubernur Sumatera Barat No. 39 Tahun 2022 tentang Penjabaran Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Provinsi Sumatera Barat Tahun 2023.

1.7. Studi-Studi Terdahulu

1. Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH) TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2011;
2. Dokumen Addendum ANDAL RKL-RPL Rencana Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2020;
3. Laporan RKL/RPL TPA Sampah Regional Payakumbuh tahun 2019 s/d 2022;
4. Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2022.

1.8. Sistematika Laporan

Sistematika Laporan Pendahuluan akan disusun sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, maksud dan tujuan kegiatan, sasaran kegiatan, ruang lingkup pekerjaan, referensi hukum, studi terdahulu, dan sistematika penyajian laporan .

BAB II GAMBARAN UMUM LOKASI PEKERJAAN

Bab ini berisi gambaran umum wilayah dan deskripsi pekerjaan yang akan dilakukan.

KONDISI EKSISTING TPA SAMPAH REGIONAL PAYAKUMBUH



Bab ini berisi tentang kondisi eksisting pengelolaan sampah di TPA Sampah Regional Solok.

BAB III STUDI LITERATUR

Bab ini berisi teori-teori yang mendasari tentang pengelolaan sampah, pengolahan sampah, teknologi *Refuse Derived Fuel* (RDF) dan penelitian-penelitian yang berkaitan dengan studi.

BAB IV METODOLOGI STUDI

Bab ini berisi langkah-langkah pendekatan dalam pelaksanaan pekerjaan kajian kelayakan yang akan dilakukan, Penyedia jasa pelaksana dan tugas Tim Penyusun serta jadwal pelaksana.

BAB V HASIL KAJIAN

Bab ini berisi hasil identifikasi *offtaker* potensial, penapisan calon *offtaker* potensial dan pembobotan

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari kajian yang telah dilakukan



BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1. Gambaran Umum Kota Payakumbuh

Gambaran umum daerah perencanaan mencakup profil Kota Payakumbuh dan profil singkat TPA Sampah Regional Payakumbuh. Profil kota meliputi letak dan batas geografis, kondisi fisik wilayah, sarana dan prasarana serta sosial ekonomi dan budaya.

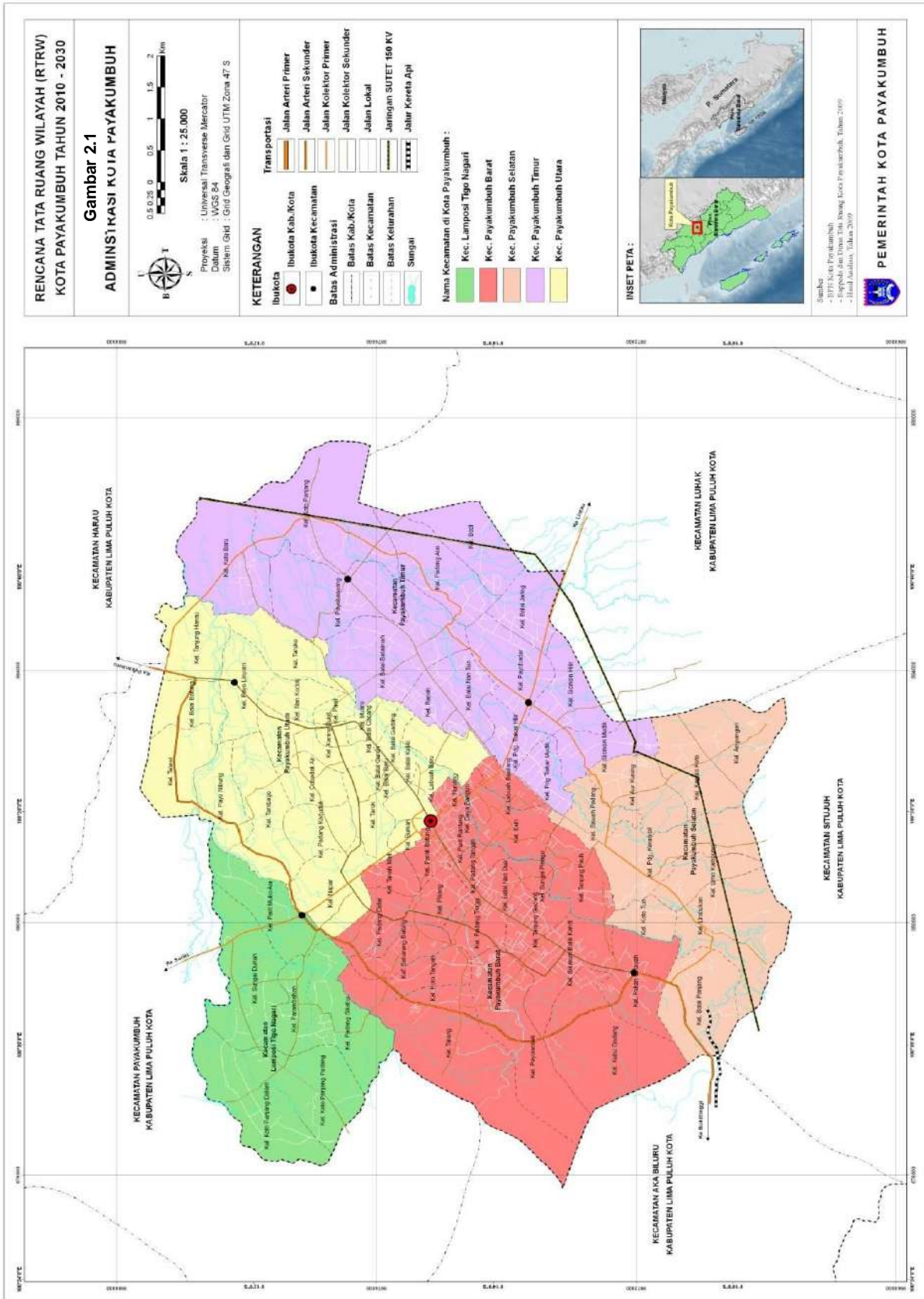
2.1.1. Letak dan Batas Geografis

Kota Payakumbuh merupakan dataran sedang yang berada pada rentang ketinggian 450-750 meter di atas permukaan laut. Secara geografis letak Kota Payakumbuh berada di dalam Kabupaten Lima Puluh Kota dengan luas daerah 80,43 km². Akhir tahun 2015, wilayah administrasi Kota Payakumbuh terdiri dari 5 Kecamatan dan 56 Kelurahan. Kecamatan yang paling luas adalah Kecamatan Payakumbuh Barat dengan luas 19.66 km² atau 24.44 %, sementara Kecamatan Lamposi Tigo Nagori adalah yang paling kecil yaitu seluas 9.42 km² atau 11,71%. Luas dan persentase masing-masing kecamatan di Kota Payakumbuh dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dan peta administrasi Kota Payakumbuh dapat dilihat pada **Gambar 2.1**

Tabel 2.1 Luas Daerah Kecamatan di Kota Payakumbuh

No.	Kecamatan	Ibu Kota/Kecamatan	Luas (Km ²)	Persentase (%)
1	Payakumbuh Barat	Tanjung Pauh	19.06	23.71
2	Payakumbuh Timur	Tiakar	22.73	28.26
3	Payakumbuh Utara	Tigo Koto Diateh	14.53	18.06
4	Payakumbuh Selatan	Sawah Padang Aua Kuniang	22,73	18.25
5	Lamposi Tigo Nagari	Sei Durian	9.43	11.72
Payakumbuh			80.43	100.00

Sumber: BPS Kota Payakumbuh, 2023





Kota Payakumbuh secara geografis terletak pada 00° 10' – 00° 17' Lintang Selatan dan antara 100° 35'–100° 45' Bujur Timur. Berdasarkan posisi geografisnya, Kota Payakumbuh memiliki batas-batas administrasi seluruhnya dengan Kabupaten Lima Puluh Kota sebagai berikut:

- Utara : Kecamatan Payakumbuh dan Kecamatan Harau
- Selatan : Kecamatan Luak dan Kecamatan Situjuh Limo Nagari
- Timur : Kecamatan Luak dan Kecamatan Harau
- Barat : Kecamatan Akabiluru dan Kecamatan Payakumbuh

2.1.2. Kondisi Fisik Wilayah

2.1.2.1. Topografi

Keadaan topografi Kota Payakumbuh bervariasi antara dataran dan berbukit. Kota Payakumbuh merupakan bagian dari bukit barisan dimana terdapat 18 bukit di dalamnya. Berada pada hamparan kaki Gunung Sago Kota Payakumbuh berada pada ketinggian ±514 meter di atas permukaan laut. Ketinggian kantor ibu kota kecamatan di atas permukaan laut dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 . Ketinggian Kantor Ibu Kota Kecamatan Di Kota Payakumbuh

No	Kecamatan	Ibu Kota Kecamatan	Tinggi (mdpl)
1	Payakumbuh Barat	Tanjung Pauh	517,50
2	Payakumbuh Timur	Tiakar	505,00
3	Payakumbuh Utara	Tigo Koto Diate	507,50
4	Payakumbuh Selatan	Sawah Padang Aua Kuniang	522,50
5	Lamposi Tigo Nagari	Sel Durian	505,00

Sumber: BPS Kota Payakumbuh, 2023

2.1.2.2. Iklim

Kota Payakumbuh memiliki suhu udara tahunan berkisar 21,4°C – 22,9°C. Kelembapan udara Kota payakumbuh berada pada rentang 82%-86%. Adapun untuk tekanan udara rata-rata Kota Payakumbuh adalah sebesar 918,80 mbar. Curah hujan tahunan Kota Payakumbuh paling tinggi mencapai 379,00 mm³ pada bulan Maret dengan hari hujan 15 hari dan paling rendah terjadi pada bulan Juli yaitu curah hujan 53 mm³ dengan 7 hari hujan. Data curah hujan dan hari hujan



menurut bulan di Kota Payakumbuh tahun 2022 dapat dilihat pada **Tabel 2.3.**

Tabel 2.3. Curah Hujan dan Hari Hujan menurut Bulan di Kota Payakumbuh Tahun 2022

Bulan	Payakumbuh Selatan		Payakumbuh Barat	
	Curah Hujan	Hari Hujan	Curah Hujan	Hari Hujan
Januari	287	17	347	21
Februari	121	11	230	12
Maret	220	12	236	14
April	262	14	269	17
Mei	79	11	58	12
Juni	121	14	115	11
Juli	172	13	201	13
Agustus	92	10	114	12
September	222	13	234	14
Oktober	53	10	79	11
November	215	15	177	15
Desember	76	9	80	12

Sumber: BPS Kota Payakumbuh, 2023

2.1.2.3. Demografi

Kepadatan penduduk di Kota Payakumbuh tahun 2021 mencapai 1.755 jiwa/Km². Kepadatan Penduduk di lima kecamatan cukup beragam dengan kepadatan penduduk tertinggi terletak di kecamatan Payakumbuh Barat dengan kepadatan sebesar 2.893 jiwa/Km² dan terendah di Kecamatan Payakumbuh Selatan sebesar 831 jiwa/Km². Data jumlah dan kepadatan penduduk Kota Payakumbuh tahun 2022 dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan, dan Kepadatan Penduduk menurut Kecamatan di Kota Payakumbuh Tahun 2022

No	Kecamatan	Penduduk (ribu)	Laju Pertumbuhan Penduduk 2021 - 2022	Persentase Penduduk (%)	Kepadatan Penduduk/ km ²	Rasio Jenis Kelamin
1	Payakumbuh Barat	55,94	1,46	39,03	2.395	100,47
2	Payakumbuh Timur	30,13	0,98	22,86	2.255	101,54
3	Payakumbuh Utara	32,76	2,16	8,70	849	101,99
4	Payakumbuh Selatan	12,47	1,54	21,02	1.325	102,66
5	Lamposi Tigo	12,03	2,53	8,39	1.276	102,47



	Nagari					
Total		143,33	1,52	100	1.782	101,47

Sumber: BPS Kota Payakumbuh, 2023

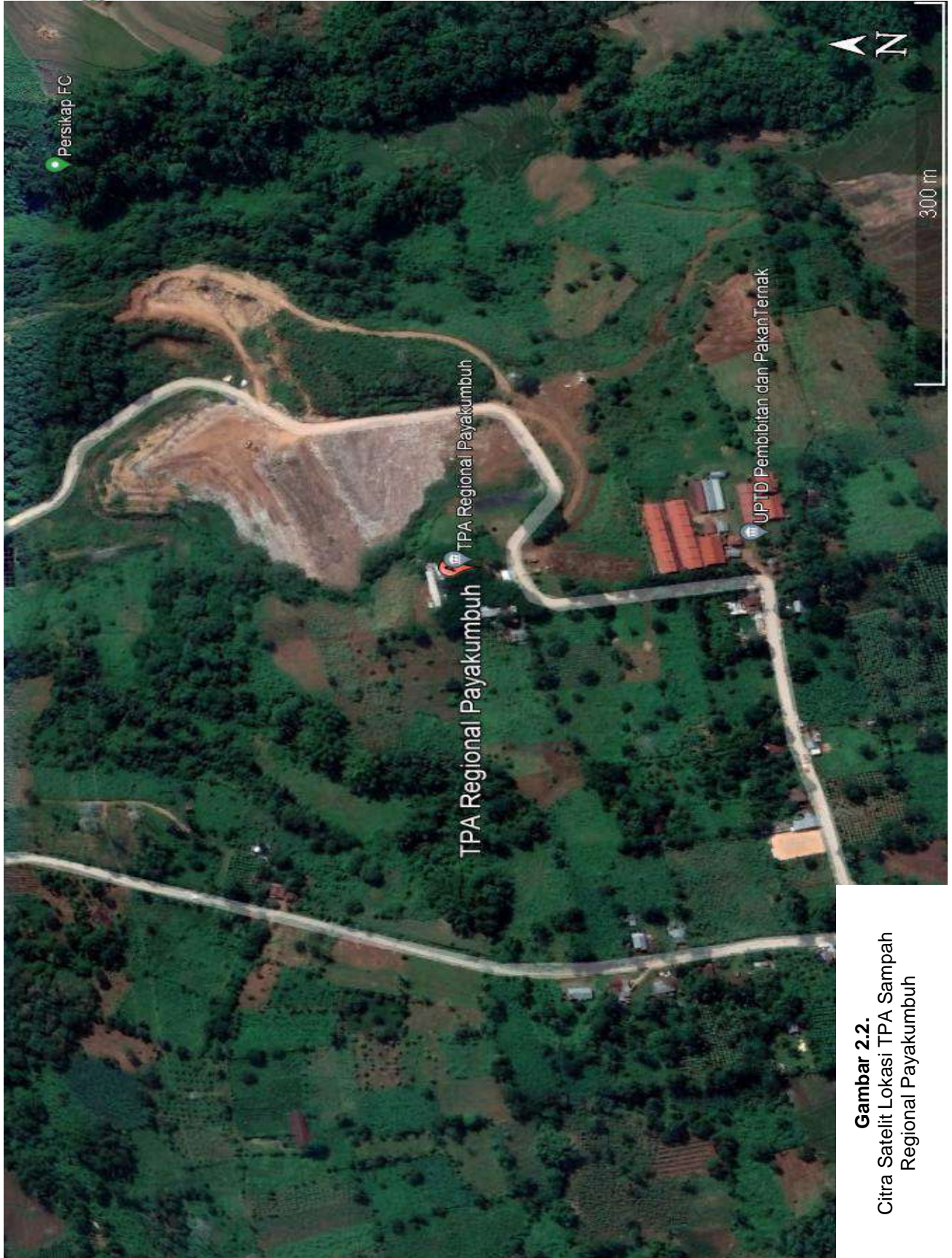
2.2. Gambaran Umum TPA Sampah Regional Payakumbuh

Secara administratif lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Regional Payakumbuh berada pada 2 wilayah kelurahan, yakni Kelurahan Kapalo Koto dan Kelurahan Padang Karambia, Kecamatan Payakumbuh Selatan Kota Payakumbuh dengan luas areal 16.785 m² atau 16,785 ha. Lokasi TPA sampah ini berbatasan dengan :

- a. Batas sebelah utara : Semak belukar (Kelurahan Padang Karambia)
- b. Batas sebelah timur : Semak belukar dan areal pertanian sawah (Kelurahan Padang Karambia)
- c. Batas sebelah selatan : Kebun campuran dan tegalan (Kelurahan Kapalo Koto)
- d. Batas sebelah barat : Kebun campuran dan tegalan (Kelurahan Kapalo Koto)

Kegiatan lain yang terdapat di sekitar lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh antara lain UPTD Pembibitan dan Pakan Ternak, SUTT (Saluran Udara Tekanan Tinggi), kebun campuran milik warga, pemukiman masyarakat, kuburan Cina Padang Karambia, dan lapak sampah dari sektor informal.

Adapun lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2.
Citra Satelit Lokasi TPA Sampah
Regional Payakumbuh



Wilayah cakupan TPA Sampah Regional Payakumbuh rencana awal akan menampung sampah-sampah yang berasal dari 4 (empat) kabupaten/kota di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Agam, Kabupaten Lima Puluh Kota, Kota Bukittinggi, dan Kota Payakumbuh. TPA Sampah Regional Payakumbuh setiap harinya dapat menampung \pm 250 ton sampah.

TPA Sampah Regional Payakumbuh berjarak \pm 5 Km dari jalan utama Kota Payakumbuh. Jalan masuk menuju lokasi TPA merupakan jalan dengan konstruksi beton dengan kondisi sangat baik. Pada area TPA terdapat jalan masuk, gerbang TPA, jalan operasi, jembatan timbang dengan kapasitas 30 ton, pos/kantor jaga (ruang administrasi, jembatan timbang dan ruang kantor), bengkel dan garasi seluas 70 m³, pemilahan, penyediaan air bersih, drainase, sel sampah seluas 2,5 Ha, unit pengolahan air lindi, saluran air lindi, sumur monitoring/pantau, pipa gas.

2.2.1. Jumlah Sampah Masuk ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Regional Payakumbuh

Perhitungan jumlah sampah yang masuk dari 4 Kab/Kota ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Regional Payakumbuh tahun 2022 dapat dilihat pada **Tabel 2.5**. Berdasarkan **Tabel 2.5** dapat disimpulkan bahwa jumlah total sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh tahun 2022 adalah 233,24 ton/hari. Dari jumlah total sampah tersebut yang paling banyak berasal dari Kota Bukittinggi yakni 30.311 ton. Berdasarkan data tersebut, maka timbulan jumlah sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh rata-rata setiap harinya adalah 233,24 ton.

Tabel 2.5 Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh pada Tahun 2022

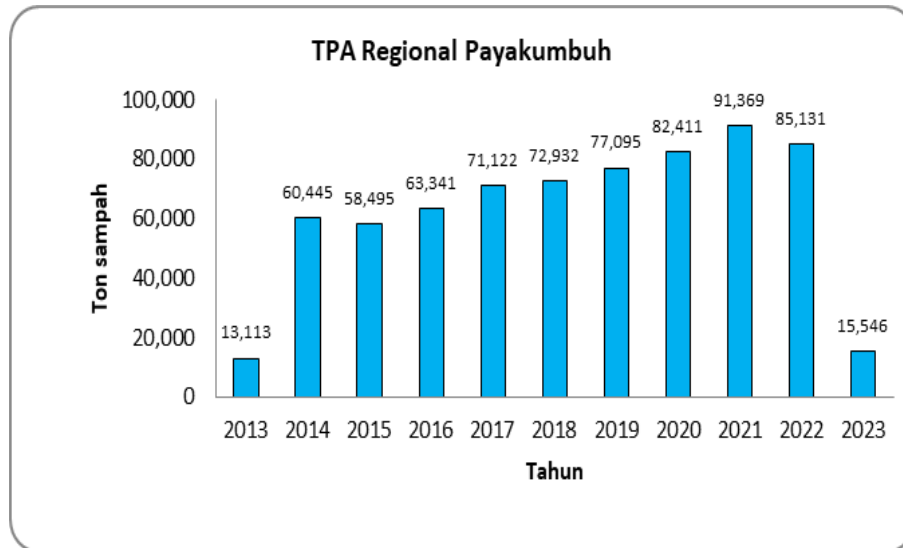
Bulan	Sumber dan Jumlah Sampah (ton)				Jumlah(ton)
	Kab. Lima Puluh Kota	Kab. Agam	Kota Bukittinggi	Kota Payakumbuh	
Januari	636	741	3540	2759	7,676
Februari	572	734	3002	2429	6,737



Bulan	Sumber dan Jumlah Sampah (ton)				Jumlah(ton)
	Kab. Lima Puluh Kota	Kab. Agam	Kota Bukittinggi	Kota Payakumbuh	
Maret	604	778	3097	2582	7,061
April	567	840	3236	2841	7,484
Mei	635	751	3333	2748	7,467
Juni	589	799	3037	2546	6,971
Juli	546	752	3109	2314	6,721
Agustus	587	769	3072	2462	6,890
September	500	746	2881	2478	6,605
Oktober	735	802	3375	2577	7,489
November	639	853	3267	2302	7,061
Desember	615	794	3287	2273	6,969
TOTAL (ton)	7225	9359	38236	30311	85,131
Rata-rata/hari (ton)	19.79	25.64	104.76	83.04	233.24

Sumber : Laporan RKL-RPL Semester 2 Tahun 2022 TPASR Payakumbuh

Berdasarkan historis data, jumlah sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan. Jumlah sampah masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh mengalami peningkatan dari tahun ke tahun mulai dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2022. Pada tahun 2013, jumlah sampah masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh berjumlah 13,113 ton sedangkan pada tahun 2022 ini mencapai 85,131 ton atau naik sekitar 500%. Pada gambar dapat dilihat *trendline* data jumlah sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh.

**Gambar 2.3****Trendline Jumlah Sampah yang Masuk Ke TPASR Payakumbuh**

(Keterangan: Data Tahun 2023 Tidak Lengkap)

2.2.2. Kondisi Sarana dan Prasarana TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.2.2.1. Fasilitas Dasar

Fasilitas dasar merupakan fasilitas utama yang harus tersedia demi keberlangsungan operasional sebuah TPA. Kondisi fasilitas dasar di TPA Sampah Regional Payakumbuh adalah sebagai berikut:

1. Jalan Masuk, Gerbang, dan Jalan Operasional

Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh hanya mempunyai 1 akses jalan masuk yaitu dari Jalan Khatib Sulaiman ke arah selatan melalui Jalan Mahoni melewati simpang “Kuburan Cino”. Jarak ke TPA dari Jalan Khatib Sulaiman \pm 2 km melalui Jalan Mahoni Kelurahan Padang Karambia. Saat ini telah dibangun jalan operasional ke lokasi TPA Regional, dari pintu gerbang TPA hingga ke *landfill* seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.4**. Dimensi ruas jalan masuk lokasi TPA adalah sebagai berikut :

- Panjang Jalan : 1 Km
- Lebar Badan Jalan : 3 Meter
- Lapisan Permukaan : Aspal



Gambar 2.4
Jalan Akses ke Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh

2. Pos/Kantor Jaga

Kantor jaga ini ditempati oleh penjaga dan operator dengan luas 36 m². Kantor ini dilengkapi dengan prasarana air bersih dan sarana pengolahan limbah domestik (*septic tank*). Kondisi saat ini, kantor jaga TPA Sampah Regional Payakumbuh masih berfungsi dengan baik untuk menjalankan aktifitas pengawasan sampah masuk.

3. Drainase

Drainase TPA berada di sepanjang jalan operasional TPA, di sebelah kanan dari arah jembatan timbang, saluran drainase berbentuk persegi, kondisi sedang. Saluran drainase yang ada di sepanjang jalan operasional menampung air limpasan dari area sebelah kanan saluran drainase, sehingga air limpasan tidak masuk ke sel sampah dan air hujan yang menjadi air lindi adalah air yang jatuh di sel sampah. Air drainase secara gravitasi menuju saluran anak air sungai. Kondisi dan bentuk saluran drainase dapat dilihat pada **Gambar 2.5** :



Gambar 2.5
Drainase TPA Sampah Regional Payakumbuh

4. Pagar Pembatas

Pagar pembatas lokasi TPA berfungsi untuk mencegah hewan atau ternak memasuki lokasi sel-sel sampah dengan bahan besi dan kawat galvanis. Berdasarkan hasil pemantauan kondisi pagar pembatas di lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh masih dalam kondisi baik.

5. Air Bersih

Sumber air bersih diperoleh dari sumur dalam yang berada di sekitar lokasi. Pada saat ini kondisi pompa air dan ketersediaan air bersih di TPA Sampah Regional Payakumbuh telah mencukupi.

2.2.2.2. Fasilitas Perlindungan Lingkungan

Fasilitas perlindungan lingkungan dimaksudkan untuk mencegah pencemar yang bersumber dari TPA seperti gas dan lindi agar tidak terlepas langsung ke lingkungan. Fasilitas perlindungan lingkungan di TPA Sampah Regional Payakumbuh adalah sebagai berikut:

1. Lapisan Kedap Air

Lahan landfill terbagi dalam beberapa zona, dari setiap zona terbagi lagi dalam beberapa fase. Kemudian dari setiap fase dibuat sel – sel timbunan sampah harian. Luas sel sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh sebesar 2.5 Ha. Untuk mencegah terjadi pencemaran tanah oleh air lindi, tanah terlebih dahulu diberi lapisan geomembran.



Saat ini sebagian besar geomembran ada yang rusak, kondisi ini dapat dilihat pada **Gambar 2.6.**:



Gambar 2.6 Kondisi Lapisan Kedap Air pada TPA Sampah Regional Payakumbuh

2. Pengelolaan Lindi

Lindi adalah cairan yang timbul sebagai limbah akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan sampah, melarutkan dan membilas materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil dekomposisi biologis. Tujuan pengelolaan lindi adalah untuk menurunkan kadar pencemar lindi sebelum dilepas ke lingkungan. Air lindi yang bersumber dari sel sampah, dialirkan menuju kolam pengumpul. Berdasarkan pemantauan yang dilakukan, terjadi amblesan pembatas/sambungan antara kolam 1 (kolam pengumpul limbah) dan kolam 2 (kolam anaerobik). Terjadi rembesan air lindi ke tanah yang selanjutnya mengalir ke saluran irigasi dan bercampur dengan air outlet IPAL. Kondisi ini menyebabkan kinerja IPAL tidak dapat berlangsung optimal. Seharusnya air di kolam pengumpul langsung masuk ke kolam anaerobik sehingga waktu tinggal limbah pada bak pengumpul sesuai dengan SOP IPAL dan kandungan bahan organik yang tinggi yang terdapat pada air lindi dapat terdegradasi dengan sempurna. Namun dengan kondisi amblesan tersebut, akan mengganggu kinerja yakni fungsi dari kolam pengumpul dan kolam *anaerobic* yang tidak berjalan sebagaimana fungsi dari masing-masing

kolam tersebut. Kondisi IPAL di TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat di lihat pada **Gambar 2.7** berikut :



Gambar 2.7 Kondisi Kolam Lindi TPA Sampah Regional Payakumbuh

Air yang berasal dari kolam *anaerobic* selanjutnya masuk ke kolam fakultatif, dan kemudian masuk menuju kolam maturasi, sebelum dialirkan masuk ke saluran irigasi sekitar lokasi. Kondisi pada masing-masing kolam IPAL saat ini sudah mengalami peningkatan sedimen, sehingga daya tampung air limbah menjadi menurun. Penurunan daya tampung ini juga disebabkan oleh meningkatnya curah hujan. Peningkatan curah hujan mengakibatkan jumlah lindi yang dihasilkan lebih banyak dan berdampak terhadap penurunan daya tampung kapasitas IPAL. Hal ini sesuai dengan rata-rata curah hujan di Kota Payakumbuh.

3. Pengelolaan Gas

Pengelolaan gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan dari proses dekomposisi–pembusukan sampah, dilakukan dengan menyalurkannya menggunakan pipa ventilasi dan kerikil penangkap gas horizontal, namun pada saat ini pipa tersebut sudah tidak terlihat lagi akibat terjadinya longsor pada TPA.



4. Sumur Pantau

Untuk melakukan pemantauan terhadap kualitas air tanah dangkal, TPA Sampah Regional Payakumbuh menyediakan 2 unit sumur pantau di sekitar lokasi TPA, namun pada saat ini hanya 1 (satu) sumur pantau yang masih berfungsi dan yang 1 (satu) lagi dipakai untuk lokasi pengembangan kolam lindi.

5. Zona Penyangga (*Buffer Zone*)

TPA Sampah Regional Payakumbuh sudah dilengkapi dengan kawasan penyangga berupa Ruang Terbuka Hijau yang melingkari lokasi TPA Regional Payakumbuh. Selain kawasan hijau permanen berbentuk *buffer zone* itu, disediakan juga kawasan hijau temporer dengan tanaman jenis *Jatropha Curcas* pada setiap jarak pagar yaitu pada celah lokasi yang telah dicadangkan sebagai lahan untuk pengurangan. Berdasarkan hasil pemantauan di lapangan menunjukkan bahwa kawasan *buffer zone* di TPA Sampah Regional Payakumbuh berada 500 meter dari batas terluar dari TPA. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2012 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dengan sistem pengelolaan sampah LUT atau LUS (*Sanitary Landfill*/lahan urug saniter) menyatakan bahwa kawasan sekitar TPA Sampah merupakan subzona penyangga dan sub zona budidaya terbatas ditetapkan dengan radius 500 meter dihitung dari batas terluar subzona penyangga. Kondisi *buffer zone* TPA Sampah Regional Payakumbuh sebagaimana terlihat pada **Gambar 2.8** berikut



Gambar 2.8 *Buffer Zone* di Areal TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.2.2.3. Fasilitas Operasional

Fasilitas operasional berupa alat berat dan tanah penutup. Kondisi fasilitas operasional di TPA Sampah Regional Payakumbuh adalah sebagai berikut:

1. Alat Berat

Jumlah kendaraan operasional TPA Sampah Regional Payakumbuh saat ini berjumlah sebanyak 6 unit, yang terdiri dari :

1. *Excavator* 3 (dua) unit merek Caterpillar tipe CAT 320 C dan 313 D serta merek Komatsu tipe PC 200 digunakan untuk membuat sel sampah, kondisi saat ini dalam keadaan rusak;
2. *Buldozer* 3 (tiga) unit merek Caterpillar tipe D5K dan D6G serta merek Komatsu tipe D85E-SS untuk perataan sampah;
3. Truk sampah 2 (dua) unit untuk pengangkutan tanah penutup.

Terdapat 4 (empat) jenis alat berat yang dapat beroperasi di lapangan pada saat ini yaitu 3 (tiga) unit buldozer dan 1 (satu) unit excavator. Masih terdapat alat berat yang masih dalam kondisi rusak yaitu 1 (satu) unit excavator CAT tipe 313 D dan 1 (satu) unit excavator Komatsu tipe PC 200. Alat berat yang dimiliki oleh TPA Sampah Regional Payakumbuh disajikan pada **Gambar 2.9** berikut :



Gambar 2.9 Kendaraan Operasional di TPA Sampah Regional Payakumbuh

2. Areal Cadangan Penutup Tanah

TPA Sampah Regional Payakumbuh memiliki area cadangan tanah penutup yang terletak di area TPA. Area cadangan penutup berguna untuk memudahkan pengoperasian penutupan sel sampah, maka tanah hasil pemotongan perlu diletakkan pada lokasi khusus – *soil storage* – yang tidak jauh dari TPA. Material yang dimaksud ditimbun sementara di atas sel sampah yang telah ditutup sebelumnya. Areal cadangan penutup tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Areal Cadangan Tanah Penutup di TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.2.2.4. Fasilitas Penunjang

Fasilitas penunjang mendukung operasional TPA sehari-hari. Fasilitas penunjang pada TPA Sampah Regional Payakumbuh antara lain:

1. Jembatan Timbang

TPA Sampah Regional Payakumbuh dilengkapi dengan jembatan timbang untuk mengetahui berat sampah yang masuk ke TPA. Kondisi unit timbangan TPA Sampah Regional Payakumbuh disajikan pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Jembatan Timbang di TPA Sampah Regional Payakumbuh

Tingkat pengisian dan faktor pemadatan dapat dipantau dari catatan timbangan sampah yang masuk. Hasil pemantauan terhadap jembatan timbang, sampai saat ini masih dalam kondisi baik dan berfungsi dengan baik.

2. Garase dan Bengkel

Garase berfungsi sebagai tempat parkir kendaraan dan bengkel difungsikan untuk pemeliharaan kendaraan yang melakukan aktivitas di TPA Regional, baik untuk kendaraan yang berada di sekitar maupun kendaraan yang membawa sampah dari luar. Luas bangunan garase adalah 70 m² seperti yang disajikan pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Garase Kendaraan di TPA Sampah Regional Payakumbuh

3. Areal Pemilahan Sampah

Sampah dipilah pada areal pemilahan sampah menurut jenisnya meliputi sampah organik atau anorganik di areal kerja TPA. Saat ini, areal pemilahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh belum beroperasi. Kegiatan yang akan berlangsung pada waktu yang akan datang adalah penyortiran sekaligus pencacahan sebagaimana uraian di bawah ini:

- 1) Sampah organik mudah membusuk akan dilakukan pengomposan, sedangkan sampah yang tidak membusuk ditimbunkan pada sel sampah;
- 2) Sampah berupa plastik, kaleng – kemasan bahan aluminium, kaca ataupun karet dipisahkan satu sama lain pada areal pemilahan sampah, lalu disimpan sementara waktu menggunakan karung atau wadah lain sebelum diserahkan kepada pihak lain.



Gambar 2.13
Areal Pemilahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh

4. Unit Pengomposan Sampah

TPA Sampah Regional Payakumbuh telah memiliki areal pengomposan limbah organik yang dilengkapi dengan peralatan seperti *belt conveyor*, alat pencacah sampah organik, alat pengompos, alat pengayak kompos. Saat ini peralatan pengomposan sampah tersebut sudah tidak difungsikan lagi, karena keterbatasan tenaga kerja pada proses pengomposan. Maintenance tetap perlu dilakukan agar peralatan tidak rusak walaupun sekarang peralatan tersebut tidak digunakan. Jenis peralatan proses pengomposan seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.14**.



Gambar 2.14 *Belt Conveyor* dan Mesin Pencacah di TPA Sampah Regional Payakumbuh

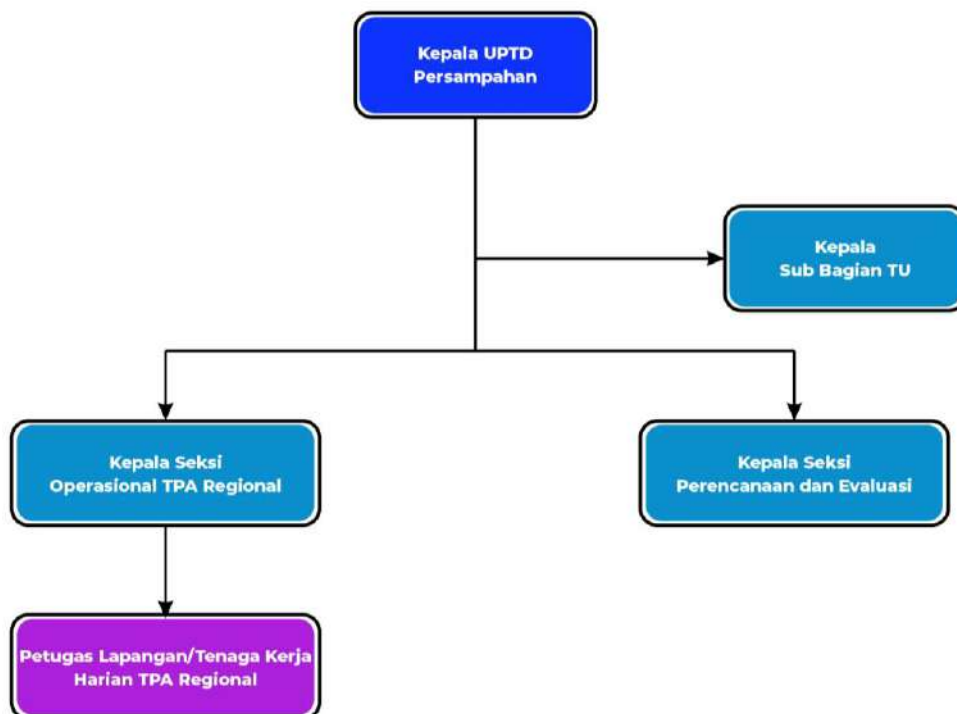


5. Fasilitas Penunjang Lainnya

TPA Sampah Regional Payakumbuh masih belum melakukan pengolahan sampah yang masuk. TPA Sampah Regional Payakumbuh melalui UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat telah menyediakan lahan untuk pengembangan dan direncanakan akan dibangun TPST untuk menunjang pengolahan sampah di areal TPA Sampah Regional Payakumbuh. *Siteplan* TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada **Gambar 2.15** dibawah ini

2.2.3. Kondisi Pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh

TPA Sampah Regional Payakumbuh berada dibawah naungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat melalui UPTD Persampahan. UPTD Persampahan merupakan UPTD teknis yang mengatur tentang Persampahan UPTD Persampahan berdiri berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 113 tentang Pembentukan Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis Daerah Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat Tahun 2018. Struktur organisasi UPTD Persampahan dapat dilihat pada **Gambar 2.16**.



Gambar 2.16 Struktur Organisasi UPTD Persampahan

Sumber : Laporan Akhir O&P TPA/TPST Regional, 2022

TPA Sampah Regional Payakumbuh memiliki tenaga harian lapangan berjumlah 20 (dua puluh) orang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat kompilasi tenaga kerja di TPA Sampah Regional Payakumbuh pada **Tabel 2.6** berikut :



Tabel 2.6
Kompilasi Tenaga Kerja TPA Sampah Regional Payakumbuh

No.	Penempatan Tenaga Kerja	Jumlah (Orang)
1.	Koordinator TPA	1
2.	Operator alat berat	4
3.	Petugas Timbangan	2
4.	Satuan Pengamanan (Satpam)	4
5.	Operator Landfill	2
6.	Petugas Kebersihan	2
7.	Sopir Truk Tanah	2
8.	Petugas Laboran	1
9.	Petugas Logistik	1
10.	Mekanik	1
Jumlah		20

Sumber : Laporan Akhir O&P TPA/TPST Regional, 2022

2.3. Gambaran Rencana Penerapan Pengolahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh

Rencana Optimalisasi TPA Sampah Regional Payakumbuh telah dimulai pada tahun 2023. Tahapannya diawali dengan Review Perencanaan Teknis (DED) yang telah dimulai pada tahun 2023. Optimalisasi TPA Sampah Regional Payakumbuh meliputi Redesain penataan TPA dan Desain Pembangunan TPST.

Sesuai dengan amanat UU No. 18 Tahun 2008 bahwasanya penanganan akhir sampah perkotaan tidak lagi berupa penimbunan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), tetapi harus melalui proses pengolahan akhir sehingga sampah dikembalikan ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan hidup. Perencanaan TPST ini menjadi salah satu perwujudan penanganan sampah dan sejalan dengan paradigma baru pengelolaan sampah yang memandang sampah sebagai sumber daya yang masih memiliki nilai dan dapat dimanfaatkan kembali.

Berdasarkan DED Optimalisasi TPA Sampah Regional Payakumbuh, potensi pemanfaatan hasil pengolahan sampah di TPST Regional Payakumbuh adalah sebagai berikut:



1. Kompos, dapat dijual atau didistribusikan untuk pertamanan kota;
2. Sampah layak jual, dapat dijual ke pengepul atau pabrik daur ulang;
3. *Refuse Derived Fuel* (RDF), dapat dimanfaatkan oleh *offtaker* potensial seperti PLTU dan industri semen;
4. *Paving Block* dan genteng.

Secara umum, alur proses pengolahan pada TPST Regional Payakumbuh adalah sebagai berikut:

A. Pre Treatment

Tahap *pre treatment* atau pra-pengolahan adalah pengolahan sampah secara fisik yang bertujuan untuk menyortir sampah dan menyisahkan komponen sampah yang tidak terolah (residu). Sampah yang diproses pada TPST Regional Payakumbuh akan dibedakan berdasarkan sumbernya yakni sampah pasar dan sampah non pasar. Proses yang terjadi pada tahap pra pengolahan adalah sebagai berikut:

1. Pemilahan Sampah oleh Pemulung

Sampah pasar akan langsung menuju area bongkar. Setelah proses bongkar sampah pasar akan langsung dicacah untuk diproses pada tahap selanjutnya.

Sampah non pasar akan dibongkar pada *picking bay* dan akan dipilah oleh pemulung. Sampah yang masih memiliki nilai akan dimanfaatkan oleh pemulung. Potensi sampah yang dapat dimanfaatkan oleh pemulung diperkirakan sebesar 2,16%.

2. Pemisahan Logam

Pemisahan logam bertujuan agar sampah yang diproses selanjutnya tidak terdapat kandungan logam. Kandungan logam dapat menghambat proses pengolahan sampah secara termal maupun biologis. Pemisahan logam akan menggunakan *magnetic separator* dengan bantuan *belt conveyor*. Sampah logam yang telah terpisah kemudian akan dikelompokkan sebagai sampah anorganik layak jual.



3. Penyortiran Ukuran

Sampah non pasar yang telah terpisah dari komponen logam selanjutnya akan melalui proses penyortiran ukuran menggunakan *rotary screen*. Proses ini bertujuan untuk memisahkan sampah organik halus dan kasar. Sampah organik halus selanjutnya akan dikelompokkan sebagai residu. Sampah organik kasar akan dilanjutkan pada proses pemilahan menggunakan *conveyor belt*.

4. Pemilahan Mekanis

Pemilahan mekanis dilakukan dengan bantuan belt conveyor untuk memisahkan komponen sampah layak jual. Komponen sampah layak jual selanjutnya dikelompokkan sebagai sampah anorganik layak jual. Residu dari proses pemilahan akan diproses lebih lanjut.

5. Pencacahan

Pencacahan bertujuan untuk memperkecil ukuran sampah agar dapat mempercepat proses pengolahan selanjutnya.

B. Treatment

1. Pengolahan Biologis

Sampah pasar akan diolah secara biologis dengan memanfaatkan teknologi pengomposan dan biokonversi dengan larva BSF. Residu dari proses pengolahan biologis akan diangkut ke landfill.

2. Pengolahan Fisik

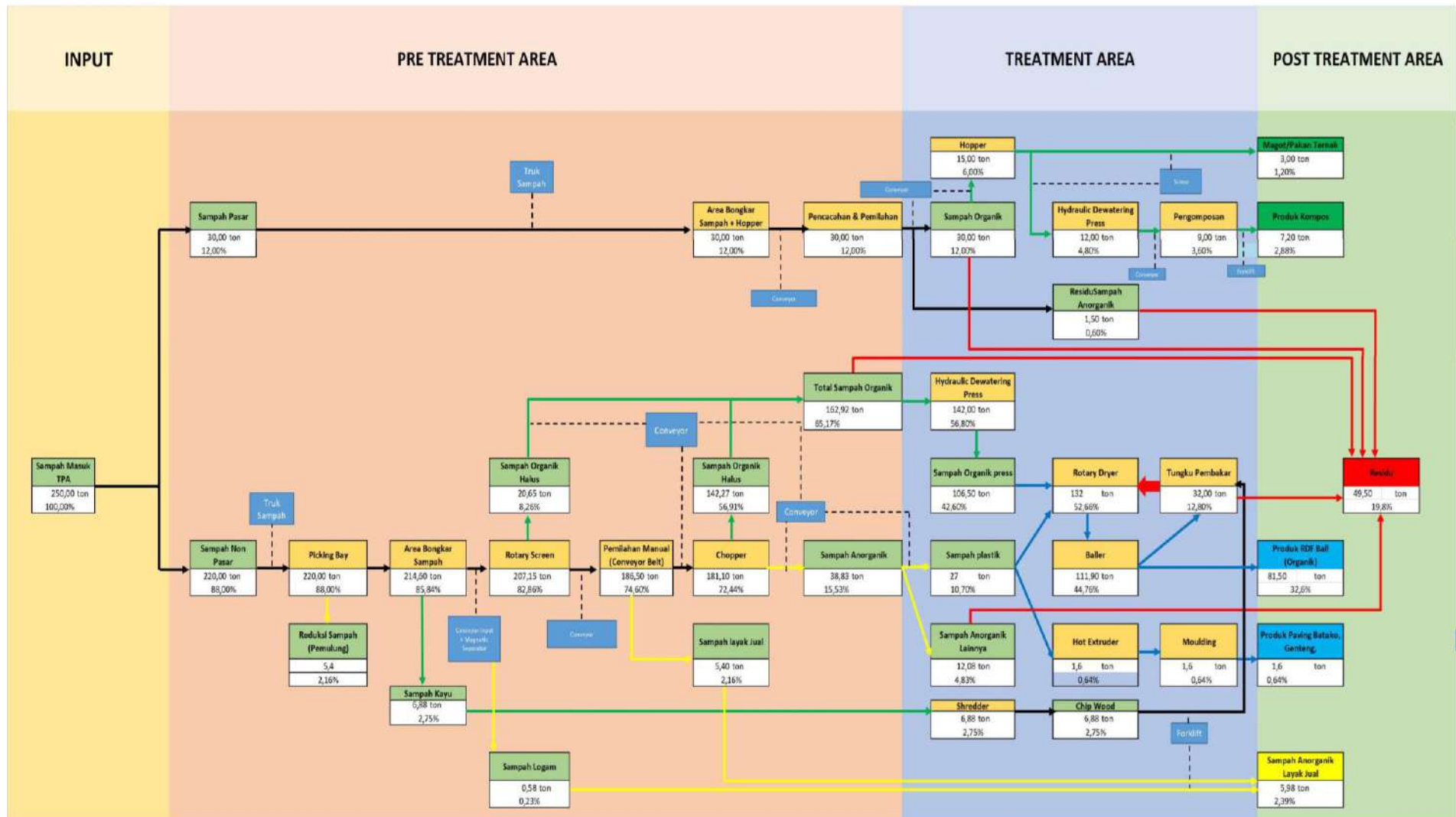
Pengolahan fisik bertujuan untuk memproses sampah non pasar yang telah melalui tahap pra-pengolahan. Proses pengolahan yang direncanakan akan menghasilkan *Refuse Derived Fuel* (RDF) serta produk *paving block* dan genteng. Sampah yang diproses menjadi RDF akan dipadatkan menggunakan *baler* dan menghasilkan RDF Ball.



3. Penanganan Sampah Anorganik Layak Jual

Sampah anorganik layak jual akan dikumpulkan pada gudang penyimpanan dan akan dijual kembali.

Diagram alir proses pengolahan sampah di TPST Regional Payakumbuh dapat dilihat pada gambar berikut:







BAB III

STUDI LITERATUR

3.1 Pengelolaan Sampah

Undang-undang No. 18 tahun 2008 mendefinisikan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Sementara itu, menurut SNI 19-2454-2002 sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sampah umumnya dalam bentuk sisa makanan (sampah dapur), daun-daunan, ranting, karton/kertas, plastik, kain bekas, kaleng-kaleng, debu sisa penyapuan dan sebagainya.

Keberhasilan pengelolaan sampah tidak hanya tergantung pada aspek teknis, namun juga mencakup aspek non teknis, seperti bagaimana mengatur sistem agar dapat berfungsi, bagaimana lembaga atau organisasi pengelola, bagaimana pembiayaan sistem, dan bagaimana melibatkan masyarakat agar ikut berperan dalam penanganan sampah. Berbagai disiplin ilmu diperlukan untuk menjalankan sistem tersebut, seperti perencanaan kota, ekonomi, geografi, sosiologi, demografi, kesehatan masyarakat, komunikasi, dan lain-lain. Kebijakan pengelolaan sampah perkotaan di Indonesia memosisikan bahwa pengelolaan sampah perkotaan merupakan sistem yang terdiri dari 5 (lima) komponen sub sistem, yaitu:

1. Peraturan/hukum
2. Kelembagaan dan organisasi
3. Teknik operasional
4. Pembiayaan
5. Peran serta masyarakat

Konsep ini sebetulnya berlaku tidak hanya untuk pendekatan pemecahan masalah persampahan, namun untuk sektor lain yang umumnya terkait dengan pelayanan masyarakat. Kelima komponen tersebut lebih tepat



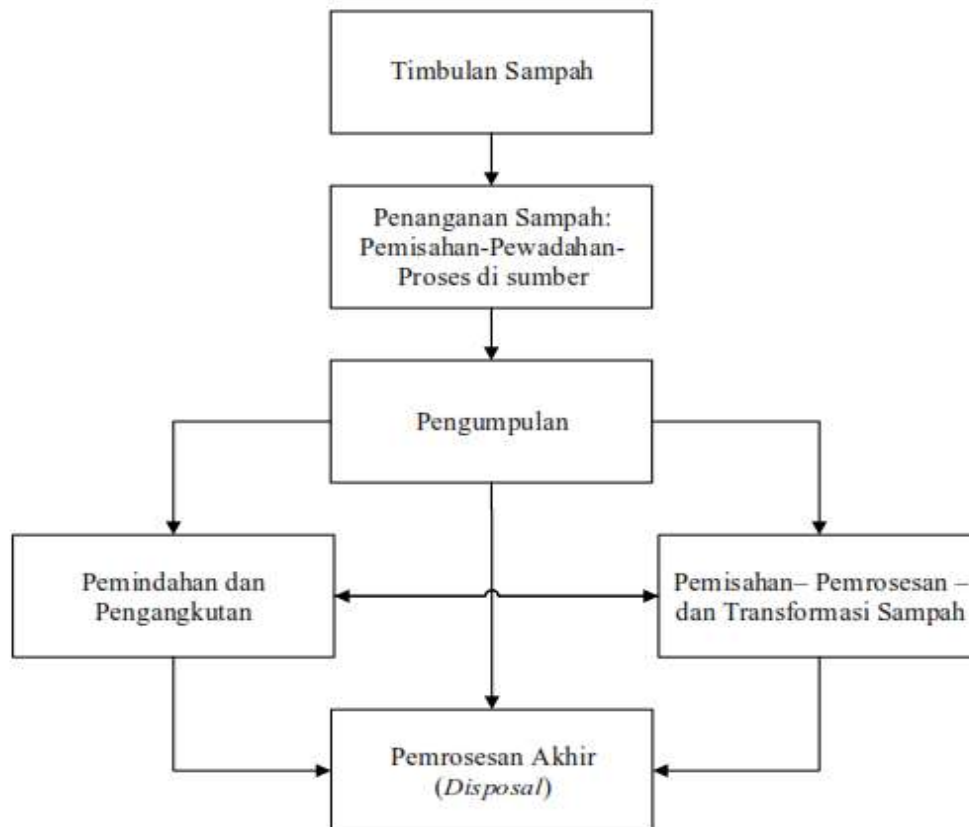
dikatakan sebagai aspek-aspek penting yang mempengaruhi manajemen persampahan (Damanhuri, 2008).

Pengelolaan sampah saat ini tidak hanya sekedar membuang sampah pada tempatnya tetapi bagaimana timbulan sampah dapat dikurangi dan jumlah sampah yang dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dapat direduksi. Pengelolaan sampah pada masyarakat modern memerlukan keterlibatan dan kesinambungan dari penggunaan teknologi dan disiplin ilmu terkait bagaimana mengontrol timbulan sampah (*waste generation*), pengumpulan (*collection*), pemindahan sampah (*transfer*), pengangkutan (*transportation*), pemrosesan (*processing*), dan pembuangan akhir (*disposal*) sampah yang dihasilkan oleh masyarakat tersebut. Proses tersebut hendaknya diselesaikan seluruhnya dalam rangka melindungi kesehatan masyarakat, menjaga kelestarian lingkungan, namun juga dapat diterima secara estetika dan secara ekonomi. Skema teknik operasional pengelolaan sampah dapat dilihat pada Gambar 3.1 (Damanhuri, 2016).

Pengelolaan sampah menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 dibagi pada 2 (dua) kelompok utama, yaitu:

- a. Pengurangan sampah (*waste minimization*), yang terdiri dari pembatasan timbulnya sampah, guna-ulang (*reuse*) dan daur-ulang (*recycle*).
- b. Penanganan sampah (*waste handling*), yang terdiri dari:
 1. Pemilahan: dalam bentuk pengelompokkan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/atau sifat sampah.
 2. Pengumpulan: dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu.
 3. Pengangkutan: dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara atau dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir.

4. Pengolahan: dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah.
5. Pemrosesan akhir sampah: dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.



Gambar 3.1 Skema Teknik Operasional Pengelolaan Sampah

Sumber: Damanhuri, 2008

3.2 Refuse Derived Fuel (RDF)

RDF merupakan salah satu metode pengolahan sampah dengan cara mengubah sampah secara fisik, kimia dan biologis menjadi produk yang bermanfaat seperti bahan bakar. RDF dapat diartikan sebagai fraksi yang mudah terbakar atau memiliki nilai kalor yang tinggi dari sampah perkotaan. RDF biasanya terdiri dari sampah perkotaan yang telah dipisahkan dari komponen tidak mudah terbakar seperti logam besi, kaca, dan material tidak mudah terbakar lainnya dan diproses hingga berbentuk pellet atau serbuk (*fluff*) (Kara, 2009).



Komposisi sampah perkotaan sangat bervariasi dan tergantung pada sumber sampah, musim, dan pola konsumsi masyarakat. Sampah perkotaan yang belum diproses memiliki kadar air yang tinggi, kadar abu yang tinggi, nilai kalor rendah, dan distribusi ukuran partikel yang luas. Hal ini menyebabkan sulitnya pemanfaatan sampah perkotaan secara langsung sebagai bahan bakar. Pemrosesan sampah menjadi RDF dapat menjadi solusi untuk memanfaatkan sampah perkotaan sebagai sumber bahan bakar. Keunggulan utama dari pemrosesan sampah menjadi RDF adalah nilai kalor yang tinggi dan konstan, keseragaman komposisi fisik dan kimia, kemudahan penyimpanan, penanganan dan transportasi, emisi polutan yang lebih rendah dan pengurangan kebutuhan udara berlebih selama pembakaran (Caputo, 2002).

3.2.1. Klasifikasi RDF

Menurut *American Society for Testing and Material (ASTM)*, RDF dapat diklasifikasikan menjadi 7 kategori sebagai berikut (Caputo, 2002):

1. RDF-1 adalah sampah perkotaan yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan memisahkan sampah berukuran besar;
2. RDF-2 adalah sampah perkotaan yang telah diproses menjadi partikel kasar dengan atau tanpa komponen logam;
3. RDF-3 adalah sampah perkotaan yang telah dicacah dan dipisahkan dari komponen yang tidak mudah terbakar dengan ukuran partikel 2 inch², atau yang biasa disebut *fluff* RDF;
4. RDF-4 adalah fraksi sampah mudah terbakar yang diproses menjadi bentuk serbuk berukuran 0,035 inch². Disebut juga dengan *dust* RDF atau p-RDF;
5. RDF-5 adalah fraksi sampah mudah terbakar yang dipadatkan hingga kepadatan 600kg/m³ berbentuk pellet, *slugs*, *cubette*, briket, dsb. Disebut juga dengan *densified* RDF atau d-RDF;
6. RDF-6 adalah fraksi sampah mudah terbakar yang diproses menjadi bahan bakar cair, biasa disebut dengan RDF *slurry*;



7. RDF-7 adalah fraksi sampah mudah terbakar yang diproses menjadi bahan bakar gas, biasa disebut dengan RDF *syngas*.

3.2.2. Karakteristik RDF

Karakteristik utama RDF berkaitan dengan jaminan kualitas dari RDF yang dihasilkan. Beberapa karakteristik utama yang perlu diperhatikan adalah nilai kalor, kadar air, kadar abu, serta konsentrasi zat beracun khususnya klorin dan logam berat. Nilai dari karakteristik ini akan sangat bergantung pada sumber sampah sebagai input prosesnya (seperti sampah domestik, sampah komersil, sampah pasar, dan sebagainya), pola pengumpulan sampah (tercampur atau terpilah dari sumber), dan pengolahan yang dilakukan (*screening, sorting, grinding* dan *drying*). Nilai rata-rata dari karakteristik RDF dari berbagai sumber sampah disajikan pada tabel berikut (Gendebien, 2003):

Tabel 3.1. Kualitas RDF dari Sampah Domestik dan Sampah Industri

Sumber RDF	Nilai Kalor (MJ/kg)	Kadar Abu (%-berat)	Kadar Klorin ((%-berat)	Kadar Sulfur (%-berat)	Kadar Air (%-berat)
Sampah Domestik	13 – 16	5 – 10	0,3 – 1	0,1 – 0,2	25 – 35
Sampah Komersial	16 – 20	5 – 7	<0,1 – 0,2	< 0,1	10 – 20
RDF dari sampah industri	18 – 21	10 – 15	0,2 – 1		3 – 10
Sampah pembongkaran (<i>demolition waste</i>)	14 – 15	1 – 5	<0,1	<0,1	15 – 25

Sumber: Gendebien, 2003

3.2.3. Proses Produksi RDF

Proses produksi RDF terdiri dari dua sub-sistem yang biasa disebut *front end* dan *back end*. Sub-sistem *front end* merupakan proses awal yang berupa penerimaan sampah perkotaan dan pemilahan sampah perkotaan menjadi fraksi mudah terbakar dan fraksi tidak mudah terbakar sebagai bahan baku untuk proses selanjutnya. Sub-sistem *back end* merupakan proses konversi sampah secara thermal atau biologis (UNEP, 2005).



Alur produksi RDF terdiri dari beberapa unit operasi yang bertujuan untuk memisahkan komponen sampah yang tidak diinginkan dan mengkondisikan fraksi mudah terbakar untuk mendapatkan karakteristik RDF yang diinginkan. Secara umum unit operasi RDF terdiri dari (Caputo, 2002):

- Penyaringan (*screening*);
- Pencacahan (*shredding*);
- Reduksi ukuran (*size reduction*);
- Pemilahan logam, kaca, atau sampah organik basah;
- Pengeringan dan pemadatan.

Unit operasi ini dapat diatur dalam urutan berbeda tergantung pada komposisi sampah yang diterima dan kualitas RDF yang diinginkan.

3.2.3.1. Unit Operasi pada Proses Produksi RDF

1. Pemilahan Manual

Terdapat komponen sampah berukuran besar seperti perlengkapan rumah tangga, mebel, dan kontaminan (sampah B3) pada sampah kota yang tercampur. Komponen-komponen ini dapat dipilah secara manual oleh pekerja sebelum diproses secara mekanis. Rentang efisiensi pemilahan manual oleh pekerja disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3.2. Laju Pemilahan Manual dan Efisiensinya

Material	Laju Pemilahan (kg/jam/pekerja)	Efisiensi (%)
Kertas	700 – 4.500	60 – 95
Botol kaca	400 – 800	70 – 95
Botol kaca (berdasarkan warna)	200 – 400	80 – 95
Botol plastik (PET, HDPE)	140 – 280	80 – 95
Kaleng aluminium	45 – 55	80 – 95

Sumber: UNEP, 2005

Peralatan yang digunakan pada pemilahan manual umumnya berupa *conveyor belt*. Pekerja ditempatkan di salah satu sisi atau kedua sisi *belt* untuk memilah sampah. Rancangan pemilahan manual perlu memperhatikan komposisi sampah, waktu yang



dibutuhkan oleh pekerja, dan keselamatan serta ergonomi dari pekerja.

2. Reduksi Ukuran

Reduksi ukuran pada pengelolaan sampah dapat diartikan juga sebagai pencacahan (*shredding*) dan penggilingan (*grinding*). *Shredding* umumnya diartikan sebagai Reduksi ukuran dari sampah yang masih tercampur. *Grinding* umumnya digunakan untuk sampah kaca. Reduksi ukuran adalah proses penting dalam pemrosesan sampah secara mekanis karena dapat menghasilkan keseragaman ukuran sampah. Beberapa tipe peralatan untuk Reduksi ukuran adalah sebagai berikut (Nithikul, 2007).

a. *Hammermills*

Berdasarkan jenis penggerakannya, terdapat 2 (dua) jenis *hammermills*, yaitu penggerak horizontal dan vertikal. *Hammermills* horizontal umumnya digunakan untuk sampah tercampur. Komponen utamanya terdiri dari rotor, piringan bingkai, piringan penghancur dan landasan. Sampah yang akan direduksi ukurannya diumpankan melalui celah bukaan pada mesin. Piringan penghancur akan mencacah sampah hingga ukuran kecil sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

b. *Shear shredder*

Mesin *shear shredder* memiliki torsi yang tinggi dan RPM yang rendah. Komponen pencacahnya terdiri dari 2 piringan pemotong yang berputar dengan arah putaran yang saling berlawanan. Mesin ini umumnya digunakan untuk mencacah sampah yang sulit dicacah seperti ban bekas, aluminium, dan plastik.

3. Penyaringan (*Screening*)

Tujuan penyaringan adalah mengelompokkan ukuran sampah yang telah dicacah. Sampah yang telah dicacah diumpankan pada mesin penyaring dan akan dikelompokkan berdasarkan ukuran saringan. Beberapa tipe mesin penyaring antara lain (Nithikul, 2007):



a. *Trommel screen*

Trommel adalah mesin penyaring berbentuk silinder yang berputar dan diposisikan miring ke bawah. Permukaan penyaringnya dapat berupa jaring kawat atau plat besi berlubang. *Trommel screen* terbukti efektif dan efisien untuk memproses sampah dalam keadaan tercampur dan merupakan salah satu alternatif mesin penyaring yang umum digunakan (UNEP, 2005).

b. *Disc screen*

Penerapan utama *disc screen* adalah untuk pemisahan fraksi anorganik, kertas atau kayu dari RDF. *Disc screen* terdiri dari poros-poros yang berjarak sama pada bidang horizontal yang dilengkapi dengan cakram. Celah diantara cakram berfungsi untuk memisahkan sampah berukuran kecil. Seluruh poros berputar pada arah yang sama dan memisahkan sampah berukuran besar.

4. *Air Classification*

Air classification adalah proses pemisahan yang dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan karakteristik aerodinamis masing-masing komponen sampah. *Air classification* bertujuan untuk memisahkan bahan ringan (materi anorganik seperti kertas dan plastik) dari bahan berat (logam, kaca, dan bahan berat lainnya). Bahan ringan akan tertangkap dalam aliran udara keatas dan dibawah oleh udara. Fraksi yang lebih berat akan turun karena tidak dapat dihembus oleh aliran udara. Ada banyak tipe *air classifier* berdasarkan dari pola aliran udaranya. Karakteristik tipikal pengoperasian *air classifier* pada proses produksi RDF dari sampah kota tercampur dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Tipikal Pengoperasian dan Karakteristik *Air Classifier* yang Digunakan untuk Proses Produksi RDF

Parameter	Rentang Tipikal
Kertas dan plastik pada fraksi berat (%)	5 – 30



Parameter	Rentang Tipikal
Fraksi ringan (%)	
• Logam besi	0,1 – 1
• Logam non besi	0,2 – 1
• Komponen halus	15 – 30
• Kertas dan plastik	55 – 80
• Debu	10 – 35

Sumber: Nithikul, 2007

5. Pemisahan Magnetis (*Magnetic separation*)

Pemisahan magnetis digunakan untuk memisahkan logam dari sampah perkotaan. Efisiensi dari pemisahan magnetis mampu memisahkan logam pada sampah perkotaan sekitar 80% untuk penggunaan magnet tunggal. Untuk meningkatkan efisiensi dapat dilakukan dengan meningkatkan tahapan pemisahan magnetis. Efisiensi dengan tahapan pemisahan jamak dapat mencapai 85-90% dengan kondisi pemisahan magnetis digunakan setelah *air classifier*. Hal ini disebabkan karena komponen ringan seperti kertas dan plastik yang dapat mengganggu proses pemisahan magnetis telah dipisahkan sebelumnya (Nithikul, 2007).

6. Pengeringan dan Pemadatan

Pengeringan dan pemadatan digunakan untuk tujuan khusus seperti produksi RDF dan pengurangan volume sampah yang dibuang ke landfill. Tujuan pengeringan adalah untuk meningkatkan kualitas RDF. Pemadatan bertujuan untuk menghasilkan *densified-RDF* (d-RDF) berbentuk briket, pellet, atau balok.

3.2.3.2. Alur Produksi RDF

Alur produksi RDF terdiri dari beberapa proses yang disusun sebagai satu proses yang berlangsung secara menerus yang bertujuan untuk memisahkan komponen yang tidak diinginkan dan memproses komponen yang mudah terbakar untuk mendapatkan RDF dengan karakteristik yang telah ditentukan. Secara umum, pengolahan sampah perkotaan menjadi RDF dimulai dengan tahap pencacahan atau penyaringan. Tahapan ini merupakan tahapan kunci dalam

mencapai efisiensi unit produksi RDF. Berikut beberapa referensi alur produksi RDF yang telah diterapkan:

Tabel 3.4. Referensi Fasilitas Produksi RDF

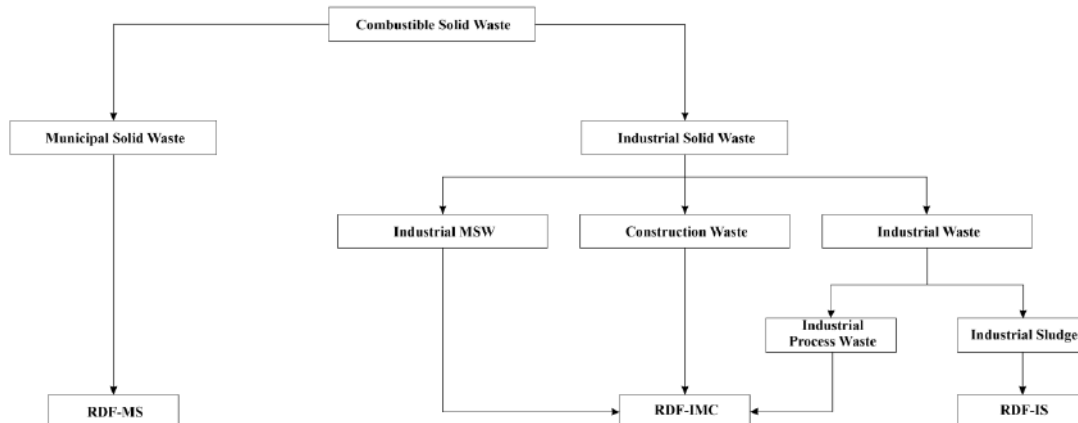
Nama Fasilitas Produksi RDF	Urutan Unit Operasi RDF	Nilai LHV (MJ/kg)
AREA	S-T-MS-M-MS-ACC-T-E	12,2
CIRSU	PT-HS-MS-S-T-MS-M-T	16,8
Conorzio Alessandrino	S-T-MS-T-MS-T	18,3
Conorzio Smaltimento Rifiuti Bassa Friulana	M-PT-ACC-M-D-P	16,8
Macomer	M-MS-T-BC	8,8
RECLAS	T-MS-ACC-T-MS-ACC	16,8
SAO	M-MS-PT-MS	12,6
SIEM	M-T-M-ACC-P	13,2

Keterangan: ACC Air Classifier with Cyclone MS Magnetic Separator
 BC Ballistic Classifier P Pelletizer
 D Dryer PT Pre-Trommel Screen
 E Extruder S Shredder
 HS Hand Sorting T Trommel Screen
 M Mill

Sumber: Nithikul, 2007

3.2.4. Jenis dan Karakteristik Bahan Baku RDF

Bahan baku RDF tidak hanya berasal dari sampah perkotaan, namun juga dapat berasal dari sampah industri. Diagram klasifikasi RDF dapat dilihat pada gambar berikut (Trang, 2009).



Gambar 3.2 Diagram Klasifikasi RDF

Sumber: Trang, 2009

Berdasarkan Gambar 3.2 diatas, diketahui bahwa RDF dapat diproduksi dengan menggunakan limbah padat perkotaan, *sludge* dari industri, sampah konstruksi dan residu proses produksi. RDF-MS diproduksi dengan bahan baku yang bersumber dari sampah



perkotaan, RDF-IMC diproduksi dengan bahan baku yang bersumber dari sampah konstruksi dan residu proses produksi, serta RDF-IS diproduksi dengan bahan baku *sludge* dari industri.

Menurut Cheremisnoff (2003), RDF sebagian besar bersumber dari sampah yang terdiri dari kertas, kayu, dan plastik yang memiliki kandungan energi yang lebih tinggi daripada sampah perkotaan dalam kondisi tercampur dengan nilai energi sebesar 12 – 13 MJ/kg. Kandungan energi tersebut tergantung pada program daur ulang sampah plastik dan kertas.

3.2.5. Pemanfaatan RDF

Secara umum, RDF dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk proses pembakaran. Pemanfaat RDF terbesar umumnya adalah industri padat energi seperti industri semen dan pembangkit listrik.

3.2.5.1. Industri Semen

Proses pembakaran pada industri semen umumnya terjadi pada suhu sekitar 1.450°C dan dengan waktu retensi bahan bakar yang lama. Kondisi ini sangat sesuai untuk pembakaran RDF. Berdasarkan pertimbangan teknis dan lingkungan, pemanfaatan RDF pada industri semen tidak memerlukan teknologi pembakaran khusus. Akan tetapi, terdapat ambang batas konsumsi bahan bakar (maksimum 30%) untuk pembakaran RDF agar tidak menimbulkan kenaikan tingkat emisi polutan udara seperti gas beracun, dioksin, furan, dan sebagainya (Lockwood, 1993). Proses pembuatan semen terdiri dari 6 (enam) komponen utama, yaitu (Nithikul, 2007):

1) *Raw Mill*

Bahan baku semen dikeringkan dan digiling hingga halus pada *Raw Mill* untuk menghasilkan produk setengah jadi yang disebut *raw meal*.

2) *Homo Silos*

Raw meal kemudian disimpan pada *homo silos* untuk mengurangi konsentrasi zat kimia pada *raw meal*. Proses ini penting untuk

menstabilkan *raw meal* agar menghasilkan kualitas produk yang seragam. *Raw meal* kemudian dipindahkan ke unit *Preheater*.

3) *Preheater*

Raw meal pada unit *preheater* akan dipanaskan menggunakan udara panas dari kiln. Suhu *raw meal* akan meningkat menjadi 1.000°C.

4) *Rotary Kiln*

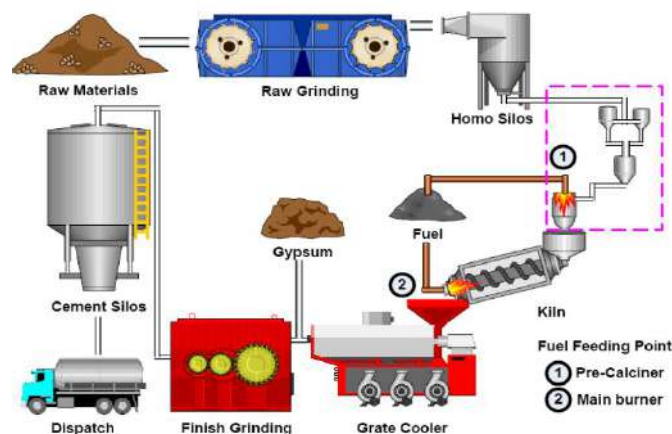
Material setelah proses *preheater* selanjutnya diproses pada *rotary kiln*. Suhu material pada *rotary kiln* akan meningkat dari 1.000°C menjadi 1.450°C. Kandungan mineral dari bahan baku akan hancur dan mineral semen akan terbentuk. Batu bara dan energi alternatif lainnya digunakan sebagai sumber energi pada proses ini. Residu panas yang dihasilkan akan direcovery oleh *grate cooler* untuk mengurangi kebutuhan energi.

5) *Grate Cooler*

Grate cooler berfungsi untuk mendinginkan residu panas yang dihasilkan dari *rotary kiln*. Udara pendingin diinjeksi dari bawah *grate* dan dialirkan ke material semen yang dihasilkan dari *rotary kiln*.

6) *Finish Mill*

Proses akhir dari pembuatan semen adalah penggilingan material semen dan ditambahkan gypsum sesuai dengan kebutuhannya.



Gambar 3.3 Tipikal Proses Produksi Semen

Sumber: Nithikul, 2007



Menurut Tangkaew (2007), terdapat beberapa keuntungan penggunaan RDF sebagai bahan bakar tambahan pada industri semen sebagai berikut:

- Temperatur yang tinggi dan waktu retensi yang lama menghasilkan pembakaran yang sempurna;
- Proses pembersihan gas beracun oleh kapur;
- Tidak menghasilkan abu karena abu akan meleleh dan akan menyatu menjadi produk akhir.

Industri semen menggunakan RDF pada proses termal dengan suhu yang tinggi. Penggunaan RDF dari sampah domestik pada industri semen memiliki rasio rata rata 3%. Hal tersebut masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan negara-negara eropa yang memiliki rasio sebesar 17%. Produsen semen di Indonesia memiliki hambatan untuk menggunakan RDF dikarenakan kurang baiknya sistem pengumpulan dan pemilahan sampah.

Penggunaan RDF sebagai bahan bakar sekunder pada industri semen telah digunakan di Indonesia. Persyaratan standar RDF yang digunakan oleh beberapa pabrik semen di Indonesia dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.5. Spesifikasi RDF Pabrik Semen di Indonesia

Parameter	Satuan	Nilai Batas	
		PT. Indocement*	PT. Semen Padang**
Nilai Kalor	Kkal/kg	>3.000	>3.000
Ukuran Partikel	mm	<40	<50
Moisture	%	<20	<25
Sulfur	%	<0,8	<0,5
Klorin	%	<1	<0,3

Sumber: *Bimantara, 2012

**PT. Semen Padang, 2023

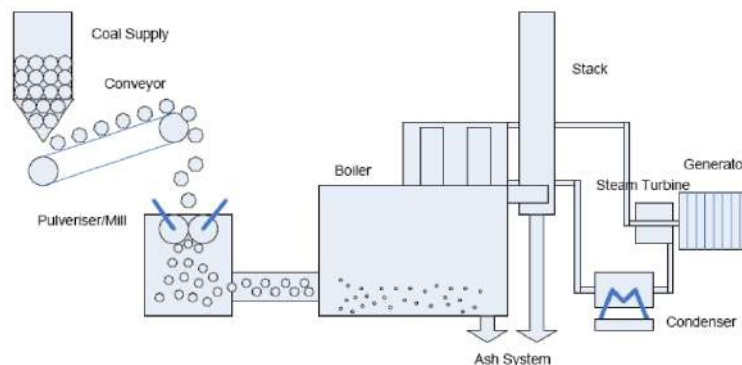
3.2.5.2. Pembangkit Listrik

Penggunaan RDF sebagai bahan bakar sekunder pada pembangkit listrik umum digunakan di Denmark, Finlandia, Jerman, Belanda dan Swedia. Co-firing merupakan salah satu teknik untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil dari pembangkit listrik dengan konsep pembakaran bersama, yang mana merupakan metode alternatif

dengan cara mensubstitusi sebagian batu bara dengan bahan bakar renewable untuk kebutuhan bahan bakar di boiler. Konsep substitusi tersebut dapat mengurangi emisi hasil pembakaran batu bara yang terbawa oleh gas buang. Penggunaan RDF sebagai bahan bakar bervariasi antara 0% - 100% (Gendebien, 2003).

Proses penggunaan batu bara pada pembangkit listrik umumnya diawali dengan penggilingan batu bara hingga membentuk partikel halus. Sistem yang digunakan adalah Pulverised Coal Combustion (PCC), dimana batu bara yang telah dihaluskan dihembuskan ke ruang pembakaran boiler. Panas yang dihasilkan akan memanaskan air dan membentuk uap

Uap panas bertekanan tinggi kemudian dialirkan menuju turbin. Uap akan mendorong baling-baling pada turbin dan menyebabkan poros turbin berputar dengan kecepatan tinggi. Generator ditempatkan di akhir poros turbin yang terdiri dari kumparan kawat (*coil*) dan akan menghasilkan listrik pada medan magnet yang kuat. Setelah melalui turbin, uap kemudian akan dikondensasi menjadi air dan dikembalikan ke boiler untuk dipanaskan kembali.



Gambar 3.4 Tipikal Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Sumber: Nithikul, 2007

Standar RDF sebagai bahan bakar jumptan padat untuk tujuan *co-firing* telah ditetapkan pada SNI 8966:2021 tentang Bahan bakar jumptan padat untuk pembangkit listrik. Menurut SNI 8966:2021, yang dimaksud dengan bahan bakar jumptan padat adalah bahan bakar padat yang dibuat secara spesifik dari sampah padat non



berbahaya, beracun (B3) dimana kandungan energi yang terdapat di dalamnya masih dapat dimanfaatkan kembali. Spesifikasi mutu bahan bakar jumptan padat untuk pembangkit listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 3.6 Spesifikasi Standar Bahan Bakar Jumptan Padat untuk Pembangkit Listrik

No	Parameter Uji	Satuan. min./maks.	Kelas		
			1	2	3
1	Kadar material organik	%, min	Organik ≥ 95	$87,5 \leq \text{organik} < 95$	$80 \leq \text{organik} < 87,5$
2	<i>Sizing</i>				
	Fluff	Minimum - mm - Mesh No.	0,297 50	0,297 50	0,297 50
		Maksimum - mm - Mesh No.	2,38 8	2,38 8	2,38 8
	Pellet				
	Diameter	mm, min.	$6 \pm 1,0$	$6 \pm 1,0$	$6 \pm 1,0$
		mm, maks.	$10 \pm 1,0$	$12 \pm 1,0$	$12 \pm 1,0$
	Panjang	mm	$3,15 \leq P \leq 40$	$3,15 \leq P \leq 40$	$3,15 \leq P \leq 40$
	Bricket				
	Diameter	mm, min.	50	50	50
		mm, maks.	70	70	70
	Panjang/tebal	mm, min.	20	20	20
		mm, maks.	70	70	70
3	Densitas				
	<i>Fluff</i>	g/cm ³ , min.	0,4	0,4	0,4
	<i>Pellet</i>	g/cm ³ , min.	0,8	0,7	0,6
	<i>Bricket</i>	g/cm ³ , min.	0,9	0,9	0,9
4	Kadar air	%-berat	<15	<20	<25
5	Kadar abu	%-berat	<15	<20	<25
6	Kadar zat mudah menguap	%-berat, maks.	65	70	75
7	Kadar Karbon Tetap	%-berat	>15	>10	>5
8	Nilai Kalor Netto	MJ/kg, <i>mean</i>	≥ 20	≥ 16	≥ 10
9	Kadar Sulfur Total	%-berat	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$
10	Kadar Klorin	%-berat, <i>mean</i>	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	≤ 1
11	Kadar Merkuri (Hg)	mg/MJ, <i>median</i>	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$
		mg/MJ, 80 th percentile	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$
12	Kadar Kalium (dalam K ₂ O)	%-berat, maks.	5	10	15
13	Kadar Natrium (dalam Na ₂ O)	%-berat, maks.	2,5	2,5	2,5
14	<i>Hardgrove Grindability Index (HGI)</i>	HGI, min.	35	35	35
15	Titik leleh abu	°C, min.	1.200	1.180	1.180



No	Parameter Uji	Satuan. min./maks.	Kelas		
			1	2	3
	(IDT)				

Sumber: SNI 8966:2021

3.2.6. RDF di Eropa

Produksi RDF dan pemanfaatannya di Eropa telah berkembang dengan baik karena sampah biodegradable diharuskan untuk diproses terlebih dahulu sebelum dibuang ke landfill. Pertumbuhan RDF di Eropa dinilai cepat yaitu sebesar 1,4 juta ton/tahun pada tahun 2000 hingga 12,4 juta ton/tahun pada tahun 2005. Beberapa negara di Eropa yang telah memanfaatkan RDF sebagai solusi pengolahan sampah perkotaan adalah sebagai berikut (Gendebien, 2003):

1) Austria

Sampah perkotaan di Austria diproses pada 526 fasilitas pengomposan dengan total kapasitas 1,1 juta ton/tahun dan pada 10 fasilitas pengolahan mekanis-biologis (*Mechanical Biological Treatment*) dengan total kapasitas 340.000 ton/tahun. Terdapat 180 fasilitas industri yang memanfaatkan RDF sebagai bahan bakar dengan metode *co-firing*. Industri kertas dan kayu menjadi pemanfaat utama RDF sebagai bahan bakar. Industri ini memanfaatkan residu dari proses produksi seperti kayu bekas, lumpur kertas, atau kulit kayu sebagai bahan bakar dengan tambahan RDF secara *co-firing*.

2) Belgia

Tingkat recovery dari produksi RDF di Belgia diperkirakan antara 40% - 50% dari total sampah perkotaan yang diproses. Jumlah dari RDF yang diproduksi berkisar 600.000 ton/tahun. RDF yang diproduksi diekspor untuk pemenuhan bahan bakar industri semen di Perancis dan Jerman. Biaya untuk proses produksi RDF diperkirakan sebesar 50 – 75 Euro per ton dan RDF dijual kembali dengan harga 100 Euro per ton.



3) Finlandia

Sampah domestik dipilah terlebih dahulu di sumber dan proses pengumpulan sampah domestik juga dilakukan secara terpilah. Diperkirakan total kapasitas fasilitas pengolahan RDF di Finlandia adalah 200.000 – 300.000 ton per tahun. Pemanfaat RDF di Finlandia adalah industri semen dengan jumlah terbatas. Diperkirakan 500.000 ton per tahun RDF digunakan sebagai bahan bakar.

4) Jerman

Fasilitas pengolahan sampah di Jerman dirancang khusus untuk memproduksi fraksi dengan nilai kalor tinggi dengan teknologi *Mechanical-Biological Treatment* (MBT) untuk memproses sampah perkotaan. Kapasitas produksi RDF dengan teknologi MBT di Jerman diperkirakan sebesar 1 juta ton/tahun. Pemanfaat RDF utama di Jerman adalah industri semen.

5) Italia

Terdapat kurang lebih 41 fasilitas pengolahan sampah dengan metode MBT di Italia dengan total kapasitas 4,3 juta ton/tahun. RDF yang diproduksi di Italia umumnya dimanfaatkan oleh industri semen. Sebagian RDF juga dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan incinerator.

6) Belanda

d-RDF diproduksi di Belanda dari fraksi kertas dan plastik yang bersumber dari sampah domestik. Praktek ini telah digunakan secara luas dan telah dikomersialisasi oleh perusahaan di Belanda. Terdapat 13 fasilitas produksi RDF di Belanda. Total sampah yang dapat diproses diperkirakan 2 juta ton/tahun dengan rata-rata produksi RDF sebesar 35% (700.000 ton/tahun). Pemanfaat utama RDF di Belanda adalah industri pembangkit listrik.



7) Swedia

Rata-rata timbunan sampah domestik di Swedia adalah 300 kg/orang/tahun, dimana 50% diantaranya dimanfaatkan sebagai bahan bakar sekunder. Fraksi padat dan mengandung energi dari sampah perkotaan dipilah dan diproses menjadi RDF. Rata-rata kandungan energi dari sampah domestik di Swedia adalah 2,8 kWh/kg. Total sampah domestik yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar diperkirakan 1,35 juta ton/tahun.

3.2.7. RDF di Indonesia

Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, terdapat 2 (dua) unit fasilitas pengolahan sampah menjadi RDF di Indonesia, yaitu TPST RDF Cilacap dan RDF di TPA Ngipik. TPST RDF Cilacap mulai beroperasi pada tahun 2020 dan RDF di TPA Ngipik mulai beroperasi pada tahun 2022. Selain itu, pada tahun 2023, fasilitas RDF di TPA Kebun Kongok diresmikan dan mulai beroperasi.

1) TPST RDF Cilacap

TPST RDF Cilacap berlokasi di TPS Tritih Lor-Jeruklegi, Cilacap. Fasilitas pengolahan ini merupakan bentuk kerjasama antara Pemerintah Daerah Kabupaten Cilacap dengan PT. Solusi Bangun Indonesia (SBI) yang dulunya Semen Holcim Indonesia. Fasilitas pengolahan tersebut mampu mengelola sampah perkotaan sebesar 120 ton/hari. Sampah-sampah tersebut didapatkan dari 5 wilayah di Kota Cilacap, yaitu Kec. Cilacap Selatan, Kec. Cilacap Tengah, Kec. Cilacap Utara, Kec. Jeruk Legi dan Kec. Kesugihan. Luas lahan yang digunakan pada fasilitas RDF tersebut terdiri dari 4,9 Ha TPS lama (aktif) dan 1,4 Ha TPS baru (pasif). Fasilitas TPST RDF Cilacap memiliki kapasitas pengolahan sebesar 150 ton/hari. Pemanfaat dari RDF yang dihasilkan adalah industri semen PT. Solusi Bangun

Indonesia (SBI) yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar sekunder dan menggantikan 5% penggunaan batu bara yang digunakan.

Proses pengolahan RDF dimulai ketika truk pengangkut sampah memasuki area RDF Plant. Setiap truk pengangkut sampah akan ditimbang untuk mengetahui total sampah yang masuk ke RDF Plant sebelum dilakukan pengolahan. Sampah yang telah ditimbang kemudian dibongkar di area pembongkaran dan dilakukan pemilahan secara manual oleh pemulung untuk memilah sampah yang memiliki nilai jual. Sampah yang telah terpilah kemudian dicacah menggunakan mesin *Shredder*. Sampah yang telah dicacah kemudian dimasukkan ke dalam kotak pengeringan biologis atau yang biasa disebut *bio-drying*. Sampah kering yang dihasilkan dari proses pengeringan tersebut kemudian dipilah menggunakan mesin separator. Proses pemilahan dilakukan untuk memisahkan RDF dari material-material lain seperti material inert (tanah, batu, dan kompos) dan produk yang tidak memenuhi spesifikasi RDF (ukuran terlalu besar).

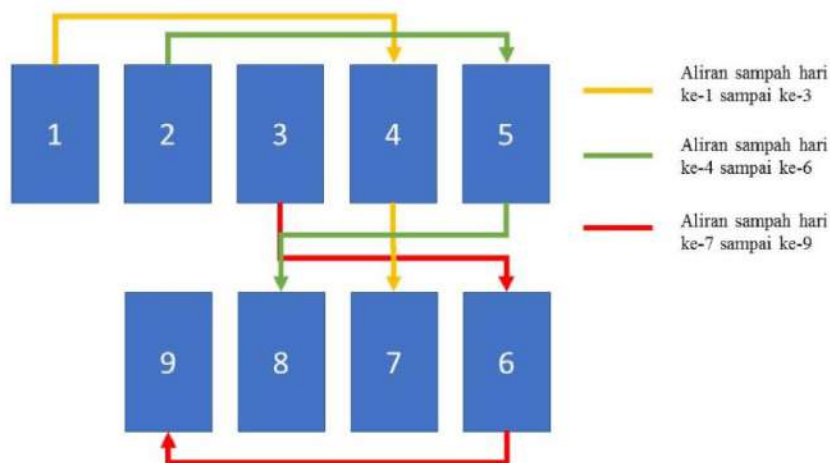


Gambar 3.5 Proses Pengolahan RDF di Cilacap

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tuban, 2019

Proses pengeringan dilakukan secara aerob dengan memanfaatkan bakteri yang ada pada sampah itu sendiri. Untuk mempercepat proses pengeringan, tempat pengeringan dilengkapi

dengan *blower* dengan cara mengalirkan udara ke dalam kota pengeringan. Proses pengeringan dilakukan dengan sistem *batch* yaitu setiap tiga hari, sampah yang telah dicacah pada hari ke-1 sampai ke-3 diletakkan pada kotak pengeringan no. 1. Proses dilanjutkan dengan memasukkan sampah yang diproduksi pada hari ke-4 hingga ke-6 pada kotak pengeringan no. 2 dan sampah hasil produksi hari ke-7 hingga ke-9 dimasukkan ke kotak no. 3. Proses pengeringan memakan waktu selama tujuh hari dan dialiri udara dan ditutup dengan membran untuk mengoptimalkan proses penguraian oleh bakteri. Setelah tujuh hari, sampah dibongkar dari kotak pengeringan dan diaduk agar proses pengeringan merata pada setiap bagian.



Gambar 3.6 Ilustrasi Proses *Bio-Drying* di Plant RDF Cilacap

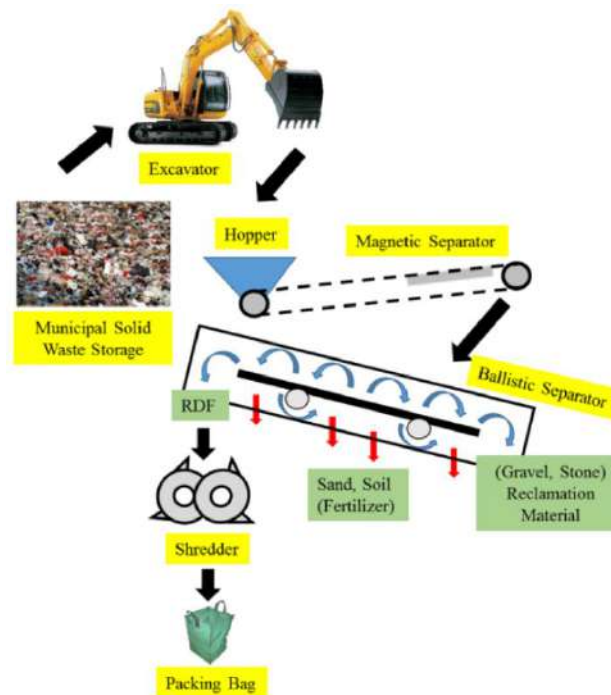
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tuban, 2019

2) RDF di TPA Ngipik

RDF Plant di TPA Ngipik berlokasi di Kabupaten Gresik. Kapasitas pengolahan RDF Plant di TPA Ngipik adalah 50 ton/hari. RDF yang dihasilkan dimanfaatkan oleh industri semen PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk sebagai bahan bakar sekunder dan menggantikan penggunaan batu bara untuk produksi semen sebesar 5-8% (Soetjipto, 2013).

Sampah yang diproses sebagai RDF di TPA Ngipik adalah sampah lama yang telah tertimbun kurang lebih 2 bulan. Proses

pengolahan RDF terbagi dalam 6 proses berdasarkan mesin yang digunakan seperti yang digambarkan pada Gambar 3.7 berikut:



Gambar 3.7 Proses Pengolahan RDF di TPA Ngipik, Gresik

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tuban, 2019

Alur proses pengolahan sampah menjadi RDF di TPA Ngipik adalah sebagai berikut (Ummatin, 2015):

1. Pengumpulan sampah di TPA Ngipik diatur dimana sampah baru diletakkan di bagian terluar tumpukan sampah. Hal ini disebabkan karena sampah yang bisa diolah adalah sampah yang sudah tertimbun kurang lebih 2 bulan;
2. Tumpukan sampah diangkut menggunakan excavator untuk dipindah ke alat pengolah sampah;
3. Sampah tersebut dipisah terlebih dahulu menggunakan *ballistic separator*. Sampah berupa logam dan besi dipisahkan terlebih dahulu menggunakan *magnetic separator*. Fraksi sampah organik dipisahkan kembali menjadi pupuk kompos. Fraksi kasar berupa batu dipisahkan menjadi material reklamasi, serta plastik dan kayu diolah dengan mesin *shredder* agar menjadi potongan lebih kecil berukuran 2 – 3 cm. Material berukuran



besar akan terpisah dan diproses kembali. Material berukuran kecil akan dipadatkan dengan mesin *press* lalu dikemas menjadi RDF yang akan digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara.

3) RDF di TPA Regional Kebon Kongok

Fasilitas produksi RDF di TPA Regional Kebon Kongok berlokasi di Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur. Fasilitas ini diresmikan dan mulai beroperasi pada tahun 2023 dengan kapasitas rencana 120 ton/hari. Pemanfaatan RDF yang dihasilkan dari fasilitas ini digunakan sebagai bahan bakar sekunder untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang. RDF akan mensubstitusi penggunaan batu bara pada PLTU Jeranjang sebesar 5% dengan kebutuhan sebesar 25 ton/hari (Mulhidin, 2022). lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sampah umumnya dalam bentuk sisa makanan (sampah dapur), daun-daunan, ranting, karton/kertas, plastik, kain bekas, kaleng-kaleng, debu sisa penyapuan dan sebagainya.



BAB IV

METODE STUDI

Dalam pelaksanaan pekerjaan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh, tahapan pelaksanaan yang akan dilakukan yaitu :

- 1) Tahap persiapan
- 2) Tahap survey dan pengumpulan data
 - Tinjauan lapangan dan survey primer
 - Identifikasi calon *offtaker*
 - Pengumpulan data sekunder
- 3) Tahap analisa : Kajian aspek teknis dan non teknis calon *offtaker* dari pengolahan sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh.
- 4) Tahap akhir :
Diskusi draft laporan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh dengan Tim Teknis di lingkungan UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat dan dilanjutkan dengan perbaikan

4.1. Tahap Persiapan

Persiapan merupakan tahap konsolidasi dari tim pelaksana dalam melaksanakan pekerjaan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh dengan menyiapkan dan memobilisasi tenaga ahli dan staf pendukung untuk memahami Kerangka Acuan Kerja (KAK), penyamaan persepsi, menyiapkan dan mengumpulkan data, literatur, referensi/studi terdahulu akan dijadikan dasar pemikiran kegiatan pekerjaan ini, serta menyiapkan keperluan administrasi keuangan untuk pelaksanaan survey lapangan. Adapun kegiatan yang akan dilakukan pada tahapan persiapan pelaksanaan sebagai berikut :

- a. Setelah penandatanganan kontrak, maka pelaksanaan pekerjaan (Konsultan) sudah mulai melaksanakan konsultasi dengan



Pemrakarsa dan pengumpulan data awal Penyusunan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh.

b. Setelah mendapatkan Surat Perintah Melaksanakan Pekerjaan (SPMK), Konsultan beserta Direksi akan melakukan tinjauan lapangan atau orientasi lapangan untuk mengenal objek studi.

c. Diskusi tahap persiapan

Melakukan diskusi antara Direksi dengan pihak Konsultan dalam rangka penyamaan maksud dan tujuan serta ruang lingkup pekerjaan secara rinci dan mendetail sesuai dengan KAK.

d. Menyusun Laporan Pendahuluan

Laporan ini berisi uraian tentang latar belakang, maksud dan tujuan kegiatan, sasaran kegiatan, ruang lingkup pekerjaan. Pada metode studi yang memuat tahapan pelaksanaan kegiatan, mekanisme pelaksanaan dan analisis data. Sedangkan pelaksanaan pekerjaan terkait dengan organisasi kerja (*Timeschedule*), susunan tenaga ahli yang akan dilibatkan dalam pelaksanaan pekerjaan.

4.2. Tahap Survey dan pengumpulan data

Tahap pengumpulan data merupakan keadaan yang sangat penting karena merupakan landasan informasi yang akan digunakan pada tahapan pekerjaan selanjutnya. Data yang akurat dan lengkap sangat dibutuhkan agar hasil perencanaan dapat dipertanggungjawabkan. Dalam melakukan survey dan pengumpulan data primer dan sekunder, konsultan harus berkoordinasi dengan Dinas dan instansi terkait di wilayah TPA Sampah Regional Payakumbuh. Pada tahap survey dan pengumpulna data ini dilakukan beberapa kegiatan yaitu :

1. Pengumpulan data sekunder

Melakukan pengumpulan data sekunder dari UPTD Persampahan Provinsi Sumatera Barat terhadap :



a) Pada Instansi

- a. Deskripsi kegiatan pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh
- b. Sarana dan prasarana pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh
- c. Rencana pengolahan sampah dengan metode RDF di TPA/TPST Regional Payakumbuh
- d. Faktor pendukung operasional TPA Sampah Regional Payakumbuh sampai sekarang
- e. Laporan studi-studi terdahulu yang sudah ada ;
 - Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH) TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2011;
 - Dokumen Addendum ANDAL RKL-RPL Rencana Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2020;
 - Laporan RPL/RKL TPA Sampah Regional Payakumbuh, Tahun 2019 s/d 2022;
 - Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2022.

b) Studi Literatur

Menginventarisir dan menelaah terhadap berbagai referensi berupa buku dan hasil penelitian berupa jurnal yang terkait.

2. Pengumpulan data primer

- a) Tinjauan lapangan untuk pengamatan kondisi TPA Sampah Regional Payakumbuh;
- b) Melakukan identifikasi perusahaan yang berpotensi menjadi *offtaker* dari proses pengolahan sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh;
- c) Melakukan diskusi dan konsolidasi mengenai potensi pemanfaatan RDF oleh calon *offtaker*.

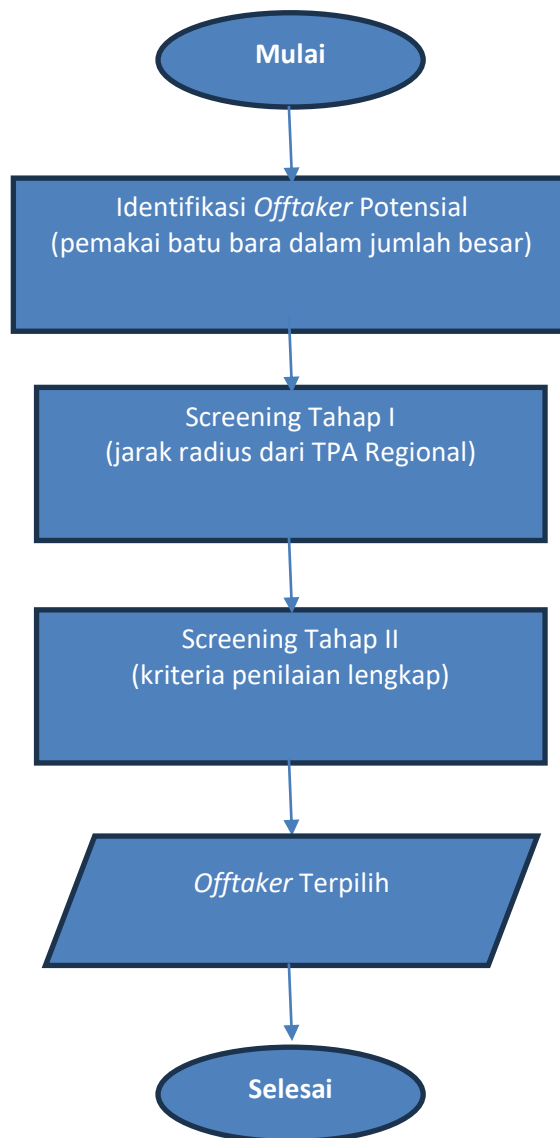


4.3. Tahap Analisis Data

Setelah dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder dalam Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh ini, maka dilakukan analisis data. Analisis data yang dilakukan berupa proyeksi rencana pengolahan sampah dengan metode RDF di TPA/TPST Regional Payakumbuh serta mengumpulkan informasi mengenai aspek teknis dan non teknis dari pemanfaatan RDF hasil produksi pengolahan sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh dari calon *offtaker* yang telah diidentifikasi.

Pemilihan *offtaker* dilakukan dalam beberapa tahap, yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Diawali dengan identifikasi *offtaker* yang potensial dengan mempertimbangkan jumlah pemakaian bahan bakar batu bara dalam kegiatannya. Kegiatan-kegiatan dengan pemakaian batu bara secara massif diasumsikan akan melakukan proses co-firing dengan bahan bakar alternatif, termasuk penggunaan RDF, agar dapat menekan biaya pajak karbon yang akan diterapkan di Indonesia.

Proses selanjutnya adalah penapisan dari *offtaker* potensial. Proses penapisan dilakukan bertahap, dengan proses penapisan pertama yang hanya mempertimbangkan lokasi calon pengguna RDF tersebut dalam jarak radius yang ideal terhadap lokasi TPA Regional Payakumbuh. Terakhir, penapisan tahap kedua bersifat lebih detail dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang diberi bobot dan skor masing-masing, untuk dapat memberikan rekomendasi terbaik terhadap pengambilan keputusan terkait *offtaker* RDF terpilih.



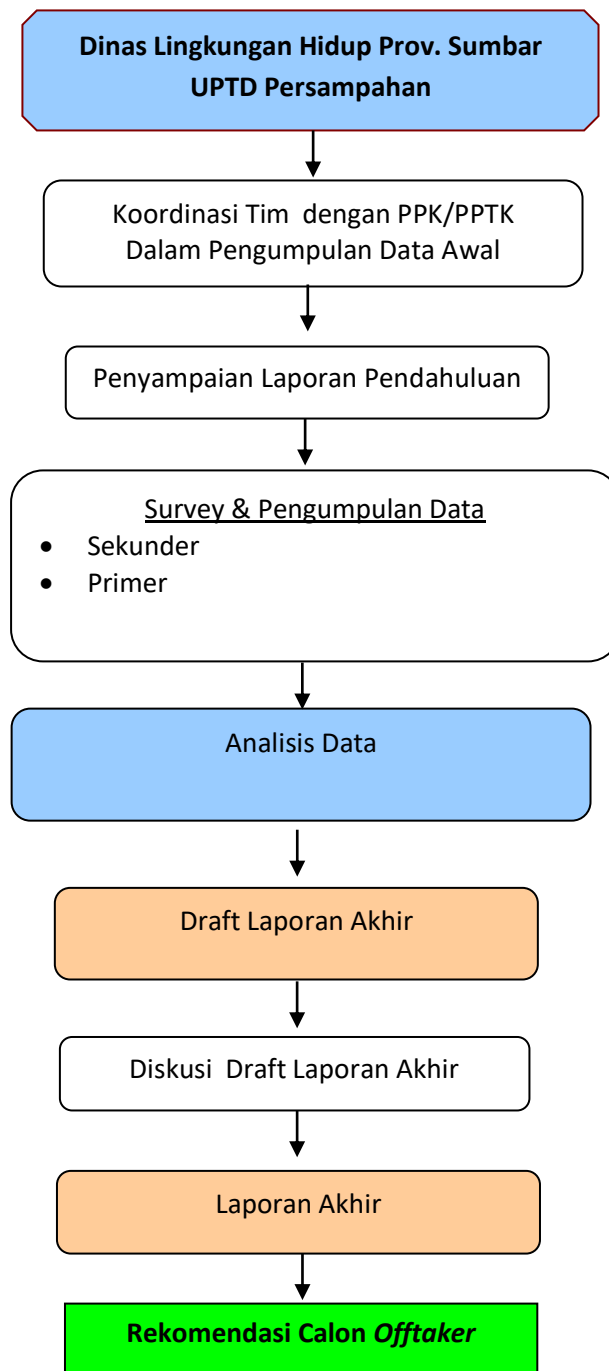
Gambar 4.1
Proses Pemilihan Offtaker RDF di TPA/TPST Regional Payakumbuh



4.4 Tahap Akhir

Tahap akhir dari pekerjaan Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh ini terdiri dari diskusi dan presentasi dengan Tim Teknis pada UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat. Adapun diskusi dilakukan di UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat sebagai pemilik pekerjaan.

Hasil diskusi dan presentasi Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh dihadapan Tim Teknis ini, maka didapatkan masukan dan saran yang dilakukan perbaikan, sehingga didapatkan dokumen Final, sehingga dilakukan penyelesaian akhir untuk diserahkan kepada UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 4.2
Proses Kajian *Offtaker* Pengolahan Sampah di TPA/TPST Regional Payakumbuh



BAB V

HASIL KAJIAN

5.1 Identifikasi *Offtaker* Potensial

Terkait isu pemanasan global yang dikaitkan dengan penggunaan bahan bakar fosil di dunia, telah disepakati untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil sebagai kelanjutan dari Kyoto Protokol. Kesepakatan terbaru tersebut dikenal sebagai Paris Agreement yang ditandatangani pada tahun 2015 yang lalu. Tujuannya dari kesepakatan tersebut adalah melakukan upaya-upaya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, salah satunya dengan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Indonesia termasuk yang berkomitmen untuk pelaksanaan kesepakatan tersebut, dan salah satu mekanisme yang akan diterapkan adalah berupa pajak karbon yang bertujuan sebagai disinsentif bagi kegiatan-kegiatan intensif energi yang menggunakan energi fosil dalam aktivitasnya.

Di Provinsi Sumatra Barat, terdapat beberapa aktivitas yang secara intensif menggunakan bahan bakar fosil berupa batu bara. Kegiatan-kegiatan tersebut adalah objek dari penerapan pajak karbon, sehingga upaya pengurangan pemakaian bahan bakar fosil akan memberikan keuntungan terhadap perusahaan tersebut karena akan mengurangi jumlah pajak karbon yang harus dibayarkan. Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat tiga entitas yang menggunakan bahan bakar batu bara secara masif di Provinsi Sumatra Barat, dan masuk ke dalam kategori *offtaker* potensial, yang ditampilkan dalam Tabel 5.1



Tabel 5.1. Offtaker Potensial Pemakai RDF dari TPA Sampah Regional Payakumbuh

Perusahaan	Jumlah Pemakaian Batu Bara (ton/tahun)	Keterangan
Industri Semen PT Semen Padang	1.030.000	-
Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Ombilin	660.000	1.100 ton batu bara per 24 jam per unit (total 2 unit, asumsi operasi 300 hari setahun)
PLTU Teluk Sirih	1.000.000	50.000 ton batu bara per bulan per unit (total 2 unit, asumsi operasi 10 bulan setahun).

Lokasi calon *offtaker* potensial pemakai RDF dari TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada Gambar 5.1

5.2 Penapisan Tahap I

Penapisan Tahap I dilakukan untuk memrioritaskan calon *offtaker* terdekat dengan sumber RDF, yaitu TPA Sampah Regional Payakumbuh. Pada penapisan tahap ini dilakukan pengukuran menggunakan jarak radius (dalam kilometer) dari TPA Sampah Regional Payakumbuh dan menggunakan bantuan *Google Earth*. Jarak radius ini tidak secara langsung menunjukkan jarak perjalanan yang harus ditempuh dari lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh. Kriteria jarak tempuh riil akan menjadi bagian proses Penapisan Tahap II. Pada Tahap I ini jarak radius yang digunakan adalah radius 50, 75, dan 100 km, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.2



 PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA BARAT Dinas Lingkungan Hidup
NOMOR GAMBAR Gambar 5.1
PETA IDENTIFIKASI DAN LOKASI CALON OFF TAKER
LOKASI KEGIATAN : TPA SAMPAH REGIONAL PAYAKUMBUH
 0 10 20 40 Kilometers SKALA PETA 1:1,000,000 Proyeksi : Universal Transverse Mercator Datum Horizontal : WGS 1984 Zone 47 N
LEGENDA ■ Batas Kelurahan ● Lokasi □ Batas Kabupaten
Peta Inset :
Dibuat Oleh : CV. GHINA ENGINEERING CONSULTAN ENGINEERING, JAWA BARU, RANGKUNGAN & KESEHATAN Jl. Bukit Raya No. 55, Gg. Andang Priyanti
Referensi : 1. Data DEMNAS V.1.0 Thn 2023 2. Data RBI Skala 50.000 Thn 2023 3. Google



Gambar 5.2. Perbandingan Jarak Radius TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan *Offtaker* Potensial



Dari Gambar 5.2, dapat dilihat bahwa secara jarak radius, lokasi PLTU Ombilin berada pada radius 50 km dari lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh, sedangkan lokasi PT. Semen Padang berada pada radius 75 km dan PLTU Teluk Sirih pada radius 50 km. Walau pun dari segi jumlah penggunaan batu bara, PLTU Teluk Sirih lebih banyak dari PT Semen Padang, namun lokasinya yang lebih jauh dapat menyebabkan biaya pengangkutan menjadi tidak ekonomis. Selain itu, desain awal PLTU Teluk Sirih adalah menggunakan moda transportasi laut dalam pengiriman batu baranya, sehingga PLTU ini memiliki fasilitas jetty sebagai bagian dari operasionalnya.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka PLTU Ombilin dan PT Semen Padang dipilih sebagai calon *offtaker* potensial yang akan diikutsertakan dalam Penapisan Tahap II dari proses pemilihan *offtaker* yang paling direkomendasikan sebagai pengguna RDF yang dihasilkan dari TPA Sampah Regional Payakumbuh. Berikut adalah profil PLTU Ombilin dan PT Semen Padang.

5.2.1. PLTU Ombilin

5.2.2.1. Sejarah Singkat PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin

Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatra Barat merupakan salah satu daerah penghasil batu bara terbesar di Indonesia. Pemenuhan kebutuhan tenaga listrik yang makin meningkat, sehingga pemerintah dalam hal ini PT PLN Indonesia Power menentukan kebijaksanaan penghematan penggunaan bahan bakar minyak. Maka pemanfaatan potensi batu bara sebagai sumber energi listrik semakin penting. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Ombilin dengan menggunakan bahan bakar Batu bara merupakan salah satu cara pemanfaatan potensi batu bara di daerah Sawahlunto dan sekitarnya. Pembangunan PLTU Ombilin dimulai dengan tahap studi kelayakan, tahap prakonstruksi, tahap konstruksi, tahap *commissioning* dan tahap operasi. Pada bulan Juli 1993 konstruksi utama dimulai. Secara bertahap pembangunan



PLTU Ombilin Unit 1 dan 2 mulai dikerjakan. Tiga tahun kemudian mulai beroperasi tepatnya pada bulan Juli 1996, disusul PLTU Unit 2 bulan November 1996. PLTU Ombilin dapat berumur \pm 30 tahun. Energi listrik yang dihasilkan PLTU Ombilin melalui Generator dengan tegangan 11.5 kV, dinaikkan menjadi 150 kV melalui *Main Transformer*. Kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan tinggi 150 kV yang menghubungkan ke sistem interkoneksi Sumatra, selanjutnya dikendalikan oleh Pusat Pengaturan Pengendalian Beban Sumatra (P3BS).

5.2.2.2. Visi Misi PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin

Visi

Menjadi Perusahaan Listrik Terkemuka se-Asia Tenggara dan #1 Pilihan Pelanggan untuk Solusi Energi.

Misi

1. Menjalankan bisnis kelistrikan dan bidang lain yang terkait, berorientasi pada kepuasan pelanggan, anggota perusahaan dan pemegang saham.
2. Menjadikan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat.
3. Mengupayakan agar tenaga listrik menjadi pendorong kegiatan ekonomi.
4. Menjalankan kegiatan usaha yang berwawasan lingkungan.

5.2.2.3. Kegiatan di PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin

A. Unit Pengolahan

1. *Steam Turbine Generator*

Steam Turbine berfungsi untuk untuk mengonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi mekanik. Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar. Data teknis *steam turbine* adalah sebagai berikut:

- a. Tipe : *Multistage, Impulse Type*



- b. Jumlah : 3 Unit
- c. *Output* : 33 MW
- d. *Speed* : 4900 rpm

Data teknis generator untuk *steam turbine* adalah sebagai berikut:

- a. Tipe : *Air Cooler*
- b. Jumlah : 3 Unit
- c. *Rated capacity* : 40,8 MVA
- d. *Power Factor* : 0,85
- e. *Speed* : 4900 rpm

Terdapat beberapa komponen di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. *Steam Turbine Cylinder*;
- b. *Shafts & Rotor*;
- c. *Steam Valve & Pipe Work*;
- d. *Governors & Control*;
- e. *Main Generator Excitation*;
- f. *Cooling & Seal Oil*
- g. *Turbine Lubrications*;
- h. *Main Condensor*;
- i. *LP & HP Feed Water System*;
- j. *Boiler Feed Water Pump*.

Boiler berfungsi untuk mengubah air (*feed water*) menjadi uap panas lanjut (*superheated steam*) yang akan digunakan untuk memutar turbin

2. *Steam Generator*

Unit *Steam Generator* didesain untuk *Pulverized Coal, Drum Type, Balance Draft* dilengkapi dengan *Economizer, Superheater* dan *Reheater*. Bahan bakar utama adalah batu bakar dengan *starter* bahan bakar minyak. Ruang bakar dengan konstruksi *Water Walls* didesain menggunakan *Welded*



Membrane System. Superheater dan Reheater didesain untuk memenuhi persyaratan distribusi uap dan temperatur secara seragam dalam berbagai kondisi beban. *Pendant Tube Section* disusun dalam satu bidang searah dengan aliran *flue gas*

Data teknis *steam generator* adalah sebagai berikut.

- a. Tipe : *Top Support, Single Drum Natural Circulation and Circulated Fluidized Bed Combustion Boiler*
- b. Jumlah : 3 Unit

3. *Electrostatic Precipitator*

Electrostatic Precipitator berfungsi sebagai alat pengendalian udara dengan menangkap emisi hasil proses pembakaran. Prinsip kerjanya adalah memberi muatan negatif kepada emisi tersebut melalui beberapa elektroda (biasa disebut *discharge electrode*).

Data teknis *Electrostatic Precipitator* adalah sebagai berikut.

- a. Tipe : *3 field 2 row (Rapping Mechanism)*
- b. Jumlah : 2 Unit

4. Cerobong (*Stack*)

Cerobong berfungsi untuk mendispersikan udara sisa pembakaran ke udara bebas. Cerobong terbuat dari konstruksi beton dan baja.

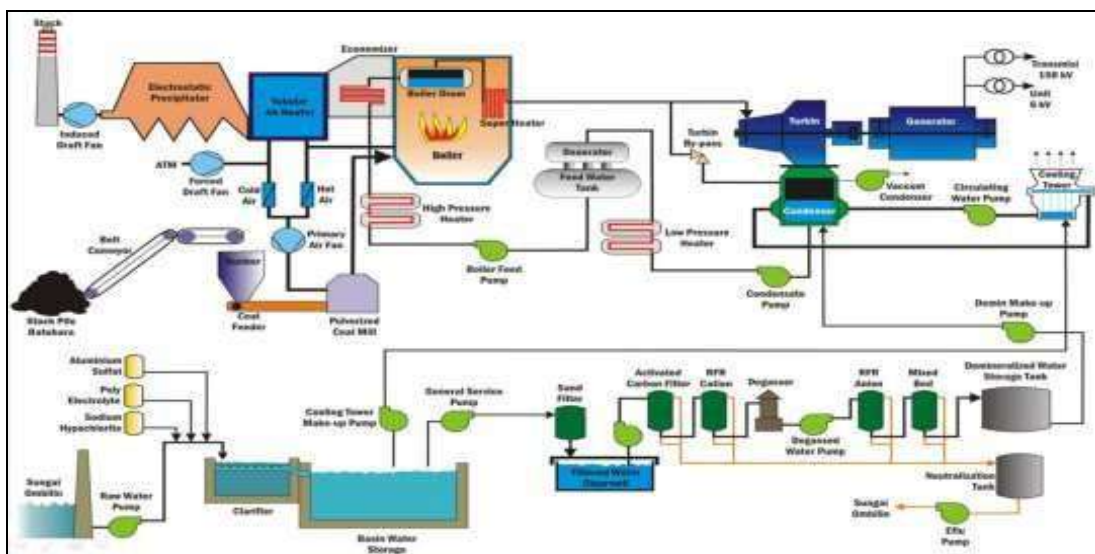
Data teknis cerobong adalah sebagai berikut.

- a. Tinggi : 130 meter
- b. Jumlah : 1 cerobong berbahan dasar *concrete* yang di dalamnya terdapat 2 buah cerobong berbahan dasar baja.
- c. *Inside Steel Stack* diameter : 3,5 m
- d. *Flue Gas Flow* : 134,285 m³/jam

5. Sistem Kontrol

Sistem kontrol bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengoperasian pembangkit dan dilakukan berdasarkan *distributed control system* (DCS) yang mengintegrasikan operasional *boiler control system*, *turbine generator control system*, dan *auxiliary control system*.

Siklus alat pengolahan terdapat dalam gambar berikut.



Gambar 5.3. Siklus Utama di PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin

Sumber: PT. PLN UPK Ombilin

B. Proses Pengolahan

1. Sistem Pembakaran Batu Bara

Batu bara yang digunakan dibakar di dalam *boiler* secara bertingkat. Hal ini bertujuan untuk memperoleh laju pembakaran yang rendah dan tidak pengurangan suhu yang diperlukan sehingga pembentukan NO_x rendah. Batu bara digiling hingga berbentuk serbuk, kemudian dimasukkan ke ketel uap (*boiler*) dengan cara disemprot lalu dibakar. Dasar wadah berbentuk rangka panggangan yang berlubang. Pembakaran bisa terjadi dengan bantuan udara dari dasar yang ditiupkan ke atas dan kecepatan tiup diatur sedemikian rupa, sehingga butir batu bara agak terangkat sedikit tanpa terbawa karena terbentuk lapisan butir-butir batu bara yang dan mengambang. Selain



mengambang, butir batu bara juga bergerak, hal ini menunjukkan sirkulasi udara akan memberikan efek yang baik sehingga butir batu bara habis terbakar. Butir batu bara relatif mempunyai ukuran yang sama dan dengan jarak yang cocok sehingga lapisan mengambang menjadi penghantar panas yang baik. Dengan demikian sistem pembakaran ini bisa mengurangi polutan.

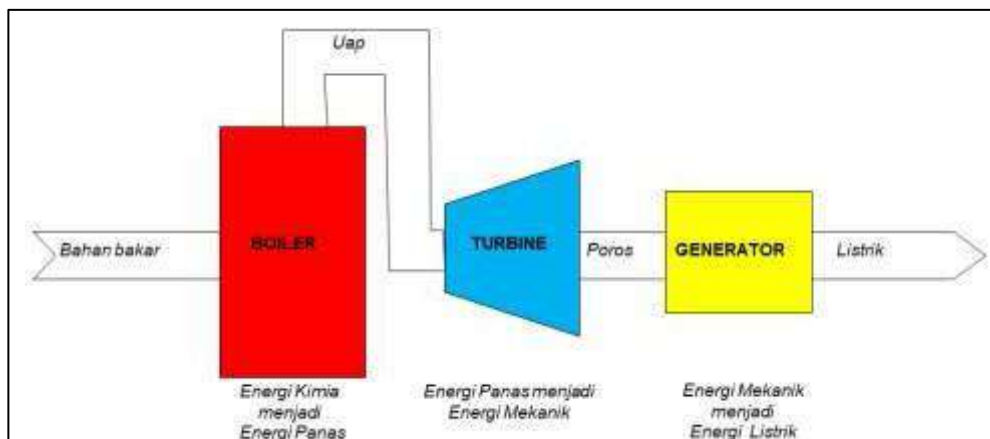
2. Produksi Energi Listrik

Pembakaran batu bara akan menghasilkan uap dan gas buang yang panas. Gas buang tersebut berfungsi juga untuk memanaskan pipa boiler yang berada di atas lapisan mengambang. Gas buang selanjutnya dialirkan ke pembersih yang di dalamnya terdapat alat pengendap abu. Kemudian gas yang telah bersih dibuang ke udara melalui cerobong. Sedangkan uap dialirkan ke turbin yang akan menyebabkan turbin bergerak. Karena poros turbin digandeng/dikopel dengan poros generator akibatnya gerakan turbin itu akan menyebabkan gerakan generator sehingga menghasilkan energi listrik. PLTU berbahan bakar batu bara dilengkapi dengan pengendali elektrostatis yaitu suatu alat untuk mengendalikan abu terbang yang akan keluar cerobong. Sedang uap yang sudah dipakai kemudian didinginkan dalam kondensor sehingga dihasilkan udara yang dialirkan ke dalam boiler. Saat terjadi peningkatan suhu pada kondensor begitu cepat maka kondensor akan menjadi panas. Sistem pendinginan dilakukan dengan cara sirkulasi melalui menara pendingin berkala atau sekali lewat yang menggunakan air dalam jumlah besar. Pada sistem pendingin sekali lewat, air pendingin yang mengalami peningkatan temperatur dialirkan keluar melalui kanal yang merupakan limbah bahang. Limbah tersebut selama mengalir di kanal dan sebelum keluar pada titik pembuangan akan mengalami penurunan temperatur.

Kecuali limbah bahang, juga dihasilkan abu dasar dari hasil pembakaran batu bara di tungku boiler serta gas SO, NO_z, CO dan abu terbang (*fly ash*) yang keluar melalui cerobong.

3. Produk Hasil Pengolahan

Produk hasil pengolahan PLTU Ombilin berupa *supply* energi listrik yang dialirkan ke sistem interkoneksi Sumatra, ada pun bagan alirnya adalah sebagai berikut.

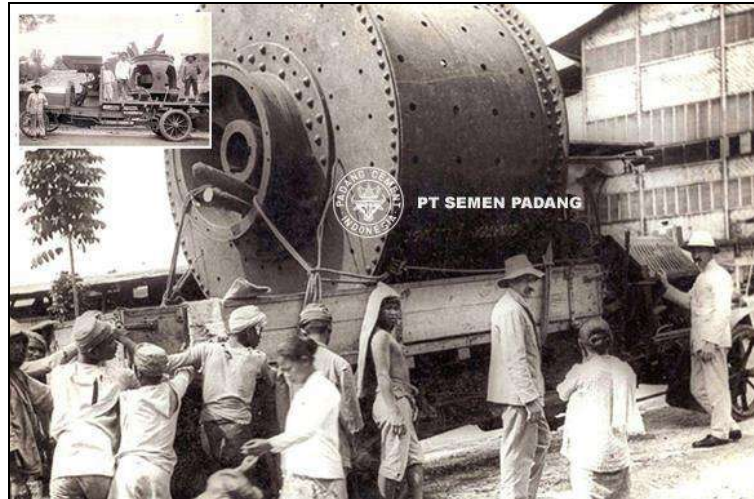


Gambar 5.4. Proses Konversi Energi di PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin
Sumber: PT. PLN UPK Ombilin

5.2.2. PT. Semen Padang

5.2.2.1. Sejarah Singkat PT. Semen Padang

PT Semen Padang didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 dengan nama NV *Nederlandsch Indische Portland Cement Maatschappij* (NV NIPCM) yang merupakan pabrik semen pertama di Indonesia. Pada tanggal 5 Juli 1958, pemerintah Republik Indonesia melakukan nasionalisasi perusahaan milik pemerintah Belanda. Selama ini, perusahaan mengalami restorasi dengan menambah kapasitas pabrik Indarung I menjadi 330.000 ton per tahun. Selain itu dengan dibangunnya pabrik Indarung II, III dan IV dilakukan perubahan pengembangan kapasitas pabrik dari teknologi proses basah menjadi teknologi proses kering (www.semenpadang.co.id/).



Gambar 5.5. Sejarah PT. Semen Padang

Sumber: www.semenpadang.co.id/

Pada tahun 1995, Pemerintah mengalihkan kepemilikannya di PT Semen Padang kepada PT Semen Gresik (Persero) Tbk seiring dengan pengembangan pabrik Indarung V. Saat ini pemegang saham perusahaan adalah PT Semen Indonesia (Persero) Tbk yang memiliki 99,99% dan keluarga besar Semen Padang 0,01%. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk sendiri dimiliki oleh Pemerintah Republik Indonesia dengan kepemilikan saham sebesar 51,01%. Sisanya pemegang saham milik publik sebesar 48,09%. PT Semen Padang (Persero) Tbk merupakan perusahaan yang sahamnya tercatat di Bursa Efek Indonesia (www.semenpadang.co.id/).

5.2.2.2. Visi dan Misi PT. Semen Padang

Visi

Menjadi perusahaan persemenan yang andal, unggul, dan berwawasan lingkungan di Indonesia bagian barat dan Asia Tenggara.

Misi

1. Memproduksi dan memperdagangkan semen serta produk terkait lainnya yang berorientasi kepada kepuasan pelanggan;
2. Mengembangkan SDM yang kompeten, profesional dan berintegritas tinggi;



3. Meningkatkan kemampuan rekayasa dan engineering untuk mengembangkan industri semen nasional;
4. Memberdayakan, mengembangkan dan mensinergikan sumber daya perusahaan yang berwawasan dan lingkungan;
5. Meningkatkan nilai perusahaan secara berkelanjutan dan memberikan yang terbaik kepada *stakeholder*.

5.2.2.3. Proses Pembuatan Semen

Proses produksi semen PT. Semen Padang menggunakan dua jenis proses, yaitu proses produksi kering yang saat ini digunakan oleh PT Semen Padang dan proses produksi basah yang saat ini sudah tidak digunakan. Prosesnya hanya berbeda pada konsentrasi air bahan baku yang diumpankan ke *kiln*. Tahapan produksi semen pada proses produksi kering adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan Mentah

Bahan mentah yang dipergunakan dalam proses pembuatan semen sebagai berikut:

a. Batu Kapur (*Limestone*)

Batu kapur merupakan sumber kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat (CaCO₃). Batu kapur ini diambil dari tambang di Bukit Karang Putih. Batu kapur ditambang dengan cara peledakan yang menggunakan dinamit dan campuran amonium nitrat dan bahan bakar minyak (ANFO). Proses peledakan semen padang biasanya dilakukan pada siang hari saat pekerja beristirahat untuk mencapai area peledakan yang steril. Alat berat berupa ekskavator dan dump truck membantu dalam proses penambangan batu kapur. Batu kapur yang ditambang melewati *crusher* untuk memperkecil ukuran batu kapur, yang kemudian diangkut dengan *conveyor belt* ke *storage* penyimpanan pabrik.



Gambar 5.6. Batu Kapur (*Limestone*)

Sumber: PT. Semen Padang

b. Batu Silika (*Silica Stone*)

Material ini merupakan sumber silikon dioksida (SiO_2) dan aluminium oksida (Al_2O_3). Material ini ditambang di Bukit Ngalau. Penambangannya dilakukan tanpa bahan peledak, tetapi diruntuhkan dengan *traxcavator* dan dibawa ke *crusher* dengan *sheel loader* atau *dump truck*.



Gambar 5.7. Batu Silika

Sumber: PT. Semen Padang

c. Tanah Liat (*Clay*)

Tanah liat merupakan sumber aluminium oksida dan ion oksida. Ditambang di sekitar pabrik (Bukit Atas). Pengambilan dilakukan dengan *excavator* dan ditransportasikan ke pabrik dengan *dump truck*.



Gambar 5.8 Tanah Liat (Clay)

Sumber: PT Semen Padang

d. Pasir Besi (*Iron Sand*) atau *Copper Slag*

Pasir besi mempunyai oksida utama berupa (Fe_2O_3) yang kebutuhannya hanya sekitar 1-2% dari total kebutuhan bahan mentah. PT Semen Padang tidak memiliki area tambang pasir besi, jadi untuk memenuhi kebutuhan akan pasir besi didatangkan dari Pulau Bali dan Negara Brazil. Pasir besi yang digunakan di PT Semen Padang disubstitusi menggunakan *copper slag*.



Gambar 5.9. Pasir Besi (*Iron Sand*)

Sumber: PT Semen Padang

e. *Gypsum*

Gypsum merupakan bahan tambahan pada campuran klinker dalam produksi semen. *Gypsum* menjadi sumber $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Material ini digunakan sebagai retarder agar semen tidak cepat kering dan mengeras. Kebutuhan *gypsum* untuk PT Semen Padang didatangkan dari Gresik untuk

gypsum sintetis dan Australia atau Thailand untuk *gypsum* alam.



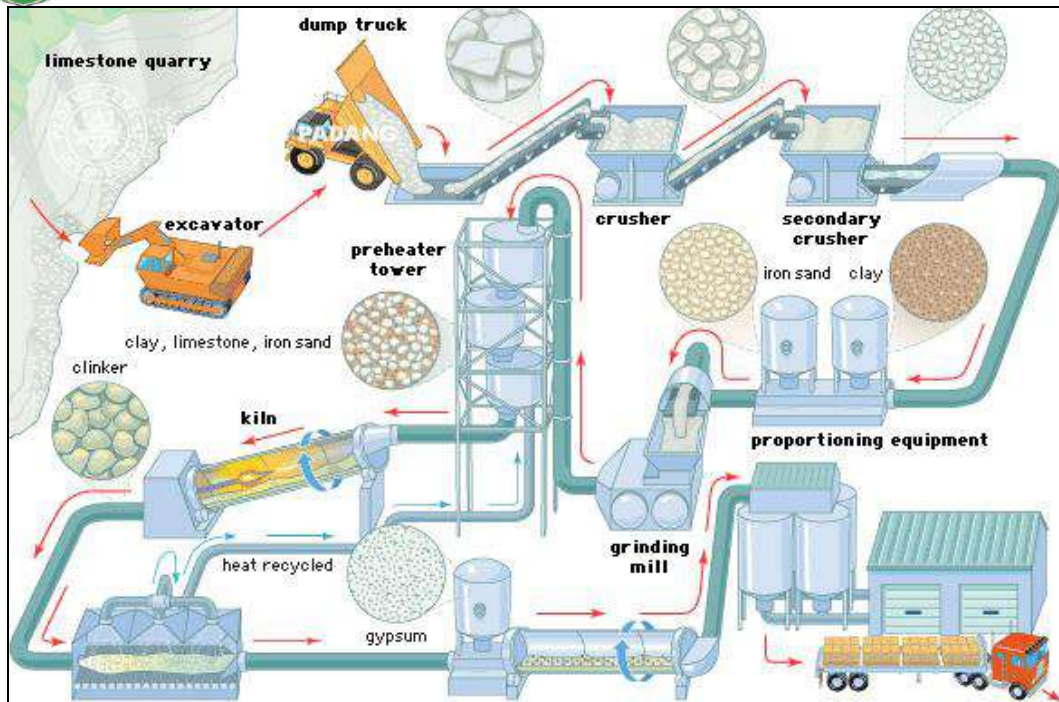
Gambar 5.10. Gypsum

Sumber: PT Semen Padang

2. Pengolahan Bahan Mentah

Proses produksi semen di pabrik dapat dibedakan menjadi proses basah dan proses kering. Pada prinsipnya pembuatan semen proses basah sama dengan pembuatan semen proses kering. Perbedaannya terletak pada konsentrasi air material yang diumpankan ke *kiln* yaitu 0 hingga 1%. Proses ini dilakukan di pabrik Indarung II, III, IV, V dan VI. Seperti halnya proses basah, proses kering ini juga melalui beberapa proses. Sehubungan dengan itu kami membahas tentang proses pembuatan di pabrik Indarung V dan IV.

Pada umumnya proses pembuatan semen dimulai dari raw mill, dimana bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat semen digiling hingga menjadi bentuk yang halus, yang kemudian disebut *raw mix*, kemudian dibawa ke *kiln* untuk dipanaskan hingga menjadi klinker. Klinker didinginkan dengan cepat, kemudian diberi bahan *gypsum*, lalu digiling pada *cement mill*. Setelah melewati *cement mill*, semen siap dikemas dan didistribusikan. Proses pembuatan semen secara umum dapat dilihat pada berikut.



Gambar 5.11. Proses Pembuatan Semen Secara Umum

Sumber: PT Semen Padang

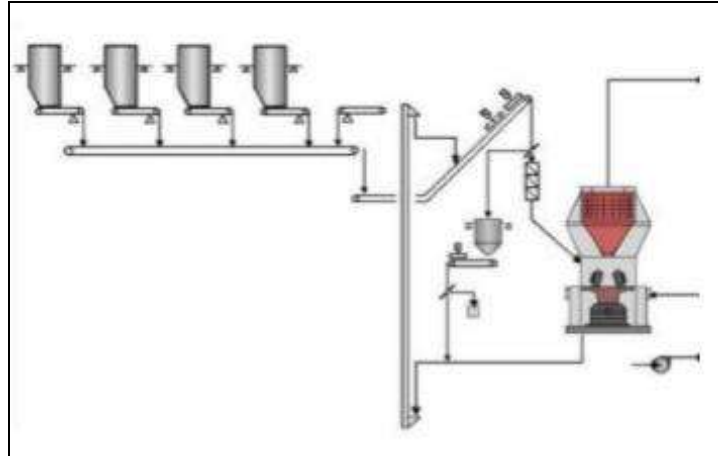
3. Proses di *Raw Mill*

Raw mill merupakan tahap awal proses produksi semen, dimana seluruh bahan baku disimpan dan digiling menjadi *Raw Mix*. Bahan baku utama dalam produksi semen adalah batu kapur (*Limestone*) yang komposisinya lebih dari 76%- 80%. Bahan baku semen yang terdiri dari *limestone*, batu silika (*Silica*), tanah liat (*Clay*), dan pasir besi (*Iron Sand*) disimpan pada *storage* yang berbeda. Batu silika (*Silica*) dan pasir besi (*Iron Sand*) dari pabrik Indarung VI ditempatkan pada tempat penyimpanan yang sama. Bahan-bahan baku tersebut kemudian dibawa oleh alat transportasi yang berbeda-beda dan diletakkan di atas *belt conveyor* yang terus berjalan. Pada *limestone* menggunakan alat transportasi berupa *bridge scraper*, sedangkan *Clay* menggunakan *bucket chain excavator* sementara untuk silika dan *Iron Sand* menggunakan *side reclaimer* yang kemudian semua bahan baku akan dibawa oleh *belt conveyor* ke dalam *dosimat feeder*.



Dosimat feeder akan mengatur komposisi yang diperlukan dalam proses. Komposisi diatur berdasarkan jenis produksi semen yang akan dilakukan karena berbeda jenis semen berarti berbeda pula komposisi bahan bakunya. Bahan baku yang jatuh akibat gerakan *Dosimat feeder* akan masuk ke *belt conveyor* dan tercampur, kemudian masuk *vertical mill* melalui *sleeding inlet* dan akan diputar di *rotary* sebelum jatuh ke dalam *vertical mill*. Proses penggilingan bahan baku di dalam *vertical mill* menggunakan *grinding table* dan *roller*, yang mana *grinding table* ini digerakkan oleh motor dan akan memutar material dan *roller* yang akan menggiling material. *Roller* ini bergerak akibat gaya putar *grinding table*. Pada pabrik Indarung VI menggunakan enam *roller* yang mana setiap *roller* mempunyai delapan *segment tyre*. Selama proses penggilingan, material akan diberi gas panas hasil buangan dari *kiln*.

Material yang sudah halus menjadi *raw Mix* akan dipisahkan dengan material yang masih kasar oleh separator yang mana material yang sudah halus dibawa ke atas sedangkan yang masih kasar terus digiling. Material *reject* yang terlempar keluar dari *grinding table* akan disapu oleh *scraper* dan akan diangkut oleh *belt conveyor* dan *bucket elevator* akan di proses kembali ke dalam *vertical mill*. Berbeda dengan *tube mill*, dimana material dimasukkan ke dalam *tube* yang berputar, kemudian terdapat penumbuk berupa bola yang terus bergerak karena pergerakan *tube*, material yang masih kasar akan masuk ke *tube mill* kembali, sedangkan yang sudah menjadi *raw mix* akan diproses lebih lanjut. *Raw Mix* dipindahkan dengan *air slide* dan kemudian dimasukkan ke dalam *silo* melalui atas dibantu dengan *bucket elevator* ini merupakan proses terakhir dari *raw mill*. Bentuk skematis dari proses *raw mill* dapat dilihat pada gambar berikut.

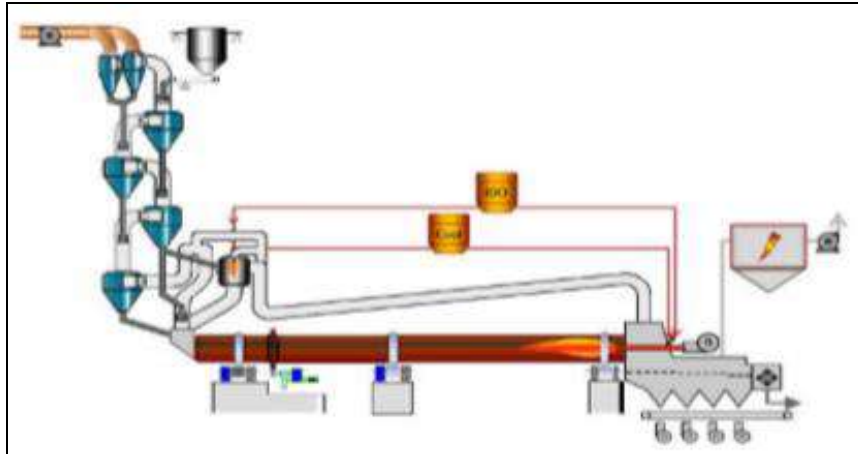


Gambar 5.12. Proses di Raw Mill

Sumber: PT Semen Padang

4. Proses di Kiln

Raw Mix yang disimpan di *silo raw mix* kemudian diangkat menggunakan *elevator bucket* yang berbeda, selanjutnya dialirkan ke dalam *suspension preheater* yang terdiri dari tingkatan *cyclone*. Proses di dalam siklon material akan berputar-putar turun akibat adanya gaya sentrifugal gas panas dari arah bawah, dimana gas tersebut berasal dari *kiln*. *Raw Mix* mengalami proses *preheater*, semakin ke bawah temperature akan semakin tinggi karena gas panas dari *kiln*. Pada *cyclone* ini terdapat *pneumatic valve* yang dapat mengatur *feed rate raw mix* jika proses pada *kiln* sebelumnya masih penuh. Bentuk skematis dari proses *kiln* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.13. Proses di Kiln

Sumber: PT Semen Padang

Tujuan dari pemanasan awal *raw mix* sebelum dimasukkan *kiln* adalah untuk memastikan beban pemanasan pada *kiln* tidak terlalu tinggi. Jika tidak dilakukan *preheater*, maka waktu yang dibutuhkan material untuk mencapai temperatur yang diinginkan akan sangat lama. Jenis *kiln* pada Indarung II dan III menggunakan teknologi lama di mana *cooler* menempel di dinding *kiln* sehingga *cooler* juga akan ikut berputar di *kiln*. Jenis tipe ini kurang efisien karena banyak terjadi kebocoran dan udara yang masuk dapat memengaruhi pembakaran di *kiln*. Sementara pabrik Indarung IV, V, dan VI menggunakan *grate cooler*.

Reaksi yang terjadi pada proses pembentukan klinker adalah kalsinasi. Proses kalsinasi, yaitu penguraian CaCO_3 dan MgCO_3 serta pelepasan Karbon dioksida (CO_2) dari bahan baku. Tujuan dari proses kalsinasi yaitu untuk menghasilkan klinker, dimana batu kapur yang bahan utamanya adalah kalsium karbonat (CaCO_3) dipanaskan untuk menghasilkan CaO dan CO_2 . CaO kemudian bereaksi dengan silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3) untuk membentuk klinker. Berikut reaksi kimia kalsinasi pada proses pemanasan pada *kiln*:

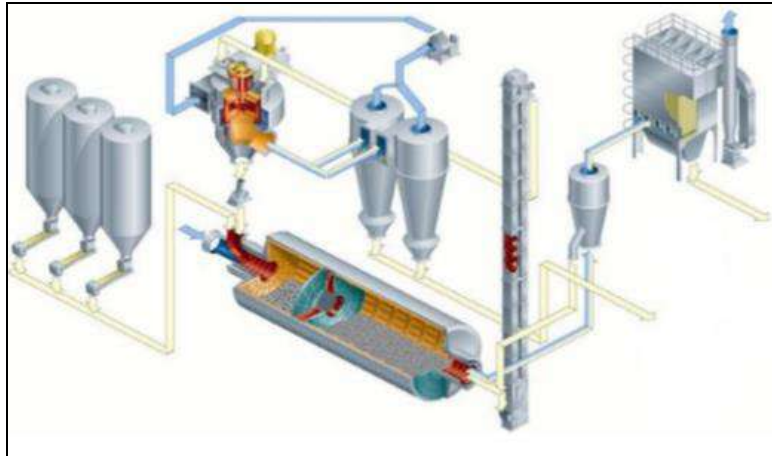




Raw Mix yang sudah melalui seluruh *hopper cyclone* masuk ke dalam *kiln* yang berputar. *Kiln* berada pada posisi sedikit miring agar material di dalamnya dapat mengalir, dan terus berputar agar pemanasan merata. Sumber panas di *kiln* berasal dari batu bara yang dihaluskan pada *coal mill*. Temperatur pemanasan dalam *kiln* dapat mencapai 1.400°C. *Raw Mix* yang telah melewati *kiln* akan menjadi klinker, kemudian didinginkan secara cepat (proses *quenching*) dengan *grate cooler*. Klinker yang telah didinginkan akan melewati *crusher clinker*, tujuannya untuk menghaluskan klinker sehingga mudah dipindahkan ke *intermediate silo*. Klinker dipindahkan ke dalam *silo* dengan menggunakan elevator.

5. Proses di *Cement Mill*

Klinker yang sebelumnya disimpan di *silo* kemudian diangkut dengan alat transportasi *apron conveyor* hingga menuju *belt conveyor*. Klinker dimasukkan pada *cement mill* untuk dihaluskan sekaligus pencampuran dengan bahan tambahan seperti *gypsum*, pozzolan, dan *limestone* sesuai dengan tipe atau jenis peruntukan semen. *Tube mill* pada *cement mill* ini menggunakan *grinding* media berupa bola-bola baja yang akan menumbuk klinker dan bahan tambahan lainnya di dalam *tube mill* yang berputar. Material hasil penggilingan pada *tube mill* dipisahkan antara yang halus dan kasar oleh *sepax separator*. Material yang telah halus diangkut dengan air slide menuju *silo cement*. Material halus pada *silo cement* adalah semen yang siap dikemas dan didistribusikan. Bentuk skematis dari proses *cement mill* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.14. Proses di Cement Mill

Sumber: PT Semen Padang

5.3 Penapisan Tahap II

Penapisan Tahap II dilakukan untuk memilih calon *offtaker* yang paling direkomendasikan, dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang diberi bobot dan skor/nilai. Kriteria-kriteria yang dipakai beserta bobot dan skornya dapat dilihat pada Tabel 5.2. Nilai maksimum yang dapat diperoleh adalah 50.

Tabel 5.2. Kriteria Penapisan Tahap II terhadap Calon *Offtaker* Potensial

Kriteria	Bobot	Skor/Nilai					Keterangan
		1	2	3	4	5	
Kapasitas Pemakaian RDF (ton/hari)	3	<10	10-24	25-49	50-75	>75	Berdasarkan surat dukungan
Jarak tempuh dari TPA Regional (km)	2	>100	75-100	50-74	25-49	<25	Dari Google Map
Biaya operasi/perawatan TPST sesuai spesifikasi RDF	2	>10	7,5-9,9	5-7,4	2,5-4,9	<2,5	Biaya O/M dari DED
Kapasitas pengangkutan maksimum per trip per kendaraan angkut (ton)	2	<5	5-9,9	10-14,9	15-20	>20	Sesuai kapasitas jalan
Kemungkinan pemakaian transporter produk	1	Tidak	-	-	-	Ya	Transporter produk

5.3.1. Proses Penapisan Tahap II

5.3.1.1. Kapasitas Pemakaian RDF (ton/hari)

Karena tujuan utama pengolahan sampah menjadi RDF adalah untuk mengurangi jumlah sampah yang harus ditimbun ke lahan TPA Regional Payakumbuh, maka kriteria ini diberikan bobot tertinggi. Skor/nilai diberikan berdasarkan surat dukungan pemakaian RDF



yang disampaikan oleh *offtaker* potensial kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatra Barat. Surat dukungan dari kedua institusi dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16. Berdasarkan surat dari PLTU Ombilin, komitmen penggunaan RDF adalah kurang lebih 50 ton per hari, sedangkan surat dari PT Semen Padang menyampaikan komitmen penggunaan RDF dari TPA Regional Payakumbuh sebanyak 100 ton per hari. Berdasarkan hal tersebut, maka skor terhadap kriteria kapasitas pemakaian RDF (ton/hari) untuk PLTU Ombilin adalah 4, dan skor untuk PT Semen Padang adalah 5.



Gambar 5.15. Surat Dukungan dari PLTU Ombilin



Padang, 12 Oktober 2023

No : 000312/PM.01/KRE/50003735/3000/10.2023
Perihal : Surat Dukungan Sebagai Offtaker

Kepada Yth.
Kepala Dinas Lingkungan Hidup
Provinsi Sumatera Barat

Dengan Hormat,

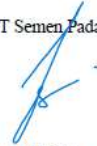
Sehubungan dengan surat nomor 660/246/UPTD-PS-2023 tentang permohonan surat dukungan sebagai oftaker untuk pemanfaatan *Refuse Derived Fuel* (RDF) dari pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) TPA Regional Payakumbuh, maka dengan ini kami memberikan dukungan sebagai oftaker dan bisa memanfaatkan RDF sebagai bahan bakar alternatif di PT Semen Padang berjumlah \pm 100 ton/hari dengan ketentuan teknis produk RDF sebagai berikut :

Size 2 dimensi (lembaran)	: Max 50 mm
Size 3 dimensi (padatan)	: Max 5 mm
CV	: Min 3000 kcal/kg
Moisture Content	: Max 25%
Sulfur	: Max 0,5
Chlorin	: Max 0,3%

Agar ongkos angkut RDF ke Padang bisa lebih ekonomis, RDF agar terlebih dahulu dipress atau dipadatkan.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih

PT Semen Padang



Asri Mukhtar
Direktur Utama

IF / JK / MTQ / SDM

Go
Beyond
Next

PT SEMEN PADANG
Jalan Raya Indarung, Padang 25237 Sumatera Barat. Telp. (0751) 815-250 Fax. (0751) 815-590 www.semenpadang.co.id



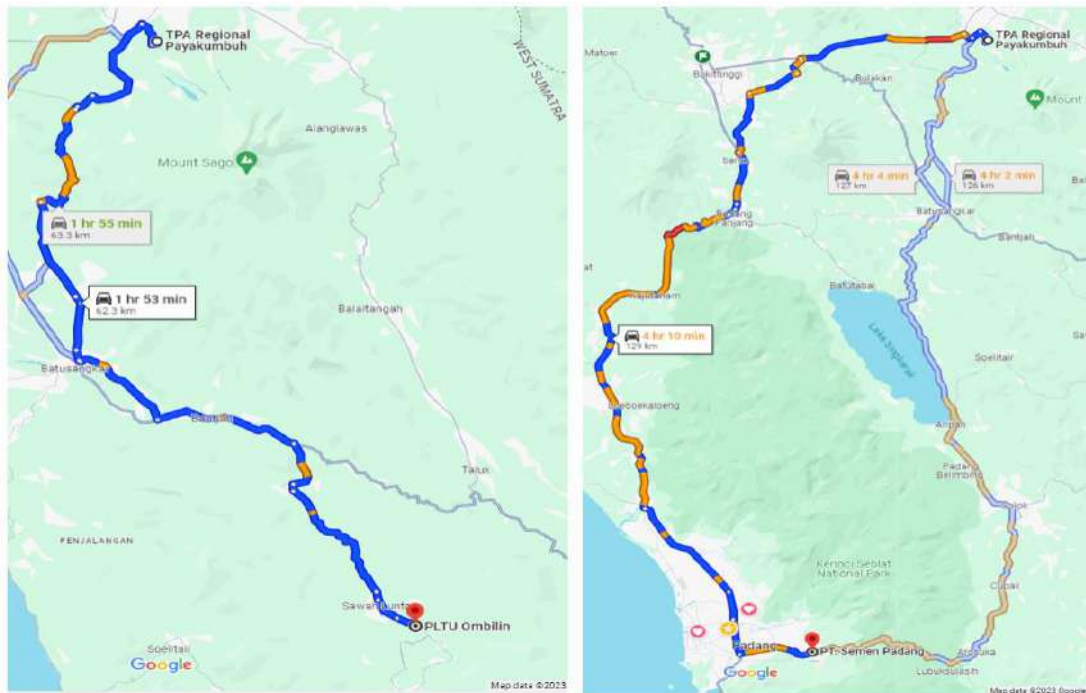
Gambar 5.16. Surat Dukungan dari PT. Semen Padang

5.3.1.2. Jarak Tempuh dari TPA Sampah Regional Payakumbuh (Km)

Kriteria jarak tempuh dari TPA regional diberi bobot 2 karena walau pun harus menjadi pertimbangan utama karena terkait dengan biaya transportasi, namun masih dapat dilakukan upaya-upaya efisiensi dalam menekan biaya tersebut. Lokasi PLTU Ombilin yang relatif lebih dekat ke lokasi TPA Regional Payakumbuh dibandingkan dengan lokasi PT Semen Padang dapat dilihat pada hasil pengecekan melalui google map yang ditampilkan pada Gambar 5.17. Berdasarkan gambar tersebut jarak tempuh dari TPA Regional



Payakumbuh ke PLTU Ombilin adalah sekitar 62km, sedangkan jarak tempuh ke PT Semen Padang adalah sekitar 129 km. Berdasarkan data tersebut maka skor untuk PLTU Ombilin adalah 3, dan skor untuk PT Semen Padang adalah 1.



Gambar 5.17. Perbandingan Jarak Tempuh dari TPA Regional Payakumbuh ke Lokasi Offtaker

5.3.1.3. Biaya Operasi/Maintenance sesuai Spesifikasi RDF (Milyar Rupiah/tahun)

Karena penggunaan RDF adalah sebagai bahan bakar co-firing di PLTU atau di pabrik semen, maka spesifikasi produk RDF yang dihasilkan adalah relatif sama, terlepas dari penggunaannya di pembangkit listrik atau pabrik semen. Berdasarkan paparan konsultan DED TPST di TPA Regional Payakumbuh, diperkirakan biaya operasi dan perawatan/pemeliharaan sekitar 11,5 milyar per tahun (Gambar 5.18). Berdasarkan informasi tersebut maka skor untuk kriteria biaya operasi/perawatan TPST sesuai spesifikasi RDF adalah 1 untuk PLTU Ombilin dan untuk PT Semen Padang.

ESTIMASI BIAYA OPEX TPST		
KEBUTUHAN TENAGA KERJA	= Rp	406.000.000 per bulan
KEBUTUHAN LISTRIK	= Rp	156.015.000 per bulan
PEMELIHARAAN ALAT	= Rp	215.150.000 per bulan
KEBUTUHAN BAHAN BAKAR	= Rp	158.418.000 per bulan
TOTAL = ± Rp 935.583.000 per bulan		
= ± Rp 11.521.302.000 per tahun		

Gambar 5.18. Estimasi Biaya Operasi dan Pemeliharaan TPST di TPA Sampah Regional Payakumbuh

5.3.1.4. Kapasitas Maksimum Pengangkutan per Trip Kendaraan (ton)

Kapasitas maksimum kendaraan pengangkut RDF harus memenuhi ketentuan yang diterapkan di ruas jalan yang dilaluinya. Berdasarkan informasi, untuk mencapai lokasi PLTU Ombilin, terdapat beberapa lokasi jalan yang merupakan kelas jalan kota, sehingga maksimum beban kendaraan angkutan adalah 10 ton. Hal ini tidak terjadi dengan pengangkutan ke PT Semen Padang yang memakai jalan provinsi, sehingga kapasitas pengangkutan dapat lebih besar dari 20 ton per kendaraan angkut. Berdasarkan informasi ini maka PLTU Ombilin mendapatkan skor 3, sedangkan PT Semen Padang mendapatkan skor 5 untuk kriteria ini.

5.3.1.5. Kemungkinan Pemakaian Transporter Produk

PT Semen Padang sebagai produsen semen memasarkan produknya ke berbagai daerah, termasuk ke Provinsi Riau. Arah perjalanan kendaraan pengangkut semen tersebut melalui wilayah yang dekat dengan TPA Regional Payakumbuh. Saat ini kendaraan pengangkut semen tersebut dalam kondisi kosong ketika kembali ke Padang, sehingga berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai kendaraan pengangkut RDF dari TPST di TPA Regional



Payakumbuh, yang akan digunakan oleh PT Semen Padang. Kendaraan pengangkut produk semen selama ini dapat mengangkut 30 ton per trip. Kondisi ini tidak dialami oleh PLTU Ombilin yang produknya tidak dikirimkan melalui moda transportasi darat, sehingga untuk kriteria ini PLTU Ombilin mendapatkan skor 1, sedangkan PT Semen Padang mendapatkan skor 5.

5.3.2. Hasil Penapisan Tahap II

Hasil penapisan tahap II dapat dilihat pada Tabel 4, dan Tabel 5. Berdasarkan kedua tabel tersebut, dapat dilihat bahwa total nilai penapisan tahap ini untuk PLTU Ombilin adalah 27, sedangkan total nilai penapisan untuk PT Semen Padang adalah 34. Berdasarkan hal tersebut, maka PT Semen Padang direkomendasikan untuk menjadi *offtaker* RDF yang dihasilkan dari pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh.

Tabel 5.3. Hasil Penapisan Tahap II terhadap PLTU Ombilin

Kriteria	Bobot	Skor	Bobot x Skor
Kapasitas pemakaian RDF (ton/hari)	3	4	12
Jarak tempuh dari TPA Regional (km)	2	3	6
Biaya operasi/perawatan TPST sesuai spesifikasi RDF	2	1	2
Kapasitas pengangkutan maksimum per trip per kendaraan angkut (ton)	2	3	6
Kemungkinan pemakaian transporter produk	1	1	1
Total Nilai Penapisan			27

Tabel 5.4. Hasil Penapisan Tahap II terhadap PT. Semen Padang

Kriteria	Bobot	Skor	Bobot x Skor
Kapasitas pemakaian RDF (ton/hari)	3	5	15
Jarak tempuh dari TPA Regional (km)	2	1	2
Biaya operasi/perawatan TPST sesuai spesifikasi RDF	2	1	2
Kapasitas pengangkutan maksimum per trip per kendaraan angkut (ton)	2	5	10
Kemungkinan pemakaian transporter produk	1	5	5
Total Nilai Penapisan			34



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian *offtaker* RDF yang akan dihasilkan oleh TPA Regional Payakumbuh dapat disimpulkan bahwa PT Semen Padang yang paling direkomendasikan sebagai pemanfaat dari RDF tersebut. Kesepakatan harga jual RDF harus didiskusikan lebih lanjut yang dapat memakai mekanisme yang telah dilaksanakan di tempat lain, dengan mempertimbangkan jarak tempuh dalam pengiriman RDF ke PT Semen Padang. Peluang yang dapat dimanfaatkan untuk menekan biaya transport RDF adalah dengan memanfaatkan kosongnya muatan kendaraan angkut produk semen ke arah Provinsi Riau, ketika kendaraan tersebut sedang dalam perjalanan kembali ke Kota Padang.

6.2 Saran

1. Sebagai penunjang pelaksanaan pemanfaatan produk hasil pengolahan sampah di TPST Regional Payakumbuh oleh calon *offtaker*, dapat dilakukan studi tiru penerapan pengolahan sampah pada fasilitas TPST yang telah beroperasi;
2. Diperlukan nota kesepahaman mengenai kerjasama pemanfaatan hasil pengolahan sampah pada TPST Regional Payakumbuh.



DAFTAR PUSTAKA

- Bimantara, C.A. (2012). *Analisa Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) dari Sampah Unit Pengolahan Sampah (UPS) di Kota Depok (Studi Kasus UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)*. Tugas Akhir Sarjana. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Indonesia
- Caputo, A.C., Pelagagge, P.M. (2002). "RDF production plants: I Design and costs". *Applied Thermal Engineering* 22 (2002) 423-437.
- Cheremisinoff, N.P. (2003). *Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies*. Burlington: Elsevier Science
- Damanhuri, Enri. (2008). *Diktat Landfilling Limbah*. Institut Teknologi Bandung. Versi 2008,40.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T. (2012). *The Role of Informal Collectors of Recyclable Waste and Used Goods in Indonesia, Post-Consumer Waste Recycling and Optimal Production*, Enri Damanhuri (Ed.), ISBN: 978-953-51-0632-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/post-consumer-waste-recyclingand-optimalproduction/the-role-of-informal-collectors-of-recyclable-waste-and-used-goods-inindonesia>.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T. (2016). *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Bandung: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tuban. (2019). *Prastudi Kelayakan Pembangunan RDF Plant di Kabupaten Tuban*.
- Dong, Trang T.T., dan Lee, Byeong-Kyu. (2009). "Analysis of potential RDF resources from solid waste and their energy values in the largest industrial city of Korea". *Waste Management*, 29. 1725-1731.
- Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K. J., et al. (2003). "Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives Final Report". *European Commission*.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*
- Lockwood, F.C. dan Ou, J.J. (1993). "Burning refuse-derived fuel in a rotary cement kiln". *Journal of Power and Energy*, 207 (1), 65-70.



- Mulhidin, Wicaksana, F., Azwarudin. (2002). "Analisis Co-Firing Refused Derived Fuel (RDF) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang". *Jurnal Sanitasi dan Lingkungan* Vol. 3 No. 1. 251-258.
- Nithikul, J. (2007). *Potential of Refuse Derived Fuel Production from Bangkok Municipal Solid Waste*. Thesis for Master of Engineering in Environmental Engineering and Management. Asian Institute of Technology, Thailand.
- Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta.
- Soetjipto, D. (2013). *Road To Semen Indonesia*
- Standar Nasional Indonesia 8966 (2021), *Bahan bakar jumptan padat untuk pembangkit listrik*, Badan Standardisasi Nasional, Indonesia.
- Tangkaew, V. (2007). "Co-processing of Hazardous Waste in Cement Kilns". *Waste & Energy Thailand*. 1 (2), 10-18.
- Ummatin, K. K., dan Setyaningrum, P. (2015). "Pemodelan Pengelolaan Sampah Kota Sebagai Bahan Energi Alternatif di Kabupaten Gresik". *Seminar Nasional Terpadu Keilmuan Teknik Industri*. Universitas Brawijaya. Malang.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2005. *Solid Waste Management Volume I*.



DOKUMENTASI

A. Diskusi Bersama Calon *Offtaker* PT. PLN Indonesia Power UPK Ombilin





B. Diskusi Bersama Calon *Offtaker* PT. Semen Padang

