



**PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA BARAT
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD PERSAMPAHAN**

Jl. Khatib Sulaiman No. 22 Telp. (0751) 7055231-446571-445154 Fax. (0751) 445232 PADANG

LAPORAN AKHIR

**STUDI KELAYAKAN PENERAPAN PENGOLAHAN
SAMPAH MENGGUNAKAN BIOTEKNOLOGI
DI TPA SAMPAH REGIONAL PAYAKUMBUH**

**LOKASI KEGIATAN
TPA SAMPAH REGIONAL PAYAKUMBUH
PROVINSI SUMATERA BARAT**

TAHUN ANGGARAN - 2022



**KONSULTAN PENYUSUN
CV. NABIEL ENGINEERING CONSULTANT**

ENGINEERING, JASA KAJIAN LINGKUNGAN & KESEHATAN
JLN. M. HATTA GANG SERI I NO. 6.A KEL. ANDURING PADANG



KATA PENGANTAR

Kegiatan penyusunan dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh dilaksanakan untuk mendukung salah satu Program Unggulan (Progul) Gubernur Sumatera Barat yaitu optimalisasi pengelolaan sampah berkelanjutan pada TPA Regional dengan pendekatan sampah sebagai sumber energi alternatif (*Waste to Energy*). Penggunaan teknologi pengolahan sampah dalam mengolah sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh perlu dikaji secara mendalam agar penerapannya lebih aplikatif dan menjadi solusi pengurangan sampah ke landfill TPA dan juga memberikan kebermanfaatan bagi berbagai sektor di kawasan sekitar.

Komposisi sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik. Dalam hal komposisi sampah organik yang sangat mendominasi maka opsi teknologi pengolahan sampah dengan memanfaatkan bantuan makhluk hidup atau disebut Bioteknologi dapat dijadikan pilihan. Beberapa penerapan bioteknologi yang berkembang dalam pengolahan sampah adalah Pengomposan, *Anaerobic Digester* dan penggunaan Larva Lalat BSF (*Maggot*).

Sesuai dengan sistem Pelaporan dalam pekerjaan penyusunan Dokumen Studi Kelayakan ini adalah penyusunan Laporan Akhir yang memuat gambaran umum TPA Regional Payakumbuh, metoda studi dan hasil kajian.

Demikian Laporan Akhir ini disampaikan, semoga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam langkah penyelesaian pekerjaan penyusunan Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh.

Padang, Desember 2022
Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat
Kepala

Ir. Siti Aisyah, M. Si
NIP : 19670928 199203 2 002



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I - 1
1.2 Maksud dan Tujuan Kegiatan.....	I - 3
1.3 Sasaran Kegiatan.....	I - 4
1.4 Lokasi Kegiatan.....	I - 4
1.5 Ruang Lingkup Kegiatan.....	I - 4
1.6 Referensi Hukum.....	I - 5
1.7. Studi-Studi Terdahulu.....	I - 6
1.8 Sistematika Laporan.....	I - 6
BAB II GAMBARAN UMUM LOKASI PEKERJAAN	
2.1 Gambaran Umum Kota Payakumbuh.....	II - 1
2.2 Letak dan Batas Geografis.....	II - 1
2.3 Kondisi Fisik Wilayah.....	II - 3
2.3.1 Topografi.....	II - 3
2.3.2 Iklim.....	II - 3
2.3.3 Demografi.....	II - 4
2.4 Kondisi Fisik TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 5
2.5 Jumlah Sampah Masuk ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 7
2.6 Kondisi Sarana dan Prasarana TPA Sampah Regional Payakumbuh	II - 8
2.6.1 Fasilitas Dasar.....	II - 8
2.6.1.1 Jalan Masuk, Gerbang, dan Jalan Operasional.....	II - 8
2.6.1.2 Pos/Kantor Jaga.....	II - 9



2.6.1.3 Drainase.....	II - 9
2.6.1.4 Pagar Pembatas.....	II - 10
2.6.1.5 Air Bersih.....	II - 10
2.6.2 Fasilitas Perlindungan Lingkungan.....	II - 10
2.6.2.1 Lapisan Kedap Air.....	II - 10
2.6.2.2 Pengelolaan Lindi.....	II - 11
2.6.2.3 Pengelolaan Gas.....	II - 12
2.6.2.4 Sumur Pantau.....	II - 13
2.6.2.5 Zona Penyangga (<i>Buffer Zone</i>).....	II - 13
2.6.3 Fasilitas Operasional.....	II - 14
2.6.3.1 Alat Berat.....	II - 14
2.6.3.2 Areal Cadangan Penutup Tanah.....	II - 15
2.6.4 Fasilitas Penunjang.....	II - 16
2.6.4.1 Jembatan Timbang.....	II - 16
2.6.4.2 Garase dan Bengkel.....	II - 16
2.6.4.3 Areal Permilahan Sampah.....	II - 17
2.6.4.4 Unit Pengomposan Sampah.....	II - 18
2.6.4.5 Fasilitas Penunjang Lainnya	II - 19
2.7 Kondisi Pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 20
2.7.1 Kegiatan Pelayanan Utama.....	II - 21
2.7.2 Kegiatan Pendukung Operational TPA.....	II - 25
2.8 Permasalahan Pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh....	II - 28
2.8.1 Evaluasi Pengelolaan Sampah di TPA.....	II - 28
2.8.2 Identifikasi Masalah.....	II - 28
2.8.3 Kebutuhan Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 28

BAB III METODE STUDI

3.1 Tahap Persiapan.....	III - 1
3.2 Tahap Survey dan Pengumpulan Data.....	III - 2
3.3 Tahap Analisis Data.....	III - 5



BAB IV ANALISIS POTENSI PENERAPAN BIOTEKNOLOGI

4.1	Proyeksi Timbunan Sampah TPA Regional Payakumbuh.....	IV - 1
4.1.1.	Proyeksi Timbunan Sampah.....	IV - 1
4.1.2	Komposisi Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	IV - 2
4.1.3	Karakteristik Sampah TPA Regional Payakumbuh.....	IV - 2
4.1.4	Berat Jenis Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh..	IV - 3
4.1.5	Potensi Daur Ulang Sampah di TPA Regional Payakumbuh..	IV - 4
4.2.	Perencanaan Pengolahan Sampah Organik TPA Regional Payakumbuh.....	IV - 4
4.2.1.	Analisis Beban Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 5
4.2.2.	Analisis Potensi Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 6
4.2.3.	Kapasitas Pengolahan.....	IV - 6
4.3.	Alternatif Pengolahan Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 7
4.3.1	Biokonversi dengan Larva BSF.....	IV - 7
4.3.2.	Karbonisasi/Biopellet.....	IV - 11
4.3.3	Anaerobic Digestion.....	IV - 12
4.3.4	Pengomposan.....	IV - 15
4.4	Kajian Aspek Teknis Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 17
4.4.1	Potensi Pengolahan Sampah.....	IV - 17
4.4.2	Kompleksitas Proses.....	IV - 33
4.4.3	Waktu Proses.....	IV - 41
4.4.4	Tingkat Reduksi Sampah.....	IV - 44
4.4.5	Estimasi Kebutuhan Lahan.....	IV - 55
4.5	Kajian Aspek Sosial Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 70
4.5.1	Potensi Konflik Antara Masyarakat.....	IV - 70
4.5.2	Kesiapan SDM dalam Pengoperasian Teknologi.....	IV - 71
4.6	Kajian Aspek Lingkungan Penerapan Alternatif Bioteknologi	



Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 78
4.6.1 Potensi Timbulan Bau dan Vektor Penyakit.....	IV - 79
4.6.2 Risiko Emisi dan Lindi.....	IV - 81
4.7 Kajian Aspek Ekonomi Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik.....	IV - 85
4.8 Penilaian Aspek-Aspek Penerapan Alternatif Bioteknologi.....	IV - 148
4.9 Analisis Kebijakan Pemilihan Bioteknologi.....	IV - 155
4.10 Analisis Peraturan Pendukung Bioteknologi.....	IV - 157
4.11 Kelembagaan.....	IV - 158
4.12 Alternatif Teknologi yang dapat dikombinasikan dengan Bioteknologi.....	IV - 159
4.13 Prospek Pasar.....	IV - 164
BAB V DESAIN PROSES BIOTEKNOLOGI TERPILIH	
5.1 Uraian Proses Pengolahan Sampah Biokonversi dengan Larva BSF.....	V - 1
5.2 Kriteria Desain Aplikasi Proses Biokonversi dengan Larva BSF.....	V - 7
5.2.1 Sistem Pengelolaan.....	V - 7
5.2.2 Konfigurasi Sistem.....	V - 8
5.3 Kebutuhan Peralatan Proses Biokonversi dengan Larva BSF.....	V - 13
5.4 Pemilihan Lokasi.....	V - 15
5.3.1 Pemanfaatan Lahan.....	V - 16
5.3.2 Analisa Kondisi Eksisting.....	V - 17
BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan.....	VI - 1
6.2 Rekomendasi.....	VI - 2
DAFTAR PUSTAKA	
DOKUMENTASI	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1	Luas Derah 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 2020.....	II - 4
Tabel 2.4	Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan, dan Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan di Jota Payakumbuh Tahun 2021.....	II - 5
Tabel 2.5	Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh pada Periode Juli s/d Desember 2021.....	II - 8
Tabel 2.6	Petugas Lapangan TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 25
Tabel 2.7	Sarana dan Prasarana TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II - 26
Tabel 2.8	Rekapitulasi Identifikasi Permasalahan dan Kebutuhan Pengembangan.....	II- 30
Tabel 3.1	Sub-kriteria Penilaian.....	III - 9
Tabel 3.2	Langkah – Langkah dalam Membuat Grid Analysis.....	III - 10
Tabel 3.3	Petunjuk Penilaian Grid Analysis.....	III - 11
Tabel 4.1	Proyeksi Timbulan Sampah di Wilayah Pelayanan TPA Sampah Regional Payakumbuh (ton/hari) Tahun 2022 – 2037 Berdasarkan Trend Kenaikan.....	IV - 1
Tabel 4.2	Komposisi Sampah TPA Regional Payakumbuh.....	IV - 2
Tabel 4.3	Hasil Uji Karakteristik Sampah Regional Payakumbuh.....	IV - 3
Tabel 4.4	Potensi Daur Ulang Sampah Regional Payakumbuh.....	IV - 4
Tabel 4.5	Beban Pengolahan Sampah Organik TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	IV - 5
Tabel 4.6	Potensi Pengolahan Sampah Organik TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	IV - 6
Tabel 4.7	Skenario Kapasitas Pengolahan Sampah Organik TPA Regional Payakumbuh.....	IV - 7



Tabel 4.8	Estimasi Produk yang Dihasilkan dari Biokonversi dengan Larva BSF.....	IV - 48
Tabel 4.9	Estimasi Produk yang Dihasilkan dari Karbonisasi.....	IV - 50
Tabel 4.10	Estimasi Produk yang dihasilkan dari Anaerobic Digester.....	IV - 52
Tabel 4.11	Estimasi Produk yang dihasilkan dari Metode Bata Berongga.....	IV - 55
Tabel 4.12	Estimasi Kebutuhan Lahan Biokonversi dengan Larva BSF.....	IV - 60
Tabel 4.13	Estimasi Kebutuhan Lahan Proses Karbonisasi.....	IV - 64
Tabel 4.14	Estimasi Kebutuhan Lahan Proses Anaerobic Digestion.....	IV - 66
Tabel 4.15	Estimasi Kebutuhan Lahan Pengomposan dengan Bata Berongga..	IV - 70
Tabel 4.16	Jumlah Tenaga Kerja Eksisting TPA Regional Payakumbuh.....	IV - 72
Tabel 4.17	Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja Untuk Proses Biokonversi Larva BSF.....	IV - 73
Tabel 4.18	Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Proses Karbonisasi.....	IV - 75
Tabel 4.19	Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja Untuk Proses Anaerobic Digestion.....	IV - 76
Tabel 4.20	Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja Untuk Proses Pengomposan.....	IV - 78
Tabel 4.21	Input Sumber Daya Per Ton Sampah yang Diolah.....	IV - 82
Tabel 4.22	Estimasi Nilai Beban Emisi yang Dihasilkan Per Tahun.....	IV - 82
Tabel 4.23	Investasi Modal Kerja Biokonversi Larva BSF Skenario 1.....	IV - 87
Tabel 4.24	Investasi Aset Tetap Larva BSF Skenario 1.....	IV - 86
Tabel 4.25	Estimasi Harga Pokok Produksi Biokonversi Larva BSF Skenario 1...	IV - 87
Tabel 4.26	Estimasi Laba/Rugi Per Tahun Biokonversi Larva BSF Skenario 1....	IV - 88
Tabel 4.27	Present Value Biokonversi Larva BSF Skenario 1.....	IV - 90
Tabel 4.28	Payback Period Biokonversi Larva BSF Skenario 1.....	IV - 91
Tabel 4.29	Investasi Modal Kerja Biokonversi Larva BSF Skenario 2.....	IV - 92
Tabel 4.30	Investasi Aset Tetap Biokonversi Larva BSF Skenario 2.....	IV - 92
Tabel 4.31	Estimasi Harga Produksi Biokonversi Larva BSF Skenario 2.....	IV - 94
Tabel 4.32	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Biokonversi Larva BSF Skenario 2.....	IV - 94
Tabel 4.33	Present Value Biokonversi Larva BSF Skenario 2.....	IV - 96



Tabel 4.34	Investasi Model Kerja Biokonversi Larva BSF Skenario 3.....	IV - 98
Tabel 4.35	Investasi Aset Tetap Biokonversi Larva BSF Skenario 3.....	IV - 98
Tabel 4.36	Estimasi Harga Pokok Produksi Biokonversi Larva BSF Skenario 3...	IV - 99
Tabel 4.37	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Biokonversi Larva BSF Skenario 3.....	IV - 100
Tabel 4.38	Present Value Biokonversi Larva BSF Skenario 3.....	IV - 101
Tabel 4.39	Investasi Modal Kerja Karbonisasi Skenario 1.....	IV - 103
Tabel 4.40	Investasi Aset Tetap Karbonisasi Skenario 1.....	IV - 104
Tabel 4.41	Estimasi Harga Pokok Produksi Karbonisasi Skenario 1.....	IV - 105
Tabel 4.42	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Karbonisasi Skenario 1.....	IV - 105
Tabel 4.43	Investasi Modal Kerja Karbonisasi Skenario 2.....	IV - 106
Tabel 4.44	Investasi Aset Tetap Karbonisasi Skenario 2.....	IV - 107
Tabel 4.45	Estimasi Harga Pokok Produksi Karbonisasi Skenario 2.....	IV - 108
Tabel 4.46	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Karbonisasi Skenario 2.....	IV - 108
Tabel 4.47	Present Value Karbonisasi Skenario 2.....	IV - 109
Tabel 4.48	Payback Period Karbonisasi Skenario 2.....	IV - 111
Tabel 4.49	Investasi Model Kerja Karbonisasi Skenario 3.....	IV - 112
Tabel 4.50	Investasi Aset Tetap Karbonisasi Skenario 3.....	IV - 111
Tabel 4.51	Estimasi Harga Pokok Produksi Karbonisasi Skenario 3.....	IV - 113
Tabel 4.52	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Karbonisasi Skenario 3.....	IV - 114
Tabel 4.53	Present Value Karbonisasi Skenario 3.....	IV - 115
Tabel 4.54	Payback Period Karbonisasi Skenario 3.....	IV - 116
Tabel 4.55	Investasi Aset Tetap Anaerobic Digestion Skenario 1.....	IV - 117
Tabel 4.56	Estimasi Harga Pokok Produksi Anaerobic Digestion Skenario 1.....	IV - 118
Tabel 4.57	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Anaerobic Digestion Skenario 1.....	IV - 119
Tabel 4.58	Present Value Anaerobic Digestion Skenario 1.....	IV - 120
Tabel 4.59	Payback Period Anaerobic Digestion Skenario 1.....	IV - 121
Tabel 4.60	Investasi Aset Tetap Anaerobic Digestion Skenario 2.....	IV - 122
Tabel 4.61	Estimasi Harga Pokok Produksi Anaerobic Digestion Skenario 2.....	IV - 123



Tabel 4.62	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Anaerobic Digestion Skenario 2.....	IV - 124
Tabel 4.63	<i>Present Value</i> Anaerobic Digestion Skenario 2.....	IV - 125
Tabel 4.64	Payback Period Anaerobic Digestion Skenario 2.....	IV - 127
Tabel 4.65	Investasi Aset Tetap Anaerobic Digestion Skenario 3.....	IV - 128
Tabel 4.66	Estimasi Harga Pokok Produksi Anaerobic Digestion Skenario 3....	IV - 129
Tabel 4.67	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Anaerobic Digestion Skenario 3.....	IV - 129
Tabel 4.68	<i>Prevent Value</i> Anaerobic Digestion Skenario 3.....	IV - 130
Tabel 4.69	Payback Period Anaerobic Digestion Skenario 3.....	IV - 132
Tabel 4.70	Investasi Aset Tetap Pengomposan Skenario 1.....	IV - 133
Tabel 4.71	Estimasi Harga Pokok Produksi Pengomposan Skenario 1.....	IV - 134
Tabel 4.72	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Pengomposan Skenario 1...	IV - 135
Tabel 4.73	<i>Prevent Value</i> Pengomposan Skenario 1.....	IV - 136
Tabel 4.74	Payback Period Pengomposan Skenario 1.....	IV - 137
Tabel 4.75	Investasi Aset Tetap Pengomposan Skenario 2.....	IV - 138
Tabel 4.76	Estimasi Harga Pokok Produksi Pengomposan Skenario 2.....	IV - 139
Tabel 4.77	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Pengomposan Skenario 2...	IV - 140
Tabel 4.78	<i>Present Value</i> Pengomposan Skenario 2.....	IV - 141
Tabel 4.79	Payback Period Pengomposan Skenario 2.....	IV - 142
Tabel 4.80	Investasi Aset Tetap Pengomposan Skenario 3.....	IV - 143
Tabel 4.81	Estimasi Harga Pokok Produksi Pengomposan Skenario 3.....	IV - 144
Tabel 4.82	Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Pengomposan Skenario 3...	IV - 145
Tabel 4.83	<i>Prevent Value</i> Pengomposan Skenario 3.....	IV - 146
	Payback Period Pengomposan Skenario 3.....	IV - 147
Tabel 4.85	Rekapitulasi Penilaian Alternatif Bioteknologi Dari Setiap Aspek.....	IV - 149
Tabel 4.86	Hasil Pembobotan Setiap Aspek Pada Masing-masing Alternatif Bioteknologi.....	IV - 152
Tabel 4.87	Bobot Setiap Aspek Pada Penilaian.....	IV - 153



Tabel 4.88	Penilaian Grid Analisis Penerapan alternatif Bioteknologi.....	IV - 154
Tabel 4.89	Rekapitulasi Nilai Alternatif Bioteknologi.....	IV - 155
Tabel 4.90	Dasar Pemilihan Bioteknologi Pengolahan Sampah Pada TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	IV - 156
Tabel 5.1	Estimasi Kebutuhan Peralatan Biokonversi Larva BSF.....	V - 14
Tabel 5.2	Estimasi Kebutuhan Lahan Biokonversi dengan Larva BSF.....	V - 16



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 Jalan Akses ke TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 9
Gambar 2.4 Drainase TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 10
Gambar 2.5 Kondisi Lapisan Kedap Air pada TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 11
Gambar 2.6 Kondisi Kolam Lindi TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 12
Gambar 2.7 Buffer Zone di Areal TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 14
Gambar 2.8 Kendaraan Operasional di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 15
Gambar 2.9 Areal Cadangan Tanah Penutup di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 15
Gambar 2.10 Jembatan Timbang di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 16
Gambar 2.11 Garase Kendaraan di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 17
Gambar 2.12 Areal Pemilahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 17
Gambar 2.13 Belt Conveyor dan Mesin Pencacah di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 18
Gambar 2.14 Layout TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	II – 20
Gambar 2.15 Diagram Alir Pengolahan Sampah TPA.....	II – 24
Gambar 2.16 Struktur Organisasi UPTD Persampahan.....	II – 27
Gambar 3.1 Hierarki Studi.....	III – 10
Gambar 3.2 Proses Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	III – 19
Gambar 4.1 Gambaran Umum Proses Biokonversi Sampah oleh BSF.....	IV – 8
Gambar 4.2 Diagram Alir Pembuatan Pupuk Padat Organik.....	IV – 10



Gambar 4.3	Diagram Alir Pembuatan Pupuk Cair Organik.....	IV – 11
Gambar 4.4	Diagram Alir Kombinasi.....	IV – 11
Gambar 4.5	Tahapan Penyiapan Substrat Anaerobic Digestion.....	IV – 13
Gambar 4.6	Aplikasi Pengomposan dengan Metode Bata Berongga.....	IV – 16
Gambar 4.7	Larva BSF dalam Kondisi Kekurangan Pakan.....	IV – 18
Gambar 4.8	Kondisi Pemberian Makan Larva BSF.....	IV – 18
Gambar 4.9	Skema Proses Pengolahan Biokonversi Larva BSF Tahun 2027 dalam 1 Proses.....	IV – 21
Gambar 4.10	Skema Proses Pengolahan Karbonisasi Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses.....	IV – 24
Gambar 4.11	Skema Proses Pengolahan AD Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses..	IV – 28
Gambar 4.12	Skema Proses Pengolahan Pengomposan Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses.....	IV – 32
Gambar 4.13	Telur Lalat BSF.....	IV – 34
Gambar 4.14	Larva BSF yang Baru Menetas.....	IV – 34
Gambar 4.15	Larva BSF Dewasa.....	IV – 34
Gambar 4.16	Pupa Larva BSF.....	IV – 35
Gambar 4.17	Lalat BSF Dewasa.....	IV – 36
Gambar 4.18	Alur Kerja Pengomposan Menggunakan Metode Bata Berongga..	IV – 43
Gambar 4.19	Batasan Sistem.....	IV – 81
Gambar 4.20	Diagram Alir Emisi Gas Proses Biokonversi dengan Larva BSF.....	IV – 84
Gambar 4.21	Diagram Alir Emisi Gas Proses Karbonisasi.....	IV – 84
Gambar 4.22	Diagram Alir Emisi Gas Proses Anaerobic Digestion AD.....	IV – 85
Gambar 4.23	Diagram Alir Emisi Gas Proses Pengomposan.....	IV – 85
Gambar 4.24	Bagan Alir Pembangkitan Energi dari Sampah.....	IV – 160
Gambar 4.25	Diagram Pembangkitan Energi dari Sampah.....	IV - 161
Gambar 4.26	Isometric Sistem Pirolisis.....	IV – 162
Gambar 4.27	Aplikasi Penerapan Pirolisis pada Beberapa Daerah di Indonesia	IV - 162
Gambar 4.28	Kombinasi Pengelolaan Sampah.....	IV - 163



Gambar 5.1	Skema Proses Pengolahan Biokonversi dengan Larva BSF.....	V - 1
Gambar 5.2	Skema Proses pada Area Pemilahan Sampah.....	V - 2
Gambar 5.3	Skema Proses pada Area Pencacahan Sampah.....	V - 3
Gambar 5.4	Skema Proses pada Area Perkawinan BSF.....	V - 5
Gambar 5.5	Skema Proses Pembiakkan BSF.....	V - 5
Gambar 5.6	Skema Proses pada Bioreaktor.....	V - 6
Gambar 5.7	Sketsa Area Pengolahan Sampah dengan Biokonversi Larva BSF	V - 9
Gambar 5.8	Model Unit Pemilahan Sampah.....	V - 10
Gambar 5.9	Model Unit Pencacahan Sampah.....	V - 11
Gambar 5.10	Model Bioreaktor BSF.....	V - 12
Gambar 5.11	Model Rearing House.....	V - 12
Gambar 5.12	Model Hatchery.....	V - 13
Gambar 5.13	Model Bak Aerasi.....	V - 14
Gambar 5.14	Rencana Lokasi Unit Pengolahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh.....	V - 15
Gambar 5.15	Kondisi Eksisting Rencana Lokasi Unit Pengolahan.....	V - 16
Gambar 5.16	Kondisi Eksisting Rumah Kompos TPA Regional Payakumbuh.....	V - 17



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Besarnya timbunan sampah yang tidak dapat ditangani akan menyebabkan berbagai permasalahan baik langsung maupun tidak langsung. Pengelolaan sampah dimaksudkan agar sampah tidak membahayakan kesehatan manusia dan tidak mencemari lingkungan. Pengelolaan sampah juga dilakukan untuk memperoleh manfaat atau keuntungan bagi manusia, oleh karena itu sampah harus dikelola dengan baik. Peraturan tentang pengelolaan sampah tercantum pada Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.

Berdasarkan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008, definisi pengelolaan sampah adalah *“...kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah...”*

Sistem pengelolaan di Indonesia sampai saat ini masih menganut paradigma kumpul angkut buang. Walaupun Undang-undang No. 18 tahun 2008 sampah telah diberlakukan, namun andalan utama sebuah kota dalam menyelesaikan masalah sampahnya adalah penyingkiran dengan pengurukan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah.

TPA Sampah Regional Payakumbuh mulai beroperasi sejak tahun 2013 diatas lahan seluas 16,76 Ha. Pemanfaatan TPA Sampah Regional Payakumbuh dilaksanakan oleh 4 (empat) Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, yaitu Kabupaten Agam, Kabupaten Lima Puluh Kota, Kota Bukittinggi, dan Kota Payakumbuh. Volume sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh saat ini mencapai ± 250 ton/hari (Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat, 2022). Saat ini kondisi TPA Sampah Regional sudah mengkhawatirkan karena sudah melebihi kapasitas perencanaan/*over capacity*



(200% dari daya tampung perencanaan). Hal ini menjadi salah satu faktor pendorong diperlukannya suatu upaya pengurangan sampah yang dibuang ke landfill melihat bahwa TPA Sampah Regional Payakumbuh melayani 4 kabupaten/kota.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk keberlanjutan TPA seperti pengajuan pembangunan sel landfill baru di lokasi yang sama melalui APBN namun belum dapat direalisasikan karena *refocusing* anggaran secara nasional. Beberapa investor dalam dan luar negeri juga sudah melakukan kunjungan lapangan ke TPA Sampah Regional Payakumbuh untuk menjajaki penerapan Waste to Energy di TPA namun terkendala karena volume sampah yang masuk <1000 ton/hari dan jarak yang cukup jauh dengan *off taker* pemanfaat produk sehingga tidak menguntungkan secara ekonomis. Untuk itu, diperlukan alternatif lain agar TPA Regional Payakumbuh masih dapat melayani pengelolaan sampah.

Dalam hal komposisi sampah organik yang sangat mendominasi di TPA Sampah Regional Payakumbuh maka opsi pengolahan sampah dengan memanfaatkan makhluk hidup (bioteknologi) baik itu makro atau mikro dapat dijadikan pilihan. Secara harfiah, bioteknologi dapat didefinisikan sebagai teknologi terapan yang memanfaatkan makhluk hidup baik itu mikroorganisme maupun makroorganisme. Beberapa alternatif bioteknologi yang berkembang dalam pengolahan sampah adalah pengomposan, *anerobic digestion*, dan biokonversi dengan larva BSF. Proses ini banyak dipilih karena dianggap lebih berwawasan lingkungan dan menimbulkan dampak lingkungan yang relatif lebih kecil. Sebagai suatu proses yang memanfaatkan makhluk hidup, maka proses ini bercirikan kepada sistem kontrol yang lebih rumit dan waktu detensi yang panjang.

Kegiatan penyusunan dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh dilaksanakan untuk mendukung salah satu Program Unggulan (Progul)



Gubernur Sumatera Barat yaitu optimalisasi pengelolaan sampah berkelanjutan pada TPA Regional. Salah satu pilihan dalam mendukung Program Unggulan ini adalah penerapan bioteknologi dalam pengolahan sampah. Penggunaan teknologi pengolahan sampah dalam mengolah sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh perlu dikaji agar penerapannya lebih aplikatif dan menjadi solusi pengurangan sampah ke landfill TPA dan juga memberikan kebermanfaatan bagi berbagai sektor di kawasan sekitar.

Kepedulian Pemerintah Provinsi Sumatera Barat terhadap pengelolaan persampahan akan diwujudkan melalui optimalisasi pengelolaan sampah berkelanjutan. Upaya tersebut antara lain berupa kajian kelayakan penerapan pengolahan sampah menggunakan bioteknologi. Diharapkan dari kegiatan ini dapat ditentukan bioteknologi yang cocok diterapkan di TPA Sampah Regional Payakumbuh yang nantinya dapat mendorong sektor pertanian, perikanan dan peternakan.

1.2. Maksud dan Tujuan Kegiatan

Maksud

Maksud dari kajian kelayakan ini adalah sebagai acuan dalam pengelolaan persampahan di TPA Sampah Regional Payakumbuh dalam penerapan pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan Penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh ini adalah mendapatkan rekomendasi penerapan teknologi pengolahan sampah rnenggunakan Bioteknologi yang tepat untuk dikembangkan dan diterapkan di TP A Sampah Regional Payakumbuh secara ekonomi, sosial dan lingkungan serta dilengkapi pemilihan peralatan yang sesuai.



1.3. Sasaran Kegiatan

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

- 1) Mengkaji beberapa teknologi pengolahan sampah potensial menjadi BSF-Maggot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik untuk diterapkan di TPA Sampah Regional Payakumbuh;
- 2) Mengkaji potensi pemanfaatan hasil dari penerapan teknologi pengolahan sampah di TPA Regional terhadap bidang peternakan, perikanan dan pertanian kawasan sekitar TPA;
- 3) Mendesain proses dan pemilihan peralatan yang sesuai secara ekonomi, sosial dan lingkungan.

1.4. Lokasi Kegiatan

Lokasi kegiatan Penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi adalah: TPA Sampah Regional Payakumbuh Kelurahan Kapalo Koto Ampangan Kecamatan. Payakumbuh Selatan Kota Payakumbuh.

1.5. Ruang Lingkup Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan ini minimal meliputi:

- 1) Kondisi Eksisting Pengelolaan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh;
- 2) Studi komposisi sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh;
- 3) Proyeksi dan Kapasitas TPA Sampah Regional Payakumbuh;
- 4) Kajian penerapan pengolahan sampah secara bioteknologi di TPA Regional Payakumbuh (BSF-Maggot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik);
- 5) Potensi pemanfaatan Bioteknologi (BSF-Maggot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik) untuk mendukung peternakan, perikanan dan pertanian di Kabupaten Agam, Kabupaten Limapuluh Kota, Kota Bukittinggi dan Kota Payakumbuh;



- 6) Pemilihan Bioteknologi (BSF-Maggot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik) yang dapat diterapkan di TPA Sampah Regional Payakumbuh ditinjau dari Kelayakan Teknis, Ekonomi, Sosial, Lingkungan, Kebijakan dan Peraturan serta Kelembagaan;
- 7) Pemilihan Bioteknologi dapat berupa teknologi tunggal maupun kombinasi beberapa teknologi;
- 8) Desain proses dan peralatan Bioteknologi yang terpilih.

1.6. Referensi Hukum

A. Undang-Undang

1. Undang-Undang RI No. 30 Tahun 2007 tentang Energi;
2. 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);
3. 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).

B. Peraturan Pemerintah

1. Peraturan Pemerintah RI No.81 tahun 2012, tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga;
2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional;
3. Peraturan Presiden RI No. 97 tahun 2017, tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga;
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 Daerah Provinsi Sumatera Barat No. 11 Tahun 2021, tentang Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Provinsi Sumatera Barat Tahun 2022;
- c. Peraturan Gubernur Sumatera Barat No. 52 Tahun 2021 tentang Penjabaran Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Provinsi Sumatera Barat Tahun 2022.

1.7. Studi-Studi Terdahulu

- 1) Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH) TPA Regional Payakumbuh, 2011;
- 2) Evaluasi Pengendalian Pencemaran Lingkungan di TPA Regional Sumatera Barat, 2016;
- 3) Studi Kelayakan Pengembangan/Pemindahan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2019;
- 4) DED Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2019
- 5) Laporan RKL/RPL TPA Sampah Regional Payakumbuh Tahun 2018 s/d 2021;
- 6) Penyusunan Addendum ANDAL RKL/RPL Rencana Pembangunan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2020.

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 tentang kondisi eksisting pengelolaan sampah di



TPA Sampah Regional Payakumbuh

BAB III METODOLOGI STUDI

Bab ini berisi langkah-langkah pendekatan dalam pelaksanaan pekerjaan kajian kelayakan yang akan dilakukan

BAB IV ANALISIS POTENSI PENERAPAN BIOTEKNOLOGI

Bab ini berisi analisa pekerjaan kajian kelayakan terhadap masing-masing bioteknologi dinilai dari aspek teknis, aspek sosial, aspek lingkungan dan aspek ekonomi

BAB V DESAIN PROSES BIOTEKNOLOGI TERPILIH

Bab ini berisi gambaran umum dan desain proses dari alternatif bioteknologi terpilih

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan rekomendasi



BAB II

GAMBARAN UMUM LOKASI PEKERJAAN

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.

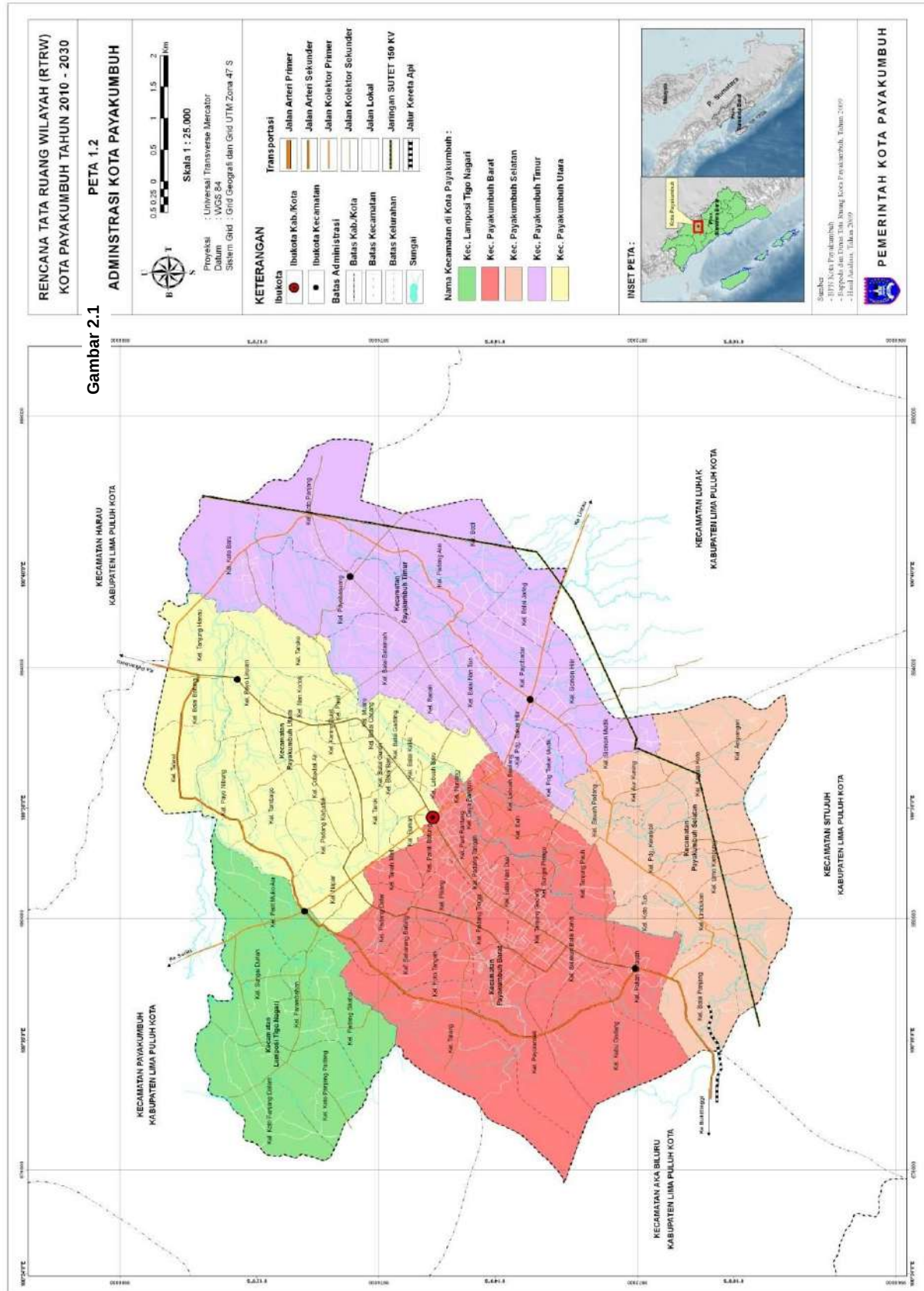
2.2. Letak dan Batas Geografis

Kota Payakumbuh merupakan dataran sedang yang berada pada rentang ketinggian 450-750 meter diatas 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 Diate	14.53	18.06
4	Payakumbuh Selatan	Sawah Padang Aua Kuniang	22,73	18.25
5	Lamposi Tigo Nagori	Sel Durian	9.43	11.72
Payakumbuh			80.43	100.00

Sumber: BPS Kota Payakumbuh, 2022





Kota Payakumbuh secara geografis terletak pada $00^{\circ} 10' - 00^{\circ} 17'$ Lintang Selatan dan antara $100^{\circ} 35' - 100^{\circ} 45'$ 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

2.3. Kondisi Fisik Wilayah

2.3.1. 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, 2022

2.3.2. Iklim

Kota Payakumbuh memiliki suhu udara tahunan berkisar $21,4^{\circ}\text{C} - 22,9^{\circ}\text{C}$. 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 2020 dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3
Curah Hujan dan Hari Hujan menurut Bulan
di Kota Payakumbuh tahun 2020

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, 2022

2.3.3. 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 2021 dapat dilihat pada **Tabel 2.9**



Tabel 2.4 Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan, dan Kepadatan Penduduk menurut Kecamatan di Kota Payakumbuh Tahun 2021

N o	Kecamatan	Penduduk	Laju Pertumbuhan Penduduk 2020 - 2021	Persentase Penduduk (%)	Kepadatan Penduduk/ km ²	Rasio Jenis Kelamin
1	Payakumbuh Barat	55.133	1,10	39,05	2.893	100
2	Payakumbuh Timur	29.669	1,17	21,01	1.305	102
3	Payakumbuh Utara	32.443	0,62	22,98	2.233	102
4	Payakumbuh Selatan	12.205	1,79	8,65	831	102
5	Lamposi Tigo Nagari	11.734	2,17	8,31	1.244	102
Total		141.184	1,15	100	1.755	101

Sumber : BPS Kota Payakumbuh 2022

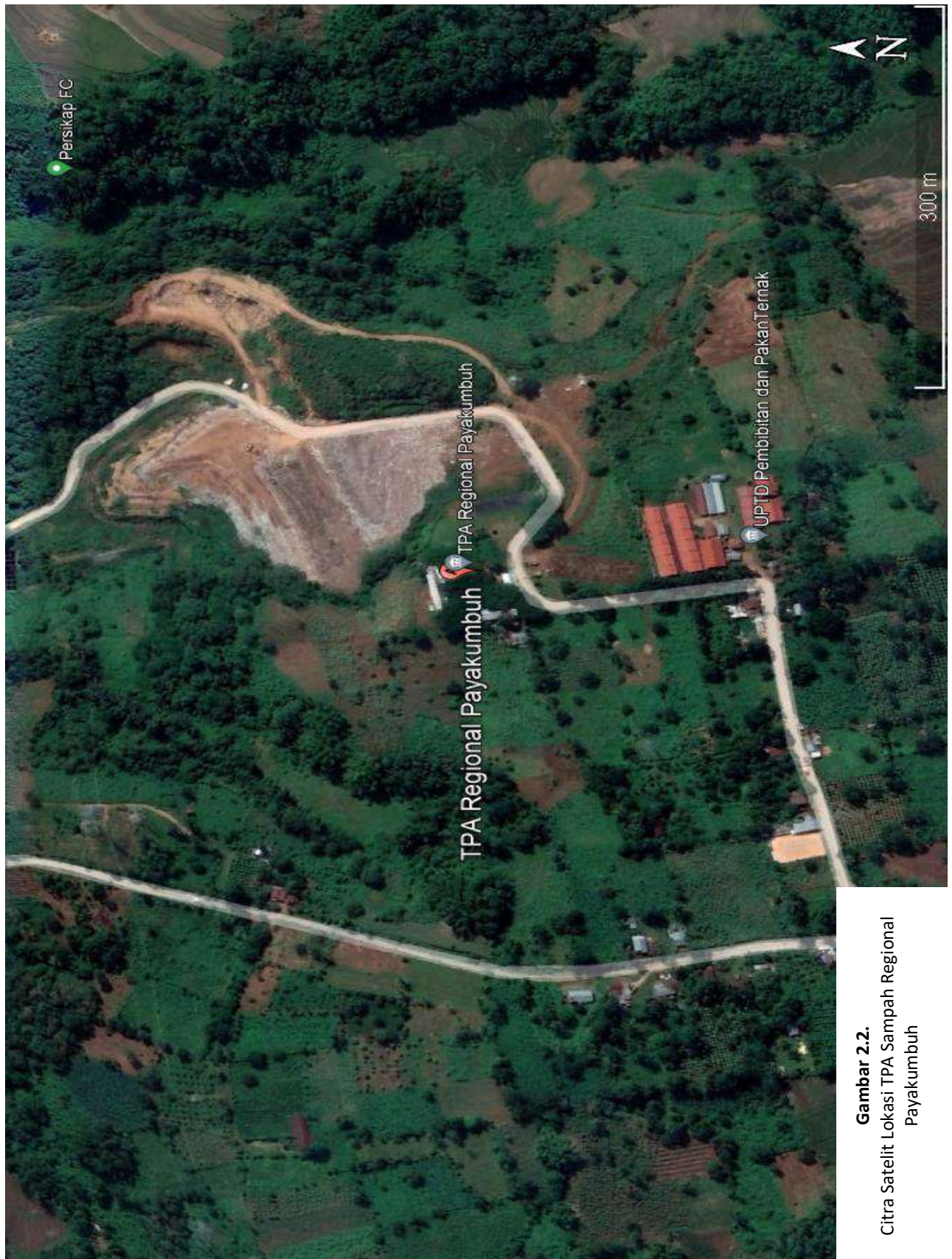
2.4. Kondisi Fisik TPA Sampah Regional Payakumbuh

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 :

- Batas sebelah utara : Semak belukar (Kelurahan Padang Karambia)
- Batas sebelah timur : Semak belukar dan areal pertanian sawah (Kelurahan Padang Karambia)
- Batas sebelah selatan : Kebun campuran dan tegalan (Kelurahan Kapalo Koto)
- 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 2.1



Gambar 2.2.
Citra Satelit Lokasi TPA Sampah Regional
Payakumbuh



Wilayah cakupan TPA Sampah Regional Payakumbuh akan menerima 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 menerima ± 250 ton sampah/hari.

TPA Sampah Regional Payakumbuh berjarak ± 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 m^3 , pemilahan dan pengomposan seluas 91 m^2 , penyediaan air bersih, drainase, sel sampah seluas 2,5 Ha, unit pengolahan air lindi, saluran air lindi, sumur monitoring/pantau, pipa gas.

2.5. 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 dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember tahun 2018 dapat dilihat pada **Tabel 2.5**. Berdasarkan Tabel **2.5** dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah total sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh selama periode Juli s/d Desember 2021 adalah 41.570 ton. Dari jumlah total sampah tersebut yang paling banyak berasal dari Kota Bukittinggi yakni 20.131 ton. Berdasarkan data tersebut, maka timbulan jumlah sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh rata-rata setiap harinya adalah 228 ton.



Tabel 2.5 Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh pada Periode Juli s/d Desember 2021

No	Bulan	Sumber Sampah				Jumlah (Ton)	Rata – rata per Hari (Ton)
		Payakumbuh	Bukittinggi	Kab. Lima Puluh Kota	Kab. Agam		
1	Juli	2.521	3.686	633	845	7.685	256
2	Agustus	2.519	3.682	598	831	7.730	257
3	September	2.425	3.651	619	752	7.447	248
4	Oktober	2.474	3.598	575	798	7.445	248
5	November	2.390	3.472	562	797	7.221	240
6	Desember	1.337	1.042	322	441	4.042	134
Total		13.666	20.131	3.309	4.464	41.570	228

Sumber : Laporan RKL-RPL Semester 2 Tahun 2021 TPASR Payakumbuh

2.6. Kondisi Sarana dan Prasarana TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.1. 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:

2.6.1.1. 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 2.2**. Dimensi ruas jalan masuk lokasi TPA adalah sebagai berikut :

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



Gambar 2.3
Jalan Akses ke Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.1.2. 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.

2.6.1.3. 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 2.4** :



Gambar 2.4
Drainase TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.1.4. 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.

2.6.1.5. 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.

2.6.2. 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:

2.6.2.1. 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 2.5**:



**Gambar 2.5 Kondisi Lapisan Kedap Air pada
TPA Sampah Regional Payakumbuh**

2.6.2.2. 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

amblasan 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 2.6** berikut :



Gambar 2.6 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.

2.6.2.3. 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.

2.6.2.4. 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.

2.6.2.5. 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 pengurugan. 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 2.7** berikut :



Gambar 2.7 Buffer Zone di Areal TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.3. Fasilitas Operasional

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

2.6.3.1. 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 2.8** berikut :



Gambar 2.8 Kendaraan Operasional di TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.3.2. 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 2.9**.



Gambar 2.9 Areal Cadangan Tanah Penutup di TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.4. Fasilitas Penunjang

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

2.6.4.1. 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 2.10**.



Gambar 2.10
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.

2.6.4.2. 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 2.11**.



Gambar 2.11
Garase Kendaraan di TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.6.4.3. 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 2.12
Areal Pemilahan Sampah
di TPA Sampah Regional
Payakumbuh



2.6.4.4. 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 2.13**.

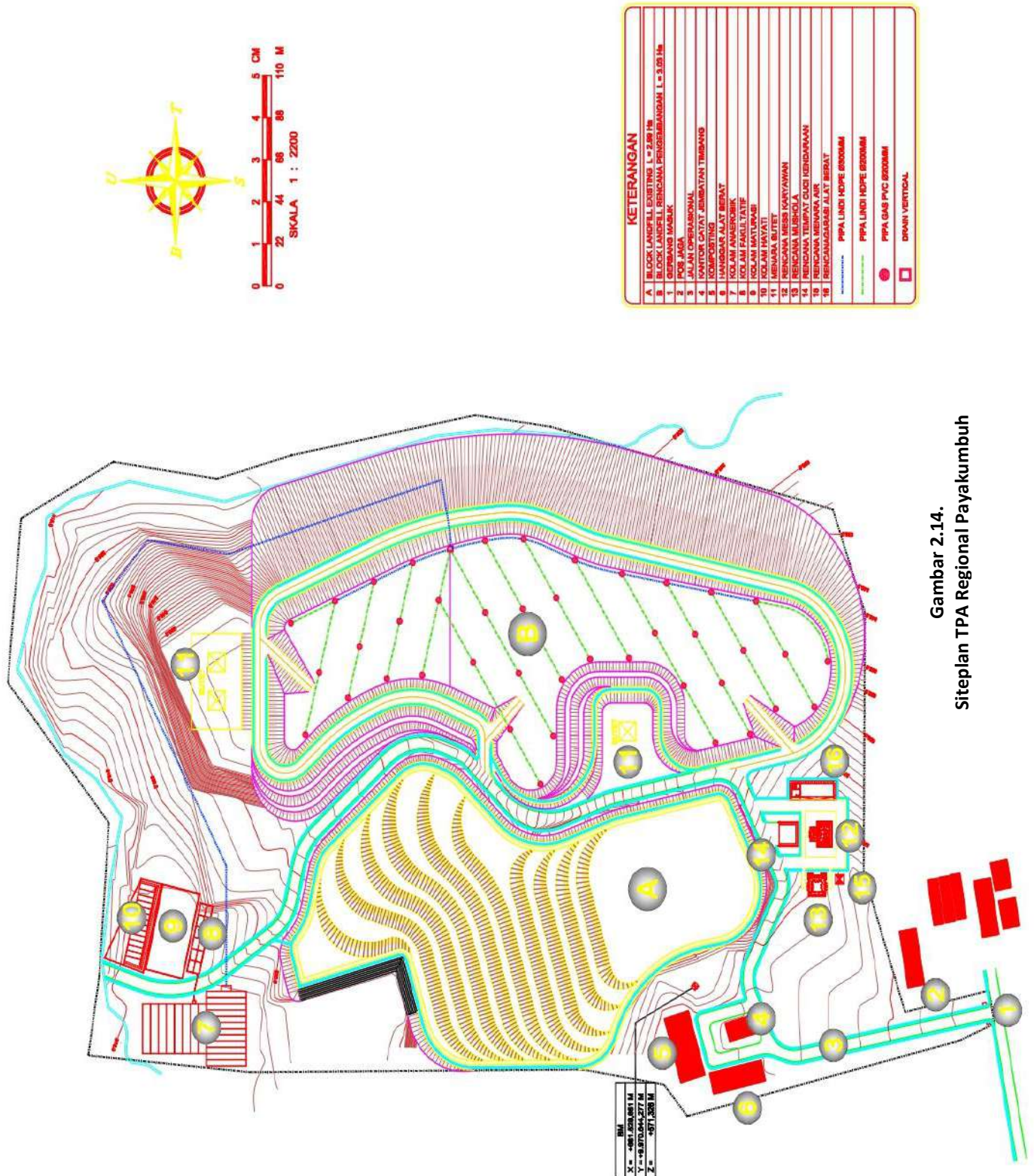


Gambar 2.13
Belt Conveyor dan Mesin Pencacah di TPA Sampah Regional Payakumbuh



2.6.4.5. 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 2.14** dibawah ini



Gambar 2.14.
Siteplan TPA Regional Payakumbuh



2.7. Kondisi Pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh

2.7.1. Kegiatan Pelayanan Utama

Pemrosesan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh menggunakan metode pengurugan di lahan urug saniter (sel *landfill*) secara *Controlled Landfill*. Dalam pelaksanaan pemrosesan sampah tersebut, terdiri dari beberapa tahapan mulai dari penerimaan sampah, penimbangan sampah, pengurugan/penimbunan sampah di sel *landfill*, pengelolaan gas, sampai pengolahan limbah cair berupa air lindi di Instalasi Pengolahan Lindi (IPL).

1. Penerimaan Sampah

Penerimaan sampah dari sumber sampah daerah pelayanan TPA (Kota Payakumbuh, Kota Bukittinggi, Kabupaten Lima Puluh Kota dan Kabupaten Agam) dilakukan menggunakan truk pengangkut sampah tertutup oleh petugas masing-masing pemerintah daerah terkait menuju ke TPA Sampah Regional Payakumbuh. Rute jalan truk pengangkut sampah menuju area TPA adalah melalui Jalan Khatib Sulaiman menuju ke arah selatan melalui Jalan Mahoni melewati simpang “Kuburan Cino” dengan jarak ± 2 km. Lalu lintas yang dilalui truk pengangkut sampah diperkirakan akan mencapai puncak mobilisasi pada pagi (07.00 WIB) dan sore hari (16.00 WIB) karena penerimaan dilakukan pada waktu tersebut. Mobilisasi truk pengangkut sampah menuju TPA ± 25 -27 truk/hari atau 50-54 ritase/hari.

2. Penimbangan Sampah

Setelah sampai di TPA, truk sampah kemudian menuju jembatan timbang untuk dilakukan penimbangan berat sampah yang diangkut. Penimbangan ini dilakukan dua tahapan, pertama adalah penimbangan saat kondisi truk berisi sampah yaitu disaat awal kedatangan dan kedua penimbangan saat kondisi truk telah kosong setelah sampah dibongkar.



3. Pengurugan/penimbunan Sampah di sel *landfill*

Setelah proses penimbangan pertama, mobil truk sampah akan diarahkan oleh petugas TPA menuju sel *landfill* untuk dilakukan pembongkaran sampah. Sampah dibongkar pada bagian sel *landfill* yang telah disiapkan sebagai area pembongkaran. Setelah pembongkaran, mobil truk sampah kembali menuju jembatan timbang untuk penimbangan kedua dan proses penataan sel *landfill* dilanjutkan. Penataan penimbunan sampah dengan memindahkan sampah menggunakan alat berat Excavator Kemudian dilakukan juga perataan dan pemadatan sampah menggunakan Buldozer. Secara teknis, proses perataan dan pemadatan sampah dilaksanakan sebagai berikut.

- Perataan sampah dilakukan lapis demi lapis.
- Setiap lapisan sampah diratakan hingga ketebalan berkisar 30 – 50 cm dengan mengatur ketinggian blade alat berat (dozer).
- Pemadatan sampah yang telah diratakan dilakukan dengan cara menggilas lapisan sampah sebanyak 3 - 5 kali menggunakan alat berat (dozer).
- Perataan dan pemadatan dilakukan hingga ketebalan 1,0 m setiap sel sampah.

Setelah dilakukan perataan dan pemadatan sampah, dilakukan penimbunan menggunakan tanah penutup. Penutupan tanah penutup ini dilakukan secara berkala maksimal 1 kali seminggu. Tanah yang digunakan untuk menimbun/mengurug sampah diambil di lahan kawasan TPA.

4. Pengelolaan Gas

Selama proses penataan sampah di *landfill*, dilakukan juga pengelolaan gas dengan melanjutkan pemasangan sambungan konstruksi pipa ventilasi seiring dengan bertambahnya tinggi timbunan sampah di sel *landfill*. Pemasangan pipa gas ini dilakukan secara vertikal dan horizontal guna



menyalurkan gas yang berpotensi terbentuk dari sel *landfill*. Pipa gas vertikal dipasang dengan proteksi drum yang diisi dengan batu kerikil.

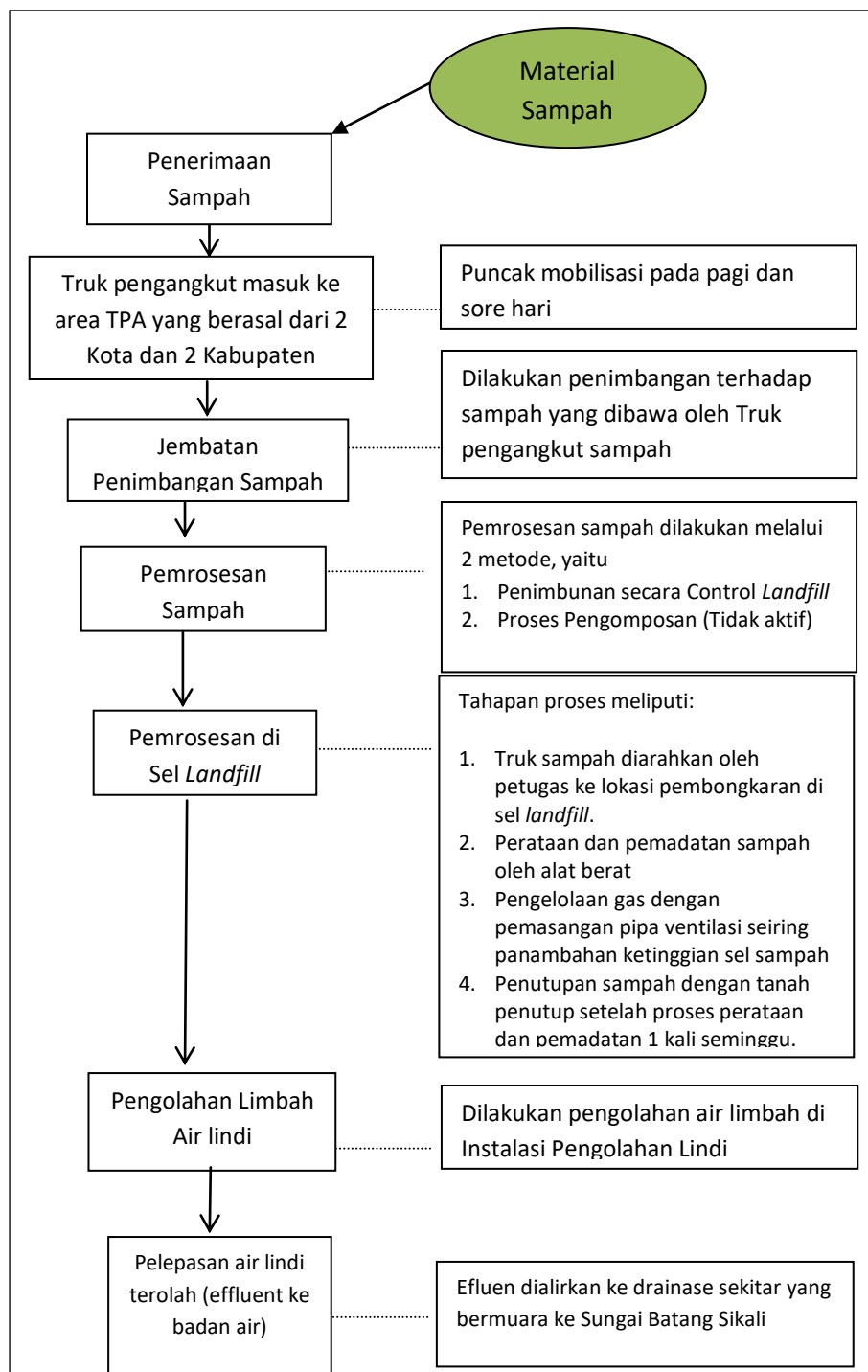
5. Pengomposan

TPA Sampah Regional Payakumbuh memiliki fasilitas pemilahan dan pengomposan. Namun, kondisi saat ini proses pemilahan ini sudah tidak dilakukan karena kendala kekurangan SDM dan faktor efektifitas pekerjaan di TPA secara keseluruhan. Di sisi lain, kualitas produk yang dihasilkan tidak maksimal dikarenakan kurang optimumnya proses pengomposan yang dilakukan. Fasilitas pemilahan dan pengomposan ini sudah tidak diaktifkan lagi melihat kondisi biaya operasional besar yang tidak sebanding dengan hasil yang didapat.

6. Pengolahan limbah cair di Instalasi Pengolahan Lindi (IPL).

Dari proses penimbunan sampah di sel *landfill*, akan menghasilkan limbah cair berupa air lindi. Air lindi ini terbentuk dari infiltrasi air hujan yang meresap ke dalam sel *landfill* dan terjadi kontak dengan material sampah tertimbun. Air lindi ini dikelola melalui sistem perpipaan di dasar sel *landfill* yang berfungsi untuk menangkap air lindi dan mengalirkannya ke fasilitas Instalasi Pengolahan Lindi (IPL). Pipa air lindi bersifat perforated atau berlubang untuk jalur masuknya air lindi. Saat konstruksi TPA, pipa air lindi dipasang bercabang seperti sirip ikan agar mencapai semua area sel *landfill* tempat sampah ditimbun. Jaringan perpipaan air lindi didesain sedemikian rupa agar air lindi dapat dialirkan ke kolam pengolahan air lindi atau IPL TPA secara grafitasi.

IPL TPA mengolah air lindi dengan metode kolam stabilisasi dengan menerapkan prinsip pengolahan Anaerob dan aerob. IPL TPA Sampah Regional Payakumbuh terdiri atas 10 (sepuluh) bak pengolahan yang memiliki dimensi yang bervariasi. Selain itu setiap jenis kolam memiliki fungsi tersendiri sehingga waktu tinggal atau waktu detensi antar jenis kolam juga berbeda.



Gambar 2.15. Diagram Alir Pengelolaan Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh



2.7.2. Kegiatan Pendukung Operasional TPA

Dalam mendukung terlaksanannya operasional TPA Sampah Regional Payakumbuh, UPTD Persampahan dibantu oleh 20 orang petugas lapangan yang memiliki pembagian tugas masing. Pada Tabel 2.5 disajikan jumlah petugas berdasarkan pembagian tugas masing-masing.

Tabel 2.6. Petugas Lapangan TPA Sampah Regional Payakumbuh

No	Pembagian Tugas	Jumlah Petugas (orang)
1.	Koordinator Lapangan TPA Payakumbuh	1
2.	Mandor	1
3.	Petugas jembatan timbang	2
4.	Operator alat berat	4
5.	Mekanik peralatan	1
6.	Petugas kebersihan	2
7.	Petugas <i>landfill</i>	2
8.	Petugas logistik	1
9.	Supir truk	2
10.	Petugas tabaret	1
11.	Security	3

Sumber : DED Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2019

Petugas lapangan ini berkoodrinasi dengan tim UPTD Persampahan dalam menjalankan operasional TPA Sampah Regional Payakumbuh. Sesuai dengan fungsinya. petugas lapangan berperan dalam kegiatan utama dan kegiatan pendukung operasional TPA. Kegiatan pendukung yang dilakukan adalah berupa melakukan operasi dan pemeliharaan sarana dan prasarana TPA yang meliputi operasional dan pemeliharaan lingkungan kantor dan pemeliharaan alat berat.

Operasional dan pemeliharaan lingkungan kantor yang dilakukan meliputi pelaksanaan aktivitas sanitasi, pengelolaan logistik dan penanaman tanaman/ penghijauan area kantor. Untuk menunjang aktivitas sanitasi, TPA Sampah Regional Payakumbuh menyediakan air bersih yang bersumber dari sumur bor dengan sistem pemompaan dan kemudian air disimpan dalam toren air yang ditempatkan menggunakan menara air. Air bersih juga dimanfaatkan untuk aktivitas pencucian kendaraan dan alat berat. Selain



itu, untuk pengelolaan air limbah domestik terdapat bak *septictank* untuk menyimpan dan memproses air limbah yang terbentuk. Saat volume bak penuh akan dilakukan pengurasan.

Petugas kebersihan secara penuh bertugas menjaga kebersihan area TPA mulai dari area kantor, fasilitas drainase sampai area kolam IPL. Untuk meningkatkan keasrian TPA, petugas kebersihan bersama petugas lainnya melakukan penghijauan dengan menanam bunga dan tanaman. Petugas mekanik secara rutin terhadap alat berat Excavator, Buldozer dan truk tanah untuk memastikan kondisi alat. Selain itu dilakukan juga pergantian suku cadang dan pelumas dengan berkoordinasi dengan petugas logistic. Selain pengecekan harian, untuk menjamin kondisi alat berat yang prima dalam menjalankan operasional TPA juga dilakukan *service* berkala dengan mendatangkan vendor/pihak ketiga terkait.

Tabel 2.7. Sarana dan Prasarana TPA Sampah Regional Payakumbuh

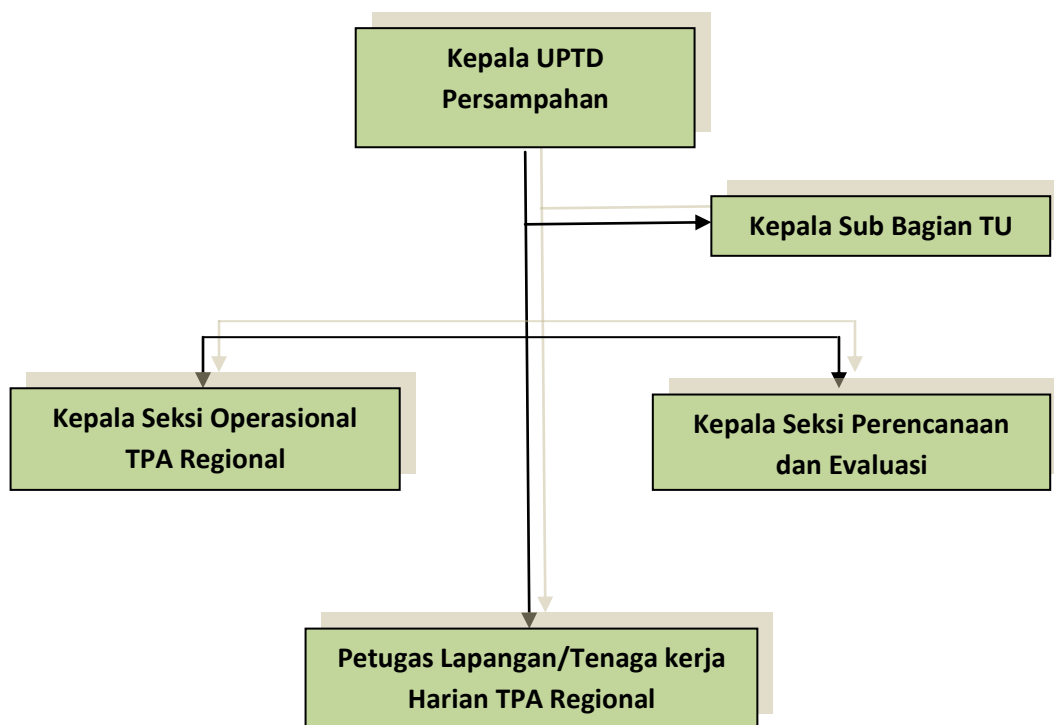
No	Sarana dan Prasarana	Jumlah
1.	Permukaan <i>Landfill</i> /Dasar Area Timbunan	2,67 Ha
2.	Ventilasi Gas	1unit
3.	Jembatan Timbang	1 unit
4.	Kolam Lindi (IPL)	1 unit
5.	<i>Embankment</i> /Tanggul Penahan Bronjong	1 unit
6.	Jalan Akses Utama	$\pm 900 \text{ m}^2$
7.	Sumur Monitoring/ Sumur pantau	1unit
8.	Saluran Drainase	2 unit
9.	Tanggul Penahan	1 unit
10.	Kantor	1 unit
11.	Alat berat - buldozer	3 unit
12.	Alat berat - excavator	3 unit
13.	Dump Truck	2 unit
14.	Jembatan Timbang	1 unit
15.	Tangki BBM	1 unit
16.	Komputer lengkap dengan printer	1 unit
17.	Las listrik	1 unit



18.	Alat Pencuci Mobil	1 unit
19.	Sumur Bor + Pompa Jet pump Air	1 unit
20.	Gerobak sampah	1 unit
21.	Container (6 m ³)	1 unit

Sumber : DED Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2019

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 : UPTD Persampahan, 2022



2.8. Permasalahan Pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh

Evaluasi kondisi eksisting ini mengacu pada Permen PU No. 03/PRT/2013. Evaluasi dilakukan terhadap operasional TPA, meliputi pengolahan sampah pada TPA dan keberadaan pemulung di TPA. Berikut evaluasi TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat dibawah ini :

2.8.1. Evaluasi Pengelolaan Sampah di TPA

TPA Sampah Regional Payakumbuh telah beroperasi sejak tahun 2013. TPA Sampah Regional Payakumbuh telah memiliki fasilitas pengolahan sampah berupa areal pemilahan dan unit pengomposan sampah. Fasilitas pengolahan tersebut telah dilengkapi dengan sarana dan prasarana. Saat ini fasilitas pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh sudah tidak difungsikan lagi karena keterbatasan tenaga kerja.

2.8.2. Identifikasi Masalah

Beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi dari kondisi pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh sudah tidak berjalan lagi. Perencanaan awal TPA Sampah Regional Payakumbuh memiliki unit pengolahan sampah berupa pemilahan dan pengomposan, namun saat ini tidak beroperasi lagi.
2. Keterbatasan lahan landfill dan tingginya volume residu sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh yang mengakibatkan saat ini kapasitas TPA Regional Payakumbuh sudah melewati kapasitas (*overcapacity*).
3. Paradigma pengelolaan sampah yang masih menganut skema kumpul-angkut-buang.

2.8.3. Kebutuhan Pengembangan TPA Sampah Regional Payakumbuh

Berdasarkan identifikasi permasalahan yang ada, maka beberapa alternatif yang diusulkan adalah:



1. Perencanaan pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh agar dapat meminimalisir residu sampah yang dibuang ke landfill.
2. Rekomendasi teknologi pengolahan sampah dengan bioteknologi yang didasari pada timbunan, karakteristik, dan komposisi sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh

Rekapitulasi identifikasi permasalahan dan kebutuhan pengembangan dapat dilihat pada **Tabel 2.8**



Tabel 2.8 Rekapitulasi Identifikasi Permasalahan dan Kebutuhan Pengembangan

Uraian	Kondisi Eksisting	Standar	Identifikasi Masalah	Kebutuhan Pengembangan
Pengelolaan Sampah	TPA Sampah Regional Payakumbuh melayani 4 kabupaten/kota dengan sistem <i>controlled landfill</i>	TPA Sampah Regional mampu menerima sampah dari wilayah pelayanannya hingga tahun perencanaan	- Paradigma pengelolaan sampah masing menganut prinsip kumpul-angkut-buang - Kapasitas landfill saat ini sudah <i>overcapacity</i>	Perlu upaya penanggulangan jumlah sampah yang masuk ke landfill sehingga TPA dapat beroperasi dengan layak
Pengolahan Sampah	Belum ada pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh	TPA memiliki unit pengolahan	Unit pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh tidak beroperasi lagi	Perencanaan unit pengolahan sampah untuk meminimalisir residu yang dibuang ke landfill
Bioteknologi Pengolahan Sampah	Komposisi sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik	Pengolahan sampah organik dengan bioteknologi	Belum ada unit pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh	Alternatif penerapan teknologi pengolahan sampah secara biologis
Dukungan Pemerintah Partisipasi Masyarakat	Pemerintah Provinsi Sumatera Barat melalui UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup melakukan kajian kelayakan pengolahan sampah dengan bioteknologi	Penerapan bioteknologi dalam pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh	Upaya pemerintah dalam pengelolaan sampah di Provinsi Sumatera Barat akan dioptimalkan, didukung dengan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah perkotaan	Kajian Kelayakan Penerapan Bioteknologi dalam pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh
Aspek Regulasi	Optimalisasi pengelolaan sampah berkelanjutan pada TPA Sampah Regional merupakan salah satu Program Unggulan (Progul) Gubernur Sumatera Barat	Tersusunnya upaya pengelolaan sampah berkelanjutan pada TPA Regional	Minimnya upaya pengelolaan sampah berkelanjutan di Provinsi Sumatera Barat	Kajian Kelayakan Penerapan Bioteknologi dalam pengolahan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh sebagai salah satu upaya pengelolaan sampah berkelanjutan





BAB III

METODE STUDI

Dalam pelaksanaan pekerjaan penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh, yaitu :

- 1) Tahap persiapan : Persiapan
- 2) Tahap orientasi lapangan
- 3) Tahap survey dan pengumpulan data
 - Tinjauan lapangan dan survey primer
 - Studi timbulan, komposisi, karakteristik sampah TPA
 - Proyeksi dan kapasitas TPA
 - Pengumpulan data sekunder
 - Pengadaan peta
- 4) Tahap analisa : Kajian terhadap penerapan pengolahan sampah secara bioteknologi di TPA Regional Payakumbuh (BSF-Magot, Carbon, atau pupuk organik).
- 5) Tahap akhir :

Diskusi draft laporan Penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan Tim Teknis di lingkungan UPTD Persampahan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat dan dilanjutkan dengan perbaikan

3.1. Tahap Persiapan

Persiapan merupakan tahap konsolidasi dari tim pelaksana dalam melaksanakan pekerjaan Penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah 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 Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah 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.

3.2. 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. Sumber daya manusia yang dimiliki pada pengelolaan TPA Sampah Regional Payakumbuh
- d. Rincian jumlah sampah yang masuk pada TPA Sampah Regional Payakumbuh sejak tahun operasional sampai sekarang
- e. Rincian jumlah daerah sumber sampah dan sumber lain yang sifatnya tetatif diluar Pemerintah
- f. Rincian komposisi sampah yang masuk pada TPA Sampah Regional Payakumbuh sejak tahun operasional sampai sekarang
- g. Teknologi pengelolaan sampah yang pernah direncanakan dan terlaksana beserta faktor kendala
- h. Permasalahan atau kendala yang terjadi selama operasional TPA Sampah Regional Payakumbuh sampai sekarang
- i. Faktor pendukung operasional TPA Sampah Regional Payakumbuh sampai sekarang
- j. Laporan studi-studi terdahulu yang sudah ada ;
 - Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH) di TPA Regional Payakumbuh, 2011
 - Evaluasi Pengendalian Pencemaran Lingkungan di TPA Regional Payakumbuh, 2016
 - Studi Kelayakan Pengembangan/Pernindahan TPA Regional Payakumbuh , 2019



- Laporan RPL/RKL TPA Sampah Regional Payakumbuh, Tahun 2018 s/d 2021
- Penyusunan Addendum ANDAL RKL/RPL Rencana Pembangunan TPA Sampah Regional Payakumbuh, 2020.

b) Studi Literatur

Menginventarisir dan menelaah terhadap berbagai referensi berupa buku dan hasil penelitian berupa jurnal yang terkait dengan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi (BSF-Magot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik)

2. Pengumpulan data primer

- a) Tinjauan lapangan untuk pengamatan kondisi TPA Sampah Regional Payakumbuh
- b) Studi karakteristik sampah pada TPA Sampah Regional Payakumbuh
Melakukan uji karakteristik sampah untuk pengujian pada laboratorium dengan parameter uji :
 - *Proximate Analysis*, meliputi:
 - 1) Kadar Air;
 - 2) Kadar Abu;
 - 3) Kadar Volatil;
 - 4) Karbon Tetap (*Fixed Carbon*)
 - Rasio C/N
- c) Melakukan studi tiru di berbagai usaha pemanfaatan Bioteknologi (BSF-Magot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik)
- d) Melakukan pengumpulan data Peluang Pasar produk pemanfaatan Bioteknologi (BSF-Magot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik) untuk peternakan, perikanan dan pertanian di Kabupaten Agam, Kabupaten Limapuluh Kota, Kota Bukittinggi dan Kota Payakumbuh



3.3. Tahap Analisis Data

Setelah dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder dalam penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh ini, maka dilakukan analisis data. Pengolahan data dan analisis dengan menggunakan berbagai metode diantaranya peramalan, analisis pasar, analisis SWOT, perhitungan BEP, analisis produk, analisis dampak lingkungan dan lain-lain. Data-data tersebut dianalisis berdasarkan tiap aspek-aspeknya untuk menentukan layak atau tidaknya usaha tersebut didirikan berdasarkan asumsi pemilik modal. Kemudian menganalisis data-data yang telah diolah dan mencari jalan keluar jika terdapat permasalahan yang kurang baik atau tidak sesuai dengan tujuan perusahaan.

Untuk mendapatkan hasil kelayakan penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi dengan tahapan sebagai berikut ;

1. Mendiskripsikan Kondisi Eksisting Pengelolaan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh.
2. Mendiskripsikan komposisi sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh
3. Melakukan proyeksi timbulan sampah yang masuk pada TPA Sampah Regional Payakumbuh sampai tahun 2027
4. Menghitung Kapasitas TPA Sampah Regional Payakumbuh sampai tahun 2027
5. Kajian penerapan pengolahan sampah secara bioteknologi di TPA Regional Payakumbuh dengan analisis terhadap bahan baku, bahan pendukung, proses, hasil, faktor yang mempengaruhi dan sebagainya pada bioteknologi :
 - a. BSF-Magot
 - b. Carbon
 - c. Biogas
 - d. Pupuk Organik (Kompos)



6. Pemilihan Bioteknologi (BSF-Magot/Carbon/Biogas/Pupuk Organik) yang dapat diterapkan di TPA Regional Payakumbuh ditinjau dari aspek :

A. Kelayakan Teknis

Komponen kriteria kelayakan teknis pembangunan atau pengembangan prasarana dan sarana persampahan sekurang-kurangnya meliputi parameter luas, umur, lokasi, kelengkapan prasarana dan sarana, kemudahan operasi serta sumber daya manusia yang tersedia. Kelayakan teknis harus berdasarkan:

- a) Kajian timbulan dan karakteristik sampah;
- b) Kajian teknologi dan sumberdaya setempat;
- c) Keterjangkauan pengoperasian dan pemeliharaan; dan
- d) Kajian kondisi fisik setempat

Muatan dari kelayakan teknis antara lain:

- a) Potensi pengolahan sampah;
- b) Kebutuhan lahan;
- c) Kompleksitas proses;
- d) Waktu proses;
- e) Tingkat reduksi sampah.

B. Analisis Kelayakan Aspek Finansial

Kriteria perhitungan kelayakan aspek finansial dalam studi kelayakan dapat dilakukan dengan bebrbagai macam metode, metode yang umum digunakan adalah: *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Of Return* (IRR), *Net Benefit Cost Ratio* (Net B/C Ratio), *Break Event Point* (BEP) dan *Pay Back Period* (PP).

a) *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan di dapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini



menggunakan *social opportunity cost of capital*. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak.

Kriteria usaha atau bisnis dikatakan layak apabila :

- a) Npv bernilai positif atau > 0 maka proyek dianggap layak
- b) Npv bernilai negatif atau $= 0$ maka proyek dianggap tidak layak

$$NPV = \frac{CF}{(1+i)^t} - \text{Investasi awal}$$

b) *Internal Rate Of Rate (IRR)*

Metode IRR merupakan indicator tingkat efisiensi dari suatu investasi. Suatu proyek atau investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian saat melakukan investasi ditempat lain. metode analisis kelayakan yang bersasaran untuk mengetahui tingkat balikan internal sewaktu $NPV = 0$. Suatu bisnis atau investasi dikatakan layak apabila

- a) Jika $IRR > \text{tingkat discount rate}$, maka usaha layak
- b) Jika $IRR < \text{tingkat discount rate}$, maka usaha tidak layak
- c) Jika $IRR = \text{tingkat discount rate}$, maka proyek tidak menguntungkan dan tidak merugi

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1)$$

c) *Metode Payback Period*

Payback Period adalah suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan aliran kas. Kriteria kelayakan metode *Payback Period* adalah:

- a) Proyek dikatakan layak jika pemulihan modal lebih pendek dari pada usia ekonomis



- b) Proyek dikatakan tidak layak jika masa pemulihan lebih lama daripada usia ekonomis proyek

$$PP = \left(\frac{\text{Investasi}}{\text{EAT} + \text{Depresiasi}} \right)$$

d) Metode *Break Event Point* (Titik Impas)

Analisa break-even disebut juga titik balik modal atau break event point merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal.

$$\text{BEP per unit} = \left(\frac{\text{biaya tetap}}{\text{harga jual per unit} - \text{biaya variabel per unit}} \right)$$

C. Kelayakan Lingkungan

Muatan dari kelayakan lingkungan antara lain

- Risiko vektor penyakit dan bau;
- Risiko emisi gas dan lindi

D. Aspek Sosial

Kriteria aspek sosial terkait dengan permasalahan sosial yang dapat terjadi dengan adanya penggunaan bioteknologi. Pada aspek sosial, kriteria yang dipertimbangkan diantaranya:

- Potensi konflik antara masyarakat
- Kesiapan SDM dalam Pengoperasian Teknologi

E. Metode Pemilihan Bioteknologi

Proses penilaian kelayakan penerapan alternatif bioteknologi menggunakan multikriteria. Kriteria utama dalam pemilihan teknologi adalah aspek sosial, aspek ekonomi, aspek lingkungan dan aspek teknis. Aspek utama ini kemudian dibagi menjadi beberapa

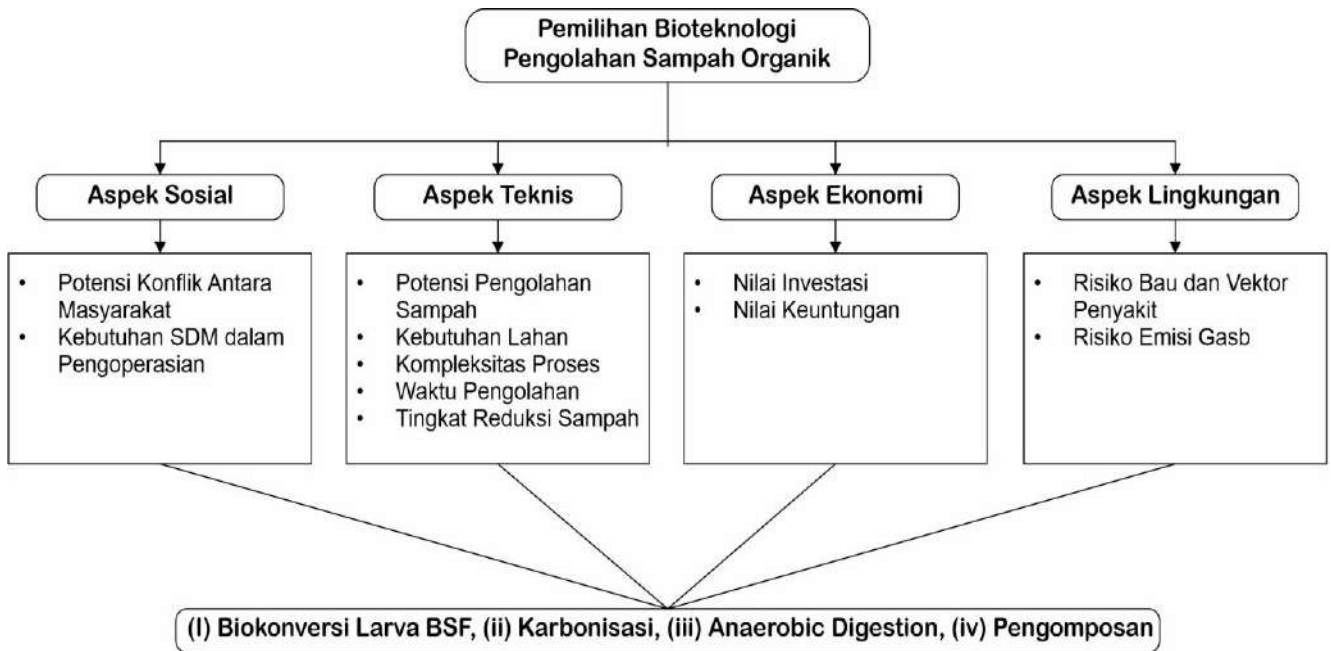


sub-kriteria yang dinilai perlu diperhatikan dalam pengambilan keputusan. Penilaian selanjutnya menggunakan metode *grid analysis*. Metode *grid analysis* merupakan suatu teknik kuantitatif dalam proses pengambilan keputusan. Keputusan tersebut berupa opsi atau pilihan yang harus diambil berdasarkan beberapa pertimbangan atau faktor-faktor yang menentukan. Pertimbangan-pertimbangan yang dikaji didasarkan pada penilaian profesional (*profesional judgement*) dari tenaga ahli.

Tabel 3.1.
Sub-kriteria Penilaian

Sub kriteria Sosial	Sub-kriteria Ekonomi	Sub-kriteria Lingkungan	Sub-kriteria Teknis
• Potensi Konflik Antara Masyarakat • Kebutuhan SDM dalam Pengoperasian	• Nilai investasi • Nilai Keuntungan	• Risiko Vektor Penyakit dan Bau • Risiko Emisi Gas dan Lindi	• Potensi Pengolahan Sampah • Kebutuhan Lahan • Kompleksitas Proses • Waktu Proses • Tingkat Reduksi Sampah

Multi kriteria ini membentuk proses hierarki analisis, dengan tujuan utama (goal) berada di kedudukan paling atas, dan diikuti dengan kriteria utama, subkriteria, dan alternatif permasalahan.



Gambar 3.1. Hierarki Studi

Langkah awal dari metode ini adalah dengan membuat daftar pilihan-pilihan keputusan yang dapat diambil pertimbangannya. Berikut adalah langkah-langkah dalam membuat *grid analysis* pada Tabel 3.2-Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Langkah-Langkah dalam Membuat Grid Analysis

Tahapan	Proses
Langkah 1	Daftarkan semua pilihan-pilihan yang sudah direkomendasikan, dan factor-faktor yang menjadi pertimbangan. Beri nilai pada masing-masing faktor tersebut.
Langkah 2	Beri nilai pada masing-masing faktor dengan opsi nilai dari 1 (<i>poor</i>) sampai 5 (<i>excellent</i>). Perhatikan bahwa setiap faktor tidak harus memiliki skor yang berbeda untuk masing-masing pilihan, Jika tidak satupun dari pilihan yang baik untuk faktor tertentu dalam suatu keputusan, maka pilihan tersebut bisa bernilai 0
Langkah 3	Berikan <i>weighting factor</i> dengan nilai tertentu untuk setiap faktor-faktor yang dipertimbangkan
Langkah 4	Kalikan antara langkah 2 dan langkah 3, hasilnya dijumlahkan untuk setiap baris tabel, kemudian nilai yang keluar bisa dijadikan suatu pertimbangan untuk setiap faktor
Langkah 5	Pilihlah nilai tertinggi pada hasil perhitungan langkah 4 sebagai bahan pertimbangan untuk mengambil keputusan

Sumber: Musafik, 2018



Tabel 3.3 Petunjuk Penilaian *Grid Analysis*

Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
Aspek Teknis				
Potensi Pengolahan Sampah	Menilai potensi penerapan bioteknologi dengan komposisi dan karakteristik sampah TPA Regional serta meninjau faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Berpotensi b. Tidak Berpotensi	a. = 5 b. = 0	5	Nilai <i>Weighting Factor</i> potensi pengolahan sampah ditetapkan menjadi 5, hal ini disebabkan karena potensi sampah merupakan hal sangat penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Sampah yang memiliki karakteristik, komposisi serta kondisi lingkungan ideal yang tidak cocok akan menyebabkan pengolahan sampah secara bioteknologi tidak dapat dilakukan.
Luas Area atau Lahan	Memperhitungan luas area atau Lahan yang dibutuhkan dalam penerapan pada masing-masing bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Luas lahan paling efektif 1 b. Luas lahan paling efektif 2	a. = 5 b. = 4 c. = 3 d. = 2	3	Nilai <i>Weighting Factor</i> luas area atau lahan ditetapkan menjadi 3, hal ini disebabkan karena luas area lahan merupakan hal yang cukup penting dalam



Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
	c. Luas lahan paling efektif 3 d. Luas lahan paling efektif 4			pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Luas area atau lahan menjadi faktor pendukung dalam efektifitas banyaknya sampah yang tereduksi
Kompleksitas Proses	Proses penilaian kompleksitas mengkaji pada masing-masing alur tahapan proses pengolahan sampah secara bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Tergolong Sederhana b. Tergolong Cukup Kompleks c. Tergolong Kompleks	a. = 5 b. = 3 c. = 1	3	Nilai <i>Weighting Factor</i> kompleksitas proses ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena kompleksitas proses merupakan hal yang penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. kompleksitas akan mempengaruhi tingkat kesulitan proses operasional dari suatu pengolahan sampah secara bioteknologi
Waktu Pengolahan	Memperhitungan waktu pengolahan yang dibutuhkan pada masing-masing bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Waktu Tercepat 1 b. Waktu Tercepat 2	a. = 5 b. = 4 c. = 3 d. = 2	4	Nilai <i>Weighting Factor</i> waktu pengolahan proses ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena waktu pengolahan



Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
	c. Waktu Tercepat 3 d. Waktu Tercepat 4			proses merupakan hal yang penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Waktu pengolahan akan mempengaruhi dari tingkat banyaknya hasil olahan produk dan sampah dari bioteknologi.
Tingkat Reduksi Sampah	Memperhitungkan tingkat reduksi sampah terhadap pengolahan pada masing-masing bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Tingkat Reduksi Tertinggi 1 b. Tingkat Reduksi Tertinggi 2 c. Tingkat Reduksi Tertinggi 3 d. Tingkat Reduksi Tertinggi 4	a. = 5 b. = 4 c. = 3 d. = 2	4	Nilai <i>Weighting Factor</i> tingkat reduksi sampah proses ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena tingkat reduksi sampah proses merupakan hal yang penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Waktu pengolahan akan mempengaruhi dari banyaknya sampah yang dapat diproses.



Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
Aspek Sosial				
Potensi Konflik Antara Masyarakat	Proses penilaian potensi konflik antara masyarakat dinilai dari dampak sosial terhadap masyarakat yang diakibatkan proses bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Tidak ada menimbulkan potensi konflik b. Menimbulkan potensi konflik rendah c. Menimbulkan Potensi konflik tinggi	a. = 5 b. = 3 c. = 1	4	Nilai <i>Weighting Factor</i> potensi konflik antara masyarakat ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena potensi konflik antara masyarakat merupakan hal penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Kondisi eksisting TPA yang sebelumnya terdapat kegiatan pemulung dapat menimbulkan suatu permasalahan dalam penerapan bioteknologi.
Kesiapan SDM dalam Pengoperasian Teknologi	Proses kesiapan SDM meliputi penilaian dari kebutuhan akan keterampilan SDM dan jumlah SDM yang diperlukan pada tahapan proses pengolahan pada masing-masing bioteknologi. Penilaian terbagi menjadi: a. Tidak membutuhkan SDM dengan disiplin ilmu dan keterampilan	a. = 5 b. = 3	4	Nilai <i>Weighting Factor</i> kesiapan SDM dalam pengoperasian teknologi ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena kesiapan SDM dalam pengoperasian teknologi merupakan



Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
	khusus. b. Membutuhkan SDM dengan disiplin ilmu dan keterampilan khusus.			hal penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Dalam perjalanan proses operasional bioteknologi memiliki perbedaan tahapan sehingga memiliki perbedaan juga dengan kebutuhan SDM.
Aspek Lingkungan				
Risiko Vektor Penyakit dan Bau	Penilaian dilakukan dengan melihat dampak dari penggunaan pada masing-masing bioteknologi terhadap risiko timbulnya vektor penyakit dan bau Penilaian terbagi menjadi: a. Tidak menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau b. Menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau kecil c. Menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau besar	a. = 5 b. = 3 c. = 1	4	Nilai <i>Weighting Factor</i> risiko vektor penyakit dan bau ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena risiko vektor penyakit dan bau merupakan hal penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Dalam perjalanan proses operasional bioteknologi memiliki kemungkinan dapat menimbulkan risiko vektor penyakit dan



Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
				bau yang harus dikendalikan.
Risiko Pencemaran Emisi dan Lindi	Penilaian dilakukan dengan melihat dampak dari penggunaan pada masing-masing bioteknologi terhadap risiko pencemaran emisi dan gas lindi Penilaian terbagi menjadi: a. Tidak menimbulkan risiko pencemaran emisi dan lindi b. Menimbulkan risiko pencemaran emisi dan lindi c. Menimbulkan risiko pencemaran emisi dan lindi	a. = 5 b. = 3 c. = 1	4	Nilai <i>Weighting Factor</i> risiko pencemaran emisi dan lindi ditetapkan menjadi 4, hal ini disebabkan karena risiko pencemaran emisi dan lindi merupakan hal penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Dalam perjalanan proses operasional bioteknologi memiliki kemungkinan dapat menimbulkan risiko pencemaran emisi dan lindi yang harus dikendalikan
Aspek Ekonomi				
Biaya Investasi	Penilaian dilakukan untuk menentukan prakiraan biaya investasi yang dibutuhkan untuk masing-masing bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Membutuhkan biaya investasi	a. = 5 b. = 4 c. = 3 d. = 2	5	Nilai <i>Weighting Factor</i> biaya investasi ditetapkan menjadi 5, hal ini disebabkan karena biaya investasi merupakan hal sangat

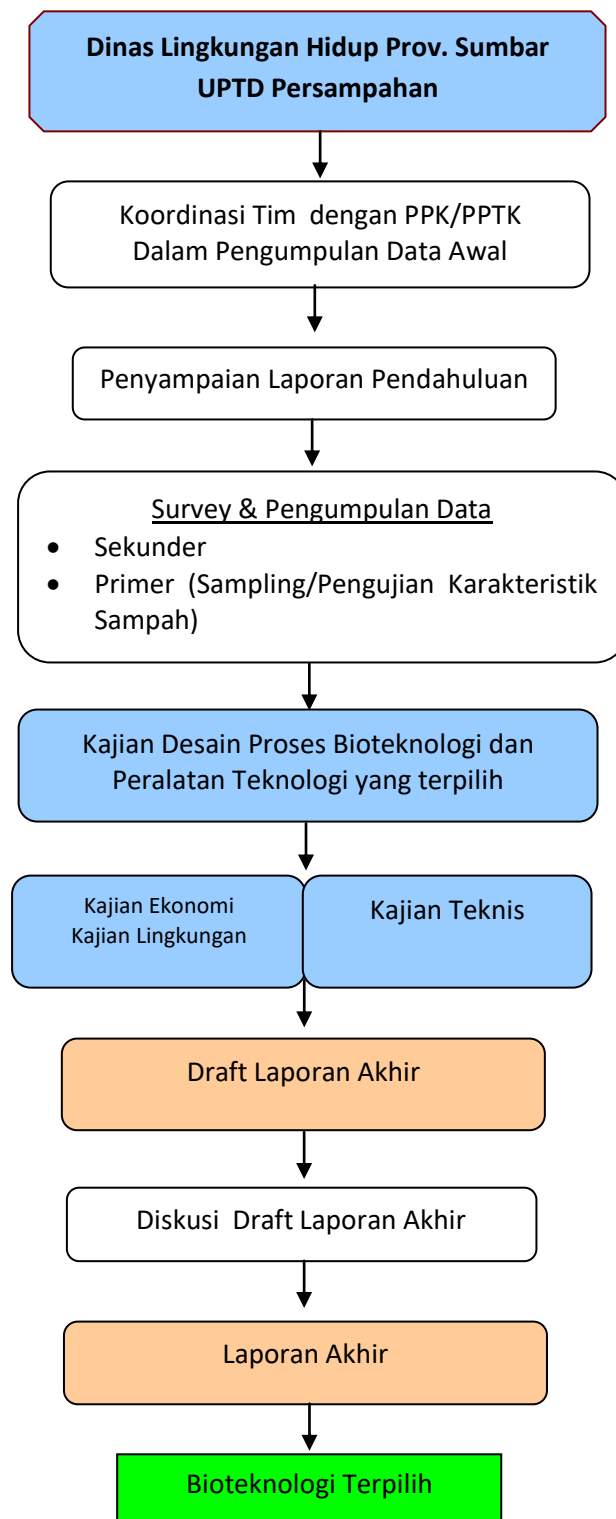


Pilihan Teknologi Faktor	Bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Anaerobic Digestion, Pengomposan, Karbonisasi)	Poin	Weighting Factor	Keterangan
	terendah 1 b. Membutuhkan biaya investasi terendah 2 c. Membutuhkan biaya investasi terendah 3 d. Membutuhkan biaya investasi terendah 4			penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. Biaya investasi memiliki nilai sangat penting karena menjadi pembiayaan yang terbatas dapat menghambat program pengolahan sampah secara bioteknologi.
Keuntungan dari Hasil Produk	Penilaian dilakukan untuk menentukan prakiraan keuntungan dari masing-masing hasil produk bioteknologi Penilaian terbagi menjadi: a. Memiliki keuntungan tertinggi 1 b. Memiliki keuntungan tertinggi 2 c. Memiliki keuntungan tertinggi 3 d. Memiliki keuntungan tertinggi 4	a. = 5 b. = 4 c. = 3 d. = 2	3	Nilai <i>Weighting Factor</i> keuntungan dari hasil produk ditetapkan menjadi 3, hal ini disebabkan karena keuntungan dari hasil produk merupakan hal cukup penting dalam pengolahan sampah yang dilakukan dengan sistem bioteknologi. keuntungan dari hasil produk tidak merupakan prioritas utama dari program pengolahan sampah di TPA



Tahap akhir dari pekerjaan Penyusunan Dokumen Penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah 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 Jasa Konsultansi Lingkungan – Penyusunan Dokumen Penyusunan Dokumen Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah 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 3.2
Proses Studi Kelayakan Penerapan Pengolahan Sampah Menggunakan Bioteknologi
di TPA Sampah Regional Payakumbuh



BAB IV

ANALISIS POTENSI PENERAPAN BIOTEKNOLOGI

4.1. Proyeksi Timbunan Sampah TPA Regional Payakumbuh

4.1.1. Proyeksi Timbunan Sampah

Proyeksi timbunan sampah dilakukan dengan menggunakan penilaian trend kenaikan sampah yang dibuang ke TPA Regional Payakumbuh dari tahun-tahun sebelumnya. Berdasarkan penghitungan penilai trend kenaikan sampah, diketahui bahwa sampah pada TPA Regional Payakumbuh mengalami kenaikan rata-rata $\pm 5\%$ setiap tahun.

Proyeksi timbunan sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut

Tabel 4.1.
Proyeksi Timbunan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh (ton/hari)
Tahun 2022 – 2027 Berdasarkan Trend Kenaikan

No	Tahun	Jumlah Sampah Eksisting (ton/hari)*	Trend Kenaikan Jumlah Sampah (%)	Proyeksi Timbunan Sampah (ton/hari)
1	2013	145,79	0	
2	2014	167,27	14,05	
3	2015	152,87	-8,15	
4	2016	176,72	12,69	
5	2017	187,16	6,11	
6	2018	172,60	-7,32	
7	2019	198,84	12,34	
8	2020	212,61	6,10	
9	2021	225,78	5,52	
10	2022	238,52	5,09	
11	2023		5,00	250,45
12	2024		5,00	262,97
13	2025		5,00	276,12
14	2026		5,00	289,92
15	2027		5,00	304,42

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Ket: *Addendum ANDAL RKL RPL TPA Regional Payakumbuh Tahun 2020

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa proyeksi timbunan sampah yang diterima TPA Sampah Regional Payakumbuh tahun 2027 adalah 304,42. Proyeksi ini didapat dari kondisi fluktuatif jumlah sampah yang diterima TPA Sampah Regional Payakumbuh dari tahun 2013-2021. Metode penghitungan ini dipilih agar jumlah sampah yang diterima mengikuti kondisi eksisting karena tidak semua kecamatan di daerah pelayanan TPA Regional Payakumbuh yang terlayani

4.1.2. Komposisi Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh

TPA Sampah Regional Payakumbuh melayani 4 (empat) Kabupaten/Kota di Sumatera Barat, yakni Kota Payakumbuh, Kota Bukittinggi, Kabupaten Agam, dan Kabupaten Lima Puluh Kota. Sumber sampah dikelompokkan dalam sampah pasar dan sampah non pasar. Komposisi sampah yang masuk ke TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.2.
Komposisi Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh

No	Komposisi Sampah	Persentase (%)
1.	Organik mudah terurai	81,24
2.	Plastik bernilai	1,89
3.	Plastik tidak bernilai	12,56
4.	Kertas bernilai	0,27
5.	Kertas tidak bernilai	0,15
6.	Logam	0,23
7.	Sampah Kayu	2,74
8.	Lainnya	0,91
Total		100,00

Sumber: Dokumen Instrumen Kajian Ekonomi Lingkungan DLH Prov. Sumbar, 2019

Tabel diatas menunjukkan bahwa komposisi rata-rata sampah terbesar di TPA Sampah Regional Payakumbuh adalah organik mudah terurai (81,24%). Hal ini menunjukkan peluang pemanfaatan sampah organik terurai yang tinggi dengan penerapan bioteknologi.

4.1.3. Karakteristik Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh

Karakteristik sampah adalah sifat-sifat sampah yang meliputi sifat fisik, kimia dan biologi. Karakteristik sampah berperan penting dalam penentuan

alternatif pengolahan sampah. Karakteristik sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu pendapatan masyarakat, pertumbuhan penduduk, produksi pertanian, pertumbuhan industri, dan konsumsi serta perubahan musim (Tchobanoglous, 1993). Uji karakteristik sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh dilakukan untuk mengetahui kompatibilitas teknologi pengolahan yang akan diterapkan. Hasil uji karakteristik sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3.
Hasil Uji Karakteristik Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh

No	Parameter	Hasil Analisis (%)
1.	Kadar Air	39,01
2.	Kadar Volatile	52,16
3.	Kadar Abu	1,41
4.	Fixed Carbon	7,35
5.	C- Organik	16,71
6.	N total	0,68

Sumber: Pengambilan sampel oleh konsultan dan pengujian oleh Laboratorium Buangan Padat DTL Unand, 2022

Pengambilan sampel uji karakteristik sampah TPA Regional Payakumbuh telah dilakukan dengan mewakili 4 kabupaten/kota yang menjadi wilayah pelayanan TPA. Dari hasil uji karakteristik terlihat bahwa sampah memiliki kadar air yang tinggi. Disisi lain, nilai C organik dan N total sampah juga terbilang tinggi untuk diterapkan pada proses biokonversi. Hal ini dikarenakan sampah yang diterima TPA Sampah Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik.

4.1.4. Berat Jenis Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh

Berat jenis sampah adalah berat sampah yang diukur dalam satuan kilogram dibandingkan dengan volume sampah yang diukur tersebut. Analisis berat jenis sampah diperlukan untuk menentukan berat dan volume sampah terolah. Berdasarkan SNI 19-3983-1995, berat jenis sampah perkotaan adalah 200-300 kg/m³ sampah. Nilai ini akan digunakan untuk melakukan penghitungan estimasi pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh.

4.1.5. Potensi Daur Ulang Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh

Potensi daur ulang adalah kemampuan yang ada dalam komponen sampah yang dapat dikembangkan untuk proses pengolahan sampah yang menghasilkan produk baru (Raharjo dan Geovani, 2015). Daur ulang (*recycle*) adalah suatu proses atau pengolahan yang dilakukan terhadap residu atau limbah yang tersisa atau tidak dapat dimanfaatkan secara langsung untuk dapat dimanfaatkan kembali baik sebagai bahan baku maupun sebagai sumber energi. Upaya daur ulang akan berhasil baik apabila dilakukan pemilihan dan pemisahan komponen sampah dimulai dari sumber sampah sampai proses akhirnya. Potensi daur ulang sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4.
Potensi Daur Ulang Sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh

No	Komposisi Sampah	Potensi Daur Ulang (% total berat)
1.	Sampah Organik	69,05
2.	Plastik bernilai jual	1,89
3.	Kertas bernilai jual	0,27
4.	Logam bernilai jual	0,23

Sumber: Dokumen Instrumen Kajian Ekonomi Lingkungan DLH Prov. Sumbar, 2019

Pada kajian ini akan difokuskan pada pengolahan sampah organik. Potensi pengolahan sampah organik adalah 69,05% dari total berat sampah. Ini dapat diasumsikan dari 1 ton sampah organik 69,05% dapat didaur ulang dan sisanya akan menjadi residu.

4.2. Perencanaan Pengolahan Sampah Organik TPA Regional Payakumbuh

Upaya pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh bertujuan untuk mereduksi sampah yang dibuang ke landfill dari 4 (empat) kabupaten/kota yang menjadi wilayah pelayanan TPA Regional Payakumbuh. Dengan adanya upaya reduksi sampah yang dibuang ke landfill diharapkan dapat memperpanjang umur TPA Regional Payakumbuh.



4.2.1. Analisis Beban Pengolahan Sampah Organik

Pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh direncanakan menggunakan alternatif bioteknologi. Penerapan alternatif bioteknologi akan efektif untuk mengolah sampah dengan komposisi sampah yang didominasi oleh sampah organik mudah terurai. Pada kajian ini, pengolahan sampah akan difokuskan pada sampah organik mudah terurai. Beban pengolahan adalah jumlah sampah yang dapat diolah secara bioteknologi yang didasarkan dari komposisi sampah. Beban pengolahan didasarkan pada komposisi sampah dan jumlah sampah yang masuk ke TPA. Dengan kata lain, 81,24% sampah organik yang masuk akan diolah dengan alternatif bioteknologi.

$$\text{Beban Pengolahan} = \text{Jumlah Sampah} \times \text{Komposisi Sampah}$$

Analisis beban pengolahan sampah organik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5.
Beban Pengolahan Sampah Organik TPA Sampah Regional Payakumbuh

Tahun	Jumlah (ton/hari)	Komposisi Sampah Organik Mudah Terurai*	Beban Pengolahan	
			ton/hari	m ³ /hari
	1	2	3 = 1 x 2	4 = 3 / Bj
2022	238,52	81,24%	193,77	645,90
2023	250,45		203,46	678,20
2024	262,97		213,64	712,13
2025	276,12		224,32	747,73
2026	289,92		235,53	785,10
2027	304,42		247,31	824,37

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Keterangan: *Dokumen Instrumen Kajian Ekonomi Lingkungan DLH Prov. Sumbar, 2019

Bj (Berat Jenis) = 300 kg/m³

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa dari seluruh jumlah sampah yang masuk ke TPA Regional Payakumbuh per harinya pada tahun 2027 (304,42 ton/hari), sebesar 247,31 diantaranya dapat diolah secara bioteknologi. Sebagian lainnya (residu) akan dibuang ke landfill, dimana pada landfill akan diproses secara controlled landfill. Pada landfill juga terdapat aktivitas pemulung yang mengumpulkan sampah yang masih memiliki nilai jual. Aktivitas pemulung ini secara tidak langsung juga mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke landfill.

4.2.2. Analisis Potensi Pengolahan Sampah Organik

Analisis potensi pengolahan sampah TPA Regional Payakumbuh didasarkan pada beban pengolahan dan potensi daur ulang sampah. Potensi daur ulang sampah organik mudah terurai di TPA Regional Payakumbuh adalah 69,05%. Analisis potensi pengolahan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Potensi Pengolahan} = \text{Beban Pengolahan} \times \text{Potensi Daur Ulang}$$

Rekapitulasi potensi pengolahan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6.
Potensi Pengolahan Sampah Organik TPA Sampah Regional Payakumbuh

Tahun	Beban Pengolahan (ton/hari)	Potensi Daur Ulang Sampah Organik Mudah Terurai*	Potensi Pengolahan	
			ton/hari	m ³ /hari
	1	2	3 = 1 x 2	4 = 3 / Bj
2022	193,77	69,05%	133,80	446,00
2023	203,46		140,49	468,30
2024	213,64		147,52	491,73
2025	224,32		154,89	516,30
2026	235,53		162,64	542,13
2027	247,31		170,77	569,23

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Ket: *Dokumen Instrumen Kajian Ekonomi Lingkungan DLH Prov. Sumbar, 2019

Jumlah ini merupakan proyeksi kapasitas pengolahan sampah organik dengan alternatif bioteknologi yang akan diterapkan. Penilaian aspek teknis akan mengacu pada potensi pengolahan pada tahun proyeksi terakhir (2027). Pemilihan alternatif bioteknologi akan mengacu pada potensi jumlah sampah yang dapat diolah, komposisi sampah, karakteristik sampah, dan potensi daur ulang sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh.

4.2.3. Kapasitas Pengolahan

Penentuan kapasitas pengolahan diperlukan untuk menentukan kebutuhan lahan dalam penerapan alternatif bioteknologi nantinya. Kapasitas pengolahan akan diproyeksikan hingga tahun akhir pelayanan (2027). Melihat besarnya jumlah sampah yang masuk ke TPA Regional Payakumbuh, kapasitas pengolahan sampah TPA Regional Payakumbuh ditentukan berdasarkan 3 skenario, diantaranya:

Tabel 4.7.
Skenario Kapasitas Pengolahan Sampah Organik TPA Regional Payakumbuh

Skenario	Keterangan	Kapasitas Pengolahan	
		ton/hari	m ³ /hari
Skenario 1	Kapasitas pengolahan 30% dari potensi sampah yang dapat diolah yang bersumber dari sampah pasar dan non pasar	51,23	170,77
Skenario 2	Kapasitas pengolahan 50% dari potensi sampah yang dapat diolah diolah yang bersumber dari sampah pasar dan non pasar	85,39	284,62
Skenario 3	Kapasitas pengolahan 100% dari potensi sampah yang dapat diolah diolah yang bersumber dari sampah pasar dan non pasar	170,77	569,23

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Analisis ini nantinya akan menjadi dasar dalam penilaian aspek teknis penerapan alternatif bioteknologi untuk pengolahan sampah TPA Regional Payakumbuh. Penilaian juga memperhatikan kondisi eksisting TPA Regional Payakumbuh seperti ketersediaan lahan, kemampuan Sumber Daya Manusia (SDM), dan kebutuhan investasi.

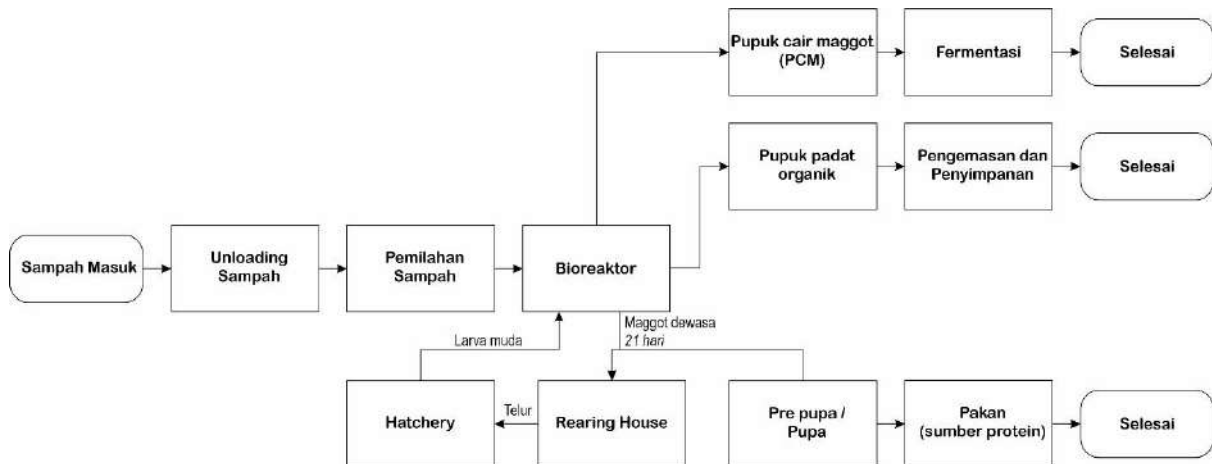
4.3. Alternatif Pengolahan Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik

Penerapan Bioteknologi dalam upaya pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh didasarkan pada komposisi sampah yang masuk ke TPA yang didominasi oleh sampah organik. Melihat besarnya potensi daur ulang sampah organik dan potensi produk yang dapat dihasilkan, maka bioteknologi menjadi pilihan untuk mengolah sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh. Pengolahan ini diharapkan dapat mereduksi sampah yang dibuang ke *landfill* dan memperpanjang umur TPA Sampah Regional Payakumbuh. Alternatif Bioteknologi yang akan dikaji pada studi ini adalah sebagai berikut:

4.3.1. Biokonversi dengan Larva BSF

Konversi materi organik oleh larva BSF merupakan teknologi daur ulang yang sangat menarik dan memiliki potensi ekonomi (Diener, 2010). BSF dianggap

menguntungkan, karena larva BSF memanfaatkan sampah organik baik dari hewan, tumbuhan, maupun dari kotoran hewan dan kotoran manusia sebagai makanannya dan meningkatkan nilai *recycle* dari sampah organik (Kim *et al.*, 2011). Beberapa penelitian juga menunjukkan larva BSF mampu mendegradasi sampah organik, baik dari hewan maupun tumbuhan lebih baik dibanding serangga lainnya yang pernah diteliti (Kim *et al.*, 2011).



Gambar 4.1. Gambaran Umum Proses Biokonversi Sampah oleh BSF

Proses pengomposan limbah organik menggunakan larva BSF dapat mengkonversi 100% bahan organik menjadi pupuk organik dan larva kaya protein. Larva BSF menjadi agen konverter limbah organik karena larva ini makan lahap berbagai bahan organik membusuk dan menghasilkan prepupa mengandung protein kasar 40 % dan 30 % lemak sebagai pakan ikan dan hewan ternak lainnya. Sebanyak 60-70% massa limbah akan menjadi pupuk organik dan 30-40% menjadi larva kaya protein (Sastro, 2016).

Hasil biokonversi sampah organik dengan BSF menghasilkan 3 produk, yaitu:

a. Pakan

Pre pupa merupakan larva dewasa yang berusia 18-21 hari. Pre pupa merupakan salah satu alternatif pakan ternak dengan konsentrasi protein yang tinggi. Untuk mendapatkan pre pupa dengan nutrisi yang bagus, maka diperlukan pengaturan feeding rate. Menurut Hartono (2021), jumlah optimum feeding rate adalah 35 mg sampah/larva.hari (127,06 mg/larva). Angka ini sangat tepat dalam mendukung budidaya

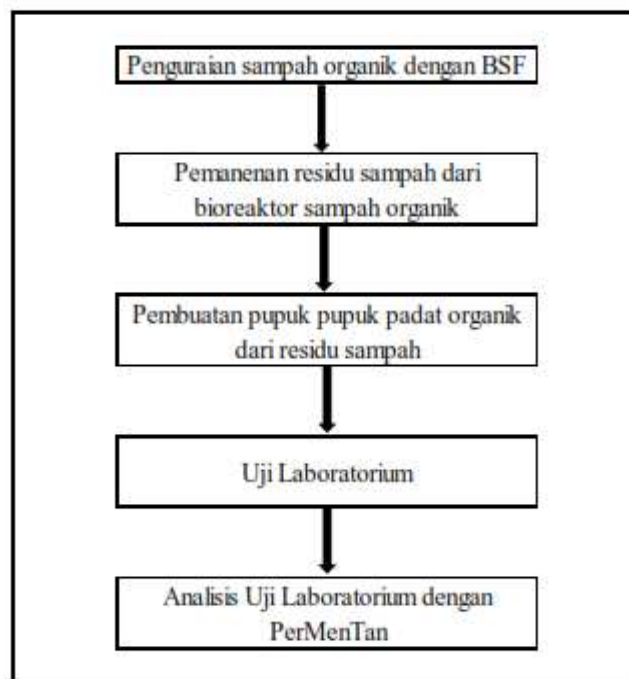


larva BSF dan mendukung penerapan pengolahan sampah organik. Kadar protein yang dihasilkan mencapai 35 – 59%.

b. Pupuk organik padat

Larva BSF mampu mendekomposisi sampah organik khususnya sampah buah-buahan, sampah sisa masakan dan sampah campuran secara cepat dengan menghasilkan produk akhir berupa residu BSF yaitu residu halus (kompos) dan residu kasar. Residu harus dipisahkan menggunakan ayakan untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan relatif halus untuk kompos dan memisahkan material-material yang berukuran besar yaitu residu kasar. Kompos yang didapat adalah hasil metabolisme larva BSF. Pada proses pengomposan ini tidak hanya larva BSF yang berperan tetapi larva BSF bekerjasama dengan mikroorganisme untuk mendegradasi sampah organik (Popa dan Green, 2012).

Sedangkan residu kasar adalah sampah organik yang tidak dapat dicerna secara keseluruhan oleh larva BSF pada fase aktif makan (fase bayi larva hingga larva dewasa), tetapi ikut terdekomposisi oleh bantuan mikroorganisme yang berasal dari sampah organik tersebut.

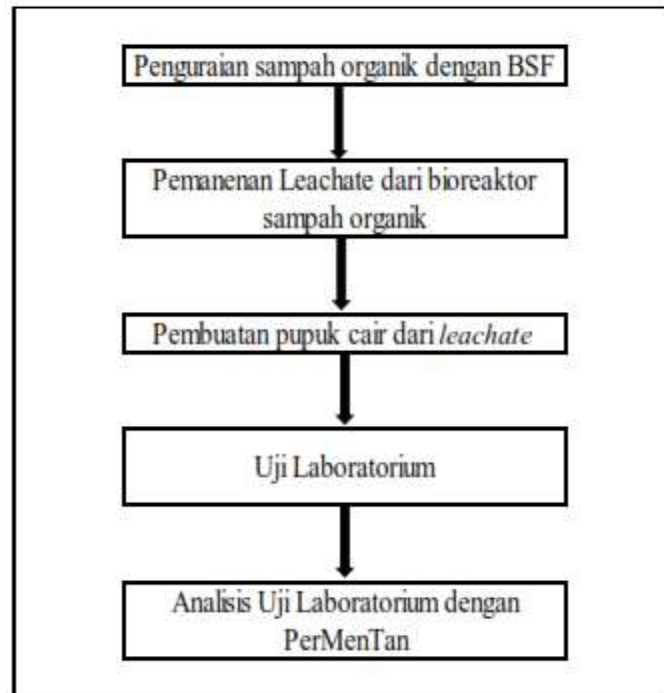


Gambar 4.2. Diagram Alir Pembuatan Pupuk Padat Organik

c. Pupuk organik cair

Untuk pembuatan pupuk cair dari *leachate* yang juga berasal dari hasil samping pengolahan sampah organik dengan larva BSF. Dilakukan pemberian makan pada *larva BSF* dengan sampah organik dan setelah 3 hari dilakukan pemanen *leachate* dan dibuat menjadi pupuk cair organik. *Leachete* yang dihasilkan dari pengolahan sampah di bioreaktor akan dialirkan menggunakan pipa menuju bak aerasi. Setelah melalui proses aerasi, pupuk cair akan ditambahkan dengan *Effective Microorganism* (EM4) dan difermentasi.

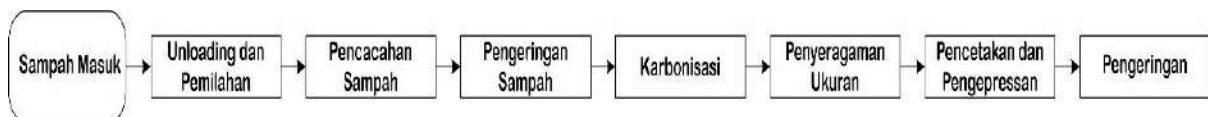
Setelah menjadi pupuk cair organik, juga dilakukan uji laboratorium yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261. Menurut Rajiman (2020), pupuk organik cair yang telah jadi akan diikuti dengan penyusutan volume pupuk organik cair yang dapat mencapai hingga setengah dari volume semula. Pupuk organik cair yang telah matang akan mengalami perubahan warna menjadi coklat kehitam-hitaman.



Gambar 4.3. Diagram Alir Pembuatan Pupuk Cair Organik

4.3.2. Karbonisasi/Biopellet

Karbonisasi termasuk teknologi yang digunakan untuk mengubah limbah padat menjadi arang sebagai produk utamanya dengan memasukkan biomasa sebagai bahan bakar utamanya pada suhu 400 – 600°C (Ridhuan & Suranto, 2017). Karbonisasi merupakan termasuk dalam pengolahan thermal, dengan waktu yang lebih lambat supaya menghasilkan arang yang lebih banyak (Rahmatullah et al., 2019).



Gambar 4.4. Diagram Alir Karbonisasi

Keunggulan dari biopellet adalah ukuran yang dihasilkan seragam dan memiliki nilai kalor yang baik sebagai sumber energi. Kelemahan dari teknologi biopellet adalah nilai kalor yang rendah dan kadar abu yang tinggi apabila sampah memiliki kadar air yang tinggi. Ini menyebabkan proses pembakaran biopellet berlangsung lama untuk mencapai suhu maksimumnya dan nyala api tidak tahan lama.



Melihat komposisi sampah TPA Regional Payakumbuh yang didominasi oleh sampah organik mudah terurai yang bersumber dari sampah pasar dan non-pasar, serta karakteristik sampah dengan kadar air mencapai 42,43%, perlu pengkondisian khusus dalam penerapan teknologi karbonisasi ini.

Proses karbonisasi akan dilakukan dalam reaktor kiln karbonisasi. Teknologi ini dipilih karena telah ada reaktor kiln fabrikasi. Reaktor kiln fabrikasi ini mampu mengolah sampah dengan kapasitas besar dan telah dilengkapi dengan unit pengendali emisi. Selain aspek teknis yang disebut sebelumnya, kemudahan dalam mendapat peralatan juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan reaktor kiln.

4.3.3. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

Anaerobic Digestion adalah teknologi yang memanfaatkan proses biologis dimana bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik terurai dalam ketiadaan oksigen terlarut (kondisi anaerob). Mikroorganisme anaerobik mencerna bahan masukan organik yang diubah melalui degradasi anaerobik menjadi bentuk yang lebih stabil, sementara gas campuran energi tinggi (biogas) yang terutama terdiri dari metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik ini adalah bakteri hidrolitik, bakteri fermentatif, bakteri asidogenik, dan bakteri metanogenik.

Bakteri hidrolitik berperan memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino. Oleh bakteri fermentatif, gula dan asam amino diubah menjadi asam organik. Bakteri asidogenik akan mengubah asam organik menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat. Selanjutnya oleh bakteri metanogenik, hidrogen, karbondioksida, dan asam asetat diubah menjadi gas metan.

Secara umum, aplikasi pengolahan sampah organik kota dengan AD memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

- Mengubah sampah menjadi produk yang bermanfaat dengan pencemaran minim

- Menghasilkan energi terbarukan, yaitu biogas yang mengandung gas metana
- Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Selain banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari implementasi proses AD, terdapat pula beberapa keterbatasan atau kekurangan sebagai berikut:

- Harus tersedia fasilitas penyimpanan biogas. Proses dekomposisi sampah secara anaerobik akan terus menghasilkan biogas. Jika tidak dipelihara dengan baik, akan memungkinkan timbulnya kontaminasi gas metana dengan udara yang dapat memicu ledakan.
- Proses pengolahan secara anaerobik berlangsung lebih lambat karena siklus reproduksi bakteri anaerob lebih panjang.
- Perubahan kondisi lingkungan sedikit saja dapat mempengaruhi kinerja proses, sehingga pengoperasiannya sangat kompleks.

AD hanya cocok untuk mengolah materi organik. Sebelum diproses pada reaktor, substrat (bahan baku) harus melalui proses persiapan terlebih dahulu. Material anorganik dapat mengganggu kinerja peralatan mekanis, penyumbatan perpipaan, mengendap didasar digester, dan keberadaannya didalam digester tidak diinginkan.



Gambar 4.5. Tahapan Persiapan Substrat Anaerobic Digestion

Untuk mendapatkan produksi biogas yang optimum, terdapat beberapa parameter yang harus dikontrol seperti:



- Temperatur
Temperatur ideal bagi pertumbuhan dan kinerja mikroorganisme anaerob berada dalam kisaran 30-40°C untuk mikroorganisme mesofilik dan kisaran 45-60°C untuk mikroorganisme termofilik.
- pH
Kondisi pH optimum untuk mencapai proses yang stabil dan produksi biogas yang tinggi berada pada kisaran pH 6,5-7,5.
- Rasio C/N
Rasio C/N yang optimum berkisar pada rentang 25-30. Rasio C/N yang ideal dapat dicapai dengan mencampurkan beberapa jenis substrat. Rasio C/N yang tinggi menandakan konsumsi nitrogen yang sangat cepat dan menurunkan produksi biogas.
- Inokulasi dan start-up
Pada tahap awal pengoperasian digester, dibutuhkan inokulasi bakteri yang cocok untuk bekerja dalam kondisi anaerob.
- Laju beban organik
Merupakan nilai yang menyatakan banyaknya substrat yang dapat diumpankan ke digester dengan volume dan waktu tertentu.
- Waktu detensi
Waktu detensi yang ideal untuk terjadinya AD adalah 15-30 hari.

Produk yang dihasilkan dari proses Anaerobic Digestion adalah biogas dan digestate. Biogas yang dihasilkan umumnya terdiri dari 60% CH₄ dan 40% CO₂ (The Andersons Centre, 2010). Walaupun demikian, konsentrasi metana dalam biogas sangat dipengaruhi oleh komposisi substrat, konsorsium mikroorganisme dan kondisi operasional di dalam digester. Biogas yang terbentuk dapat digunakan untuk berbagai keperluan setelah melalui proses lanjutan, misalnya untuk substitusi bahan bakar fosil untuk pemanasan ruangan, boiler, mesin-mesin, atau dikonversi ke listrik.



Pada kajian ini akan dianalisis penerapan teknologi Anaerobic Digestion (AD) dengan sistem basah (*wet system*). Pemilihan sistem basah ini didasarkan pada proses yang lebih sederhana dibandingkan dengan sistem kering. Pada sistem basah, substrat terendam dalam air dan terjadi proses pengadukan dalam reaktor. Terlepas dari keterbatasan sistem basah, hingga saat ini sistem basah lebih populer diaplikasikan baik di negara maju maupun negara berkembang.

4.3.4. Pengomposan

Proses pengomposan adalah proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap bahan organik biodegradable. Tujuan pengomposan adalah untuk mengubah bahan organik yang biodegradable menjadi bahan yang secara biologi bersifat stabil, dengan demikian mengurangi volume atau massanya. Proses alamiah ini menguraikan materi organik menjadi humus dan bahan mineral. Karena proses pembuatannya secara aerob, akan timbul panas, sehingga proses ini akan membunuh bakteri patogen, telur serangga dan larva lalat, serta mikroorganisme lain yang tidak tahan pada temperatur di atas temperatur normal.

Proses pembuatan kompos terdiri dari 2 tahap, yaitu:

- Pembuatan kompos setengah matang membutuhkan waktu sekitar 3 minggu;
- Pematangan kompos yang berlangsung sekitar 4 – 6 minggu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain (Damanhuri, 2016):

- Bahan yang dikomposkan. Sebaiknya dipisah pengomposan sampah daun dan kayu dengan sampah sisa makanan. Semakin banyak bahan yang mengandung lignin, semakin sulit untuk terurai
- Ukuran bahan yang dikomposkan. Diameter yang baik antara 25 – 75 mm.

- Rasio C/N. Perbandingan konsentrasi C/N yang baik dalam bahan yang dikompos adalah 25 – 30%.
- Temperatur. Temperatur terbaik pengomposan adalah 50-55°C
- Kadar air. Kadar air yang optimum berada pada rentang 50-65%
- Kondisi asam basa (pH)

Metode pengomposan yang diterapkan adalah metode bata berongga. Pengomposan bata berongga merupakan pengomposan sampah organik pada boks bata yang disusun secara zigzag dengan volume tertentu. Kebutuhan oksigen bagi tumpukan didapatkan dari lubang pada boks bata dan/atau dari pipa berlubang yang dihubungkan dengan blower. Kelebihan dari metode bata berongga ini adalah memerlukan waktu yang lebih sedikit dari metode lain seperti windrow. Hal ini karena distribusi udara pada tumpukan sampah tercukupi dengan adanya pipa berongga.



Gambar 4.6. Aplikasi Pengomposan dengan Metode Bata Berongga

Metode bata berongga dipilih karena memiliki kelebihan antara lain:

- 1) Membutuhkan waktu lebih singkat karena ketersediaan oksigen bisa terjaga dengan adanya asupan udara dari blower
- 2) Membutuhkan ruang lebih sedikit dibanding sistem windrow
- 3) Membutuhkan tenaga yang lebih sedikit
- 4) Air lindi dapat dikendalikan dengan penyediaan sistem drainase lindi pada boks komposting



4.4. Kajian Aspek Teknis Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik

Pada subbab ini, akan dikaji analisis penerapan alternatif bioteknologi dari aspek teknis penerapan. Aspek teknis yang dikaji antara lain:

- 1) Potensi Pengolahan Sampah;
- 2) Kompleksitas Proses;
- 3) Waktu Proses;
- 4) Tingkat Reduksi Sampah;
- 5) Estimasi Kebutuhan Lahan;

4.4.1. Potensi Pengolahan Sampah

Potensi secara pengertian merupakan kemampuan yang mempunyai kemungkinan untuk dikembangkan. Penilaian potensi pengolahan sampah dalam kajian kelayakan ini bertujuan untuk menilai dan menganalisis kecocokan dan kemampuan dari teknologi pengolahan sampah dalam mengolah sampah yang ada di TPA Regional Payakumbuh. Penggunaan bioteknologi dalam pengolahan sampah akan memiliki kaitan yang sangat erat dengan komposisi dan karakteristik sampah yang akan diolah dan kondisi iklim dalam hal ini suhu udara.

A. Biokonversi dengan Larva BSF

Pemanfaatan larva BSF dalam biokonversi sampah harus memperhatikan faktor-faktor di bawah ini:

1. Pola makan Larva BSF

Biokonversi sampah larva BSF dipengaruhi oleh jenis sampah dan frekuensi pemberian makanan. Dalam Penelitian Pretty 2015 didapatkan larva BSF yang diberikan makan setiap hari menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan larva BSF yang diberi makan sekali dalam 3 hari. Jumlah pakan yang baik adalah 40-50 mg/larva.hari, jadi jika menggunakan 1 gram telur (menghasilkan ± 3 kg larva BSFs = ± 18.750 ekor larva BSFs) untuk 1 *biopond* maka jumlah pakan yang harus diberikan = $0,85 \approx 1$ kg/hari. Larva BSF yang kekurangan pakan akan

memanjat dan berusaha keluar dari dinding-dinding wadah pemberian pakannya. Berikut dapat dilihat contoh dari larva BSF yang kekurangan pakan.



Gambar 4.7. Larva BSF dalam Kondisi Kekurangan Pakan

Pola pemberian pakan yang dianjurkan untuk larva BSF yaitu sebanyak satu kali sehari. Ketersediaan sampah organik yang banyak di TPA Regional Payakumbuh akan sangat memungkinkan untuk mencukupi kebutuhan pakan larva BSF. Perkembangan larva BSF juga dapat dipengangurihi oleh ukuran pakan yang diberikan. Pakan yang baik untuk larva BSFs adalah pakan yang dicacah berukuran 1-2 cm. Pakan dapat dicacah secara manual ataupun menggunakan mesin pencacah. Berikut dapat dilihat perbandingan dari perbedaan perlakuan dalam pemberian pakan larva BSF.



Gambar 4.8. Kondisi Pemberian Makan Larva BSF

- Pakan yang **tidak dicacah** menghasilkan kasgot (kompos larva BSFs) yang tidak terolah seutuhnya dan warna kasgot tidak seperti tanah tanda larva BSFs kurang mencerna pakan dengan baik.



- Pakan yang **dicacah manual** menghasilkan kasgot (kompos larva BSFs) dengan tekstur seperti tanah dan berwarna hitam tanda larva BSFs mencerna pakan dengan baik.
- Pakan yang **dicacah dengan mesin** menghasilkan kasgot (kompos larva BSFs) dengan tekstur lembek dan busuk karena terlalu banyak air. Hal ini dapat membuat larva BSFs mati. Pakan yang dicacah dengan mesin sebaiknya ditiriskan terlebih dahulu.

Berdasarkan hal tersebut jika bioteknologi menggunakan larva BSF/larva BSF akan diterapkan perlu diperhatikan sampah yang dicacah tidak boleh terlalu halus. Sampah yang tidak terlalu halus dan tidak terlalu besar akan memudahkan larva BSF mencerna makanannya dan menghasilkan kasgot (kompos larva BSF) yang lebih baik.

2. Bahan Organik Sampah

Bahan organik yang paling disukai larva BSF adalah sisa makanan, limbah agroindustri, limbah dapur maupun restoran, limbah sayur, buah, serta limbah kaya protein (Sastro, 2016). Berdasarkan penelitian (Alvarez, 2012) larva BSF dapat memakan berbagai macam sampah organik seperti feses hewan, daging segar maupun yang sudah membusuk, buah, sampah restoran, serta berbagai jenis sampah organik lainnya.

Sampah TPA Regional Payakumbuh memiliki komposisi sampah organik yang tinggi yaitu sebesar 81,24%. Sampah organik tersebut terdiri dari sampah pasar dan non pasar. Larva BSF yang mampu mendegradasi berbagai macam sampah organik akan menjadi peluang yang besar dalam upaya biokonversi sampah.

3. Kadar air

Kadar air dari sampah yang dijadikan pakan larva BSF dapat berpengaruh terhadap lama waktu biokonversi sampah. Larva BSF memiliki kadar optimum air 60-90% (Alvarez, 2012). Berdasarkan hasil pengukuran karakteristik sampah di TPA Regional Payakumbuh kadar air



sampah bernilai 40% sehingga tidak berada pada rentang angka optimum. Kadar air yang terlalu tinggi akan menyebabkan larva BSF keluar dari reaktor, sebaliknya kekurangan kadar air dapat menyebabkan terhambatnya proses pencernaan larva BSF (Alvarez, 2012).

4. Ketersediaan cahaya

Larva BSF termasuk kedalam hewan photofobia sehingga dalam fase larva, larva cenderung menghindari cahaya. Pada tahap prepupa mereka secara alami keluar dari reaktor pembiakan serta mencari tempat gelap kering sebelum menjadi kepompong (Sipayung, 2015).

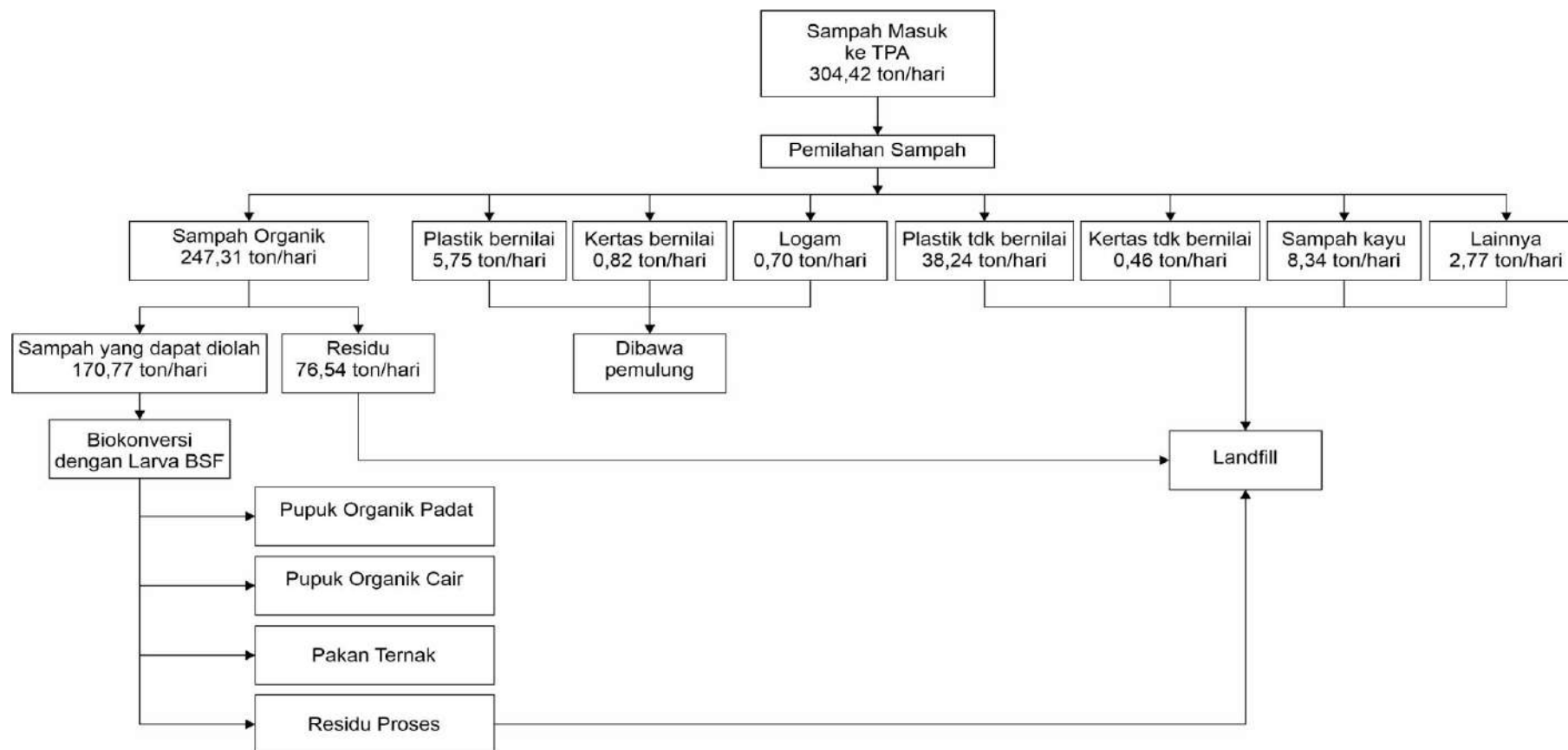
5. Ketersediaan Oksigen

Larva BSF tidak dapat hidup pada lingkungan yang mengandung karbondioksida tinggi. Pada saat kadar karbondioksida pada reaktor pembiakan tinggi, maka larva akan keluar dan mencari sumber oksigen. Hal tersebut sering menyebabkan larva keluar reaktor meskipun belum menjadi prepupa (Alvarez, 2012).

6. Suhu

TPA Regional Payakumbuh terletak di Kota Payakumbuh, berdasarkan data yang diakses melalui (weatherspark.com, 2022) sepanjang tahun suhu di Kota Payakumbuh biasanya bervariasi dari 19° C – 29° C dan jarang berada di bawah 18° C atau diatas 31 °C.

Berdasarkan dari faktor-faktor yang mempengaruhi di atas dapat dikatakan **Biokonversi dengan larva BSF memiliki potensi yang besar untuk pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh.** Untuk melihat skema proses pengolahan sampah organik dengan biokonversi larva BSF dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Skema Proses Pengolahan Biokonversi Larva BSF Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses



B. Karbonisasi

Berkaitan dengan pembakaran briket/pelet dari bahan-bahan organik, Subroto (2006) merincikan faktor-faktor yang mempengaruhinya, antara lain:

1. Jenis Bahan Organik

Biopelet merupakan bahan bakar padat hasil pengempaan pada suhu dan tekanan tinggi yang terbuat dari biomassa. Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom - atom dan elemen. Biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung (Japan Institute of energy, 2008).

Beberapa jenis sampah yang dapat diolah dengan metode karbonisasi adalah:

- Sampah plastik
- Sampah organik dengan kandungan lignin yang tinggi, seperti tandan sawit, cangkang kelapa, ampas tebu, tongkol jagung
- Sampah halaman, seperti ranting, kayu, dan daun kering
- Sampah pertanian, seperti rumput, jerami dan limbah pertanian lainnya
- Sampah kertas

TPA Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik pasar dan non pasar, sampah pasar terdiri dari sayur-sayuran, buah-buahan dan untuk sampah non pasar terdiri dari sampah sisa aktivitas domestik seperti sisa makanan. Berdasarkan hal tersebut terdapat suatu kelemahan dalam pemanfaatan sampah TPA Regional Payakumbuh jika dijadikan biopelet. Biomassa yang umumnya dijadikan biopelet diantaranya adalah limbah-limbah dari sektor pertanian (sekam padi,



gandum, tongkol jagung, umbi, tebu dll) limbah sektor kehutanan (limbah kayu), sehingga tidak sesuai dengan jenis bahan organik yang tersedia di TPA Regional Payakumbuh.

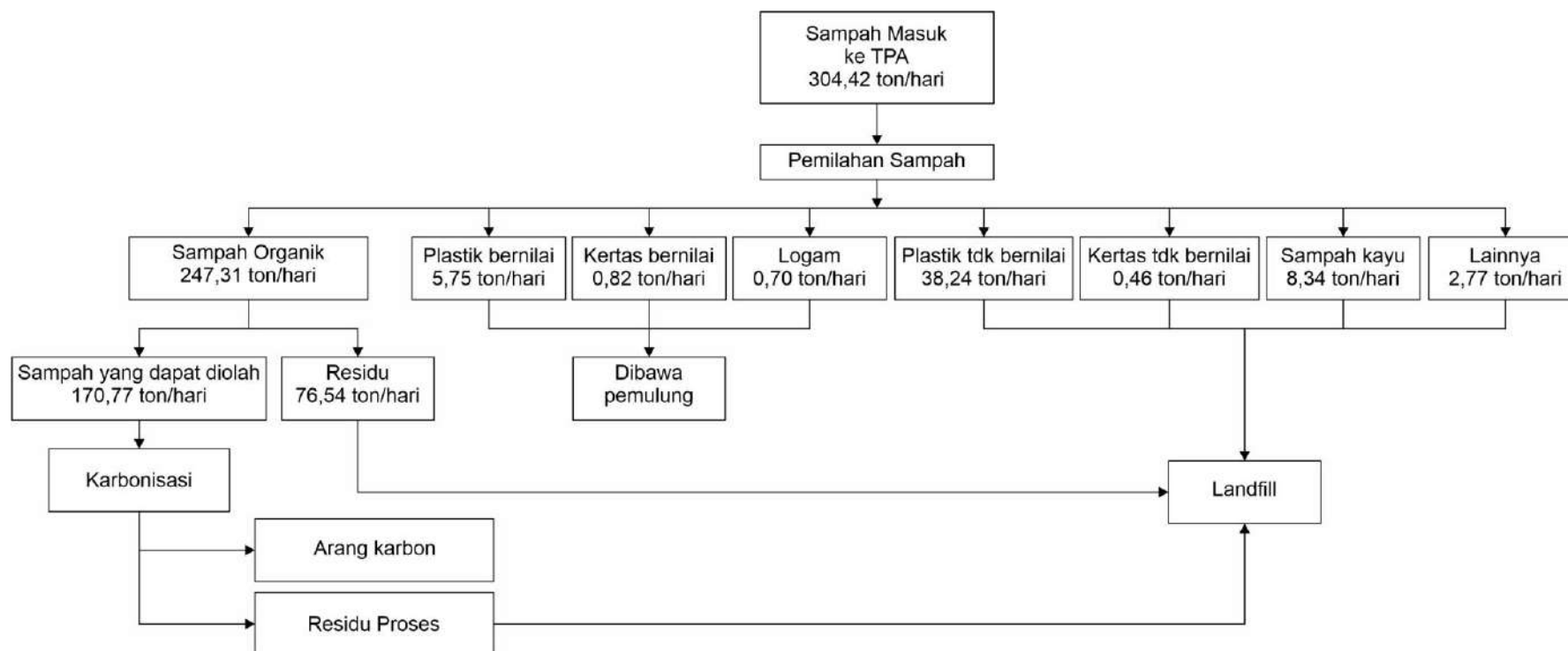
2. Karakteristik Fisik Sampah

Kadar air, kadar abu, dan nilai kalori menjadi parameter penting dalam proses pembuatan briket bioarang. Mengutip dari SNI 01-6235-2000, bahwa kriteria optimum dari karakteristik sampah untuk pengolahan briket bioarang adalah sebagai berikut:

- Kadar air = $< 8 \%$
- Kadar abu = $< 8 \%$
- Nilai kalori = 5.000 Kkal/Kg

Kadar air yang rendah akan meningkatkan nilai kalor pada biomassa sehingga akan memudahkan proses penyalaan dan meminimalisir asap yang dihasilkan pada proses pembakaran (Rahman, 2011). Berdasarkan hasil pengukuran kadar air sampah TPA regional Payakumbuh sebesar 39%. Jika dilihat dari nilai kadar air sampah di TPA Regional Payakumbuh memiliki selisih yang cukup besar untuk kadar air ideal dalam biopellet. Kadar air biopellet yang dipersyaratkan dalam SNI 8021:2014 yaitu 10%. Cukup tingginya kadar air sampah di TPA Regional Payakumbuh disebabkan karena jenis sampah yang masuk ke TPA didominasi dari sampah pasar dan non pasar, sedangkan untuk teknologi biopellet umumnya menggunakan limbah dari hasil pertanian, perkebunan yang memiliki karakteristik sampah dengan kadar air yang rendah.

Berdasarkan dari faktor-faktor yang mempengaruhi di atas dapat dikatakan **karbonisasi memiliki potensi yang rendah untuk pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh**. Diperlukan perlakuan khusus pada bahan baku sebelum dapat diproses secara karbonisasi. Untuk melihat skema proses pengolahan sampah organik dengan karbonisasi dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Skema Proses Pengolahan Karbonisasi Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses



C. Anerobic Digestion (AD)/Biogas

Pemanfaatan biogas dalam biokonversi sampah harus memperhatikan faktor-faktor di bawah ini:

1. Jenis dan Ukuran Bahan Organik (Substrat)

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Adapun bahan-bahan organik yang sangat cocok untuk menjadi sumber biogas adalah kotoran hewan ternak, kotoran manusia, sampah organik, dan limbah cair (Wahyuni, 2011). Sampah organik yang terdapat di TPA Regional Payakumbuh terdiri sampah pasar dan non pasar. Sampah organik tersebut terdiri dari sampah sayur-sayuran, buah-buahan, sisa bekas makanan, dll. Secara komposisi, teknologi biogas dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan sampah yang bisa dilakukan di TPA Regional Payalumbuh. Selanjutnya faktor lain yang dapat mempengaruhi pembentukan biogas adalah ukuran substrat atau sampah yang akan dijadikan sumber bahan baku.

Ukuran bahan yang berukuran kecil lebih cepat terdekomposisi melalui peningkatan luas permukaan untuk aktivitas mikroba perombak. Ukuran bahan yang terlalu besar menyebabkan luas permukaan yang dihidrolisis lebih sempit sehingga proses berlangsung metabolisme oleh bakteri menjadi semakin lambat atau berhenti sama sekali (Wahyuni, 2011). Berdasarkan hal tersebut jika pengolahan sampah akan menggunakan bioteknologi biogas maka perlu diperhatikan ukuran sampah harus dihaluskan atau dicacah terlebih dahulu.

2. Temperatur

Proses pengubahan zat organik polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana di dalam reaktor dipengaruhi oleh temperatur. Rentang temperatur bakteri pembentuk biogas di antaranya (ITTO, 2012):



1. *Psychrophilic* (temperatur 4–20° C), untuk negara subtropis/iklim dingin;
2. *Mesophilic* (temperatur 20–40° C), untuk negara tropis;
3. *Thermophilic* (temperatur 40–60° C), menggunakan alat pemanas.

Berdasarkan data diatas dapat dilihat suhu yang optimum dalam pembentukan biogas di Negara tropis berada pada rentang 20-40° C, Rencana pengolahan sampah berada pada TPA Regional Payakumbuh (Kota Payakumbuh) yang memiliki suhu rata-rata pada rentang 19° C – 29° C sehingga masuk ke dalam rentang suhu optimum pembentukan biogas. Bila reaktor anaerobik dioperasikan pada suhu yang lebih rendah, misalnya 20° C, pertumbuhan mikroba pada kondisi ini sangat lambat dan sulit pada awal operasi untuk beberapa bioreaktor.

3. Rasio C/N

Rasio C/N adalah perbandingan kadar karbon (C) dan kadar nitrogen (N) dalam satuan bahan. Unsur C berupa karbohidrat digunakan untuk mencukupi kebutuhan energi dan unsur N berupa protein digunakan untuk membangun struktur sel bakteri. Bakteri memakan habis unsur karbon tiga puluh kali lebih cepat daripada unsur nitrogen. Oleh karena itu, perbandingan C/N yang paling baik adalah 30 walaupun pada rentang rasio C/N 25-30 kebutuhan nutrisi bakteri masih dapat terpenuhi (Triakuntini dkk, 2013). TPA Regional Payakumbuh memiliki karakteristik sampah berupa C/N sebesar 25 sehingga dapat dikatakan masuk ke dalam rentang nilai rasio C/N yang dibutuhkan dalam pembentukan biogas.

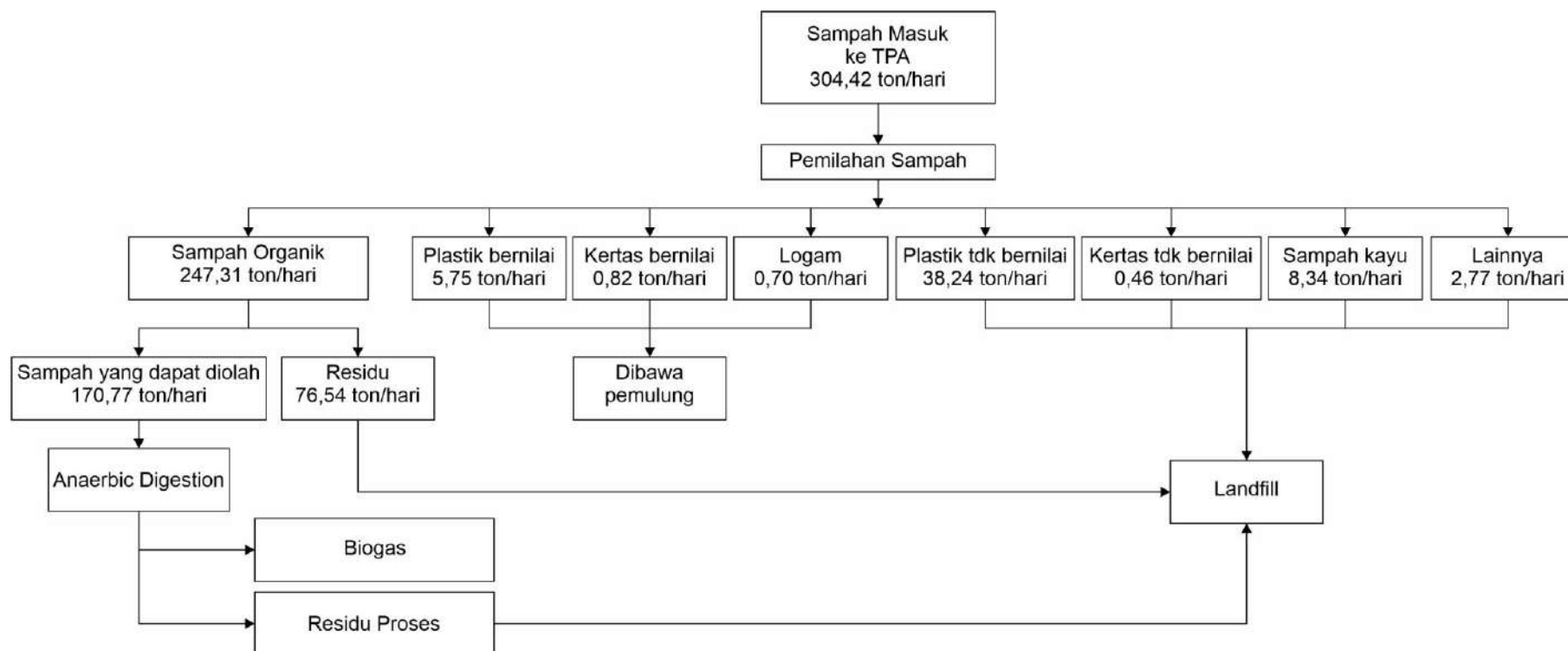
4. Kadar Air

Jumlah air yang dibutuhkan dalam pembentukan biogas tidak sama, tergantung dari bahan-bahan yang digunakan. Nilai kadar air bahan isian pembentuk biogas berkisar antara 91–93%. Sampah TPA Regional Payakumbuh memiliki kadar air sebesar 40%. Kadar air TPA Regional Payakumbuh masih belum berada pada rentang optimum pembentukan



biogas (91-93%). Kadar air yang optimum dapat dicapai dengan melakukan pengenceran menggunakan air atau limbah cair dengan perbandingan tertentu (Siallagan, 2010). Penambahan air sampai kekentalan yang diinginkan bervariasi antara 1:1, 1:2. Jika bahan isian terlalu pekat, maka isian tersebut akan menghambat aliran gas yang terbentuk pada bagian bawah *digester*. Rasio bahan isian terhadap air menghasilkan biogas dengan rendemen tertinggi terdapat pada rasio 1:2 atau konsentrasi sampah terhadap air 0,5 % (Mujahidah dkk, 2013).

Berdasarkan dari faktor-faktor yang mempengaruhi di atas dapat dikatakan **anaerobic digestion (AD) memiliki potensi yang besar untuk pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh**. Untuk melihat skema proses pengolahan sampah organik dengan AD dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Skema Proses Pengolahan AD Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses



D. Pengomposan

Pengomposan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi pengomposan, yaitu:

1. Jenis dan Ukuran Bahan

Pengomposan merupakan salah satu proses pengolahan sampah organik menjadi material baru seperti humus. Secara komposisi, teknologi kompos dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan sampah yang bisa dilakukan di TPA Regional Payakumbuh karena komposisi sampah TPA Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik (81,24%). Selanjutnya faktor lain yang dapat mempengaruhi pembentukan biogas adalah ukuran substrat atau sampah yang akan dijadikan sumber bahan baku.

Kondisi pengomposan terbaik biasanya dicapai ketika partikel bahan berukuran 1-2 inci. Ukuran ini akan menghasilkan luas permukaan yang lebih luas yang dapat membantu meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses pengomposan. Proses dekomposisi aerobik meningkat akibat dari ukuran partikel yang mengecil. Namun, ukuran partikel yang sangat kecil dapat mengurangi pergerakan oksigen dalam tumpukan, sehingga berpengaruh terhadap pengomposan. Selain itu, ukuran partikel kecil mendorong retensi kelembapan dan mengurangi ruang udara sehingga menghambat proses pengomposan (Ayilara et al., 2020). Berdasarkan hal tersebut jika pengolahan sampah akan menggunakan bioteknologi kompos maka perlu diperhatikan ukuran sampah agar tidak terlalu halus dan terlalu besar (1-2 inci).

2. Temperatur

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi proses pengomposan, karena dapat membantu mempercepat pengomposan, mengolah, dan menghilangkan organisme patogen yang berbahaya bagi organisme tanah. Mikroorganisme yang ada selama proses



pengomposan diklasifikasikan menurut temperatur yaitu, mikroorganisme mesofilik hidup pada temperatur rendah (20°C - 40°C) (Ayilara et al., 2020). Berdasarkan data diatas jika dibandingkan dengan suhu rata-rata yang terdapat pada lokasi TPA yaitu Kota Payakumbuh berada pada rentang 19°C – 29°C sehingga masih masuk ke dalam rentang suhu optimum pembentukan kompos.

3. Rasio C/N

Kadar rasio C/N sangat berpengaruh terhadap lama proses pengomposan. Nilai rasio C/N yang rendah memiliki kandungan nitrogen yang tinggi sehingga menyebabkan proses degradasi bahan organik akan semakin cepat, sedangkan nilai rasio C/N yang tinggi mengandung kadar karbon yang tinggi yang mengakibatkan proses pengomposan berlangsung menjadi lebih lama. Pada proses pengomposan, karbon berperan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme pengurai dan nitrogen berperan sebagai pembentukan sel. Kadar rasio C/N yang dihasilkan pada proses pengomposan apabila telah menyerupai nilai rasio C/N tanah, maka akan memudahkan penyerapan kandungan kompos ke dalam tanah. Selama proses pengomposan berlangsung CO_2 akan mengalami penguapan sehingga kadar karbon mengalami penurunan dan kadar nitrogen mengalami peningkatan (Ekawandani, 2018).

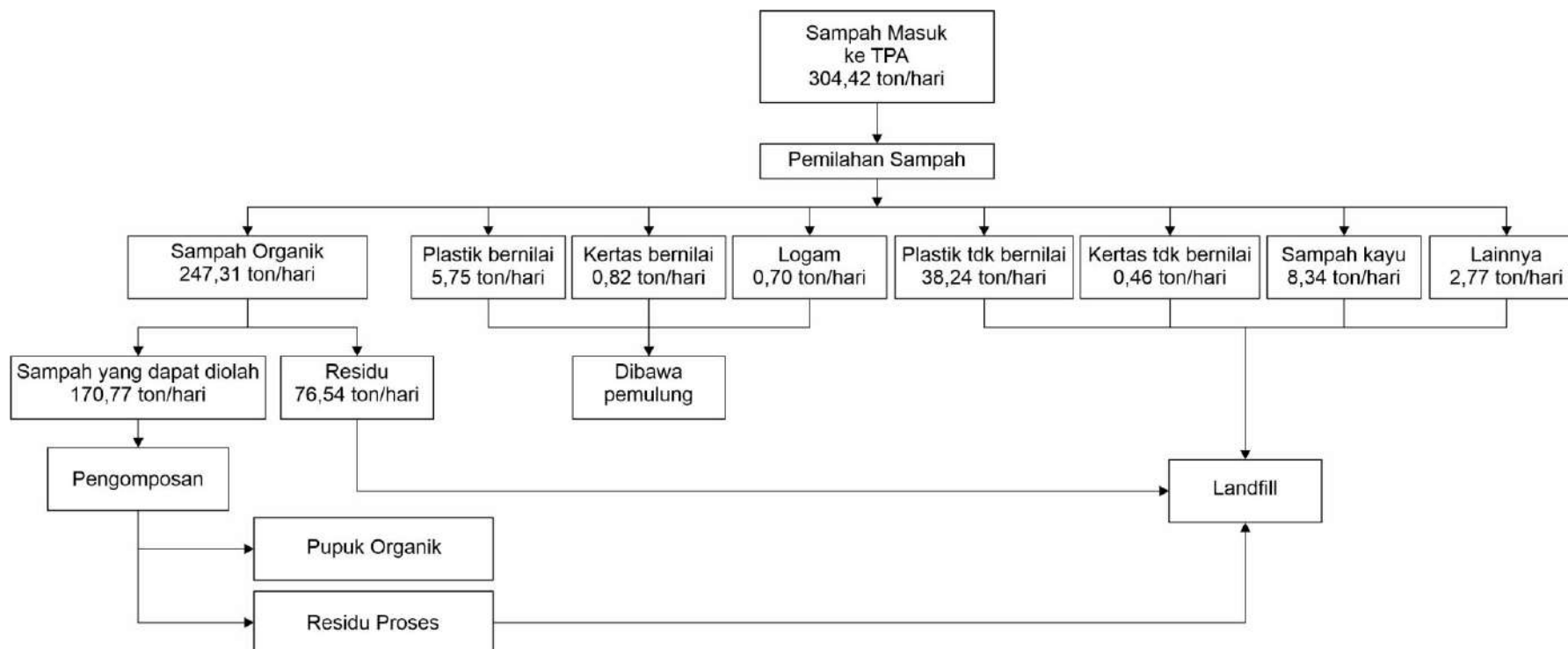
Kecepatan suatu bahan menjadi kompos dipengaruhi oleh kandungan C/N (Nisa et al., 2016). Bahan organik tidak dapat langsung dimanfaatkan pada tanaman karena memiliki rasio C/N yang relatif tinggi atau tidak sama dengan C/N tanah. Prinsip pengomposan adalah untuk menurunkan rasio C/N bahan organik hingga sama dengan C/N tanah. Rasio C/N yang lebih tinggi dari 20/1 atau 30/1 dapat memperlambat proses pengomposan. Rasio C/N 36 yang terlalu rendah (kurang dari 15/1 hingga 20/1) menyebabkan hilangnya nitrogen sebagai amonium N (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Nilai rasio C/N



dari sampah TPA Regional Payakumbuh yaitu 25, sehingga melebihi dari rasio yang dianjurkan. Berdasarkan hal tersebut terdapat beberapa cara agar nilai C/N masuk dalam rentang yang optimum.

Penambahan limbah bernitrogen dapat menurunkan C/N yang sangat tinggi, sedangkan penambahan limbah karbon dapat menaikkan C/N rendah yang tidak diinginkan. Contoh limbah nitrogen adalah potongan rumput, sayuran hijau, sisa makanan, lumpur limbah, dan pupuk kimia komersial. Syarat lainnya yaitu bahwa karbon dalam bentuk yang tersedia meminimalkan atau bahkan menghilangkan bahan kayu dan kayu sebagai sumber karbon dalam pengomposan lumpur limbah.

Berdasarkan dari faktor-faktor yang mempengaruhi di atas dapat dikatakan **pengomposan memiliki potensi yang besar untuk pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh.** Untuk melihat skema proses pengolahan sampah organik dengan pengomposan dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Skema Proses Pengolahan Pengomposan Tahun 2027 dalam 1 Hari Proses



4.4.2. Kompleksitas Proses

Kompleksitas proses dari penggunaan bioteknologi (larva BSF, biogas, kompos, dan biopellet) menjadi suatu kriteria penilaian dalam pemilihan bioteknologi yang akan digunakan di TPA Regional Payakumbuh. Kompleksitas dinilai dari tahapan-tahapan proses yang dibutuhkan dalam pengolahan pada masing-masing bioteknologi (larva BSF, biogas, kompos, dan biopellet).

A. Biokonversi dengan Larva BSF

Fase hidup BSF merupakan sebuah siklus metamorfosis sempurna dengan 4 (empat) fase, yaitu telur, larva, pupa dan BSF dewasa (Popa dan Green, 2012). Penggunaan larva BSF sebagai biokonversi sampah harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Fase Telur

Fase telur lalat betina BSF akan mengeluarkan sekitar 300-500 butir telur pada masa satu kali bertelur. BSF meletakkan telurnya di tempat gelap, berupa lubang/celah yang berada di atas atau di sekitar material yang sudah membusuk seperti kotoran, sampah, ataupun sayuran busuk. Telur BSF berukuran sekitar 0,04 inci (kurang dari 1 mm) dengan berat 1-2 μg , berbentuk oval dengan warna kekuningan.

Telur BSF bersifat agak lengket dan sulit lepas walaupun sudah dibilas dengan air. Suhu optimum pemeliharaan telur BSF adalah antara 28-35°C pada suhu kurang dari 25°C dapat menyebabkan telur akan menetas lebih dari 4 hari, bahkan bisa sampai 2 atau 3 minggu, telur akan mati pada suhu kurang dari 20°C dan lebih dari 40°C. Oleh karena itu dalam penetasan telur BSF diperlukan perlakuan tambahan yaitu media pentasan disemprot air setiap 3 hari sekali.



Gambar 4.13. Telur Lalat BSF

2. Fase Larva

Larva BSF yang baru menetas dari telur mempunyai ukuran yang sangat kecil sekitar 0,07 inci (1,8 mm) dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Tidak seperti lalat dewasa yang menyukai sinar matahari, larva BSF bersifat photophobia. Berdasarkan (Holmet et al, 2012) sifat photophobia dari larva BSF dapat terlihat ketika larva sedang makan, dimana mereka lebih aktif dan lebih banyak berada di bagian yang miskin cahaya. Pada umur 1 (satu) minggu, larva BSF memiliki toleransi yang jauh lebih baik terhadap suhu yang lebih rendah ketika cadangan makanan yang tersedia cukup banyak. Berikut dapat dilihat bayi larva BSF dan larva BSF dewasa.



Gambar 4.14. Larva Larva BSF yang Baru Menetas



Gambar 4.15. Larva BSF Dewasa

3. Fase Pupa

Setelah berganti kulit hingga yang keenam, larva BSF akan memiliki kulit yang lebih keras daripada kulit sebelumnya. Yang disebut puparium dimana pupa mulai memasuki fase prepupa. Pada tahap ini

prepupa akan mulai bermigrasi untuk mencari tempat yang lebih kering dan gelap, sebelum berubah menjadi kepompong. Pupa berukuran kira-kira dua pertiga dari prepupa dan merupakan tahap dimana BSF dalam keadaan pasif dan diam. Serta memiliki tekstur kasar berwarna coklat kehitaman. Selama masa perubahan larva menjadi pupa, bagian mulut BSF yang disebut labrum akan membengkok kebawah seperti paruh elang, yang kemudian berfungsi sebagai kait bagi kepompong. Proses metamorfosis menjadi BSF dewasa berlangsung dalam kurun waktu antar sepuluh hari.

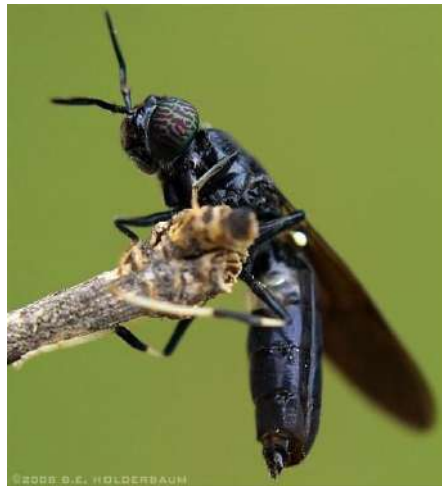


Gambar 4.16. Pupa Larva BSF

4. Fase Lalat Dewasa

Panjang tubuh BSF dewasa adalah antara 12-20 mm dengan rentang sayap selebar 8-14 mm. BSF dewasa berwarna hitam dengan kaki berwarna putih pada bagian bawah dan memiliki antena (terdiri dari tiga segmen) dengan panjang 2 (dua) kali panjang kepalanya. Antara BSF betina dan BSF jantan memiliki penampilan yang tidak jauh berbeda, dengan ukuran tubuh BSF betina yang lebih besar dan ukuran ruas ruas kedua pada perutnya yang lebih kecil dibanding pada BSF jantan.

BSF dewasa berumur relatif pendek, yaitu 4-8 hari. BSF dewasa tidak membutuhkan makanan, namun memanfaatkan cadangan energi dari lemak yang tersimpan selama fase larva. Hal ini membuat lalat BSF tidak digolongkan sebagai vector penyakit. Lalat dewasa berperan hanya untuk proses reproduksi. BSF dewasa mulai dapat kawin setelah berumur 2 hari. Berikut dapat dilihat BSF dewasa pada gambar.



Gambar 4.17. Lalat BSF Dewasa

Berdasarkan empat fase di atas dapat dilihat tahapan proses pemanfaatan larva BSF sebagai bioteknologi pengolahan sampah. Pengembangan larva BSF pada dasarnya tidak memerlukan suatu teknologi tambahan ataupun kebutuhan energi pada prosesnya. **Dengan penerapan teknologi yang tidak memerlukan peralatan mekanis pada proses utamanya, maka dapat dikatakan biokonversi dengan larva BSF merupakan teknologi yang sederhana.** Larva BSF juga merupakan hewan yang cukup tahan dalam banyak kondisi dengan catatan pakan yang cukup. Perlakuan yang harus diperhatikan karena memiliki kerentanan dalam pengembangan larva BSF yaitu pada fase telur dimana saat fase telur media penetasan harus dijaga agar tidak terlalu basah atau kering.



B. Karbonisasi

Proses pembuatan biopelet terdiri dari beberapa proses kegiatan sebagai berikut.

1. Pengeringan

Pengeringan bahan baku dapat dilakukan secara konvensional yaitu melalui penjemuran langsung di bawah sinar matahari dengan tujuan untuk mengurangi kadar air pada bahan baku

2. Penggilingan / Penghalusan

Proses penggilingan/ pencacahan pada pembuatan biopelet bertujuan agar bahan baku sampah yang digunakan lebih kecil dan mempermudah proses terbentuknya gumpalan.

3. Pengayakan

Setelah dilakukan penggilingan/penghalusan selanjutnya bahan baku diayak agar ukurannya menjadi seragam dan pada saat melakukan pencetakan, adonan lebih mudah terikat satu sama lainnya

4. Pembuatan Adonan

Adonan biopelet membutuhkan bahan perekat sebanyak 1-10% dari bahan baku dan ditambahkan dengan air.

5. Pencetakan

Biopelet dicetak menggunakan mesin pencetakan biopelet.

6. Pengeringan

Selanjutnya biopelet yang telah dicetak dianjurkan untuk dilakukan pengeringan. Pengeringan bisa dilakukan secara konvensional maupun dengan menggunakan media oven dengan suhu 110°C.

Proses pembuatan biopelet terdiri dari beberapa tahapan di atas, dalam skala besar proses-proses tersebut membutuhkan suatu peralatan pendukung yang cukup kompleks. Selanjutnya Kondisi jenis dan karakteristik sampah yang tidak sesuai dengan ketentuan dari pembentukan biopelet akan menjadi pengaruh besar dalam pemilihan bioteknologi ini, kadar air yang cukup tinggi dari sampah TPA Regional Payakumbuh akan



menyulitkan tahapan pengeringan biopelet, sehingga membutuhkan suatu teknologi dan perlakuan lebih kompleks lagi. **Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa karbonisasi merupakan teknologi yang tergolong kompleks karena memerlukan peralatan mekanis dalam proses utamanya dan memerlukan perlakuan khusus pada sampah sebelum diproses.**

C. Anerobic Digestion (AD)/Biogas

Proses pembuatan biogas dilakukan dengan beberapa tahap kegiatan diantaranya:

1. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa sampah organik harus dicacah terlebih dahulu agar volume dari sampah tersebut berkurang dan menambah efektifitas pembentukan biogas.

2. Pemasukan Bahan Baku

Sampah yang telah dicacah dan dihaluskan dimasukan ke dalam *digester*. Sampah yang dimasukan tersebut dibiarkan dalam beberapa hari sehingga terjadi proses anaerobik yang menghasilkan gas metana secara alamiah. Pembentukan gas metana dengan proses anaerobik tidak lepas dari peranan 4 (empat) kelompok bakteri yakni (Lyberatos and Skiadas, 1999):

- Bakteri pembentuk asam (acid forming bacteria). Bakteri pembentuk asam tumbuh dengan cepat dan menguraikan glukosa menjadi asam asetat, propionat dan butirat. Asam asetat merupakan substrat utama bagi bakteri pembentuk metanaa (acetoclastic methane bacteria);
- Bakteri pembentuk asam asetat (bakteri asetogenik). Kelompok bakteri asetogenik dapat melakukan reaksi pembentukan asam asetat dari propionat dan butirat.
- Bakteri pembentuk metana dari asam asetat (acetoclastic methane bacteria). Kelompok bakteri ini mengkonversi asam asetat menjadi



metanaa dan CO₂. Bakteri ini merupakan jenis utama penghasil metanaa dalam proses anaerobik;

- Bakteri pengguna hidrogen pada pembentukan metanaa (hydrogen utilizing methane bacteria). Kelompok bakteri ini mengkonsumsi hidrogen dan menghasilkan metana.

3. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas. Pengadukan dilakukan sebelum bahan tersebut dimasukkan ke dalam digester dan setelah berada di dalam digester. Selain untuk mencampur bahan, pengadukan juga berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan di dasar digester yang dapat menghambat pembentukan biogas. Pengendapan terjadi jika bahan yang digunakan berasal dari feses kering. Setelah ditambahkan air sampai kekentalan yang diinginkan, pengadukan mutlak diperlukan agar bahan baku tidak mengendap (Wahyuni, 2011).

4. Pemantauan dan Pemeliharaan selama Tahap Pembentukan Biogas

Biogas yang diproduksi dalam skala yang cukup besar akan memerlukan suatu pemantauan dan pemeliharaan diantaranya:

- Kontrol jumlah sampah dan variasinya dengan air
- Kontrol pembentukan gas setiap harinya
- Pemeriksaan kandungan metan dalam biogas
- Pemeriksaan adanya kebocoran gas
- Membersihkan overflow dari bahan baku yang dimasukan ke dalam *digester*.
- Memelihara timbunan tanah di atas kubah secara rutin
- Membersihkan dan melumas katup utama gas
- Membersihkan/memperbaiki penguras air dan lubang
- Mengganti selang gas secara berkala

Berdasarkan beberapa tahap kegiatan di atas dapat dilihat pembentukan biogas dalam mengolah sampah memerlukan perlakuan dan pemantauan



yang cukup kompleks, hal ini disebabkan dalam pembentukan biogas terdapat banyak faktor yang harus diperhatikan untuk menjaga proses pembentukan biogas terbentuk secara maksimal. Biogas yang baik adalah biogas yang memiliki nilai komposisi metan sebesar 50-70% (Wahyuni, 2011). Untuk menghasilkan nilai metan yang tinggi proses pembentukan biogas perlu menjaga dari komposisi substrat yang dimasukan seimbang dan tidak terjadi kontaminan serta mencegah dan memastikan tidak masuknya oksigen ke dalam *digester*.

D. Pengomposan

Pada proses pengomposan terdapat tiga tahap yaitu (Damanhuri dan Padmi, 2016):

- Pengolahan pendahuluan (pretreatment), berfungsi untuk memilah sampah supaya lebih layak untuk pengomposan;
- Pengomposan, pada tahap ini dihasilkan kompos setengah matang dan kompos selama proses pengomposan akan dipengaruhi oleh waktu, untuk menghasilkan kompos setengah matang maka dapat dilakukan dengan proses tradisional yaitu dengan sampah yang sudah dicacah akan dilakukan pengomposan dengan pembalikan secara periodik dan percepatan dengan menambahkan beberapa faktor yang dapat mempercepat pengomposan seperti menambahkan nutrisi, mikroorganisme, atau enzim yang sesuai;
- Proses pematangan kompos, pada proses ini kompos akan diangin-anginkan dalam udara terbuka dalam kondisi tidak mengandung bau maupun bakteri patogen.

Terdapat beberapa variasi dalam pengomposan salah satu yang dapat digunakan dalam skala cukup besar yaitu pengomposan dengan boks bata berongga. Pengomposan dengan boks bata berongga terdiri dari beberapa tahap kegiatan diantaranya:

- Pencacahan sampah organik dengan ukuran 3-5 cm



- Melakukan penimbunan dalam box, satu layer setiap hari, tinggi setiap lapisan 20 cm
- Sampah dikomposkan memakan waktu sampai dengan 30 hari, selanjutnya timbunan dibongkar dan diangin-anginkan
- Selanjutnya masuk ke dalam masa pematangan kompos selama 15 hari.

Berdasarkan beberapa penjelasan di atas dapat dilihat pembuatan kompos pada dasarnya tidak memerlukan suatu teknologi dan perlakuan proses yang sederhana. Hal yang harus diperhatikan adalah kontrol dari ukuran sampah yang dimasukan dan monitoring dari hari pengomposan.

4.4.3 Waktu Proses

Waktu proses dari masing-masing alternatif bioteknologi sangat beragam. Waktu proses juga dipengaruhi oleh karakteristik dan komposisi sampah yang akan diolah. Pada dasarnya, proses pengolahan sampah secara biologis memerlukan waktu dalam proses degradasi materi organik yang ada pada sampah dikarenakan proses biologis memanfaatkan aktivitas mikroorganisme.

A. Biokonversi dengan Larva BSF

Proses biologis terjadi pada bioreaktor yang akan menghasilkan pupuk organik padat dan pupuk organik cair dalam waktu 30 hari. Antara kurun waktu 18-21 hari pada bioreaktor akan terbentuk larva dewasa (prepupa) yang akan bergerak naik dan keluar dari reaktor dan siap untuk dipanen. Sebagian prepupa yang sudah berbentuk hitam dibawa ke rearing house untuk dikembangbiakkan, dan sebagian lainnya dipanen sebagai pakan.

Setelah pre puppa dipanen maka dimasukkan ke rearing house, pre puppa berubah menjadi pupa kemudian bermetamorfosa menjadi lalat dan bertelur. Proses ini akan memakan waktu sekitar 24 hari. **Berdasarkan uraian diatas, untuk mengolah sampah dengan biokonversi larva BSF memerlukan waktu 18-21 hari.**



B. Karbonisasi

Proses karbonisasi sampah organik dimulai dari proses pencacahan sampah menjadi ukuran-ukuran kecil. Setelah sampah dicacah, sampah perlu melalui proses pengeringan untuk mengurangi kadar air pada sampah. Proses pengeringan ini memakan waktu 3-4 hari tergantung tingginya kadar air awal pada sampah. Setelah sampah dikeringkan, sampah kemudian dimasukkan ke reaktor karbonisasi untuk dilakukan proses pengarangan.

Alat karbonisasi atau pengarangan terdiri atas sebuah reaktor kiln yang diberi beberapa lubang kecil di dindingnya, didudukkan di atas tungku, dan kemudian diberi perapian. Sampah yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam reaktor kiln yang ditutup sedemikian rupa agar terjadi proses pembakaran tidak sempurna atau minimum oksigen selama waktu 10 – 18 jam hingga diperoleh arang karbon. Melihat tingginya kadar air sampah TPA Regional Payakumbuh dan komposisi sampah yang didominasi oleh sampah sisa makanan dan sampah pasar, memungkinkan proses karbonisasi memakan waktu lebih lama.

Setelah arang karbon terbentuk dilakukan kembali proses pengeringan arang untuk mengurangi kadar air pada arang. Setelah dikeringkan kemudian arang karbon dicetak pada mesin pencetak. **Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa proses karbonisasi memerlukan waktu 10-18 jam.** Waktu proses ini juga bergantung pada karakteristik sampah yang akan diproses.

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

Pada proses pengolahan Anaerobic Digestion, keberhasilan pengolahan ditentukan dari waktu detensi. Waktu detensi menyatakan jumlah waktu yang dibutuhkan substrat untuk tinggal di dalam reaktor. Dengan adanya waktu detensi yang sesuai, akan memungkinkan terjadinya reaksi yang lengkap dalam proses AD dan ini sangat bergantung pada temperatur

proses, pH substrat, dan komposisi substrat. **Waktu detensi yang ideal untuk terjadinya AD adalah 15 – 30 hari** (Ricci & Confalonieri, 2016).

D. Pengomposan

Berdasarkan Petunjuk Teknis TPS 3R oleh Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR Tahun 2017, proses pembuatan kompos terdiri dari 2 tahap, yaitu:

- Pembuatan kompos setengah matang membutuhkan waktu sekitar 3 minggu;
- Pematangan (maturasi) kompos yang berlangsung sekitar 4 – 6 minggu.

Kompos yang dihasilkan dari proses degradasi yang diuraikan di atas, baik pada pengomposan tradisional maupun pada pengomposan modern (pengomposan dipercepat) disebut sebagai *kompos setengah matang* yang belum stabil, dan tidak baik bila digunakan langsung pada tanaman. Dibutuhkan proses pematangan agar tanaman yang menggunakan tidak terganggu, misalnya akibat panas reaksi yang ditimbulkan. Proses pematangan kompos sampai saat ini biasanya dilakukan dalam bentuk diangin-angin di udara terbuka.



Gambar 4.18. Alur Kerja Pengomposan Menggunakan Metode Bata Berongga



4.4.4 Tingkat Reduksi Sampah

A. Biokonversi dengan Larva BSF

Proses pengomposan limbah organik menggunakan larva BSF dapat mengkonversi 100% bahan organik menjadi pupuk organik dan larva kaya protein. Menurut Kahar (2020), larva BSF (larva BSF) dapat mereduksi sampah organik perkotaan sebesar 47,55 % dimana kemampuan larva (larva BSF) dalam mengkonsumsi sampah organik perkotaan adalah 26,1508 g sampah/g larva BSF. Persentase reduksi sampah ini bergantung pada banyaknya sampah yang ditambahkan dan ketersediaan sistem drainase pada bioreaktor.

Larva BSF menjadi agen konverter limbah organik karena larva ini makan lahap berbagai bahan organik membusuk dan menghasilkan prepupa mengandung protein kasar 40% dan 30% lemak sebagai pakan ikan dan hewan ternak lainnya. Sebanyak 60-70% massa limbah akan menjadi pupuk organik dan 30-40% menjadi larva kaya protein (Sastro, 2016).

Untuk mengetahui potensi produk yang dihasilkan, maka dapat diperkirakan dari jumlah sampah yang dapat diolah ini. Proyeksi produk yang dihasilkan menggunakan standar persentase konversi sampah yang didapat dari studi pustaka sebagai berikut:

- 60-70% limbah akan terkonversi menjadi pupuk organik (Sastro, 2016)
- 30-40% limbah akan terkonversi menjadi larva sebagai pakan ternak (Sastro, 2016)
- 1,5L lindi dihasilkan dari 10kg sampah (Kusumawati, 2020)

Perkiraan produk yang dihasilkan dari adalah sebagai berikut:

- Skenario 1
Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari



1) Potensi Pupuk Organik Padat

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Pasokan Sampah} \\ &= 21 \text{ hari} \times 51,23 \text{ ton/hari} \\ &= 1.076 \text{ ton} \\ \text{Potensi Pupuk Organik} &= \% \text{tingkat pengolahan} \times 1.076 \text{ ton} \\ &= 60\% \times 1.076 \text{ ton} \\ &= \pm 645,6 \text{ ton/21 hari} \\ &= \pm 30,74 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa reduksi sampah yang dapat dihasilkan dalam proses pengolahan sampah secara biologis (pengomposan) mencapai 40-60%.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan kompos} \times \text{total kompos} \\ &= 50\% \times 30,74 \text{ ton/hari} \\ &= \pm 15,37 \text{ ton/hari atau } \pm 6,15 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2) Potensi Larva sebagai Pakan Ternak

$$\begin{aligned}\text{Potensi Pakan Ternak} &= \% \text{tingkat pengolahan} \times 1.076 \text{ ton} \\ &= 40\% \times 1.076 \text{ ton} \\ &= 430,4 \text{ ton/21 hari} \\ &= \pm 20,50 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

3) Potensi Pupuk Organik Cair

$$\begin{aligned}\text{Volume Lindi} &= \text{Standar Konversi} \times 1.076 \text{ ton} \\ &= \frac{1,5L}{10kg \text{ sampah}} \times 1.076 \text{ ton} \\ &= 161,4 \text{ m}^3/21 \text{ hari} \\ &= \pm 7,69 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Menurut Rajiman (2020), pupuk organik cair yang telah jadi akan diikuti dengan penyusutan volume pupuk organik cair yang dapat mencapai hingga setengah dari volume semula.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan} \times \text{total pupuk cair} \\ &= 50\% \times 7,69 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$



$$= \pm 3,85 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari

1) Potensi Pupuk Organik Padat

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Pasokan Sampah} \\ &= 21 \text{ hari} \times 85,39 \text{ ton/hari} \\ &= 1.793 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Potensi Pupuk Organik} &= \% \text{tingkat pengolahan} \times 1.793 \text{ ton} \\ &= 60\% \times 1.793 \text{ ton/21 hari} \\ &= \pm 51,23 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa reduksi sampah yang dapat dihasilkan dalam proses pengolahan sampah secara biologis (pengomposan) mencapai 40-60%.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan kompos} \times \text{total kompos} \\ &= 50\% \times 51,23 \text{ ton/hari} \\ &= \pm 25,62 \text{ ton/hari atau } \pm 46,43 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2) Potensi Larva sebagai Pakan Ternak

$$\begin{aligned}\text{Potensi Pakan Ternak} &= \% \text{tingkat pengolahan} \times 1.793 \text{ ton} \\ &= 40\% \times 1.793 \text{ ton} \\ &= 717,2 \text{ ton/21 hari} \\ &= \pm 34,15 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

3) Potensi Pupuk Organik Cair

$$\begin{aligned}\text{Volume Lindi} &= \text{Standar Konversi} \times 1.793 \text{ ton} \\ &= \frac{1,5L}{10kg \text{ sampah}} \times 1.793 \text{ ton} \\ &= 268,95 \text{ m}^3/21 \text{ hari} \\ &= \pm 12,81 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Menurut Rajiman (2020), pupuk organik cair yang telah jadi akan diikuti dengan penyusutan volume pupuk organik cair yang dapat mencapai hingga setengah dari volume semula.



$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan} \times \text{total pupuk cair} \\ &= 50\% \times 12,81 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \pm 6,41 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari

1) Potensi Pupuk Organik Padat

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Pasokan Sampah} \\ &= 21 \text{ hari} \times 170,77 \text{ ton/hari} \\ &= 3.586 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Potensi Pupuk Organik} &= \% \text{tingkat pengolahan} \times 3.586 \text{ ton} \\ &= 60\% \times 3.586 \text{ ton} \\ &= 2.152 \text{ ton}/21 \text{ hari} \\ &= 102,48 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa reduksi sampah yang dapat dihasilkan dalam proses pengolahan sampah secara biologis (pengomposan) mencapai 40-60%.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan kompos} \times \text{total kompos} \\ &= 50\% \times 102,48 \text{ ton/hari} \\ &= \pm 51,24 \text{ ton/hari} \text{ atau } \pm 92,86 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2) Potensi Larva sebagai Pakan Ternak

$$\begin{aligned}\text{Potensi Pakan Ternak} &= \% \text{tingkat pengolahan} \times 3.586 \text{ ton} \\ &= 40\% \times 3.586 \text{ ton}/21 \text{ hari} \\ &= 1.434 \text{ ton}/21 \text{ hari} \\ &= \pm 68,28 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

3) Potensi Pupuk Organik Cair

$$\begin{aligned}\text{Volume Lindi} &= \text{Standar Konversi} \times 3.586 \text{ ton} \\ &= \frac{1,5L}{10kg \text{ sampah}} \times 3.586 \text{ ton} \\ &= 538 \text{ m}^3/21 \text{ hari} \\ &= \pm 25,62 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$



Menurut Rajiman (2020), pupuk organik cair yang telah jadi akan diikuti dengan penyusutan volume pupuk organik cair yang dapat mencapai hingga setengah dari volume semula.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan} \times \text{total pupuk cair} \\ &= 50\% \times 25,62 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \pm 12,81 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Rekapitulasi perkiraan produk yang dapat dihasilkan dari biokonversi sampah organik oleh larva BSF adalah sebagai berikut

Tabel 4.8.
Estimasi Produk yang Dihasilkan dari Biokonversi dengan Larva BSF

Skenario	Potensi Sampah yang Dapat Diolah (ton/hari)	Perkiraan Pupuk Organik Padat yang Dihasilkan (ton/hari)	Perkiraan Pupuk Organik Cair yang Dihasilkan (m ³ /hari)	Perkiraan Pakan Ternak yang Dihasilkan (ton/hari)
Skenario 1	51,23	15,37	3,85	20,49
Skenario 2	85,39	25,62	6,41	34,15
Skenario 3	170,77	51,24	12,81	68,28

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Biokonversi dengan larva BSF menghasilkan produk akhir berupa larva sebagai pakan ternak dan pupuk organik padat sebagai residu dari proses biokonversi. Pupuk organik cair merupakan produk turunan dari proses biokonversi. **Berdasarkan hasil produk akhir yang didapat, diperkirakan tingkat reduksi sampah dengan biokonversi larva BSF pada TPA Regional Payakumbuh adalah 69,97% dari total sampah terolah.**

B. Karbonisasi

Melihat komposisi sampah TPA Regional Payakumbuh yang didominasi oleh sampah organik mudah terurai (81,24%) yang bersumber dari sampah pasar dan non-pasar, serta karakteristik sampah dengan kadar air mencapai 42,43%, perlu pengkondisian khusus dalam penerapan teknologi karbonisasi ini.

Menurut Nasution (2022), persentase randemen arang (biobriket) yang dihasilkan dari proses karbonisasi sampah organik adalah 19,7% dari berat



total sampah. Persentase ini juga tergantung pada komposisi bahan baku yang diolah. Menggunakan pendekatan ini, maka dapat diproyeksikan tingkat reduksi sampah TPA Regional Payakumbuh menggunakan teknologi karbonisasi sebagai berikut:

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari. Pada proses pengeringan, akan terjadi penyusutan berat sebesar 30%

Berat setelah pengeringan = ~~%penyusutan~~ x berat sampah

$$= 30\% \times 51,23 \text{ ton/hari}$$

$$= \pm 15,37 \text{ ton/hari}$$

Potensi Pengolahan = %pengolahan x berat setelah pengeringan

$$= 19,7\% \times 15,37 \text{ ton/hari}$$

$$= \pm 3,02 \text{ ton/hari}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari. Pada proses pengeringan, akan terjadi penyusutan berat sebesar 30%

Berat setelah pengeringan = ~~%penyusutan~~ x berat sampah

$$= 30\% \times 85,39 \text{ ton/hari}$$

$$= \pm 25,62 \text{ ton/hari}$$

Potensi Pengolahan = %pengolahan x berat setelah pengeringan

$$= 19,7\% \times 25,62 \text{ ton/hari}$$

$$= \pm 5,05 \text{ ton/hari}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari. Pada proses pengeringan, akan terjadi penyusutan berat sebesar 30%

Berat setelah pengeringan = ~~%penyusutan~~ x berat sampah

$$\begin{aligned} &= 30\% \times 170,77 \text{ ton/hari} \\ &= \pm 51,23 \text{ ton/hari} \\ \text{Potensi Pengolahan} &= \% \text{pengolahan} \times \text{berat setelah pengeringan} \\ &= 19,7\% \times 51,23 \text{ ton/hari} \\ &= \pm 10,09 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perkiraan produk yang dapat dihasilkan dari proses Karbonisasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9.
Estimasi Produk yang Dihasilkan dari Karbonisasi

Skenario	Potensi Sampah yang Dapat Diolah (ton/hari)	Perkiraan Arang Biobriket (ton/hari)
Skenario 1	51,23	3,02
Skenario 2	85,39	5,05
Skenario 3	170,77	10,09

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Proses karbonisasi menghasilkan arang (rendemen). Berat sampah akan berkurang akibat proses pembakaran dan berubah menjadi residu berupa arang. **Berdasarkan hal ini, maka estimasi tingkat reduksi sampah TPA Regional Payakumbuh dengan proses karbonisasi adalah 80,3% dari total sampah terolah.**

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

Analisa tingkat reduksi sampah menggunakan teknologi Anaerobic Digestion dapat dilakukan dengan pendekatan nilai Total Solid Content (TS%). Menurut Yuniar (2017), nilai TS untuk sampah organik perkotaan adalah 20% dan dapat menghasilkan biogas sebanyak $0,5 \text{ m}^3/\text{kg}$. Dengan pendekatan ini, maka dapat diketahui asumsi gas yang dapat dihasilkan sebagai berikut:

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari.

Total nilai TS = %TS x jumlah bahan baku



$$= 20\% \times 51,23 \text{ ton}$$

$$= 10.246 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gas yang dihasilkan per hari} &= \text{Total nilai TS (kg)} \times \text{produksi gas yang} \\ &\text{dihasilkan (m}^3\text{)} \\ &= 10.246 \text{ kg} \times 0,50 \text{ m}^3/\text{kg} \\ &= \pm \mathbf{5.123 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari.

$$\text{Total nilai TS} = \%TS \times \text{jumlah bahan baku}$$

$$= 20\% \times 85.390 \text{ kg}$$

$$= 17.078 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gas yang dihasilkan per hari} &= \text{Total nilai TS (kg)} \times \text{produksi gas yang} \\ &\text{dihasilkan (m}^3\text{)} \\ &= 17.078 \text{ kg} \times 0,50 \text{ m}^3/\text{kg} \\ &= \pm \mathbf{8.539 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari.

$$\text{Total nilai TS} = \%TS \times \text{jumlah bahan baku}$$

$$= 20\% \times 170.770 \text{ kg}$$

$$= 34.154 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gas yang dihasilkan per hari} &= \text{Total nilai TS (kg)} \times \text{produksi gas yang} \\ &\text{dihasilkan (m}^3\text{)} \\ &= 34.154 \text{ kg} \times 0,50 \text{ m}^3/\text{kg} \\ &= \pm \mathbf{17.077 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perkiraan produk yang dapat dihasilkan dari proses Anaerobic Digestion adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10.
Estimasi Produk yang Dihasilkan dari Anaerobic Digester

Skenario	Potensi Sampah yang Dapat Diolah (ton/hari)	Perkiraan Biogas (m ³ /hari)
Skenario 1	51,23	5.123
Skenario 2	85,39	8.539
Skenario 3	170,77	17.077

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Proses Anaerobic Digestion (AD) menghasilkan biogas sebagai produk akhirnya. Produk turunan yang dapat dihasilkan adalah slurry yang memiliki kandungan nitrogen dan kandungan organik tinggi tergantung pada jenis substrat yang diproses. **Berdasarkan hal ini, dapat diasumsikan bahwa tingkat reduksi sampah dengan proses AD adalah 57% dari total sampah yang diproses.**

D. Pengomposan

Pengolahan sampah organik dengan pengomposan masih menjadi alternatif yang banyak diterapkan di Indonesia. Faktor penyebabnya antara lain karena pengoperasiannya yang mudah dan sampah yang masih didominasi oleh komposisi sampah organik. Komposisi sampah di TPA Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik mudah terurai (81,24%). Untuk mengetahui estimasi tingkat reduksi sampah di TPA Regional Payakumbuh dapat dilakukan perkiraan sebagai berikut:

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari atau 170.77 m³/hari. Waktu proses pengomposan adalah 30 hari

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Pasokan Sampah} \\ &= 30 \text{ hari} \times 170.77 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 5.123 \text{ m}^3\end{aligned}$$



Sampah harus melalui proses pencacahan sebelum diproses. Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa proses pencacahan dapat mereduksi volume hingga mencapai 3 (tiga) kali lipat, sehingga

$$\begin{aligned}\text{Volume setelah dicacah} &= \text{Volume yang akan dicacah}/3 \\ &= 5.123 \text{ m}^3 / 3 \\ &= 1.707 \text{ m}^3/30 \text{ hari} \\ &= \pm 56,90 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Setelah dicacah, sampah kemudian akan dikompos menggunakan reaktor bata berongga. Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa reduksi sampah yang dapat dihasilkan dalam proses pengolahan sampah secara biologis (pengomposan) mencapai 40-60%.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan kompos} \times \text{total kompos} \\ &= 60\% \times 56,90 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \pm 22,76 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ atau } \pm 6,83 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari atau 284,63 m³/hari. Waktu proses pengomposan adalah 30 hari

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Pasokan Sampah} \\ &= 30 \text{ hari} \times 284,63 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 8.538 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sampah harus melalui proses pencacahan sebelum diproses. Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa proses pencacahan dapat mereduksi volume hingga mencapai 3 (tiga) kali lipat, sehingga

$$\begin{aligned}\text{Volume setelah dicacah} &= \text{Volume yang akan dicacah}/3 \\ &= 8.538 \text{ m}^3 / 3 \\ &= 2.846 \text{ m}^3/30 \text{ hari} \\ &= \pm 94,87 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Setelah dicacah, sampah kemudian akan dikompos menggunakan reaktor bata berongga. Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan



bahwa reduksi sampah yang dapat dihasilkan dalam proses pengolahan sampah secara biologis (pengomposan) mencapai 40-60%.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan kompos} \times \text{total kompos} \\ &= 60\% \times 94.87 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \pm \mathbf{37,95 \text{ m}^3/\text{hari}} \text{ atau } \pm \mathbf{11,38 \text{ ton/hari}}\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari atau 569,23 m³/hari. Waktu proses pengomposan adalah 30 hari

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Pasokan Sampah} \\ &= 30 \text{ hari} \times 569,23 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 17,077 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sampah harus melalui proses pencacahan sebelum diproses. Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa proses pencacahan dapat mereduksi volume hingga mencapai 3 (tiga) kali lipat, sehingga

$$\begin{aligned}\text{Volume setelah dicacah} &= \text{Volume yang akan dicacah}/3 \\ &= 17.077 \text{ m}^3 / 3 \\ &= 5.692 \text{ m}^3/30 \text{ hari} \\ &= \pm 189,73 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Setelah dicacah, sampah kemudian akan dikompos menggunakan reaktor bata berongga. Permen PU No. 03/PRT/M/2013 menyebutkan bahwa reduksi sampah yang dapat dihasilkan dalam proses pengolahan sampah secara biologis (pengomposan) mencapai 40-60%.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pupuk yang Dihasilkan} &= \% \text{penyusutan kompos} \times \text{total kompos} \\ &= 60\% \times 189,73 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \pm \mathbf{75,90 \text{ m}^3/\text{hari}} \text{ atau } \pm \mathbf{22,77 \text{ ton/hari}}\end{aligned}$$

Rekapitulasi perkiraan produk yang dapat dihasilkan dari proses pengomposan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11.
Estimasi Produk yang Dihasilkan dari Pengomposan dengan Metode Bata Berongga

Skenario	Potensi Sampah yang Dapat Diolah (ton/hari)	Perkiraan Pupuk Kompos	
		ton/hari	m ³ /hari
Skenario 1	51,23	6,38	22,76
Skenario 2	85,39	11,38	37,95
Skenario 3	170,77	22,77	75,90

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Proses pengomposan sampah organik menghasilkan produk akhir berupa pupuk kompos. Dalam prosesnya, terjadi pengurangan berat dan volume sampah akibat proses degradasi materi organik oleh mikroorganisme.

Tingkat reduksi sampah dengan proses pengomposan bata berongga adalah 60% dari total volume sampah terolah.

4.4.5 Estimasi Kebutuhan Lahan

Analisa kebutuhan lahan merupakan salah satu kriteria dalam penentuan alternatif bioteknologi yang akan diterapkan. Estimasi kebutuhan lahan masing-masing alternatif bioteknologi akan dibandingkan dengan ketersediaan lahan di TPA Regional Payakumbuh. Saat ini ketersediaan lahan di TPA Regional Payakumbuh adalah $\pm 8.875 \text{ m}^2$. Penetapan lahan ini berdasarkan hasil wawancara dengan pihak UPTD Persampahan DLH Provinsi Sumatera Barat. Lahan yang tersedia saat ini berada di bagian selatan TPA Regional Payakumbuh yang berdekatan dengan lokasi garasi alat berat.

A. Biokonversi dengan Larva BSF

Kebutuhan lahan pada biokonversi dengan larva BSF akan memperhitungkan penggunaan lahan pada proses pengolahannya.

a) Area Bioreaktor BSF

Area bioreaktor merupakan area pengolahan sampah. Proses yang terjadi pada area ini adalah biokonversi sampah organik oleh larva BSF. Ukuran reaktor adalah 5m x 1,2m x 2,5m dengan konstruksi bertingkat 3. Masing-masing reaktor dapat mengolah 2 ton sampah/hari. Dalam



perhitungan kebutuhan lahan dipertimbangkan jarak 1 m pada setiap sisi sebagai area mobilisasi pekerja. Berdasarkan standar ini, maka dapat dihitung kebutuhan lahan untuk memproses sampah di TPA Regional Payakumbuh dengan biokonversi larva BSF sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Lahan} = \text{Jumlah unit} \times \text{kebutuhan lahan 1 unit}$$

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari. Waktu pengolahan adalah 21 hari maka total sampah yang diolah dalam satu siklus adalah 1.076 ton

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Jumlah Sampah} \\ &= 21 \text{ hari} \times 51,23 \text{ ton/hari} \\ &= 1.076 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Unit} &= \frac{\text{Jumlah sampah}}{\text{Kapasitas unit}} \\ &= 1.076 \text{ ton} / 2 \text{ ton} \\ &= 538 \text{ unit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 538 \text{ unit} \times 13,2 \text{ m}^2 \\ &= \pm 7.102 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari. Waktu pengolahan adalah 21 hari maka total sampah yang diolah dalam satu siklus adalah 1.794 ton

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Jumlah Sampah} \\ &= 21 \text{ hari} \times 85,39 \text{ ton/hari} \\ &= 1.794 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Unit} &= \frac{\text{Jumlah sampah}}{\text{Kapasitas unit}} \\ &= 1.794 \text{ ton} / 2 \text{ ton} \\ &= 897 \text{ unit}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 897 \text{ unit} \times 13,2 \text{ m}^2 \\ &= \pm 11.840 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari. Waktu pengolahan adalah 21 hari maka total sampah yang diolah dalam satu siklus adalah 1.076 ton

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu Proses} \times \text{Jumlah Sampah} \\ &= 21 \text{ hari} \times 51,23 \text{ ton/hari} \\ &= 3.586 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Unit} &= \frac{\text{Jumlah sampah}}{\text{Kapasitas unit}} \\ &= 3.586 \text{ ton} / 2 \text{ ton} \\ &= 1.793 \text{ unit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 1.793 \text{ unit} \times 13,2 \text{ m}^2 \\ &= \pm 23.668 \text{ m}^2\end{aligned}$$

b) Area Perkawinan (Rearing House)

Area perkawinan (Rearing House) merupakan area pembiakkan larva BSF. Pada area ini, lalat dewasa akan melakukan perkawinan dan menghasilkan telur larva baru. Menurut Dortmans (2017) dalam buku Panduan Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF), kebutuhan lahan area perkawinan untuk memproses 2 ton sampah organik per hari adalah $\pm 15 \text{ m}^2$. Berdasarkan standar ini, maka dapat dihitung kebutuhan lahan untuk memproses sampah di TPA Regional Payakumbuh dengan biokonversi larva BSF sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Lahan} = 15 \text{ m}^2 / 2 \text{ ton} \times \text{Jumlah Sampah yang Diproses}$$

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 15 \text{ m}^2 / 2 \text{ ton} \times 51,23 \text{ ton} \\ &= \pm 384 \text{ m}^2\end{aligned}$$



- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 15 \text{ m}^2/2 \text{ ton} \times 85,39 \text{ ton} \\ &= \pm \mathbf{640 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 15 \text{ m}^2/2 \text{ ton} \times 170,77 \text{ ton} \\ &= \pm \mathbf{1.280 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

c) Area Penetasan (Hatchery)

Area Penetasan (Hatchery) merupakan area untuk pembiakkan larva muda dari telur larva. Area ini harus dikondisikan agar terhindar dari sinar matahari langsung. Menurut Dortmans (2017) dalam buku Panduan Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF), kebutuhan lahan area penetasan untuk memproses 2 ton sampah organik per hari adalah $\pm 8 \text{ m}^2$. Berdasarkan standar ini, maka dapat dihitung kebutuhan lahan untuk memproses sampah di TPA Regional Payakumbuh dengan biokonversi larva BSF sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Lahan} = 8 \text{ m}^2/2 \text{ ton} \times \text{Jumlah Sampah yang Diproses}$$

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 8 \text{ m}^2/2 \text{ ton} \times 51,23 \text{ ton} \\ &= \pm \mathbf{205 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 8 \text{ m}^2/2 \text{ ton} \times 85,39 \text{ ton} \\ &= \pm \mathbf{342 \text{ m}^2}\end{aligned}$$



- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= 8 \text{ m}^2/2 \text{ ton} \times 170,77 \text{ ton} \\ &= \pm 683 \text{ m}^2\end{aligned}$$

d) Area Pengeringan Kompos

Area pengeringan kompos digunakan sebagai tempat pematangan kompos yang dihasilkan dari residu biokonversi larva BSF. Direncanakan ketinggian penumpukan kompos adalah 60 cm. Kebutuhan lahan area pengeringan akan mempertimbangkan potensi pengolahan pupuk kompos. Persamaan untuk mendapatkan luas kebutuhan lahan area pengeringan kompos adalah sebagai berikut:

$$V = p \times l \times t$$

dimana: V = Volume kompos yang akan dikeringkan

p = panjang lahan

l = lebar lahan

t = tinggi tumpukan

- Skenario 1

Pupuk padat yang dihasilkan $\pm 8,52 \text{ m}^3/\text{hari}$. Pupuk padat memerlukan waktu pematangan selama 14 hari

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu proses} \times \text{Jumlah sampah} \\ &= 14 \text{ hari} \times 8,52 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 119,3 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$119,3 \text{ m}^3 = p \times l \times 0,6$$

$$p \times l = 198 \text{ m}^2$$

Kebutuhan lahan area pengeringan adalah 198 m^2 .

- Skenario 2

Pupuk padat yang dihasilkan $\pm 14,23 \text{ m}^3/\text{hari}$. Pupuk padat memerlukan waktu pematangan selama 14 hari

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pengolahan} &= \text{Waktu proses} \times \text{Jumlah sampah} \\ &= 14 \text{ hari} \times 14,23 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 199,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$



$$199,2 \text{ m}^3 = p \times l \times 0,6$$

$$p \times l = 332 \text{ m}^2$$

Kebutuhan lahan area pengeringan adalah 332 m².

- Skenario 3

Pupuk padat yang dihasilkan $\pm 135,50 \text{ m}^3/\text{hari}$. Pupuk padat memerlukan waktu pematangan selama 14 hari

Kapasitas Pengolahan = Waktu proses x Jumlah sampah

$$= 14 \text{ hari} \times 28,47 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 398,6 \text{ m}^3$$

$$398,6 \text{ m}^3 = p \times l \times 0,6$$

$$p \times l = 664 \text{ m}^2$$

Kebutuhan lahan area pengeringan adalah 664 m².

e) Bak Aerasi

Leachete yang dihasilkan dari pengolahan sampah di bioreaktor akan dialirkan menggunakan pipa menuju bak aerasi. Setelah melalui proses aerasi, pupuk cair akan ditambahkan dengan *Effective Microorganism* (EM4) dan difermentasi. Kebutuhan bak aerasi direncanakan seluas 240 m².

Rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan untuk proses biokonversi adalah sebagai berikut

Tabel 4.12.
Estimasi Kebutuhan Lahan Biokonversi dengan Larva BSF

Penggunaan Lahan	Jumlah (m ²)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
FASILITAS UTAMA			
Area Pengolahan	7.102	11.840	23.668
Area Perkawinan (Rearing House)	384	640	1.280
Area Penetasan (Hatchery)	205	342	683
Area Pengeringan Kompos	198	332	664
Kolam Aerasi	240	240	240
FASILITAS PENUNJANG			
Gudang	108	108	108
Kantor	36	36	36



Penggunaan Lahan	Jumlah (m ²)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Pos Jaga	4	4	4
Workshop	48	48	48
JUMLAH	8.325	13.590	26.731

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Berdasarkan hasil rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan pada proses biokonversi larva BSF diatas terlihat bahwa implementasi proses biokonversi larva BSF dapat memenuhi ketersediaan lahan yang ada dengan kondisi penerapan mengikuti skenario 1.

B. Karbonisasi

Kebutuhan lahan pada karbonisasi akan memperhitungkan penggunaan lahan pada proses pengolahannya

a) Area Pengeringan

Area pengeringan diperlukan untuk proses pengeringan sampah organik sebelum diproses. Ketinggian tumpukan direncanakan 60 cm. Persamaan untuk mendapatkan luas kebutuhan lahan area pengeringan sampah adalah sebagai berikut:

$$V = p \times l \times t$$

dimana: V = Volume kompos yang akan dikeringkan

p = panjang lahan

l = lebar lahan

t = tinggi tumpukan

- Skenario 1

Sampah yang akan diolah ± 51,23 m³/hari

$$\begin{aligned} 51,23 \text{ m}^3/\text{hari} &= p \times l \times t \\ p \times l &= 86 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan lahan area pengeringan adalah 86 m².

- Skenario 2

Sampah yang akan diolah ± 85,39 m³/hari

$$\begin{aligned} 85,39 \text{ m}^3/\text{hari} &= p \times l \times t \\ p \times l &= 144 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Kebutuhan lahan area pengeringan adalah 144 m^2 .

- Skenario 3

Sampah yang akan diolah $\pm 170,77 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$\begin{aligned} 170,77 \text{ m}^3/\text{hari} &= p \times l \times t \\ p \times l &= 285 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan lahan area pengeringan adalah 285 m^2 .

b) Area Pencacahan

Area pencacahan merupakan area peletakkan mesin pencacah untuk memperkecil ukuran sampah yang akan diproses. Salah satu mesin pencacah yang bisa digunakan ialah mesin keluaran aneka mesin dengan tipe AM-PC1500 dengan kapasitas $1500 \text{ kg sampah/jam}$. Mesin tersebut memiliki dimensi $180\text{cm} \times 90\text{cm} \times 150 \text{ cm}$. Untuk area pekerja disediakan jalan dengan lebar 1 m . Kebutuhan mesin pencacah adalah 6 unit. Kebutuhan lahan area pencacahan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Lahan Pencacahan} &= \text{Luas mesin pencacah} \times \text{jumlah mesin} \\ &= 1,8 \text{ m}^2 \times 6 \text{ unit} \\ &= 32 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c) Area Karbonisasi

Proses karbonisasi menggunakan peralatan terdiri atas sebuah reaktor kiln yang diberi beberapa lubang kecil di dindingnya, didudukkan di atas tungku, dan kemudian diberi perapian. Reaktor kiln yang digunakan berdimensi $29\text{m} \times 15\text{m} \times 5\text{m}$ dengan kapasitas pengolahan 1 ton/jam . Untuk kebutuhan mobilisasi pekerja disediakan area 5 m pada setiap sisi. Kebutuhan unit reaktor kiln adalah sebagai berikut:

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar $\pm 51,23 \text{ ton/hari}$. Asumsi jam kerja 8 jam/hari .

Kapasitas pengolahan 1 reaktor dalam 1 hari adalah 8 ton/hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Alat} &= 51,23 \text{ ton} / 8 \text{ ton} \\ &= 7 \text{ unit} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan 1 unit} &= p \times l \\ &= (29\text{m} + 5\text{m}) \times (15\text{m} + 5\text{m}) \\ &= 34\text{m} \times 20\text{m} \\ &= 680 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan untuk 7 unit reaktor} &= 7 \text{ unit} \times 680 \text{ m} \\ &= \pm \mathbf{4.760 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar $\pm 85,39$ ton/hari. Asumsi jam kerja 8 jam/hari. Kapasitas pengolahan 1 reaktor dalam 1 hari adalah 8 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Alat} &= 85,39 \text{ ton} / 8 \text{ ton} \\ &= 11 \text{ unit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan 1 unit} &= p \times l \\ &= (29\text{m} + 5\text{m}) \times (15\text{m} + 5\text{m}) \\ &= 34\text{m} \times 20\text{m} \\ &= 680 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan untuk 11 unit reaktor} &= 11 \text{ unit} \times 680 \text{ m} \\ &= \pm \mathbf{7.480 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar $\pm 170,77$ ton/hari. Asumsi jam kerja 8 jam/hari. Kapasitas pengolahan 1 reaktor dalam 1 hari adalah 8 ton/hari

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Alat} &= 170,77 \text{ ton} / 8 \text{ ton} \\ &= 22 \text{ unit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan 1 unit} &= p \times l \\ &= (29\text{m} + 5\text{m}) \times (15\text{m} + 5\text{m}) \\ &= 34\text{m} \times 20\text{m} \\ &= 680 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan untuk 22 unit reaktor} &= 22 \text{ unit} \times 680 \text{ m} \\ &= \pm \mathbf{14.960 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

d) Area Pengeringan Arang

Area pengeringan arang dibutuhkan untuk mengeringkan arang hasil karbonisasi sebelum dicetak menjadi biopellet. Luas lahan yang dibutuhkan untuk area pengeringan arang adalah 120 m².

Rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan untuk proses Karbonisasi adalah sebagai berikut

Tabel 4.13.
Estimasi Kebutuhan Lahan Proses Karbonisasi

Penggunaan Lahan	Jumlah (m ²)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
FASILITAS UTAMA			
Area Pengeringan Sampah	86	144	285
Area Pencacahan Sampah	32	32	32
Area Proses Karbonisasi	4.760	7.480	14.960
Area Pengeringan Arang	120	120	120
FASILITAS PENUNJANG			
Gudang	108	108	108
Kantor	36	36	36
Pos Jaga	4	4	4
Workshop	48	48	48
JUMLAH	5.194	7.972	15.593

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Berdasarkan hasil rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan pada proses karbonisasi diatas terlihat bahwa implementasi proses karbonisasi dapat memenuhi ketersediaan lahan yang ada dengan kondisi penerapan mengikuti skenario 2.

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

Pendekatan praktis untuk menentukan kebutuhan lahan implementasi AD dapat dilakukan dengan contoh implementasi yang telah ada sebelumnya. Berdasarkan Modul Teknologi WtE Berbasis Proses Biologis Anaerobic Digestion yang disusun oleh Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Kementerian PUPR (2018), salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dari implementasi AD di Indonesia adalah 4000 m² lahan dengan kapasitas



pengolahan maksimum 15 ton/hari. Nilai pendekatan ini sudah memperhitungkan kebutuhan lahan untuk semua proses pada teknologi Anaerobic Digestion. Menggunakan pendekatan praktis ini dapat dihitung perkiraan kebutuhan luas lahan untuk implementasi AD di TPA Regional Payakumbuh:

- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= \frac{\text{Jumlah sampah (ton)}}{15 \text{ ton}} \times 4000 \text{ m}^2 \\ &= 51,23 \text{ ton}/15 \text{ ton} \times 4000 \text{ m}^2 \\ &= \pm 13.661 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= \frac{\text{Jumlah sampah (ton)}}{15 \text{ ton}} \times 4000 \text{ m}^2 \\ &= 85,39 \text{ ton}/15 \text{ ton} \times 4000 \text{ m}^2 \\ &= \pm 22.770 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= \frac{\text{Jumlah sampah (ton)}}{15 \text{ ton}} \times 4000 \text{ m}^2 \\ &= 170,77 \text{ ton}/15 \text{ ton} \times 4000 \text{ m}^2 \\ &= \pm 45.538 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan untuk proses Anaerobic Digestion adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14.
Estimasi Kebutuhan Lahan Proses Anaerobic Digestion

Penggunaan Lahan	Jumlah (m ²)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
FASILITAS UTAMA			
Fasilitas Pengolahan Anaerobic Digestion	13.661	22.770	45.538
FASILITAS PENUNJANG			
Gudang	108	108	108
Kantor	36	36	36
Pos Jaga	4	4	4
Workshop	48	48	48
JUMLAH	14.097	23.206	45.974

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Berdasarkan hasil rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan pada proses AD diatas terlihat bahwa implementasi proses AD tidak dapat memenuhi ketersediaan lahan yang ada.

D. Pengomposan

1. Area Pengomposan

Kebutuhan lahan area pengomposan didasarkan pada kebutuhan unit bata berongga sebagai tempat penumpukkan kompos.

- **Skenario 1**

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 51,23 ton/hari atau 170,77 m³/hari. Sampah harus melalui proses pencacahan sebelum diproses. Dimensi satu unit bata berongga adalah 5m x 1,2m x 1,2m dengan kapasitas 2 ton/unit. Maka kebutuhan unit bata berongga adalah sebagai berikut

Kapasitas Pengolahan = Waktu Proses x Jumlah Sampah

$$= 30 \text{ hari} \times 51,23 \text{ ton/hari}$$

$$= 1.537 \text{ ton}$$

$$\text{Kebutuhan Unit} = \frac{\text{Jumlah sampah}}{\text{Kapasitas unit}}$$

$$= 1.537 \text{ ton} / 2 \text{ ton}$$

$$= 768 \text{ unit}$$



Kebutuhan lahan untuk 1 unit bata berongga adalah 13 m^2 setelah penambahan area 1 m pada setiap sisi untuk mobilisasi pekerja.

Maka kebutuhan lahan total untuk area pengomposan adalah

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lahan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{kebutuhan lahan 1 unit} \\ &= 768 \text{ unit} \times 13 \text{ m}^2 \\ &= \pm 9.984 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 85,39 ton/hari atau $284,62 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sampah harus melalui proses pencacahan sebelum diproses. Dimensi satu unit bata berongga adalah $5\text{m} \times 1,2\text{m} \times 1,2\text{m}$ dengan kapasitas 2 ton/unit. Maka kebutuhan unit bata berongga adalah sebagai berikut

Kapasitas Pengolahan = Waktu Proses x Jumlah Sampah

$$= 30 \text{ hari} \times 85,39 \text{ ton/hari}$$

$$= 2.562 \text{ ton}$$

$$\text{Kebutuhan Unit} = \frac{\text{Jumlah sampah}}{\text{Kapasitas unit}}$$

$$= 2.562 \text{ ton} / 2 \text{ ton}$$

$$= 1.281 \text{ unit}$$

Kebutuhan lahan untuk 1 unit bata berongga adalah 13 m^2 . Maka kebutuhan lahan total untuk area pengomposan adalah

$$\text{Kebutuhan lahan} = \text{Jumlah unit} \times \text{kebutuhan lahan 1 unit}$$

$$= 1.281 \text{ unit} \times 13 \text{ m}^2$$

$$= \pm 16.653 \text{ m}^2$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 170,77 ton/hari atau $569,23 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sampah harus melalui proses pencacahan sebelum diproses. Dimensi satu unit bata berongga adalah $5\text{m} \times 1,2\text{m} \times 1,2\text{m}$ dengan kapasitas 2 ton/unit. Maka kebutuhan unit bata berongga adalah sebagai berikut

Kapasitas Pengolahan = Waktu Proses x Jumlah Sampah



$$\begin{aligned} &= 30 \text{ hari} \times 296,83 \text{ ton/hari} \\ &= 5.123 \text{ ton} \\ \text{Kebutuhan Unit} &= \frac{\text{Jumlah sampah}}{\text{Kapasitas unit}} \\ &= 5.123 \text{ ton} / 2 \text{ ton} \\ &= 2.562 \text{ unit} \end{aligned}$$

Kebutuhan lahan untuk 1 unit bata berongga adalah 13 m^2 . Maka kebutuhan lahan total untuk area pengomposan adalah

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan lahan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{kebutuhan lahan 1 unit} \\ &= 2.562 \text{ unit} \times 13 \text{ m}^2 \\ &= \pm \mathbf{33.306 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

2. Area Pencacahan

Area pencacahan merupakan area peletakkan mesin pencacah untuk memperkecil ukuran sampah yang akan diproses. Salah satu mesin pencacah yang bisa digunakan ialah mesin keluaran aneka mesin dengan tipe AM-PC1500 dengan kapasitas 1500 kg sampah/jam. Mesin tersebut memiliki dimensi 180cm x 90cm x 150 cm. Untuk area pekerja disediakan jalan dengan lebar 1 m. Kebutuhan mesin pencacah adalah 6 unit. Kebutuhan lahan area pencacahan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Lahan Pencacahan} &= \text{Luas mesin pencacah} \times \text{jumlah mesin} \\ &= 1,8 \text{ m}^2 \times 6 \text{ unit} \\ &= 32 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Area Pematangan Kompos

Pematangan kompos dilakukan dengan cara menumpuk sampah pada area tertentu dan dikeringkan dengan diangin-anginkan. Kebutuhan lahan area pematangan kompos didasarkan pada jumlah kompos yang dihasilkan. Tinggi tumpukan setinggi 60 cm. Maka kebutuhan area pematangan kompos adalah sebagai berikut:



- Skenario 1

Kapasitas Pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 89,05 ton/hari atau 161,39 m³/hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan adalah 22,76 m³/hari

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\22,76 \text{ m}^3 &= p \times l \times 0,6 \text{ m} \\P \times l &= \pm 38 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 2

Kapasitas Pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 148,42 ton/hari atau 269,00 m³/hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan adalah 37,96 m³/hari

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\37,96 \text{ m}^3 &= p \times l \times 0,6 \text{ m} \\P \times l &= \pm 64 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Skenario 3

Kapasitas Pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah, atau sebesar 296,83 ton/hari atau 537,98 m³/hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan adalah 75,90 m³/hari

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\75,90 \text{ m}^3 &= p \times l \times 0,6 \text{ m} \\P \times l &= \pm 127 \text{ m}^2\end{aligned}$$

4. Area Pengayakan

Pengayakan diperlukan setelah proses pengomposan untuk membuat ukuran kompos seragam. Pengayakan akan dilakukan dengan bantuan mesin mekanis. Salah satu mesin pengayak yang bisa digunakan ialah mesin keluaran Andaro mesin dengan tipe MSCX1000 dengan kapasitas 500 kg sampah/jam. Mesin tersebut memiliki dimesi 250cm x 100cm x 150 cm. Jumlah mesin yang digunakan adalah 4 unit. Luas total area yang diperlukan adalah 56 m².

Rekapitulasi kebutuhan lahan pengomposan dengan metode bata berongga adalah sebagai berikut:

Tabel 4.15.
Estimasi Kebutuhan Lahan Pengomposan dengan Bata Berongga

Penggunaan Lahan	Jumlah (m ²)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
FASILITAS UTAMA			
Area Pencacahan Sampah	32	32	32
Area Pengomposan	9.984	16.653	33.306
Area Pematangan Kompos	38	64	128
Area Pengayakan	56	56	56
FASILITAS PENUNJANG			
Gudang	108	108	108
Kantor	36	36	36
Pos Jaga	4	4	4
Workshop	48	48	48
JUMLAH	10.306	17.001	33.718

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Berdasarkan hasil rekapitulasi estimasi kebutuhan lahan pada proses AD diatas terlihat bahwa implementasi proses AD tidak dapat memenuhi ketersediaan lahan yang ada.

4.5 Kajian Aspek Sosial Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik

Aspek sosial adalah sesuatu aspek yang memperhitungkan nilai penting antara masyarakat. Pada aspek sosial kriteria yang dipertimbangkan diantaranya:

1. Potensi Konflik Antara Masyarakat;
2. Kesiapan SDM dalam Pengoperasian Teknologi

4.5.1 Potensi Konflik Antara Masyarakat

Para ahli sosial berpendapat penyebab munculnya konflik adalah adanya hubungan sosial, ekonomi dan politik yang berakar pada perebutan sumber-sumber kepemilikan, status sosial dan kekuasaan yang jumlahnya sangat terbatas sehingga menimbulkan pembagian yang tidak merata di masyarakat. Rencana penggunaan bioteknologi di TPA Regional Payakumbuh baik secara



langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap kegiatan yang telah ada sebelumnya yang dilakukan oleh pemulung sampah. Pemulung sampah yang ada di TPA Regional Payakumbuh berjumlah $\pm$ 30 orang. Pemulung biasanya melakukan pemilahan sampah yang baru dipindahkan dari truk pengangkutan sampah ke lokasi TPA.

Rencana pengolahan secara bioteknologi akan mengakibatkan perubahan pada system dropping sampah masuk ke TPA, dimana sampah akan dilakukan pemilahan terlebih dahulu. Sistem bioteknologi pada dasarnya tidak memerlukan sampah-sampah plastik untuk dimanfaatkan melainkan sampah-sampah organik saja. Oleh sebab itu agar tidak terjadi kesalahpahaman dan peluang timbulnya konflik maka perlunya dibuatkan suatu sosialisasi dan penjelasan kepada pemulung yang sudah biasa mengambil sampah yang masih bernilai jual di TPA Regional Payakumbuh untuk bisa bekerja sama dalam hal pemilahan sampah. Hal ini akan memudahkan juga proses pemilahan pengolahan sampah sebelum diproses secara bioteknologi.

4.5.2 Kesiapan SDM dalam Pengoperasian Teknologi

Sumber Daya Manusia (SDM) menjadi salah faktor yang dibutuhkan dalam penjalanan proses pengolahan sampah secara bioteknologi. Kegiatan pengolahan sampah secara bioteknologi (larva BSF, Biogas, kompos dan biopellet) memiliki perbedaan dalam proses pengelolaannya sehingga kemampuan SDM menjadi hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bioteknologi yang akan diterapkan. Berdasarkan kondisi eksisting, TPA Regional Payakumbuh saat ini memiliki tenaga kerja sejumlah 21 orang. Berikut dapat dilihat jumlah pekerja dan tanggung jawab pekerjaan di TPA Regional Payakumbuh.

Tabel 4.16.
Jumlah Tenaga Kerja Eksisting TPA Regional Payakumbuh

Bidang Pekerjaan	Jumlah
Koordinator Lapangan	1 orang
Mandor	1 orang
Petugas Jembatan Timbang	2 orang
Operator Alat Berat	4 orang
Mekanik Peralatan	1 orang
Petugas Kebersihan	2 orang
Petugas Landfill	2 orang
Petugas Logistik	1 orang
Supir Truk	2 orang
Petugas Taberat	1 orang
Security	4 orang

Sumber: DED Pengembangan TPA Regional Payakumbuh, 2019

Berdasarkan data di atas dapat terlihat jumlah pekerja sekaligus dengan bidang pekerjaan. Pengolahan bioteknologi akan membutuhkan pekerja dan juga kualifikasi yang disesuaikan dengan tahapan proses pengolahan pada masing-masing pengolahan. Kebutuhan akan SDM selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut.

A. Biokonversi dengan Larva BSF

Proses pengembangan larva BSF sebagai bioteknologi pengolahan sampah membutuhkan sumber daya manusia sebagai pengelola. Kegiatan pengelolaan yang dilakukan dalam pengembangan larva BSF sebagai bioteknologi pengolahan sampah diantaranya:

1. Melakukan pemilahan bahan baku

Pemilahan menjadi suatu hal penting untuk dilakukan dalam proses penerapan larva BSF sebagai bioteknologi pengolahan sampah. Pemilahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin akan tetapi tetap memerlukan bantuan manusia dalam pelaksanaannya. Pemilahan dilakukan dengan memastikan bahwa sampah yang dijadikan pakan larva BSF merupakan sampah organik.



2. Pencacahan

Pada proses selanjutnya yaitu pencacahan, pencacahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin pencacah, dan tetap diperlukan bantuan manusia dalam pengoperasionalannya.

3. Pemberian pakan larva BSF

Pemberian pakan larva BSF dalam hal ini sampah organik yang telah dipilah dan dicacah sebelumnya.

4. Perawatan larva BSF

Perawatan larva BSF terdiri dari beberapa kegiatan diantaranya melakukan pemindahan telur BSF ke media penetasan, memisahkan larva yang telah menjadi pupa dan sebagainya.

5. Pengumpulan kasgot

Larva BSF akan menghasilkan kasgot (kompos larva BSF) yang berasal dari sisa sampah makanan yang telah dimakan oleh larva BSF.

Tabel 4.17.

Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Proses Biokonversi Larva BSF

Bidang Pekerjaan	Jumlah
Pemilahan	12 orang
Pencacahan	10 orang
Pemberian makan larva	25 orang
Petugas Rearing House	6 orang
Petugas Hatchery	8 orang
Petugas Nursery	10 orang
Fermentasi pupuk cair	5 orang
Pengemasan	20 orang
Jumlah	100 orang

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan kegiatan di atas dapat dilihat dalam penerapan larva BSF sebagai bioteknologi pengolahan sampah akan membutuhkan SDM. Kegiatan pengelolaan dalam pengembangan larva BSF tergolong sederhana karena tidak memerlukan suatu disiplin ilmu khusus dan tidak memerlukan teknologi sulit dalam pengoperasionalannya. SDM yang berlaku sebagai pengelola nantinya dapat dibimbing melalui suatu SOP atau pelatihan singkat mengenai tata cara penerapan bioteknologi larva BSF.



B. Karbonisasi

Proses penerapan biopelet sebagai bioteknologi pengolahan sampah tidak lepas dari kebutuhan akan sumber daya manusia sebagai pengelola. Kegiatan pengelolaan yang dilakukan dalam penerapan biopelet sebagai teknologi pengolahan sampah diantaranya:

1. Pemilahan Sampah

Pemilahan menjadi suatu hal pertama yang dilakukan dalam proses penerapan biopelet sebagai bioteknologi pengolahan sampah. Pemilahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin akan tetapi tetap memerlukan bantuan manusia dalam pelaksanaannya.

2. Pengeringan

Proses pengeringan bahan baku dapat dilakukan secara konvensional yaitu melalui penjemuran langsung di bawah sinar matahari, proses pengeringan biopelet akan memerlukan SDM dalam pelaksanaannya.

3. Penggilingan / Penghalusan

Proses selanjutnya yang membutuhkan SDM yaitu penggilingan/pencacahan yang bertujuan agar bahan baku sampah yang digunakan lebih kecil dan mempermudah proses terbentuknya gumpalan.

4. Pengayakan

Setelah dilakukan penggilingan/penghalusan selanjutnya bahan baku diayak agar ukurannya menjadi seragam dan pada saat melakukan pencetakan, adonan lebih mudah terikat satu sama lainnya

5. Pembuatan Adonan

Adonan biopelet membutuhkan bahan perekat sebanyak 1-10% dari bahan baku dan ditambahkan dengan air.

6. Pencetakan

Biopelet dicetak menggunakan mesin pencetakan biopelet.

7. Pengeringan

Selanjutnya biopellet yang telah dicetak dianjurkan untuk dilakukan pengeringan. Pengeringan bisa dilakukan secara konvensional maupun dengan menggunakan media oven dengan suhu 110°C.

Tabel 4.18.
Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Proses Karbonisasi

Bidang Pekerjaan	Jumlah
Pemilahan	8 orang
Pencacahan	4 orang
Pengeringan	7 orang
Operator Reaktor Kiln	3 orang
Pembuatan adonan	4 orang
Pencetakan	3 orang
Pengemasan	6 orang
Jumlah	35 orang

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tahapan proses pembuatan biopellet diatas dapat dilihat bahwa kegiatan biopellet terdiri dari langkah-langkah yang membutuhkan bantuan manusia. Beberapa tahapan proses pengolahan sampah menjadi biopellet memerlukan suatu keterampilan dalam penggunaan peralatan.

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

Pengolahan sampah menggunakan bioteknologi biogas membutuhkan bantuan SDM dalam proses pengoperasionalannya. Kegiatan yang memerlukan SDM diantaranya sebagai berikut:

1. Melakukan pemilahan bahan baku

Pemilahan menjadi suatu hal penting untuk dilakukan dalam proses penerapan biogas sebagai bioteknologi pengolahan sampah. Pemilahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin akan tetapi tetap memerlukan bantuan manusia dalam pelaksanaannya. Pemilahan dilakukan dengan memastikan bahwa sampah yang dijadikan pakan biogas merupakan sampah organik.

2. Pencacahan dan Pengadukan Bahan Baku

Pada proses selanjutnya proses pembuatan biogas yaitu dengan melakukan pencacahan dan pengadukan bahan baku sebelum dan



sesudah dimasukan ke dalam *digester*, pencacahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin pencacah, dan tetap diperlukan bantuan manusia dalam proses kegiatannya

3. Pemasukan Bahan ke dalam *digester*

Sampah yang telah dicacah dan dihaluskan dimasukan ke dalam *digester*. Proses pembentukan biogas memerlukan penambahan air dengan variasi perbandingan antara air dan bahan baku sebesar (1:2), (Mujahidah dkk, 2013). Proses tersebut akan membutuhkan SDM dalam penjalanannya. Selanjutnya bahan baku yang dimasukan tersebut dibiarkan dalam beberapa hari sehingga terjadi proses anaerobik yang menghasilkan gas metana secara alamiah.

4. Pemantauan dan Pemeliharaan selama Tahap Pembentukan Biogas

Biogas yang diproduksi dalam skala yang cukup besar akan memerlukan SDM dalam pemantauan dan pemeliharaan diantaranya:

- Kontrol jumlah sampah dan variasinya dengan air
- Kontrol pembentukan gas setiap harinya
- Pemeriksaan kandungan metan dalam biogas
- Pemeriksaan adanya kebocoran gas
- Membersihkan overflow dari bahan baku yang dimasukan ke dalam *digester*.
- Memelihara timbunan tanah di atas kubah secara rutin
- Membersihkan dan melumas katup utama gas
- Membersihkan/memperbaiki penguras air dan lubang
- Mengganti selang gas secara berkala

Tabel 4.19.
Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Proses Anaerobic Digestion

Bidang Pekerjaan	Jumlah
Pemilahan	8 orang
Pencacahan	4 orang
Pengawas Digester	6 orang
Pengawas Kantong Gas	3 orang
Pengolahan Slurry	6 orang



Bidang Pekerjaan	Jumlah
Pengemasan	8 orang
Jumlah	35 orang

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tahapan kegiatan dalam proses pembentukan biogas di atas dapat dilihat pengolahan sampah menggunakan bioteknologi biogas membutuhkan SDM. Proses kegiatan pembentukan biogas akan memerlukan SDM yang terampil karena membutuhkan pemantauan dan pemeliharaan rutin berupa pengecekan kandungan biogas, kontrol dari penambahan volume biogas setiap harinya serta kegiatan pengecekan kebocoran dan kegiatan tanggap darurat jika terjadi kebocoran. Biogas memiliki kandungan gas metana yang bersifat mudah terbakar (*Flammable*) (Said, 2002). Sifat Biogas yang mudah terbakar akan menjadi suatu risiko dalam tahap pengoperasionalannya sehingga dibutuhkan SDM yang memiliki keahlian dan terampil.

D. Pengomposan

Proses penerapan kompos sebagai bioteknologi pengolahan sampah membutuhkan sumber daya manusia sebagai pengelola. Kegiatan pengelolaan yang dilakukan dalam pengembangan kompos sebagai bioteknologi pengolahan sampah diantaranya:

1. Melakukan pemilahan bahan baku

Pemilahan menjadi suatu hal penting untuk dilakukan dalam proses penerapan kompos sebagai bioteknologi pengolahan sampah. Pemilahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin akan tetapi tetap memerlukan bantuan manusia dalam pelaksanaannya. Pemilahan dilakukan dengan memastikan bahwa sampah yang dijadikan pakan kompos merupakan sampah organik.

2. Pencacahan

Pada proses selanjutnya yaitu pencacahan, pencacahan dapat dilakukan dengan bantuan mesin pencacah, dan tetap diperlukan bantuan manusia dalam pengoperasionalannya.

3. Pengomposan

Kegiatan pengomposan yang membutuhkan SDM diantaranya sebagai berikut.

- Melakukan penimbunan dalam box, satu layer setiap hari, tinggi setiap lapisan 20 cm
- Sampah dikomposkan memakan waktu sampai dengan 30 hari, selanjutnya timbunan dibongkar dan diangin-anginkan
- Selanjutnya masuk ke dalam masa pematangan kompos selama 15 hari.

Tabel 4.20.

Estimasi Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Proses Pengomposan

Bidang Pekerjaan	Jumlah
Pemilahan	8 orang
Pencacahan	7 orang
Petugas pengomposan	17 orang
Pematangan kompos	6 orang
Pengemasan	10 orang
Jumlah	48 orang

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tahapan proses pengomposan diatas dapat dilihat bahwa kegiatan pengomposan terdiri dari langkah-langkah sederhana. Proses pengolahan sampah tidak perlu memerlukan suatu disiplin ilmu khusus dan tidak memerlukan teknologi sulit dalam pengoperasionalannya. SDM yang akan dijadikan pengelola dari pengolahan sampah secara bioteknologi dengan kompos cukup diberikan suatu pelatihan singkat dan SOP pengelolaan yang harus dilakukan saat proses pengomposan.

4.6 Kajian Aspek Lingkungan Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik

Kriteria aspek lingkungan terkait dengan kompatibilitas teknologi pengolahan dengan wilayah sekitarnya. Pada aspek lingkungan, kriteria yang dipertimbangkan diantaranya:



1. Potensi Timbulan Bau dan Vektor Penyakit
2. Risiko Emisi dan Lindi

4.6.1 Potensi Timbulan Bau dan Vektor Penyakit

Risiko bau dan vektor penyakit berarti berbagai kemungkinan dari tahapan pada proses pengolahan sampah secara bioteknologi (Biokonversi dengan larva BSF, Karbonisasi, Anaerobic Digestion/Biogas, Pengomposan) yang dapat menghasilkan bau dan menjadi vektor penyakit. Analisis timbulan bau dan vektor penyakit ini mempertimbangkan dampak yang ditimbulkan pada pekerja dan petugas TPA Regional Payakumbuh. Penjelasan mengenai bau dan vektor penyakit pada proses pengolahan sampah secara bioteknologi dapat dilihat sebagai berikut.

A. Biokonversi Larva dengan BSF

Larva BSF berasal dari lalat BSF (*Black Soldier Fly*), lalat pada umumnya erat kaitan dengan vektor penyakit akan tetapi berbeda dengan lalat BSF. Lalat BSF memiliki siklus hidup yang relatif pendek, yakni ± 6 minggu. Siklus hidupnya diawali dengan fase kawin & bertelur, yang berlangsung lebih kurang selama 1 minggu. Selama fase kawin & bertelur, lalat BSF tidak makan dan minum, hal inilah yang menyebabkan lalat BSF tidak menjadi lalat yang menyebabkan vektor penyakit. Kebutuhan hidupnya hanya ditopang oleh cadangan makanan yang dikumpulkan pada fase larva BSF. Secara alami, lalat BSF jantan akan mati setelah kawin, dan lalat BSF betina akan mati setelah bertelur. (Sri dkk, 2021).

Larva BSF juga tidak menimbulkan risiko bau yang ditimbulkan dari sampah, hal ini disebabkan karena metode pemberian pakan larva BSF yang dilakukan pada kondisi terbuka dan sampah yang ada didegradasi oleh larva BSF. Larva BSF dalam proses perkembangannya memakan sampah organik akan menghasilkan sisa-sisa makanan yang tidak termakan sepenuhnya, dan sisa makanan ini akan menjadi kompos yang biasa disebut dengan kasgot. Selanjutnya air lindi yang dihasilkan dari proses larva BSF dapat diproses



lanjutan menjadi pupuk cair. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat pengolahan larva BSF memiliki risiko bau dan vektor penyakit yang rendah.

B. Karbonisasi

Proses karbonisasi sampah merupakan proses pengolahan sampah dengan prinsip pembakaran tidak sempurna yang dilakukan pada suatu reaktor untuk menghasilkan arang (biochar) dari sampah. Proses pengoperasian alat mekanis memerlukan sumber energi (listrik atau gas). Pada prosesnya, pengoperasian reaktor karbonisasi dapat membunuh vektor penyakit pada sampah akibat proses pembakaran yang terjadi pada proses pengarangan. Namun terdapat potensi kontaminasi limbah B3 yang mungkin timbul akibat substrat yang dimasukkan tidak terpilah sempurna dari limbah B3 dan memungkinkan biobriket yang dihasilkan memiliki karakteristik limbah B3.

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

Biogas terbentuk secara anaerob, proses pembentukan secara anaerob artinya sampah akan dimasukan ke dalam suatu reaktor yang kedap sehingga terbebas dari kontak dengan oksigen. Salah satu risiko bau dalam pembentukan biogas dapat ditimbulkan jika terjadi kebocoran terhadap reaktor. Risiko bau selanjutnya dalam pembuatan biogas adalah dari *sludge* atau lumpur endapan yang terbentuk di dalam reaktor, dalam proses pengeluaran endapan tersebut maka akan menimbulkan bau yang tidak sedap.

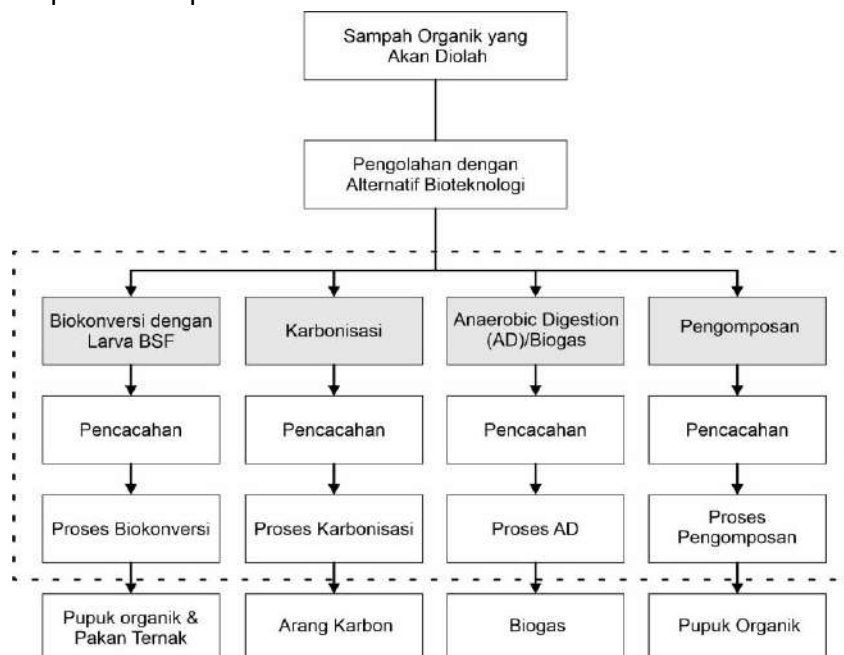
Selanjutnya jika dilihat dari potensi vektor penyakit, pembentukan biogas yang bersifat anaerob tidak akan menimbulkan bau yang dapat memancing adanya lalat. Dalam proses pembentukan biogas hal yang akan berpotensi menjadi vektor penyakit adalah *sludge* atau lumpur endapan yang ada pada reaktor. *Sludge* yang tidak dikelola akan menimbulkan bau dan dapat memancing salah satu hewan yang menjadi vektor penyakit yaitu lalat. Berdasarkan hal tersebut biogas dapat dikatakan memiliki risiko vektor penyakit dan bau yang terbentuk dari *sludge* atau endapan.

D. Pengomposan

Proses pengomposan merupakan proses penguraian material biodegradable yang terdapat pada sampah yang dilakukan dalam kondisi aerob. Proses pengomposan dapat menimbulkan bau karena dilakukan secara aerob dan di ruang terbuka. Potensi bau yang dihasilkan dapat mengganggu kenyamanan. Di sisi lain, tumpukan sampah pada saat pengomposan jika tidak teraliri udara dengan menyeluruh dapat mengganggu proses penguraian dan mengundang lalat yang merupakan vektor penyakit.

4.6.2 Risiko Emisi

Penilaian risiko emisi dari setiap alternatif dilakukan dengan memperhitungkan kebutuhan sumber daya dalam setiap proses (input) dan keluaran dari proses (output). Input dan output dari masing-masing alternatif bioteknologi ditentukan dari setiap proses dan peralatan yang digunakan. Satuan fungsional yang digunakan adalah per ton per tahun sampah yang diolah. Hasil yang didapat dari analisis ini adalah estimasi emisi yang dihasilkan dalam setahun. Dalam penilaian emisi gas ini ditetapkan batasan sistem sebagai ruang lingkup proses yang dikaji. Batasan sistem dalam analisis ini dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19. Batasan Sistem

Tahapan pertama dalam analisis ini adalah Inventory Analysis. Inventory Analysis adalah pengumpulan data dan penghitungan input. Inventory analysis meliputi pengumpulan data semua aktivitas dalam sistem. Analisis input dari semua aktivitas dalam sistem dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21.
Input Sumber Daya Per Ton Sampah yang Diolah

Alternatif Bioteknologi	Jenis Sumber daya	input per ton sampah
Biokonversi dengan larva BSF	Solar pencacah	2,2 L
	Listrik	3,88 kwh
Pengomposan	Solar pencacah	2,2 L
	air	3,89 L
	Listrik	1,33 kwh
Karbonisasi	Solar pencacah	2,2 L
	Reaktor Kiln	31 kwh
AD	Solar pencacah	2,2 L
	air	1.000 L

Sumber: Hasil perhitungan

Setelah menghitung input sumber daya yang dibutuhkan pada setiap alternatif bioteknologi selanjutnya penghitungan beban lingkungan yang ditimbulkan. Pada analisis ini akan dibatasi pada penghitungan beban lingkungan dari emisi gas yang dihasilkan dari masing-masing proses. Setiap proses dirinci berdasarkan masing-masing implementasi bioteknologi. Masing-masing alternatif bioteknologi melalui proses pretreatment dalam bentuk pencacahan sampah. Jumlah beban lingkungan yang ditimbulkan dihitung berdasarkan faktor emisi dari masing-masing proses. Nilai faktor emisi didapat dari berbagai sumber yang relevan. Hasil penghitungan beban emisi dari masing-masing alternatif bioteknologi dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22
Estimasi Nilai Beban Emisi yang Dihasilkan Per Tahun

Alternatif Bioteknologi	Input Sampah	Faktor Emisi	Sumber emisi	Nilai Faktor Emisi	Beban Lingkungan
Biokonversi dengan larva BSF	170,77 ton/hari	CO ₂	Pencacahan	74.100 kg/TJ ⁽¹⁾	6.298 ton CO ₂ eq/tahun
		CH ₄	Proses biokonversi	4 g/kg limbah ⁽¹⁾	248,2 ton/tahun
		N ₂ O		0,3 g/kg limbah ⁽¹⁾	18,69 ton/tahun
Pengomposan	170,77 ton/hari	CO ₂	Pencacahan	74.100 kg/TJ ⁽¹⁾	6.298 ton CO ₂ eq/tahun
		CH ₄	Proses pengomposan	4 g/kg limbah ⁽¹⁾	248,2 ton/tahun
		N ₂ O		0,3 g/kg limbah ⁽¹⁾	18,69 ton/tahun
		NH ₃		6,2% /kg limbah ⁽¹⁾	82,58 ton/tahun

Alternatif Bioteknologi	Input Sampah	Faktor Emisi	Sumber emisi	Nilai Faktor Emisi	Beban Lingkungan
Karbonisasi	170,77 ton/hari	CO ₂	Pencacahan	74.100 kg/TJ ⁽¹⁾	6.298 ton CO ₂ eq/tahun
		NO ₂	Proses karbonisasi	0,35 kg/ton limbah ⁽²⁾	21.816 ton/tahun
		CO		0,02 kg/ton limbah ⁽²⁾	1.246 ton/tahun
		SO _x		0,01 kg/ton limbah ⁽²⁾	623 ton/tahun
AD	170,77 ton/hari	CO ₂	Pencacahan	74.100 kg/TJ ⁽¹⁾	6.298 ton CO ₂ eq/tahun
		N	Proses AD	0,18 kg/ton VS ⁽³⁾	2.96 ton/tahun
		NH ₃		0,15 kg/ton VS ⁽³⁾	2,45 ton/tahun
		P		0,01 kg/ton VS ⁽³⁾	0,16 ton/tahun

Sumber: Hasil perhitungan

Ket: (1) Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006

(2) Xu et.al., 2015

(3) Rachim, 2017

Berdasarkan hasil perhitungan beban emisi diatas terlihat bahwa alternatif bioteknologi menghasilkan emisi gas baik dari proses pre-treatment maupun proses pengolahannya. Kandungan zat pada emisi gas masing-masing alternatif bioteknologi juga berbeda karena masing-masing alternatif bioteknologi terdiri dari proses yang berbeda-beda.

A. Biokonversi Larva BSF

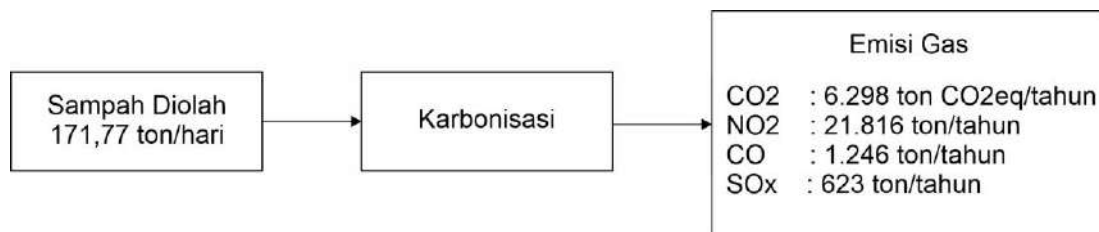
Pada proses biokonversi dengan larva BSF dihasilkan emisi berupa gas CH₄ (metana) dan N₂O (dinitrogen oksida). Pada proses pre-treatment pencacahan dihasilkan emisi gas CO₂ (karbon dioksida) dari pengoperasian mesin pencacah. Dalam satu tahun dihasilkan 248,2 ton /tahun gas CH₄, 18,69 ton/tahun gas N₂O dan 6.298 ton/tahun gas CO₂. Gas CH₄ dan N₂O yang dihasilkan dari proses biokonversi tergolong rendah dan bersumber dari aktivitas biodegradasi materi organik pada sampah. Gas yang lepas ke udara dalam kuantitas kecil tidak berbahaya bagi lingkungan. Diagram alir pembentukan emisi gas pada proses biokonversi larva BSF dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.20. Diagram Alir Emisi Gas Proses Biokonversi dengan Larva BSF

B. Karbonisasi

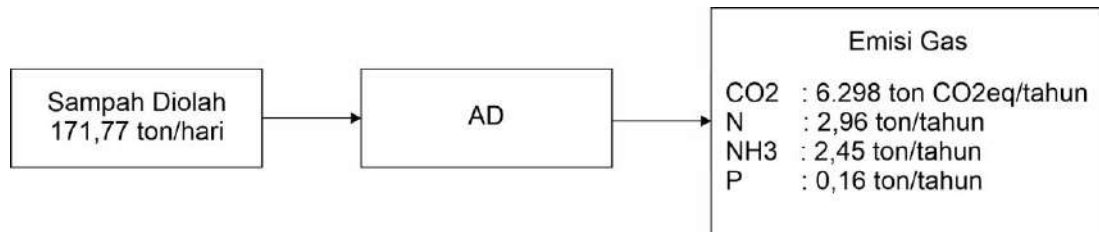
Implementasi proses karbonisasi yang memerlukan peralatan mekanis menghasilkan risiko timbulan gas CO (karbon monoksida) akibat proses pembakaran. Namun kondisi ini dapat ditanggulangi karena konstruksi mesin karbonisasi yang telah mereduksi emisi gas yang dilepas. Implementasi karbonisasi yang tidak sesuai dapat menimbulkan senyawa siklopentanon dalam sebagai hasil pembakaran yang merupakan senyawa keton siklik yang berpotensi menimbulkan gas bersifat karsinogenik (beracun). Dalam proses karbonisasi, selain gas CO juga dihasilkan gas NO₂ (nitrogen dioksida) dan SO_x (sulfur oksida). Gas NO₂ akan merusak lingkungan karena merupakan salah satu komponen penyebab hujan asam yang berakibat pada kerusakan bangunan dan keasaman tanah. Gas SO₂ juga merupakan salah satu zat pencemar lingkungan yang dapat menyebabkan pemanasan global. Diagram alir pembentukan emisi gas pada proses karbonisasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.21. Diagram Alir Emisi Gas Proses Karbonisasi

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

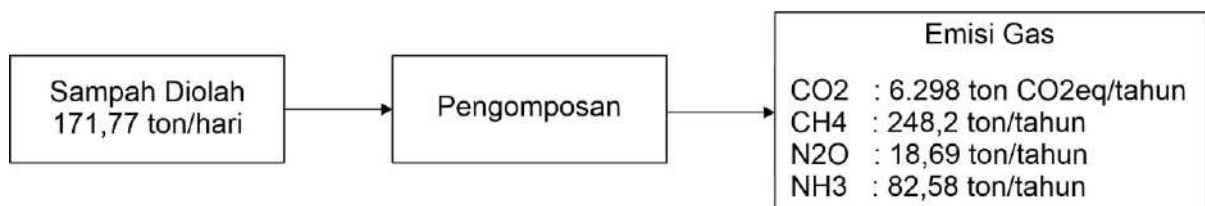
Implementasi AD pada dasarnya terjadi dalam suatu sistem tertutup. Kontrol gas yang dihasilkan dapat diatur dengan konstruksi reaktor yang tepat dan kondisi pemberian substrat pada reaktor. Namun demikian teknologi AD masih menimbulkan gas emisi berupa N (nitrogen), NH₃ (amonia), dan P (fosfor). Gas yang dihasilkan pada proses AD tidak sepenuhnya lepas ke udara karena proses terjadi pada reaktor kedap. Diagram alir pembentukan emisi gas pada proses AD dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.22. Diagram Alir Emisi Gas Proses Anaerobic Digestion (AD)

D. Pengomposan

Proses pengomposan merupakan proses degradasi materi organik pada sampah yang dilakukan dalam kondisi aerob pada ruang terbuka. Proses degradasi oleh mikroorganisme ini akan melepas emisi gas ke udara. Emisi gas yang dihasilkan terdiri dari CH₄ sebanyak 248,2 ton/tahun, N₂O sebanyak 18,69 ton/tahun dan NH₃ sebanyak 82,58 ton/tahun. Diagram alir pembentukan emisi gas pada proses pengomposan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.23. Diagram Alir Emisi Gas Proses Pengomposan

4.7 Kajian Aspek Ekonomi Penerapan Alternatif Bioteknologi Pengolahan Sampah Organik

A. Biokonversi dengan Larva BSF

1) Skenario 1

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 1 dimana kapasitas pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian biokonversi dengan larva BSF terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti



bahan baku, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet.

Estimasi kebutuhan investasi modal kerja pendirian biokonversi dengan larva BSF, dilakukan berdasarkan asumsi bibit magot yang berupa telur seharga Rp 2.100/gr sedangkan kebutuhan telur bibit magot adalah 51.231 gr. Untuk seterusnya 30% larva BSF dijadikan pembiakan dan 70% dijual menjadi pakan ternak. Berdasarkan asumsi harga dan kebutuhan bibit magot dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.23
Investasi Modal Kerja Biokonversi Larva BSF Skenario 1

Kas		Rp50,000,000
Bibit Larva BSF (51.231 gr telur)	3.000/gr	Rp153,69,000
Total		Rp203,690,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian biokonversi dengan larva BSF disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.24
Investasi Aset Tetap Biokonversi Larva BSF Skenario 1

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	2	Rp39,500,000	Rp79,000,000
Mesin pencacah	4	Rp25,950,000	Rp103,800,000
Rak besi bertingkat 3 sebagai bioreaktor	75	Rp1,100,000	Rp82,500,000
Ruang sebagai kandang kawin dilengkapi rak stainless	8	Rp2,500,000	Rp20,000,000
Rak besi bertingkat 3 sebagai tempat penetasan telur	85	Rp1,100,000	Rp93,500,000
Kolam aerasi	5	Rp3,000,000	Rp15,000,000
Aerator	5	Rp65,000,000	Rp325,000,000
Timbangan berdiri	4	Rp3,200,000	Rp12,800,000
Trolley palet	6	Rp3,000,000	Rp18,000,000
Wadah plastik persegi	180	Rp100,000	Rp18,000,000
Pengayak manual	6	Rp100,000	Rp600,000
Thermo-hygrometer	12	Rp450,000	Rp5,400,000
Sekop	25	Rp75,000	Rp1,875,000
Mesin pengemas karung	4	Rp80,000,000	Rp320,000,000



Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Mesin pengemas botol	2	Rp55,000,000	Rp110,000,000
Investasi Bangunan			Rp4,000,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp5,205,475,000

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian biokonversi dengan dengan larva BSF sebesar Rp 5.205.475.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 157.730.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 5.363.205.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok biokonversi sampah organik dengan dengan larva BSF jika target pengolahan sampah adalah 51,23 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produk hanya 30% yang diserap pasar. Asumsi 30% produk diserap pasar berdasarkan hasil survei di lapangan, yang memberikan informasi bahwa pangsa pasar dari produk ini adalah 30%. Selanjutnya untuk pengerjaan di lapangan di perlukan buruh 25 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.25
Estimasi Harga Pokok Produksi Biokonversi Larva BSF Skenario 1

HPP	Kebutuhan /Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	178.278	Rp267,417	Rp8,022,510	Rp96,270,120
Derigen Plastik 30 Kg @ Rp 55.000	38.5	Rp2,117,500	Rp63,525,000	Rp762,300,000
Upah @ Rp 100.000/hari	25	Rp2,500,000	Rp75,000,000	Rp900,000,000
BOP			Rp50,000,000	Rp600,000,000
Total HPP		Rp4,884,917	Rp196,547,510	Rp2,358,570,120

Sumber: Hasil perhitungan



Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 52,23 ton/hari. Selanjutnya untuk target penjualan adalah sebesar 30% dari hasil produksi, dimana target penjualan ini berdsarkan pada survey pasar yang dilakukan terhadap calon konsumen. Sedangkan untuk produk yang tidak terserap oleh pasar bisa dibagikan secara gratis kepada masyarakat, dalam bentuk bantuan kepada peternak dan petani. Asumsi harga jual dari produk hasil biokonversi yang terdiri dari pakan ternak adalah Rp 1.000 per kg, pupuk organik kering Rp 2.000 per kg dan pupuk organik cair Rp 5.000 per liter. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 5 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp 1.041.095.000. biaya operasional Rp 200.000.000 dan pemeliharaan Rp 100.000.000 pertahun.

Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.26
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Biokonversi Larva BSF Skenario 1

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Pendapatan :			
Penjualan Pakan Ternak	20,49 ton/hari	Rp 3.000/kg	Rp967,680,000
Penjualan Pupuk Organik	15,37 ton/hari	Rp 8.000/kg	Rp2,338,560,000
Penjualan Pupuk Cair	3,85 m ³ /hari	Rp 20.000/L	Rp2,937,600,000
Total Pendapatan			Rp6,243,840,000
Harga Pokok Produksi			Rp2,299,924,800
Laba Kotor			Rp3,943,915,200
Penyusutan			Rp1,041,095,000
Biaya Operasional			Rp200,000,000
Pemeliharaan			Rp100,000,000



Laba Operasi			Rp2,602,820,200
Pajak 15%			Rp390,423,030
Laba Bersih			Rp2,212,397,170

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa biokonversi ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 51,23 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 2.212.397.170. Laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk yang dihasilkan yaitu, pakan ternak, pupuk kering dan pupuk cair dari biokonversi ini terjual. Namun nilai ini bisa saja lebih rendah mengingat bahwa potensi pasar dan minat pengguna untuk menggunakan produk dari hasil pengolahan sampah secara bioteknologi masih tergolong rendah. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 51,23 ton/hari, dengan harga jual larva BSF basah Rp 3.000/kg, pupuk kering Rp 8.000/kg dan pupuk basah Rp 20.000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang merupakan suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Bioteknologi dengan larva BSF untuk pengolahan 51,23 ton/hari selama 5 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.27
Present Value Biokonversi Larva BSF Skenario 1

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp3,253,492,170	1.06	Rp3,069,332,236
2	Rp3,253,492,170	1.06	Rp2,895,596,449
3	Rp3,253,492,170	1.06	Rp2,731,694,763
4	Rp3,253,492,170	1.06	Rp2,577,070,531
5	Rp3,253,492,170	1.06	Rp2,431,198,614
	Total		Rp13,704,892,594

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 13.704.892.594 - \text{Rp } 5.363.205.000 = \text{Rp } 8.341.687.594$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF merupakan proyek yang sangat menjanjikan.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan opportunity cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 53,5 % adalah jauh lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF sebagai berikut:



$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 1.341.095.000 / tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 10.858} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 913}} = 134.843 \text{ Kg/tahun atau } 134.84 \text{ ton/tahun}.$$

Untuk BEP pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF bisa diperoleh dengan produksi sebesar 134,84 ton pertahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF pertahun yang terdiri dari pakan ternak, pupuk kering dan pupuk cair adalah 2.518,56 ton pertahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek biokonversi menggunakan larva BSF ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.28
Payback Period Biokonversi Larva BSF Skenario 1

Tahun	Arus Kas	Investasi
0	-	Rp5,363,205,000
1	Rp3,253,492,170	Rp2,109,712,830
2	Rp3,253,492,170	

$$\text{Arus kas pada tahun 1} + \text{ arus kas pada tahun 2} = \frac{\text{Rp 2.109.712.830}}{\text{Rp 3.253.492.170}} =$$

0,65 = 1,65 tahun.

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 1.65 tahun. Periode ini jauh lebih kecil dari estimasi umur investasi 5 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

2) Skenario 2

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 2 dimana kapasitas pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek



finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian biokonversi dengan larva BSF terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti bahan baku, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet.

Estimasi kebutuhan investasi modal kerja pendirian biokonversi dengan larva BSF, dilakukan berdasarkan asumsi bibit magot yang berupa telur seharga Rp 2.100/gr sedangkan kebutuhan telur bibit magot adalah 85.390 gr. Untuk seterusnya 30% larva BSF dijadikan pembiakan dan 70% dijual menjadi pakan ternak. Berdasarkan asumsi harga dan kebutuhan bibit magot dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.29
Investasi Modal Kerja Biokonversi Larva BSF Skenario 2

Kas		Rp100,000,000
Bibit Larva BSF (85.390 gr telur)	3.000/gr	Rp256,170,000.00
Total		Rp356,170,000.00

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian biokonversi dengan larva BSF disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.30
Investasi Aset Tetap Biokonversi Larva BSF Skenario 2

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	4	Rp39,500,000	Rp158,000,000
Mesin pencacah	7	Rp25,950,000	Rp181,650,000
Rak besi bertingkat 3 sebagai bioreaktor	150	Rp1,100,000	Rp165,000,000
Ruang sebagai kandang kawin dilengkapi rak stainless	15	Rp2,500,000	Rp37,500,000



Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Rak besi bertingkat 3 sebagai tempat penetasan telur	160	Rp1,100,000	Rp176,000,000
Kolam aerasi	10	Rp3,000,000	Rp30,000,000
Aerator	10	Rp65,000,000	Rp650,000,000
Timbangan berdiri	8	Rp3,200,000	Rp25,600,000
Trolley palet	12	Rp3,000,000	Rp36,000,000
Wadah plastik persegi	360	Rp100,000	Rp36,000,000
Pengayak manual	10	Rp100,000	Rp1,000,000
Thermo-hygrometer	24	Rp450,000	Rp10,800,000
Sekop	40	Rp75,000	Rp3,000,000
Mesin pengemas karung	7	Rp80,000,000	Rp560,000,000
Mesin pengemas botol	4	Rp55,000,000	Rp220,000,000
Investasi Bangunan			Rp8,000,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp10,290,550,000

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian biokonversi dengan dengan larva BSF sebesar Rp 10.290.550.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 279.580.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 10.570.130.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok biokonversi sampah organik dengan dengan larva BSF jika target pengolahan sampah adalah 85,39 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 50% di perlukan buruh 50 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.



Tabel 4.31
Estimasi Harga Pokok Produksi Biokonversi Larva BSF Skenario 2

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	183.6	Rp275,400	Rp8,262,000	Rp99,144,000
Derigen Plastik 30 Kg @ Rp 55.000	71	Rp3,905,000	Rp117,150,000	Rp1,405,800,000
Upah @ Rp 100.000/hari	50	Rp5,000,000	Rp150,000,000	Rp1,800,000,000
BOP			Rp50,000,000	Rp600,000,000
Total HPP		Rp9,180,400	Rp325,412,000	Rp3,904,944,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 85,39 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk hasil biokonversi yang terdiri dari pakan ternak adalah Rp 3.000 per kg, pupuk organik kering Rp 8.000 per kg dan pupuk organik cair Rp 20.000 per liter. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 5 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp 10.290.550.000 biaya operasional Rp 200.0000.000 dan pemeliharaan Rp 100.000.000 pertahun.

Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.32
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Biokonversi Larva BSF Skenario 2

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Pendapatan :			
Penjualan Pakan Ternak	34,15 ton/hari	Rp 3.000/kg	Rp2,570,400,000
Penjualan Pupuk Organik	25,62 ton/hari	Rp 8.000/kg	Rp19,584,000,000
Penjualan Pupuk Cair	6,41 m ³ /hari	Rp 20.000/liter	Rp15,408,000,000
Total Pendapatan			Rp37,562,400,000



Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Harga Pokok Produksi			Rp3,304,944,000
Laba Kotor			Rp34,257,456,000
Penyusutan			Rp2,058,110,000
Biaya Operasional			Rp200,000,000
Pemeliharaan			Rp100,000,000
Laba Operasi			Rp31,899,346,000
Pajak 15%			Rp4,784,901,900
Laba Bersih			Rp27,114,444,100

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa biokonversi ini menghasilkan potensi laba yang sangat besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 85,39 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 27.114.444.100. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 85,39 ton/hari, dengan harga jual larva BSF basah Rp 3000/kg, pupuk kering Rp 8.000/kg dan pupuk basah Rp 20.000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang merupakan suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Bioteknologi dengan larva BSF untuk pengolahan 85,39 ton/hari selama 5 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.33
Present Value Biokonversi Larva BSF Skenario 2

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp29,172,554,100	1.06	Rp27,521,277,453
2	Rp29,172,554,100	1.06	Rp25,963,469,295
3	Rp29,172,554,100	1.06	Rp24,493,838,958
4	Rp29,172,554,100	1.06	Rp23,107,395,243
5	Rp29,172,554,100	1.06	Rp21,799,429,475
	Total		Rp122,885,410,423

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 122.885.410.423 - \text{Rp } 10.570.130.000 = \text{Rp } 112.315.280.423$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF merupakan proyek yang sangat menjanjikan.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan oportuniti cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 37,5 % adalah jauh lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF sebagai berikut:



$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 2.358.110.000 /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 9.217} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 811}} = 280.516$$

Kg/tahun atau 280,516 ton/tahun.

Untuk BEP pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF bisa diperoleh dengan produksi sebesar 280,516 ton pertahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF pertahun adalah 4.075,2 ton pertahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek biokonversi menggunakan larva BSF ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Arus kas pada tahun 1} = \frac{\text{Rp 10.570.130.000}}{\text{Rp 29.172.554.100}} = 0,36 \text{ tahun atau 130 hari.}$$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 130 hari. Periode ini jauh lebih kecil dari estimasi umur investasi 5 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

3) Skenario 3

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 1 dimana kapasitas pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian biokonversi dengan larva BSF terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti bahan baku, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet.



Estimasi kebutuhan investasi modal kerja pendirian biokonversi dengan larva BSF, dilakukan berdasarkan asumsi bibit magot yang berupa telur seharga Rp 3.000/gr sedangkan kebutuhan telur bibit magot adalah 170.770 gr. Untuk seterusnya 30% larva BSF dijadikan pembiakan dan 70% dijual menjadi pakan ternak. Berdasarkan asumsi harga dan kebutuhan bibit magot dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.34
Investasi Modal Kerja Biokonversi Larva BSF Skenario 3

Kas		Rp50,000,000
Bibit Larva BSF (170.770 gr telur)	2100/gr	Rp512,310,000.00
Total		Rp612,310,000.00

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian biokonversi dengan larva BSF disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.35
Investasi Aset Tetap Biokonversi Larva BSF Skenario 3

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	8	Rp39,500,000	Rp316,000,000
Mesin pencacah	14	Rp25,950,000	Rp363,300,000
Rak besi bertingkat 3 sebagai bioreaktor	280	Rp1,100,000	Rp308,000,000
Ruang sebagai kandang kawin dilengkapi rak stainless	30	Rp2,500,000	Rp75,000,000
Rak besi bertingkat 3 sebagai tempat penetasan telur	320	Rp1,100,000	Rp352,000,000
Kolam aerasi	20	Rp3,000,000	Rp60,000,000
Aerator	20	Rp65,000,000	Rp1,300,000,000
Timbangan berdiri	16	Rp3,200,000	Rp51,200,000
Trolley palet	24	Rp3,000,000	Rp72,000,000
Wadah plastik persegi	720	Rp100,000	Rp72,000,000
Pengayak manual	20	Rp100,000	Rp2,000,000
Thermo-hygrometer	48	Rp450,000	Rp21,600,000
Sekop	60	Rp75,000	Rp4,500,000
Mesin pengemas karung	14	Rp80,000,000	Rp1,120,000,000
Mesin pengemas botol	8	Rp55,000,000	Rp440,000,000
Investasi Bangunan			Rp16,000,000,000



Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp20,557,600,000

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian biokonversi dengan dengan larva BSF sebesar Rp 20.557.600.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 612.310.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 21.169.910.000.

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok biokonversi sampah organik dengan dengan larva BSF jika target pengolahan sampah adalah 170,77 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 100% di perlukan buruh 100 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.36
Estimasi Harga Pokok Produksi Biokonversi Larva BSF Skenario 3

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	367	Rp550,500	Rp16,515,000	Rp198,180,000
Derigen Plastik 30 Kg @ Rp 55.000	143	Rp7,865,000	Rp235,950,000	Rp2,831,400,000
Upah @ Rp 100.000/hari	100	Rp10,000,000	Rp300,000,000	Rp3,600,000,000
BOP			Rp50,000,000	Rp600,000,000
Total HPP		Rp18,415,500	Rp602,465,000	Rp7,229,580,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.



- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 170,77 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk hasil biokonversi yang terdiri dari pakan ternak adalah Rp 3.000 per kg, pupuk organik kering Rp 8.000 per kg dan pupuk organik cair Rp 20.000 per liter. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 5 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp 21.169.910.000 biaya operasional Rp 200.0000.000 dan pemeliharaan Rp 100.000.000 pertahun.

Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.37
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Biokonversi Larva BSF Skenario 3

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Pendapatan :			
Penjualan Pakan Ternak	68,28 ton/hari	Rp 3.000/kg	Rp5,140,800,000
Penjualan Pupuk Organik	51,24 ton/hari	Rp 8.000/kg	Rp38,966,400,000
Penjualan Pupuk Cair	12,81 m ³ /hari	Rp 20.000/L	Rp30,816,000,000
Total Pendapatan			Rp74,923,200,000
Harga Pokok Produksi			Rp6,629,580,000
Laba Kotor			Rp68,293,620,000
Penyusutan			Rp4,111,520,000
Biaya Operasional			Rp200,000,000
Pemeliharaan			Rp100,000,000
Laba Operasi			Rp63,882,100,000
Pajak 15%			Rp9,582,315,000
Laba Bersih			Rp54,299,785,000

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa biokonversi ini menghasilkan potensi laba yang sangat besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 100% di estimasikan memperoleh laba

pertahun sebesar Rp 54.299.785.000. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 170,77 ton/hari, dengan harga jual larva BSF basah Rp 3000/kg, pupuk kering Rp 8.000/kg dan pupuk basah Rp 20.000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang merupakan suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Bioteknologi dengan larva BSF untuk pengolahan 85,39 ton/hari selama 5 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.38
Present Value Biokonversi Larva BSF Skenario 3

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp58,411,305,000	1.06	Rp55,105,004,717
2	Rp58,411,305,000	1.06	Rp51,985,853,507
3	Rp58,411,305,000	1.06	Rp49,043,258,025
4	Rp58,411,305,000	1.06	Rp46,267,224,552
5	Rp58,411,305,000	1.06	Rp43,648,325,049
	Total		Rp246,049,665,850

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 246.049.665.850 - \text{Rp } 21.169.910.000 = \text{Rp } 224.879.755.850$$



Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF merupakan proyek yang sangat menjanjikan.

- ***Internal Rate of Return (IRR)***

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan opportunity cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 375,5 % adalah jauh lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- ***Break Even Point (BEP)***

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 4.411.520.000 / tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 9.221} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 816}} = 524.858$$

Kg/tahun atau 524,86 ton/tahun

Untuk BEP pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF bisa diperoleh dengan produksi sebesar 524.86 ton pertahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan biokonversi menggunakan larva BSF pertahun adalah 8.125,2 ton pertahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.



- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek biokonversi menggunakan larva BSF ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Arus kas pada tahun 1} = \frac{\text{Rp } 21.169.910.000}{\text{Rp } 58.411.305.000} = 0,36 \text{ tahun atau 130 hari.}$$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 130 hari. Periode ini jauh lebih kecil dari estimasi umur investasi 5 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

B. Karbonisasi

1) Skenario 1

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 1 dimana kapasitas pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian karbonisasi terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti bahan baku, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.39
Investasi Modal Kerja Karbonisasi Skenario 1

Kas	Rp50,000,000
Total	Rp50,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian karbonisasi disajikan dalam tabel sebagai berikut:



Tabel 4.40
Investasi Aset Tetap Karbonisasi Skenario 1

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	2	Rp39,500,000.00	Rp79,000,000
Mesin pencacah	4	Rp25,950,000.00	Rp103,800,000
Reaktor rotary kiln	5	Rp5,950,000,000.00	Rp29,750,000,000
Mesin pencetak biobriket	8	Rp38,500,000.00	Rp308,000,000
Timbangan berdiri	4	Rp3,200,000.00	Rp12,800,000
Trolley palet	6	Rp3,000,000.00	Rp18,000,000
Wadah plastik persegi	180	Rp100,000.00	Rp18,000,000
Wadah penampungan	12	Rp200,000.00	Rp2,400,000
Sekop	25	Rp80,000.00	Rp2,000,000
Mesin pengemas karung	4	Rp80,000,000.00	Rp320,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp30,614,000,000

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui karbonisasi sebesar Rp 30.614.000.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 50.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 30.664.000.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui karbonisasi jika target pengolahan sampah adalah 51,23 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 30% di perlukan buruh 20 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.41
Estimasi Harga Pokok Produksi Karbonisasi Skenario 1

HPP	Kebutuhan/Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	43	Rp64,500	Rp1,935,000	Rp23,220,000
Upah @ Rp 100.000/hari	20	Rp2,000,000	Rp60,000,000	Rp720,000,000
BOP			Rp80,000,000	Rp960,000,000
Total HPP			Rp141,935,000	Rp1,703,220,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 51,23 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk hasil karbonisasi yang terdiri dari arang biobriket. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 5 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar 3.826.750.000. biaya operasional Rp 200.000.000 dan pemeliharaan Rp 300.000.000 pertahun.

Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.42
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Karbonisasi Skenario 1

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Penjualan Arang Biobriket	3,02 ton/hari	Rp 7.000/kg	Rp5.342.400.000
Harga Pokok Produksi			Rp1,703,220,000
Laba Kotor			Rp3,639,180,000
Penyusutan			Rp3,826,750,000
Biaya Operasional			Rp200,000,000
Pemeliharaan			Rp300,000,000
Rugi Operasi			-Rp687,570,000
Pajak 15%			
Laba Bersih			

Sumber: Hasil perhitungan



Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah dengan teknologi karbonisasi dengan kapasitas 30% atau sebesar 51,23 ton/hari. menghasilkan rugi operasi sebesar minus Rp 687.570.000.

Karena untuk pengolahan 30% ini menghasilkan rugi operasi, sehingga penghitungan aspek keuangan untuk teknik karbonisasi dengan kapasitas 30% dari sampah atau 51,23 ton perhari tidak layak. Rugi operasi ini juga menyebabkan perhitungan penilaian lain seperti NPV, IRR, Payback Period dan BEP tidak perlu dilakukan.

2) Skenario 2

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 2 dimana kapasitas pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian karbonisasi terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti bahan baku, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.43
Investasi Modal Kerja Karbonisasi Skenario 2

Kas	Rp70,000,000
Total	Rp70,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian karbonisasi disajikan dalam tabel sebagai berikut:



Tabel 4.44
Investasi Aset Tetap Karbonisasi Skenario 2

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	2	Rp39,500,000.00	Rp79,000,000
Mesin pencacah	4	Rp25,950,000.00	Rp103,800,000
Reaktor rotary kiln	5	Rp5,950,000,000.00	Rp29,750,000,000
Mesin pencetak biobriket	8	Rp38,500,000.00	Rp308,000,000
Timbangan berdiri	4	Rp3,200,000.00	Rp12,800,000
Trolley palet	6	Rp3,000,000.00	Rp18,000,000
Wadah plastik persegi	180	Rp100,000.00	Rp18,000,000
Wadah penampungan	12	Rp200,000.00	Rp2,400,000
Sekop	25	Rp80,000.00	Rp2,000,000
Mesin pengemas karung	4	Rp80,000,000.00	Rp320,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp30,614,000,000

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui karbonisasi sebesar Rp 30.614.000.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 50.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 30.664.000.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui karbonisasi jika target pengolahan sampah adalah 85,39 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 30% di perlukan buruh 25 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.



Tabel 4.45
Estimasi Harga Pokok Produksi Karbonisasi Skenario 2

HPP	Kebutuhan/Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	71	Rp106,500	Rp3,195,000	Rp38,340,000
Upah @ Rp 100.000/hari	25	Rp2,500,000	Rp75,000,000	Rp900,000,000
BOP			Rp120,000,000	Rp1,440,000,000
Total HPP			Rp198,195,000	Rp2,378,340,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 85,39 ton/hari. Asumsi harga jual dari produk hasil karbonisasi yang terdiri dari arang biobriket. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 5 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar 3.826.750.000. biaya operasional Rp 300.000.000 dan pemeliharaan Rp 400.000.000 pertahun.

Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.46
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Karbonisasi Skenario 2

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Penjualan Arang Biobriket	5,05 ton/hari	Rp 7.000/kg	Rp8,920,800,000
Harga Pokok Produksi			Rp2,378,340,000
Laba Kotor			Rp6,542,460,000
Penyusutan			Rp3,826,750,000
Biaya Operasional			Rp300,000,000
Pemeliharaan			Rp400,000,000
Laba Operasi			Rp2,015,710,000
Pajak 15%			Rp302,356,500



Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Laba Bersih			Rp1,713,353,500

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui karbonisasi ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 85,39 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 1.713.353.500. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 85,39 ton/hari, dengan harga jual arang biobriket 7000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Bioteknologi dengan larva BSF untuk pengolahan 85,39 ton/hari selama 5 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.47
Prevent Value Karbonisasi Skenario 2

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp5,540,103,500	1.06	Rp5,226,512,736
2	Rp5,540,103,500	1.06	Rp4,930,672,392
3	Rp5,540,103,500	1.06	Rp4,651,577,729
4	Rp5,540,103,500	1.06	Rp4,388,280,876



Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
5	Rp5,540,103,500	1.06	Rp4,139,887,619
6	Rp5,540,103,500	1.06	Rp3,905,554,357
7	Rp5,540,103,500	1.06	Rp3,684,485,243
8	Rp5,540,103,500	1.06	Rp3,475,929,474
Total			Rp34,402,900,426

Sumber: Hasil perhitungan

$$NPV = \text{Rp } 34.402.900.426 - \text{Rp } 30.684.000.000 = \text{Rp } 31.718.900.426$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah melalui karbonisasi merupakan proyek yang layak.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan opportunity cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 8,98 % adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:

$$BEP = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp } 4.526.750.000 \text{ /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp } 7.000 - \text{Biaya Variabel perunit Rp } 1.866} = 881.761$$

Kg/tahun atau 881,76 ton/tahun .

Untuk BEP pengolahan sampah dengan karbonisasi bisa diperoleh dengan produksi sebesar 881,76 ton pertahun. Sedangkan proyeksi hasil produk pengolahan sampah dengan karbonisasi pertahun adalah 1.274,4 ton pertahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.48

Payback Period Karbonisasi Skenario 2

Tahun	Arus Kas	Investasi
0	0	Rp30,684,000,000.00
1	Rp5,540,103,500	Rp25,143,896,500.00
2	Rp5,540,103,500	Rp19,603,793,000.00
3	Rp5,540,103,500	Rp14,063,689,500.00
4	Rp5,540,103,500	Rp8,523,586,000.00
5	Rp5,540,103,500	Rp2,983,482,500.00
6	Rp5,540,103,500	

Arus kas pada tahun 5 ditambah = $\frac{\text{Rp } 2.983.482.500}{\text{Rp } 5.540.103.500} = 0,54 \text{ tahun,}$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 5 + 0,54 = 5,54 tahun.

Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

3) Skenario 3

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 1 dimana kapasitas pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**



Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian karbonisasi terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti bahan baku, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.49
Investasi Modal Kerja Karbonisasi Skenario 3

Kas	Rp100,000,000
Total	Rp100,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian karbonisasi disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.50
Investasi Aset Tetap Karbonisasi Skenario 3

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	4	Rp39,500,000.00	Rp158,000,000.00
Mesin pencacah	8	Rp25,950,000.00	Rp207,600,000.00
Reaktor rotary kiln	10	Rp5,950,000,000.00	Rp59,500,000,000.00
Mesin pencetak biobriket	15	Rp38,500,000.00	Rp577,500,000.00
Timbangan berdiri	6	Rp3,200,000.00	Rp19,200,000.00
Trolley palet	10	Rp3,000,000.00	Rp30,000,000.00
Wadah plastik persegi	360	Rp100,000.00	Rp36,000,000.00
Wadah penampungan	24	Rp200,000.00	Rp4,800,000.00
Sekop	50	Rp80,000.00	Rp4,000,000.00
Mesin pengemas karung	8	Rp80,000,000.00	Rp640,000,000.00
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp61,177,100,000.00

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui karbonisasi sebesar Rp 61.177.100.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 100.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 61.277.100.000



- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui karbonisasi jika target pengolahan sampah adalah 170,77 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 100% di perlukan buruh 35 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.51
Estimasi Harga Pokok Produksi Karbonisasi Skenario 3

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	142	Rp213,000	Rp6,390,000	Rp76,680,000
Upah @ Rp 100.000/hari	35	Rp3,500,000	Rp105,000,000	Rp1,260,000,000
BOP			Rp200,000,000	Rp2,400,000,000
Total HPP			Rp311,390,000	Rp3,736,680,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 170,77 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk hasil karbonisasi yang terdiri dari arang biobriket. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp 7.647.137.500. biaya operasional Rp 400.000.000 dan pemeliharaan Rp 400.000.000 pertahun.

Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.52
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Karbonisasi Skenario 3

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Tahun
Penjualan Arang Biobriket	10,09 ton/tahun	Rp 7.000/kg	Rp17,892,000,000
Harga Pokok Produksi			Rp3,736,680,000
Laba Kotor			Rp14,155,320,000
Penyusutan			Rp7,647,137,500
Biaya Operasional			Rp400,000,000
Pemeliharaan			Rp800,000,000
Laba Operasi			Rp5,308,182,500
Pajak 15%			Rp796,227,375
Laba Bersih			Rp4,511,955,125

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui karbonisasi ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 170,77 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 4.511.955.125. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 170,77 ton/hari, dengan harga jual arang biobriket 7000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.



Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Bioteknologi dengan larva BSF untuk pengolahan 170,77 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.53
Prevent Value Karbonisasi Skenario 3

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp12,159,092,625	1.06	Rp11,470,842,099
2	Rp12,159,092,625	1.06	Rp10,821,549,150
3	Rp12,159,092,625	1.06	Rp10,209,008,632
4	Rp12,159,092,625	1.06	Rp9,631,140,219
5	Rp12,159,092,625	1.06	Rp9,085,981,339
6	Rp12,159,092,625	1.06	Rp8,571,680,508
7	Rp12,159,092,625	1.06	Rp8,086,491,045
8	Rp12,159,092,625	1.06	Rp7,628,765,137
Total			Rp75,505,458,130

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 75.505.458.130 - \text{Rp } 61.277.100.000 = \text{Rp } 14.228.358.130$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah melalui karbonisasi merupakan proyek yang layak.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan oportunitiy cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 11,55 % adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 8.847.137.500 /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 7.000} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 1.462}} = 1.597.511,29 \text{ Kg/tahun atau } 1.597,5 \text{ ton/tahun .}$$

Untuk BEP pengolahan sampah dengan karbonisasi bisa diperoleh dengan produksi sebesar 1.597,5 ton pertahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan karbonisasi pertahun adalah 2.556 ton pertahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.54

Payback Period Anaerobic Digestion Skenario 1

Tahun	Arus Kas	Investasi
0	0	Rp61,277,100,000.00
1	Rp12,159,092,625	Rp49,118,007,375.00
2	Rp12,159,092,625	Rp36,958,914,750.00
3	Rp12,159,092,625	Rp24,799,822,125.00
4	Rp12,159,092,625	Rp12,640,729,500.00
5	Rp12,159,092,625	Rp481,636,875.00
6	Rp12,159,092,625	

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{Arus kas pada tahun 5 ditambah} = \frac{\text{Rp 481.636.875}}{\text{Rp 12.159.092.625}} = 0,04 \text{ tahun,}$$



Sehingga payback period dari proyek ini adalah $5 + 0,04 = 5,04$ tahun.

Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

C. Anaerobic Digestion (AD)/Biogas

1) Skenario 1

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 1 dimana kapasitas pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti kas, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Kas	Rp50,000,000
Total	Rp50,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.55
Investasi Aset Tetap Anaerobic Digestion Skenario 1

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	2	Rp39,500,000.00	Rp79,000,000
Mesin pencacah	4	Rp25,950,000.00	Rp103,800,000
Reaktor fixed dome	2	Rp60,500,000	Rp121,000,000
Kantong penyimpanan gas	28	Rp42,000,000	Rp1,176,000,000
Bak pengering lumpur	42	Rp18,862,000	Rp792,204,000
Unit trickling filter	4	Rp120,000,000	Rp480,000,000
Timbangan berdiri	4	Rp3,200,000.00	Rp12,800,000



Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Tandon air	8	Rp14,400,000	Rp115,200,000
Trolley palet	6	Rp3,000,000.00	Rp18,000,000
Wadah plastik persegi	180	Rp100,000.00	Rp18,000,000
Wadah penampungan	12	Rp200,000.00	Rp2,400,000
Sekop	25	Rp80,000.00	Rp2,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp61,177,100,000.00

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion sebesar Rp 2.920.404.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 50.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 2.970.404.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion jika target pengolahan sampah adalah 51,23 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 30% di perlukan buruh 20 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.56
Estimasi Harga Pokok Produksi Anaerobic Digestion Skenario 1

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Upah @ Rp 100.000/hari	20	Rp2,000,000	Rp60,000,000	Rp720,000,000
BOP			Rp80,000,000	Rp960,000,000
Total HPP			Rp140,000,000	Rp1,680,000,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 51,23 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk biogas dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar 365.050.500. biaya operasional Rp 200.0000.000 dan pemeliharaan Rp 300.000.000 pertahun. Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.57
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Anaerobic Digestion Skenario 1

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Penjualan Biogas	5.123 m ³ /hari	Rp 2.500/m ³	Rp 3.231.900.000
Harga Pokok Produksi			Rp1,680,000,000
Laba Kotor			Rp1,551,900,000
Penyusutan			Rp365,050,500
Biaya Operasional			Rp200,000,000
Pemeliharaan			Rp300,000,000
Laba Operasi			Rp686,849,500
Pajak 15%			Rp103,027,425
Laba Bersih			Rp583,822,075

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 51,23 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 583.822.075. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 51,23 ton/hari, dengan harga jual biogas per meter kubik sebesar Rp 2.500 /m³ .

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau

cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Bioteknologi dengan larva BSF untuk pengolahan 51,23 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.58
Prevent Value Anaerobic Digestion Skenario 1

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp948,872,575	1.06	Rp895,162,807
2	Rp948,872,575	1.06	Rp844,493,214
3	Rp948,872,575	1.06	Rp796,691,711
4	Rp948,872,575	1.06	Rp751,595,954
5	Rp948,872,575	1.06	Rp709,052,787
6	Rp948,872,575	1.06	Rp668,917,723
7	Rp948,872,575	1.06	Rp631,054,456
8	Rp948,872,575	1.06	Rp595,334,392
Total			Rp5,892,303,044

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 5.892.303.044 - \text{Rp } 2.970.404.000 = \text{Rp } 2.921.899.044$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah melalui Anaerobic Digestion merupakan proyek yang layak.

- ***Internal Rate of Return (IRR)***

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan oportunitiy cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat



keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 27,3 % adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 865.050.500 / tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 2.500} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 1.300}} = 720.602 \text{ m}^3/\text{tahun}.$$

Untuk BEP pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion bisa diperoleh dengan produksi sebesar 720.602 m^3 /tahun. Sedangkan proyeksi hasil produksi pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion adalah 1.292.760 m^3 /tahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.59**Payback Period Anaerobic Digestion Skenario 1**

Tahun	Arus Kas	Investasi
0	0	Rp2,970,404,000.00
1	Rp948,872,575	Rp2,021,531,425.00
2	Rp948,872,575	Rp1,072,658,850.00
3	Rp948,872,575	Rp123,786,275.00
4	Rp948,872,575	

Arus kas pada tahun 3 ditambah $= \frac{Rp\ 123.786.275}{Rp\ 948.872.575} = 0,13$ tahun,

Sehingga payback period dari proyek ini adalah $3 + 0,13 = 3,13$ tahun.
Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga
proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

2) Skenario 2

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 2 dimana kapasitas pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti kas, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Kas	Rp80,000,000
Total	Rp80,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.60**Investasi Aset Tetap Anaerobic Digestion Skenario 2**



Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	3	Rp39,500,000	Rp118,500,000
Mesin pencacah	5	Rp25,950,000	Rp129,750,000
Reaktor fixed dome	3	Rp60,500,000	Rp181,500,000
Kantong penyimpanan gas	55	Rp42,000,000	Rp2,310,000,000
Bak pengering lumpur	54	Rp18,862,000	Rp1,018,548,000
Unit trickling filter	6	Rp120,000,000	Rp720,000,000
Timbangan berdiri	6	Rp3,200,000	Rp19,200,000
Tandon air	10	Rp14,400,000	Rp144,000,000
Trolley palet	8	Rp3,000,000	Rp24,000,000
Wadah plastik persegi	210	Rp100,000	Rp21,000,000
Wadah penampungan	15	Rp200,000	Rp3,000,000
Sekop	25	Rp80,000	Rp2,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp4,691,498,000

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion sebesar Rp 4.691.498.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 80.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 4.771.498.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion jika target pengolahan sampah adalah 85,39 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 50% di perlukan buruh 25 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.



Tabel 4.61
Estimasi Harga Pokok Produksi Anaerobic Digestion Skenario 2

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Upah @ Rp 100.000/hari	25	Rp2,500,000	Rp75,000,000	Rp900,000,000
BOP			Rp120,000,000	Rp1,440,000,000
Total HPP			Rp195,000,000	Rp2,340,000,000

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 85,39 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk hasil yang terdiri dari biogas. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar 4.691.498.000. biaya operasional Rp 250.000.000 dan pemeliharaan Rp 400.000.000 pertahun. Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.62
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Anaerobic Digestion Skenario 2

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai perTahun
Penjualan Biogas	8.539 m ³ /hari	Rp 2.500/m ³	Rp5.387.400.000
Harga Pokok Produksi			Rp2,340,000,000
Laba Kotor			Rp3,047,400,000
Penyusutan			Rp586,437,250
Biaya Operasional			Rp250,000,000
Pemeliharaan			Rp400,000,000
Laba Operasi			Rp1,810,962,750
Pajak 15%			Rp271,644,413
Laba Bersih			Rp1,539,318,338

Sumber: Hasil perhitungan



Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 85,39 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 1.539.318.338. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 85,39 ton/hari, dengan harga jual biogas 2500/ m^3 .

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Anaerobic Digestion untuk pengolahan 85,39 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.63
Prevent Value Anaerobic Digestion Skenario 2

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp2,125,755,588	1.06	Rp2,005,429,800
2	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,891,914,905
3	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,784,825,382
4	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,683,797,530
5	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,588,488,236
6	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,498,573,808
7	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,413,748,875
8	Rp2,125,755,588	1.06	Rp1,333,725,354
Total			Rp13,200,503,891

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 13.200.503.891 - \text{Rp } 4.771.498.000 = \text{Rp } 8.429.005.891$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah melalui Anaerobic Digestion merupakan proyek yang layak.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan opportunity cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 41,8 % adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:



$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 1.236.437.250 /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 2.500} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 1.086}} = 874.343 \text{ m}^3/\text{tahun}.$$

Untuk BEP pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion bisa diperoleh dengan produksi sebesar 874.343 m^3 /tahun. Sedangkan proyeksi hasil produksi pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion pertahun adalah 2.154.960 m^3 /tahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.64

Payback Period Anaerobic Digestion Skenario 2

Tahun	Arus Kas	Investasi
0		Rp4,771,498,000
1	Rp2,125,755,588	Rp2,645,742,413
2	Rp2,125,755,588	Rp519,986,825
3	Rp2,125,755,588	

$$\text{Arus kas pada tahun 2 ditambah} = \frac{\text{Rp 519.986.825}}{\text{Rp 2.125.755.588}} = 0,24 \text{ tahun,}$$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 2 + 0,24 = 2.24 tahun.

Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

3) Skenario 3

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 3 dimana kapasitas pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek

finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti kas, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Kas	Rp130,000,000
Total	Rp130,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.65
Investasi Aset Tetap Anaerobic Digestion Skenario 3

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	5	Rp39,500,000	Rp197,500,000
Mesin pencacah	8	Rp25,950,000	Rp207,600,000
Reaktor fixed dome	5	Rp60,500,000	Rp302,500,000
Kantong penyimpanan gas	104	Rp42,000,000	Rp4,368,000,000
Bak pengering lumpur	80	Rp18,862,000	Rp1,508,960,000
Unit trickling filter	10	Rp120,000,000	Rp1,200,000,000
Timbangan berdiri	9	Rp3,200,000	Rp28,800,000
Tandon air	15	Rp14,400,000	Rp216,000,000
Trolley palet	14	Rp3,000,000	Rp42,000,000
Wadah plastik persegi	280	Rp100,000	Rp28,000,000
Wadah penampungan	25	Rp200,000	Rp5,000,000
Sekop	35	Rp80,000	Rp2,800,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp4,691,498,000

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion sebesar Rp 8.107.160.000. Sedangkan ketubutuhan



investasi modal kerja Rp 130.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 8.237.160.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion jika target pengolahan sampah adalah 170,77 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 50% di perlukan buruh 35 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.66
Estimasi Harga Pokok Produksi Anaerobic Digestion Skenario 3

HPP	Kebutuhan /Hari	Hari	Bulan	Tahun
Upah @ Rp 100.000/hari	35	Rp3,500,000	Rp105,000,000	Rp1,260,000,000
BOP			Rp160,000,000	Rp1,920,000,000
Total HPP			Rp265,000,000	Rp3,180,000,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 170,77 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk hasil yang terdiri dari biogas. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp



8.107.160.000. biaya operasional Rp 250.000.000 dan pemeliharaan Rp 400.000.000 pertahun. Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.67
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Anaerobic Digestion Skenario 3

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Tahun
Penjualan Biogas	17.077 m ³ /tahun	Rp 2.500/m ³	Rp10.774.800.000
Harga Pokok Produksi			Rp3,180,000,000
Laba Kotor			Rp7,594,800,000
Penyusutan			Rp1,013,395,000
Biaya Operasional			Rp250,000,000
Pemeliharaan			Rp400,000,000
Laba Operasi			Rp5,931,405,000
Pajak 15%			Rp889,710,750
Laba Bersih			Rp5,041,694,250

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 170,77 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 5.041.694.250. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 170,77 ton/hari, dengan harga jual biogas 2500/ m³.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini

menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk Anaerobic Digestion untuk pengolahan 170,77 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.68
Prevent Value Anaerobic Digestion Skenario 3

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp6,055,089,250	1.06	Rp5,712,348,349
2	Rp6,055,089,250	1.06	Rp5,389,007,876
3	Rp6,055,089,250	1.06	Rp5,083,969,695
4	Rp6,055,089,250	1.06	Rp4,796,197,825
5	Rp6,055,089,250	1.06	Rp4,524,714,929
6	Rp6,055,089,250	1.06	Rp4,268,598,990
7	Rp6,055,089,250	1.06	Rp4,026,980,179
8	Rp6,055,089,250	1.06	Rp3,799,037,905
Total			Rp37,600,855,750

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 37.600.855.750 - \text{Rp } 8.237.160.000 = \text{Rp } 29.363.695.750$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah melalui Anaerobic Digestion merupakan proyek yang layak.

- ***Internal Rate of Return (IRR)***

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan oportunitiy cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 51,1 % adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 1.663.395.000 / tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 2.500} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 738}} = 943.948,4 \text{ m}^3/\text{tahun}.$$

Untuk BEP pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion bisa diperoleh dengan produksi sebesar 943.948,4 m^3 /tahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion pertahun adalah 4.309.920 m^3 /tahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.69

Palyback Period Anaerobic Digestion Skenario 3

Tahun	Arus Kas	Investasi
0		Rp8,237,160,000.00
1	Rp6,055,089,250	Rp2,182,070,750.00
2	Rp6,055,089,250	

$$\text{Arus kas pada tahun 1 ditambah} = \frac{\text{Rp 2.182.070.750}}{\text{Rp 6.055.089.250}} = 0,36 \text{ tahun,}$$



Sehingga payback period dari proyek ini adalah $1 + 0,36 = 1,36$ tahun. Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

Berdasarkan penilaian aspek keuangan untuk ketiga skenario dari pengolahan sampah menjadi biogas layak untuk dilaksanakan. Berdasarkan NPV, Payback period, Internal Rate of Return dan Break Event Point. Dengan asumsi semua produk yang dihasilkan diserap oleh pasar.

D. Pengomposan

1) Skenario 1

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 1 dimana kapasitas pengolahan adalah 30% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti kas, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Kas	Rp50,000,000
Total	Rp50,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.70
Investasi Aset Tetap Pengomposan Skenario 1

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	2	Rp39,500,000	Rp79,000,000
Mesin pencacah	6	Rp25,950,000	Rp155,700,000
Unit bata berongga	427	Rp1,800,000	Rp768,600,000
Mesin pengayak	4	Rp80,000,000	Rp320,000,000
Mesin pengemas	6	Rp48,000,000	Rp288,000,000
Blower	8	Rp7,250,000	Rp58,000,000
Timbangan berdiri	4	Rp3,200,000	Rp12,800,000
Trolley palet	6	Rp3,000,000	Rp18,000,000
Wadah plastik persegi	180	Rp100,000	Rp18,000,000
Pengayak manual	6	Rp720,000	Rp4,320,000
Thermo-hygrometer	12	Rp6,000,000	Rp72,000,000
Sekop	25	Rp80,000	Rp2,000,000
Mesin pengemas karung	4	Rp80,000,000	Rp320,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp2,116,420,000

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait

Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan sebesar Rp 2.116.420.000. Sedangkan ketubutuhan investasi modal kerja Rp 50.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 2.166.420.000

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui pengomposan jika target pengolahan sampah adalah 51,23 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 30% di perlukan buruh 20 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.71
Estimasi Harga Pokok Produksi Pengomposan Skenario 1



HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	120	Rp180,000	Rp5,400,000	Rp64,800,000
Upah @ Rp 100.000/hari	20	Rp2,000,000	Rp60,000,000	Rp720,000,000
BOP			Rp50,000,000	Rp600,000,000
Total HPP			Rp115,400,000	Rp1,384,800,000

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 51,23 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk pupuk kompos dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp 264.552.500. biaya operasional Rp 50.000.000 dan pemeliharaan Rp 100.000.000 pertahun. Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.72
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Pengomposan Skenario 1

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Penjualan Pupuk Kompos	8,52 ton/hari	Rp 6.000/kg	Rp2.152.800.000
Harga Pokok Produksi			Rp1,384,800,000
Laba Kotor			Rp768,000,000
Penyusutan			Rp264,552,500
Biaya Operasional			Rp50,000,000
Pemeliharaan			Rp100,000,000
Laba Operasi			Rp353,447,500
Pajak 15%			Rp53,017,125
Laba Bersih			Rp300,430,375

Sumber: Hasil perhitungan



Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui pengomposan ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 51,23 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 300.430.375. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 51,23 ton/hari, dengan harga jual pupuk kompos 6000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk pengolahan sampah menjadi biogas dengan 51,23 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.73
Prevent Value Pengomposan Skenario 1

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp564,982,875	1.06	Rp533,002,712
2	Rp564,982,875	1.06	Rp502,832,747
3	Rp564,982,875	1.06	Rp474,370,516
4	Rp564,982,875	1.06	Rp447,519,355
5	Rp564,982,875	1.06	Rp422,188,071
6	Rp564,982,875	1.06	Rp398,290,633
7	Rp564,982,875	1.06	Rp375,745,880
8	Rp564,982,875	1.06	Rp354,477,245
Total			Rp3,508,427,160

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 3.508.427.160 - \text{Rp } 2.166.420.000 = \text{Rp } 1.342.007.160$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolah sampah melalui Anaerobic Digestion merupakan proyek yang layak.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan opportunity cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 20% adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:



$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 414.552.500 /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 1000} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 643}} = 1.162.042$$

kg/tahun atau 1.162 ton pertahun.

Untuk BEP pengolahan sampah dengan pengomposan bisa diperoleh dengan produksi sebesar 1.162 ton/tahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan pengomposan adalah 2.152.800 kg/tahun. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.74

Payback Period Pengomposan Skenario 1

Tahun	Arus Kas	Investasi
0		Rp2,166,420,000.00
1	Rp564,982,875	Rp1,601,437,125.00
2	Rp564,982,875	Rp1,036,454,250.00
3	Rp564,982,875	Rp471,471,375.00
4	Rp564,982,875	

$$\text{Arus kas pada tahun 3 ditambah} = \frac{\text{Rp 471.471.375}}{\text{Rp 564.982.875}} = 0,83 \text{ tahun}$$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 3 + 0,83 = 3,83 tahun.

Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

2) Skenario 2

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 2 dimana kapasitas pengolahan adalah 50% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti kas, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Kas	Rp75,000,000
Total	Rp75,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.75
Investasi Aset Tetap Pengomposan Skenario 2

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	3	Rp39,500,000	Rp118,500,000
Mesin pencacah	8	Rp25,950,000	Rp207,600,000
Unit bata berongga	684	Rp1,800,000	Rp1,231,200,000
Mesin pengayak	6	Rp80,000,000	Rp480,000,000
Mesin pengemas	6	Rp48,000,000	Rp288,000,000
Blower	10	Rp7,250,000	Rp72,500,000
Timbangan berdiri	5	Rp3,200,000	Rp16,000,000
Trolley palet	8	Rp3,000,000	Rp24,000,000
Wadah plastik persegi	270	Rp100,000	Rp27,000,000
Pengayak manual	10	Rp720,000	Rp7,200,000
Thermo-hygrometer	16	Rp6,000,000	Rp96,000,000
Sekop	30	Rp80,000	Rp2,400,000
Mesin pengemas karung	6	Rp80,000,000	Rp480,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp3,050,400,000

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait



Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan sebesar Rp 3.050.400.000. Sedangkan kebutuhan investasi modal kerja Rp 75.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 3.125.400.000.

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui pengomposan jika target pengolahan sampah adalah 85,39 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 50% di perlukan buruh 20 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.76
Estimasi Harga Pokok Produksi Pengomposan Skenario 2

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	200	Rp300,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
Upah @ Rp 100.000/hari	30	Rp3,000,000	Rp90,000,000	Rp1,080,000,000
BOP			Rp50,000,000	Rp600,000,000
Total HPP			Rp149,000,000	Rp1,788,000,000

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 85,39 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk pupuk kompos dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar 381.300.000. biaya operasional Rp 70.000.000 dan pemeliharaan



Rp 150.000.000 pertahun. Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.77
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Pengomposan Skenario 2

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Penjualan Pupuk Kompos	14,23 ton/hari	Rp 6.000/kg	Rp 3.592.800.000
Harga Pokok Produksi			Rp1,788,000,000
Laba Kotor			Rp1,804,800,000
Penyusutan			Rp381,300,000
Biaya Operasional			Rp70,000,000
Pemeliharaan			Rp150,000,000
Laba Operasi			Rp1,203,500,000
Pajak 15%			Rp180,525,000
Laba Bersih			Rp1,022,975,000

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui pengomposan ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 85,39 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 1.022.975.000. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 85,39 ton/hari, dengan harga jual pupuk kompos 6000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.

Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk pengolahan sampah menjadi biogas dengan 85,39 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.78
Prevent Value Pengomposan Skenario 2

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp1,404,275,000	1.06	Rp1,324,787,736
2	Rp1,404,275,000	1.06	Rp1,249,799,751
3	Rp1,404,275,000	1.06	Rp1,179,056,369
4	Rp1,404,275,000	1.06	Rp1,112,317,329
5	Rp1,404,275,000	1.06	Rp1,049,355,971
6	Rp1,404,275,000	1.06	Rp989,958,463
7	Rp1,404,275,000	1.06	Rp933,923,078
8	Rp1,404,275,000	1.06	Rp881,059,508
Total			Rp8,720,258,204

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 8.720.258.204 - \text{Rp } 3.125.400.000 = \text{Rp } 5.594.858.204$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion merupakan proyek yang layak.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan opportunity cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 42,2% adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 601.300.000 /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 1.000} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 498}} = 1197.002,8$$

kg/tahun atau 1.197 ton/tahun .

Untuk BEP pengolahan sampah dengan pengomposan bisa diperoleh dengan produksi sebesar 1.197 ton/tahun . Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan pengomposan pertahun adalah 3.592,8 ton. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.79

Payback Period Pengomposan Skenario 2

Tahun	Arus Kas	Investasi
0		Rp3,125,400,000.00
1	Rp1,404,275,000	Rp1,721,125,000.00
2	Rp1,404,275,000	Rp316,850,000.00
3	Rp1,404,275,000	

$$\text{Arus kas pada tahun 2 ditambah} = \frac{\text{Rp 316.850.000}}{\text{Rp 1.404.275.000}} = 0,23 \text{ tahun,}$$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 2 + 0,23 = 2.23 tahun.

Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.

3) Skenario 3

Aspek finansial jika didasarkan pada asumsi skenario 3 dimana kapasitas pengolahan adalah 100% dari potensi sampah yang dapat diolah. Aspek finansial dimulai dengan membuat estimasi kebutuhan investasi, harga pokok produksi, laporan laba rugi, baru dihitung NPV, PP, IRR dan BEP.

- **Estimasi Kebutuhan Investasi**

Dasar perhitungan estimasi kebutuhan investasi pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan terdiri dari investasi modal kerja dan aset tetap seperti kas, kebutuhan mesin, peralatan dan bangunan menggunakan asumsi yang didasarkan daftar harga yang tersedia di internet. Berdasarkan asumsi kebutuhan kas dapat disajikan dalam tabel berikut:

Kas	Rp75,000,000
Total	Rp75,000,000

Kebutuhan investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui Pengomposan disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.80
Investasi Aset Tetap Pengomposan Skenario 3

Keterangan	Jumlah dalam unit	Harga Perunit	Kebutuhan Investasi
Conveyor Belt	5	Rp39,500,000	Rp197,500,000
Mesin pencacah	12	Rp25,950,000	Rp311,400,000
Unit bata berongga	1026	Rp1,800,000	Rp1,846,800,000
Mesin pengayak	9	Rp80,000,000	Rp720,000,000
Mesin pengemas	9	Rp48,000,000	Rp432,000,000
Blower	15	Rp7,250,000	Rp108,750,000
Timbangan berdiri	7	Rp3,200,000	Rp22,400,000
Trolley palet	12	Rp3,000,000	Rp36,000,000
Wadah plastik persegi	410	Rp100,000	Rp41,000,000
Pengayak manual	20	Rp720,000	Rp14,400,000
Thermo-hygrometer	24	Rp6,000,000	Rp144,000,000
Sekop	40	Rp80,000	Rp3,200,000
Mesin pengemas karung	9	Rp80,000,000	Rp720,000,000
Total Kebutuhan Investasi Aset Tetap			Rp3,050,400,000

Sumber: Hasil perhitungan dan referensi terkait



Dari tabel kebutuhan investasi dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan awal investasi aset tetap dalam pendirian pengolahan sampah melalui pengomposan sebesar Rp 4.597.450.000. Sedangkan kebutuhan investasi modal kerja Rp 75.000.000, sehingga untuk estimasi kebutuhan total investasi yang terdiri dari modal kerja dan aset tetap adalah sebesar Rp 4.672.450.000.

- **Harga Pokok Produksi**

Estimasi harga pokok pengolahan sampah melalui pengomposan jika target pengolahan sampah adalah 119.71 ton/hari dapat dilihat pada tabel estimasi harga pokok produksi. Dalam penetapan harga bahan baku berdasarkan harga pasar yang ada di internet. Pada penetapan harga pokok produksi ini, juga diasumsikan untuk produksi 100% di perlukan buruh 48 orang dengan upah harian sebesar Rp 100.000.

Tabel 4.81
Estimasi Harga Pokok Produksi Pengomposan Skenario 3

HPP	Kebutuhan/ Hari	Hari	Bulan	Tahun
Karung Plastik 50 kg @ Rp 1.500	400	Rp600,000	Rp18,000,000	Rp216,000,000
Upah @ Rp 100.000/hari	48	Rp4,800,000	Rp144,000,000	Rp1,728,000,000
BOP			Rp90,000,000	Rp1,080,000,000
Total HPP			Rp252,000,000	Rp3,024,000,000

Tabel estimasi harga pokok produksi menampilkan kebutuhan karung dan derigen plastik, upah serta BOP perbulan dan pertahun.

- **Estimasi Laporan Laba/Rugi**

Estimasi laporan laba/rugi pertahun dibuat berdasarkan target pengolahan sampah 170,77 ton/hari . Asumsi harga jual dari produk yang dihasilkan yaitu pupuk kompos. Asumsi harga ini adalah dibawah harga jual di pasar saat ini. Penyusutan didasarkan pada asumsi umur aset tetap 8 tahun dan dihitung menggunakan metode garis lurus, sehingga penyusutan pertahun dari total investasi aset tetap sebesar Rp



574.681.250. biaya operasional Rp 70.0000.000 dan pemeliharaan Rp 150.000.000 pertahun. Berdasarkan asumsi yang sudah dijelaskan diatas dapat dilihat estimasi laporan laba/rugi pada tabel berikut:

Tabel 4.82
Estimasi Laporan Laba/Rugi Per Tahun Pengomposan Skenario 3

Keterangan	Volume	Harga Satuan	Nilai per Tahun
Penjualan Pupuk Kompos	28,47 ton/hari	Rp 6.000/kg	Rp7.185.600.000
Harga Pokok Produksi			Rp3,024,000,000
Laba Kotor			Rp4,161,600,000
Penyusutan			Rp574,681,250
Biaya Operasional			Rp70,000,000
Pemeliharaan			Rp150,000,000
Laba Operasi			Rp3,366,918,750
Pajak 15%			Rp505,037,813
Laba Bersih			Rp2,861,880,938

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan laporan laba rugi terlihat bahwa pengolahan sampah melalui pengomposan ini menghasilkan potensi laba yang besar. Dengan tingkat pengolahan sampah organik sebesar 170,77 ton/hari di estimasikan memperoleh laba pertahun sebesar Rp 2.861.880.938. laba ini diperoleh dengan asumsi semua produk ini terjual. Estimasi laba tahunan ini dibuat berdasarkan asumsi pengolahan sampah 170,77 ton/hari, dengan harga jual pupuk kompos 6000/kg.

- **Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah perkiraan laba yang akan didapatkan dari usaha, proyek, atau penanaman modal. Dengan kata lain, NPV adalah alat atau cara untuk mengukur peluang investasi. Apakah investasi tersebut layak dilakukan atau tidak. *Net Present Value* atau NPV adalah selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. Menurut ilmu ekonomi, *Net Present Value* adalah perkiraan arus kas masa mendatang yang dikurangi diskon saat ini menggunakan *social opportunity cost of capital*. Investasi dikatakan layak jika NPV besar dari 0 atau positif.



Jika di asumsikan tingkat keuntungan yang di isyaratkan adalah 6% untuk perhitungan NPV yang terdiri dari suku bunga deposito sebesar 6%. Maka NPV untuk pengomposan untuk pengolahan 170,77 ton/hari selama 8 tahun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.83
Prevent Value Pengomposan Skenario 3

Tahun	Arus Kas	DF 6%	PV
1	Rp3,436,562,188	1.06	Rp3,242,039,800
2	Rp3,436,562,188	1.06	Rp3,058,528,113
3	Rp3,436,562,188	1.06	Rp2,885,403,880
4	Rp3,436,562,188	1.06	Rp2,722,079,132
5	Rp3,436,562,188	1.06	Rp2,567,999,181
6	Rp3,436,562,188	1.06	Rp2,422,640,737
7	Rp3,436,562,188	1.06	Rp2,285,510,129
8	Rp3,436,562,188	1.06	Rp2,156,141,631
Total			Rp21,340,342,603

Sumber: Hasil perhitungan

$$\text{NPV} = \text{Rp } 21,340,342,603 - \text{Rp } 4.672.450.000 = \text{Rp } 16.667.892.603$$

Nilai positif NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwa pendirian pengolahan sampah melalui Anaerobic Digestion merupakan proyek yang layak.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain. Nilai minimal IRR adalah sama dengan oportunitiy cost + resiko. IRR dihitung dengan menentukan berapa besar nilai tingkat keuntungan yang diisyaratkan (i) menyebabkan nilai NPV sama dengan nol.

IRR dari investasi ini sebesar 72,6% adalah lebih besar dari nilai tingkat keuntungan yang di isyaratkan yaitu sebesar 6% sehingga investasi ini sangat layak untuk dilaksanakan.

- **Break Even Point (BEP)**

Titik balik modal atau break event point (BEP) merupakan suatu kondisi pada waktu hasil usaha yang diperoleh sama dengan modal yang dikeluarkan. BEP digunakan untuk mengetahui pada kondisi pendapatan berapa suatu usaha akan balik modal. Perhitungan BEP pertahun pengolahan sampah dengan karbonisasi sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap Sebesar Rp 794.681.250 /tahun}}{\text{Harga Jual perunit Rp 1.000} - \text{Biaya Variabel perunit Rp 421}} = 1.372.131,3 \text{ kg/tahun, atau } 1.372,1 \text{ ton/tahun.}$$

Untuk BEP pengolahan sampah dengan pengomposan bisa diperoleh dengan produksi sebesar 1.372,1 ton/tahun. Sedangkan proyeksi hasil produks pengolahan sampah dengan Anaerobic Digestion pertahun adalah 7.185.600. Sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

- **Payback Period (PP)**

Payback period dapat dihitung berdasarkan Net benefit kumulatif dan Net Benefit Rata-rata tiap tahun adalah. Perhitungan *payback period* menggunakan data yang telah didiskontokan (*discounted payback period*). PP dari proyek pengolahan sampah melalui karbonisasi ini dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.84

Payback Period Pengomposan Skenario 3

Tahun	Arus Kas	Investasi
0		Rp4,672,450,000
1	Rp3,436,562,188	Rp1,235,887,812
2	Rp3,436,562,188	

$$\text{Arus kas pada tahun 1 ditambah} = \frac{\text{Rp 1.235.887.812}}{\text{Rp 3.436.562.188}} = 0,36 \text{ tahun,}$$

Sehingga payback period dari proyek ini adalah 1 + 0,36 = 1,36 tahun.

Periode ini lebih kecil dari estimasi umur investasi 8 tahun. Sehingga proyek investasi ini layak untuk dilaksanakan.



Berdasarkan penilaian aspek keuangan untuk ketiga skenario dari pengolahan sampah menjadi pupuk kompos layak untuk dilaksanakan. Berdasarkan NPV, Payback period, Internal Rate of Return dan Break Event Point. Dengan asumsi semua produk yang dihasilkan diserap oleh pasar.

4.8 Penilaian Aspek-Aspek Penerapan Alternatif Bioteknologi

Metode yang digunakan dalam pemilihan Bioteknologi yang akan digunakan dalam pengolahan sampah TPA Regional Payakumbuh dipilih menggunakan *Grid Analysis*. *Grid Analysis* merupakan sebuah teknik yang bermanfaat dalam mengambil keputusan. Matrik Keputusan adalah alat yang sangat efektif dalam pengambilan keputusan dengan beberapa faktor yang harus diperhitungkan. Deskripsi lebih lanjut mengenai *Grid Analysis* dapat dilihat pada Bab Metode Studi. Hasil penilaian alternatif bioteknologi dengan *Grid Analysis* adalah sebagai berikut:



Tabel 4.85
Rekapitulasi Penilaian Alternatif Bioteknologi dari Setiap Aspek

Pilihan Teknologi	Biokonversi dengan Larva BSF	Anaerobic Digestion (AD)/Biogas	Pengomposan	Karbonisasi
Faktor				
Teknis				
Potensi Pengolahan Sampah	Berpotensi	Berpotensi	Berpotensi	Potensi Rendah
Luas Area atau Lahan	Skenario 1 (30% dari total sampah diolah) $\pm 8.325 \text{ m}^2$	Skenario 1 (30% dari total sampah diolah) $\pm 14.097 \text{ m}^2$	Skenario 2 (50% dari total sampah diolah) $\pm 10.306 \text{ m}^2$	Skenario 1 (30% dari total sampah diolah) $\pm 5.194 \text{ m}^2$
	Skenario 2 (50% dari total sampah diolah) $\pm 13.590 \text{ m}^2$	Skenario 2 (50% dari total sampah diolah) $\pm 23.206 \text{ m}^2$	Skenario 2 (50% dari total sampah diolah) $\pm 17.001 \text{ m}^2$	Skenario 2 (50% dari total sampah diolah) $\pm 7.972 \text{ m}^2$
	Skenario 3 (100% dari total sampah diolah) $\pm 26.731 \text{ m}^2$	Skenario 3 (100% dari total sampah diolah) 45.974 m^2	Skenario 2 (50% dari total sampah diolah) $\pm 33.718 \text{ m}^2$	Skenario 3 (100% dari total sampah diolah) $\pm 15.593 \text{ m}^2$
Kompleksitas Proses	Tergolong Sederhana	Tergolong Cukup Kompleks	Tergolong Sederhana	Tergolong Cukup Kompleks
Waktu Pengolahan	18-21 hari	15-30 hari	3-6 minggu	1-7 hari
Tingkat Reduksi Sampah	Skenario 1 - Pupuk organik padat $\pm 15,37 \text{ ton/hari}$ - Pupuk organik cair $\pm 3,85 \text{ m}^3/\text{hari}$ - Pakan ternak $\pm 20.49 \text{ ton/hari}$	Skenario 1 Biogas $\pm 5.123 \text{ m}^3/\text{hari}$	Skenario 1 Pupuk kompos $\pm 8,52 \text{ ton/hari}$	Skenario 1 Biopellet $\pm 1,29 \text{ ton/hari}$
	Skenario 2 Pupuk organik padat $\pm 25,62 \text{ ton/hari}$	Skenario 2 Biogas $\pm 8.539 \text{ m}^3/\text{hari}$	Skenario 1 Pupuk kompos $\pm 14,23 \text{ ton/hari}$	Skenario 2 Biopellet $\pm 2,15 \text{ ton/hari}$



Pilihan Teknologi	Biokonversi dengan Larva BSF	Anaerobic Digestion (AD)/Biogas	Pengomposan	Karbonisasi
Faktor				
	- Pupuk organik cair $\pm 6,41 \text{ m}^3/\text{hari}$ - Pakan ternak $\pm 34,15 \text{ ton/hari}$			
	Skenario 3 - Pupuk organik padat $\pm 51,24 \text{ ton/hari}$ - Pupuk organik cair $\pm 12,81 \text{ m}^3/\text{hari}$ - Pakan ternak $\pm 68,28 \text{ ton/hari}$	Skenario 3 Biogas $\pm 17.077 \text{ m}^3/\text{hari}$	Skenario 1 Pupuk kompos $\pm 28,47 \text{ ton/hari}$	Skenario 3 Biopellet $\pm 4,30 \text{ ton/hari}$
Lingkungan				
Risiko Vektor Penyakit dan Bau	Tidak menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau rendah	Menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau rendah	Menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau rendah	Menimbulkan risiko vektor penyakit dan bau rendah
Risiko Emisi Gas	Menimbulkan emisi gas CO_2 , CH_4 , dan N_2O	Menimbulkan emisi gas CO_2 , NH_3 , N, dan P	Menimbulkan emisi gas CO_2 , CH_4 , dan N_2O	Menimbulkan emisi gas CO_2 , NO_2 , CO dan SO_x
Ekonomi				
Nilai Investasi yang terjangkau	- Skenario 1 nilai investasi Rp 5.363.205.000 dengan Payback Period 1,65 tahun dengan asumsi produk terjual semua - Skenario 2 nilai investasi Rp 10.570.130.000 dengan Payback Period 0,36 tahun dengan asumsi produk	- Skenario 1 nilai investasi Rp 2.970.404.000 dengan Payback Period 3,13 tahun dengan asumsi produk terjual semua - Skenario 2 nilai investasi Rp 4.771.498.000 dengan Payback Period 2,24 tahun dengan asumsi produk	- Skenario 1 nilai investasi Rp 2.116.420.000 dengan Payback Period 3,83 tahun dengan asumsi produk terjual semua - Skenario 2 nilai investasi Rp 3.125.400.000 dengan Payback Period 2,23 tahun dengan asumsi produk	- Skenario 1 nilai investasi Rp 30.664.000.000 namun menghasilkan rugi operasi - Skenario 2 nilai investasi Rp 30.684.000.000 dengan Payback Period 5,54 tahun dengan asumsi produk terjual semua - Skenario 3 nilai investasi



Pilihan Teknologi	Biokonversi dengan Larva BSF	Anaerobic Digestion (AD)/Biogas	Pengomposan	Karbonisasi
Faktor				
	terjual semua • Skenario 3 nilai investasi Rp 21.169.910.000 dengan Payback Period 0,36 tahun dengan asumsi produk terjual semua	terjual semua • Skenario 3 nilai investasi Rp 8.237.160.000 dengan Payback Period 1,36 tahun dengan asumsi produk terjual semua	terjual semua • Skenario 3 nilai investasi Rp 4.672.450.000 dengan Payback Period 1,36 tahun dengan asumsi produk terjual semua	Rp 61.227.100.000 dengan Payback Period 5,04 tahun dengan asumsi produk terjual semua
Nilai Keuntungan yang Didapat	• Skenario 1 potensi laba Rp 2.212.397.170/tahun • Skenario 2 potensi laba Rp 31.899.346.000/tahun • Skenario 3 potensi laba Rp 54.299.785.000/tahun	• Skenario 1 potensi laba Rp 583.822.075/tahun • Skenario 2 potensi laba Rp 1.539.318.338/tahun • Skenario 3 potensi laba Rp 5.041.694.250/tahun	• Skenario 1 potensi laba Rp 300.430.375/tahun • Skenario 2 potensi laba Rp 1.022.975.000/tahun • Skenario 3 potensi laba Rp 3.861.880.938/tahun	• Skenario 1 tidak menghasilkan laba • Skenario 2 potensi laba Rp 1.713.353.500/tahun • Skenario 3 potensi laba Rp 4.511.955.125/tahun
Sosial				
Potensi Konflik Antara Masyarakat	Menimbulkan potensi konflik rendah	Menimbulkan potensi konflik rendah	Menimbulkan potensi konflik rendah	Menimbulkan potensi konflik rendah
Kebutuhan SDM dalam Pengoperasian Teknologi	Tidak Membutuhkan SDM dengan disiplin ilmu dan keterampilan khusus	Membutuhkan SDM dengan disiplin ilmu dan keterampilan khusus	Tidak Membutuhkan SDM dengan disiplin ilmu dan keterampilan khusus	Membutuhkan SDM dengan disiplin ilmu dan keterampilan khusus

Sumber: Hasil analisis, 2022



Hasil analisis pada tabel diatas kemudian akan diberikan bobot bagi masing-masing alternatif Bioteknologi. Nilai bobot setiap aspek penilaian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.86.
Hasil Pembobotan Setiap Aspek pada Masing-Masing Alternatif Bioteknologi

Pilihan Teknologi	Biokonversi dengan Larva BSF	Anaerobic Digestion (AD)/Biogas	Pengomposan	Karbonisasi
Faktor				
Teknis				
Potensi Pengolahan Sampah	5	5	5	3
Luas Area atau Lahan	2	1	1	5
Kompleksitas Proses	5	3	5	3
Waktu Pengolahan	4	3	2	5
Tingkat Reduksi Sampah	5	3	2	4
Lingkungan				
Risiko Vektor Penyakit dan Bau	3	3	3	3
Risiko Emisi	3	4	3	1
Ekonomi				
Nilai Investasi yang terjangkau	2	3	4	1
Nilai Keuntungan yang tinggi	4	3	2	1
Sosial				
Potensi Konflik Antara Masyarakat	3	3	3	3
Kebutuhan SDM dalam Pengoperasian Teknologi	5	3	5	3

Sumber: Hasil analisis, 2022

Hasil analisis penerapan alternatif bioteknologi di TPA Regional Payakumbuh pada tabel diatas kemudian diberikan penilaian (bobot) sesuai dengan analisis yang didapat. Nilai bobot (*Weighting Factor*) masing-masing aspek dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.87.
Bobot Setiap Aspek pada Penilaian

Faktor	Weighting Factor
Aspek Teknis	
Potensi Pengolahan Sampah	5
Luas Area atau Lahan	4
Kompleksitas Proses	3
Waktu Pengolahan	4
Tingkat Reduksi Sampah	4
Aspek Lingkungan	
Risiko Vektor Penyakit dan Bau	4
Risiko Emisi dan Lindi	4
Aspek Ekonomi	
Nilai Investasi yang terjangkau	5
Nilai Keuntungan yang tinggi	4
Aspek Sosial	
Potensi Konflik Antara Masyarakat	4
Kebutuhan SDM dalam Pengoperasian Teknologi	4

Sumber: Hasil analisis, 2022

Nilai dari setiap alternatif bioteknologi (Tabel 4.26) dikalikan dengan bobot masing-masing aspek (Tabel 4.27). Hasil penilaian *Grid Analysis* yang didapat adalah sebagai berikut:



Tabel 4.88
Penilaian Grid Analysis Penerapan Alternatif Bioteknologi

Pilihan Teknologi									
Faktor	Weighting Factor	Penilaian Biokonversi dengan Larva BSF	Penilaian Akhir Biokonversi dengan larva BSF	Penilaian Anaerobic Digestion	Penilaian Akhir Anaerobic Digestion	Penilaian Pengomposan	Penilaian Akhir Pengomposan	Penilaian Karbonisasi	Penilaian Akhir Karbonisasi
	(1)	(2)	(1) x (2)	(3)	(1) x (3)	(4)	(1) x (4)	(5)	(1) x (5)
Teknis									
Potensi Pengolahan Sampah	5	5	25	5	25	5	25	3	15
Luas Area atau Lahan	4	2	8	1	4	1	4	5	20
Kompleksitas Proses	3	5	15	3	9	5	15	3	9
Waktu Pengolahan	4	4	16	3	12	2	8	5	20
Tingkat Reduksi Sampah	4	5	20	3	12	2	8	4	16
Lingkungan									
Risiko Vektor Penyakit dan Bau	4	3	12	3	12	3	12	3	12
Risiko Emisi	4	3	12	4	16	3	12	1	4
Ekonomi									
Nilai Investasi yang terjangkau	5	2	10	3	15	4	20	1	5
Nilai Keuntungan yang tinggi	4	4	18	3	12	2	8	1	4
Sosial									
Potensi Konflik Antara Masyarakat	4	3	12	3	12	3	12	3	12
Kebutuhan SDM dalam Pengoperasian Teknologi	4	5	20	2	8	5	20	2	8
Jumlah		-	168	-	137	-	144	-	125

Sumber: Hasil analisis, 2022



Berdasarkan metode *grid analysis* dalam pemilihan bioteknologi yang akan diterapkan pada sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan melakukan penilaian skor dari beberapa aspek terhadap pembobotan yang ditetapkan di dapat hasil bahwa Biokonversi dengan larva BSF dengan peringkat I seperti tabel :

Tabel 4.89
Rekapitulasi Nilai Alternatif Bioteknologi

No	Alternatif	Nilai	Peringkat
1	Biokonversi dengan larva BSF	168	I
2	Anaerobic Digestion	137	III
3	Pengomposan	144	II
4	Karbonisasi	125	IV

Alternatif bioteknologi dengan biokonversi larva BSF mendapatkan nilai tertinggi yaitu 168, diikuti oleh teknologi pengomposan dengan nilai 144. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *grid analysis* didapatkan nilai tertinggi dari pemilihan bioteknologi yang direkomendasikan untuk diterapkan di TPA Regional Payakumbuh yaitu biokonversi dengan larva BSF.

4.9. Analisis Kebijakan Pemilihan Bioteknologi

Berdasarkan Analisis Kelayakan yang dilakukan dalam pemilihan bioteknologi yang akan diterapkan pada sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan metode tertinggi *grid analysis* didapatkan nilai tertinggi adalah Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF yang diikuti oleh Pengomposan.

Dasar pertimbangan terpilihnya bioteknologi Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF adalah :

1. Komposisi sampah di TPA Regional Payakumbuh didominasi oleh sampah organik mudah terurai sebesar 81,24%, sehingga memiliki potensi tinggi untuk pengolahan sampah dengan Bioteknologi
2. Menggunakan Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF, akan menghasilkan 3 produk sekaligus yaitu dapat diolah menjadi 1). pupuk organik cair, 2). pupuk organik padat, dan 3). pakan ternak. Hal ini dapat mendukung sektor pertanian dan peternakan di Provinsi Sumatera Barat



3. Menggunakan Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF merupakan alternatif bioteknologi yang ramah lingkungan dan implementasinya tidak memerlukan teknologi khusus sehingga tidak memerlukan SDM dengan keterampilan khusus
4. Biokonversi dengan larva BSF merupakan salah satu alternatif yang mulai banyak diterapkan di Indonesia.

Sedangkan dasar kebijakan dalam pemilihan Penerapan Pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi di TPA sampah Regional Payakumbuh adalah untuk mendukung salah satu Program Unggulan (Progul) Gubernur Sumatera Barat yaitu optimalisasi pengelolaan sampah yang berkelanjutan pada TPA Regional Payakumbuh.

Dalam studi kelayakan Penerapan Pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi di TPA sampah Regional Payakumbuh dengan peringkat pertama adalah Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF dan diikuti oleh Bioteknologi lainnya. Namun dalam pelaksanaan bioteknologi ini dengan menggunakan peralatan dan fasilitas yang membutuhkan lahan penempatannya.

Berdasarkan peringkat 2 besar dalam penilaian bioteknologi ini terhadap aspek teknis, menunjukkan bahwa Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF lebih baik dari aspek kebutuhan lahan, Kompleksitas Proses, Waktu Pengolahan dan Tingkat Reduksi Sampah seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 4.90
Dasar Pemilihan Bioteknologi Pengolahan Sampah
Pada TPA Sampah Regional Payakumbuh

Aspek Penilaian	Biokonversi dengan Larva BSF	Pengomposan
Potensi Pengolahan Sampah	Berpotensi	Berpotensi
Luas Area atau Lahan	Berdasarkan luas lahan yang tersedia berpotensi untuk diimplentasikan dengan mengikuti skenario 1	Berdasarkan luas lahan yang tersedia tidak berpotensi untuk diimplentasikan
Kompleksitas Proses	Tergolong Sederhana	Tergolong Sederhana
Waktu Pengolahan	24 hari	3-9 minggu



Aspek Penilaian	Biokonversi dengan Larva BSF	Pengomposan
Tingkat Reduksi Sampah	• Pupuk organik padat $\pm 51,24$ ton/hari	Pupuk organik padat $\pm 28,47$ ton/hari
	• Pupuk organik cair $\pm 12,81 \text{ m}^3/\text{hari}$	
	• Pakan ternak $\pm 68,28$ ton/hari	

Berdasarkan hal di atas, maka dalam studi ini ditetapkan Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF. Kelebihan menggunakan Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF, akan menghasilkan 3 produk sekaligus yaitu dapat diolah menjadi 1). Pupuk organik cair, 2). Pupuk organik padat (Kompos), dan 3). Pakan ternak.

Untuk diketahui bahwa sistem bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik, memang banyak faktor yang harus dikendalikan dengan baik agar terbentuk fungsinya lebih optimal. Salah faktor waktu proses yang memberikan konsekuensi terhadap kebutuhan lahan untuk penempatan peralatan dan fasilitas pengolahannya. Apabila dilakukan pemilihan bioteknologi antara kombinasi Biokonversi dengan Biokonversi Larva BSF dengan Pengomposan, maka alternatif yang dapat diambil adalah pengolahan utama dengan Biokonversi Larva BSF dan residu dari pengolahan akan diolah dengan pengomposan.

4.10. Analisis Peraturan Pendukung Bioteknologi

Pemilihan dan penetapan bioteknologi yang akan memanfaatkan mikroorganisme yang membutuhkan beberapa factor yang mempengaruhinya. Untuk itu faktor ini harus dikendalikan dengan baik untuk mendapatkan proses dekomposisi yang lebih optimal. Salah satu faktor yang penting adalah kualitas bahan baku (sampah organik) yang akan diolah. Diketahui sampah dari sumber berupa pasar, pemukiman masyarakat yang masuk ke TPA sampah Regional Payakumbuh sudah tercampur dengan berbagai karakteristik dan komposisi. Kondisi ini akan ada faktor toksik yang mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dalam proses bioteknologi yang akan digunakan.



Untuk itu perlu dibuatkan kebijakan yang didukung dengan regulasi peraturan terhadap pihak yang melakukan aktifitas pembuangan sampah di TPA sampah Regional Payakumbuh. Adapun substansi regulasi yang perlu diakomodir adalah:

- a. Para pihak yang akan membuang sampah pada TPA sampah Regional Payakumbuh harus sudah terpilah antara organik, anorganik dan B3
- b. Dalam mentaati peraturan oleh para pihak harus diberi pilihan antara reward dan punishment
- c. Melakukan pembinaan kepada Para pihak yang akan membuang sampah pada TPA sampah Regional Payakumbuh.

Peraturan yang akan diterbitkan harus dapat mengikat para pihak terutama Pemerintah Kabupaten/Kota yang membutuhkan sarana TPA sampah Regional Payakumbuh ini.

Begitu juga dalam pelaksanaan operasional penggunaan bioteknologi Biokonversi Larva BSF ini, dibutuhkan sarana dan fasilitas pemilahan terhadap para pihak yang tidak sanggup melakukan pemilahan sampah yang dibuang ke TPA Regional ini. Untuk itu UPTD Persampahan harus menyediakan sarana, tenaga dan biaya untuk operasional pemilahan sampah yang harus dengan kebijakan Manajemen untuk menyusun SOP dalam pelaksanaannya.

4.11. Kelembagaan

Kegiatan operasional TPA sampah Regional Payakumbuh sudah memiliki kelembagaan yaitu UPTD Persampahan dibawah Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat. Struktur UPTD Persampahan yang di Pimpin oleh kepala UPTD yang didukung Subbag Tata Usaha, Seksi Perencanaan dan Evaluasi serta Seksi Operasional TPA Sampah Regional (Payakumbuh dan Solok).

Untuk itu dalam mendukung operasional pengolahan sampah TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan menggunakan Bioteknologi dibutuhkan



pengembangan struktur dengan menambah Seksi. Adapun Seksi yang dibutuhkan adalah Seksi Operasional Bioteknologi Pengolahan Sampah.

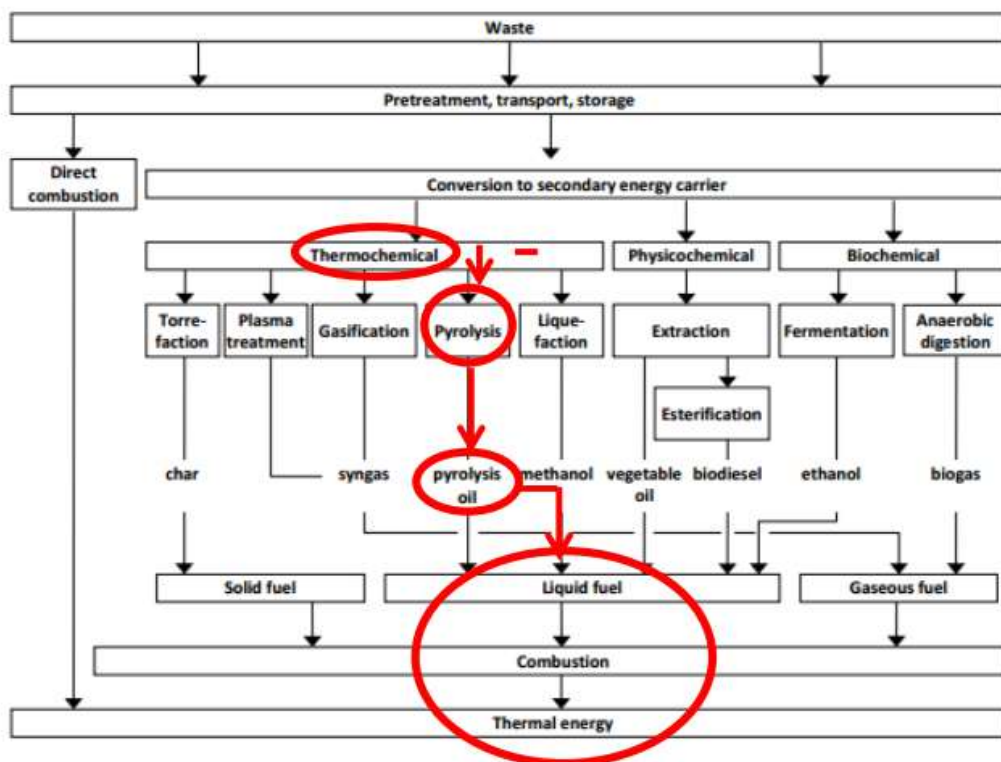
Seksi Operasional Bioteknologi Pengolahan Sampah ini harus didukung oleh tiga Koordinator yaitu Koordinator Bahan Baku dan Koordinator Proses Pengolahan, Koordinator Pemasaran dan Pengembangan. Koordinator Bahan Baku mempunyai tanggungjawab terhadap kualitas bahan baku terutama dalam pemilahan bahan organik dan menghindari dari toksik yang ada dalam sampah yang tercampur. Koordinator Proses Pengolahan mempunyai tanggungjawab terhadap operasional proses pengolahan dengan mendapatkan kualitas produk bioteknologi, Koordinator Pemasaran dan Pengembangan mempunyai tanggungjawab terhadap pemasaran produk dan pengembangan bioteknologi dengan produk yang dapat diterima oleh pasar.

4.12. Alternatif Teknologi yang Dapat Dikombinasikan dengan Bioteknologi

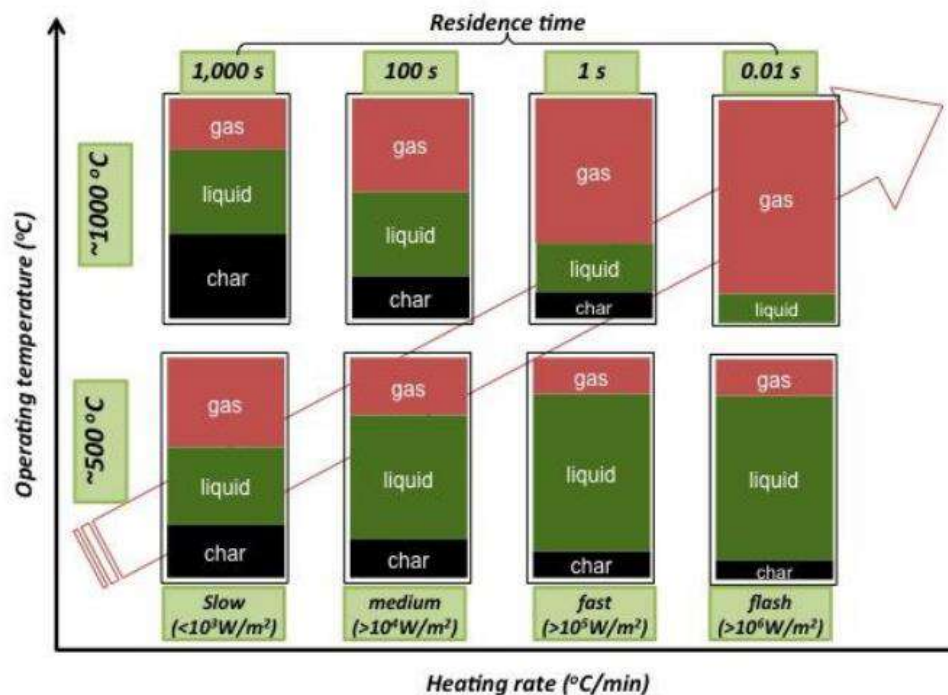
Teknologi pengolahan sampah menggunakan bioteknologi pada dasarnya hanya mampu mengurangi sampah yang bersifat organik. Kondisi sampah di TPA Regional Payakumbuh yang bervariasi dan tidak hanya sampah organik, mengakibatkan tidak seluruh sampah mampu dikurangi khususnya sampah non organik. Salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menekan sampah non organik yang masuk ke TPA Regional Payakumbuh yaitu menggunakan teknologi pirolisis.

Pirolisis didefinisikan sebagai proses degradasi termal material dalam kondisi inert (tanpa adanya oksigen). Proses ini akan menyebabkan terjadinya devolatilisasi pada material hidrokarbon dalam bentuk pemutusan rantai hidrokarbon panjang, sehingga secara makroskopis akan menyebabkan perubahan sifat material dari bentuk padatan menjadi cairan dan gas serta sedikit residu padatan yang berasal dari komponen inert di dalam material. Pada proses pirolisis, temperatur reaktor bervariasi antara 300 hingga 900 °C, 7 namun umumnya pirolisis dilakukan pada temperatur 500-550 °C untuk menghasilkan produk cair sebagai produk utama.

Pirolisis sendiri memiliki kemiripan dengan proses-proses lain seperti *cracking*, *devolatilization*, *carbonization*, *dry distillation*, *destructive distillation*, and *thermolysis*. Pada pelatihan ini proses-proses tersebut dianggap serupa dengan pirolisis. Beberapa parameter utama operasi pirolisis adalah temperatur (operating temperature), waktu tinggal (*residence time*) dan laju pemanasan (*heating rate*), yang akan menghasilkan komposisi produk yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



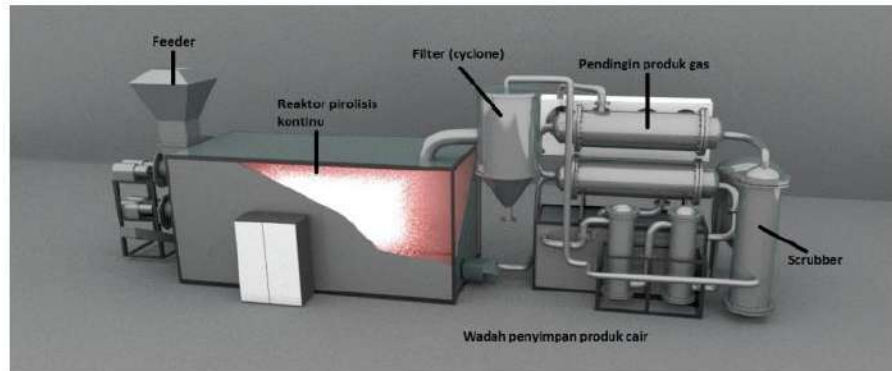
Gambar 4.24. Bagan Alir Pembangkitan Energi dari Sampah



Gambar 4.25. Diagram Pembangkitan Energi dari Sampah

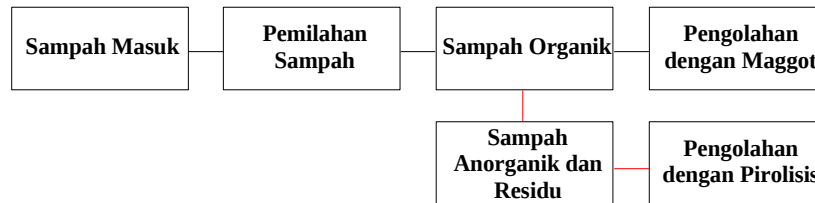
Dari gambar di atas terlihat bahwa pirolisis dapat dikategorikan berdasarkan lama pemanasan: *slow pyrolysis* biasanya membutuhkan waktu pemanasan yang lebih panjang daripada waktu reaksi pirolisis sendiri yang berada di kisaran menit, sedangkan *fast pyrolysis* biasanya membutuhkan waktu pemanasan yang lebih pendek daripada waktu reaksi pirolisis yang berada di kisaran detik. Pirolisis juga dapat dikategorikan berdasarkan medium pemanasan. Selain medium inert (nitrogen), pirolisis juga dapat dilakukan di medium khusus seperti H_2O (disebut hydrous pyrolysis) atau H_2 (disebut hydrolypyrolysis), biasanya untuk menghasilkan bahan kimia spesifik.

Teknologi pirolisis saat ini telah cukup banyak digunakan menjadi alternatif pengolahan sampah di beberapa daerah di Indonesia. Berikut dapat dilihat teknologi pirolisis untuk pengolahan sampah pada gambar di bawah ini.

**Gambar 4.26. Isometric Sistem Pirolisis****a. Serang****b. Semarang****c. Jakarta****Gambar 4.27. Aplikasi Penerapan Pirolisis pada Beberapa Daerah di Indonesia**

Jumlah sampah yang masuk dan kemampuan dari pengolahan sampah secara bioteknologi yang hanya dapat mengolah sampah yang bersifat organik mengakibatkan untuk sampah residu dan sampah lainnya akan masih menjadi persoalan ditengah kondisi kapasitas TPA yang semakin penuh. Jika dilihat berdasarkan kemampuannya teknologi pirolisis dapat mengolah sampah baik organik maupun anorganik. Kombinasi dari teknologi pengolahan secara

bioteknologi larva BSF dan pirolisis dapat menambah persentase sampah yang tereduksi. Berikut dapat dilihat skema pengolahan jika dilakukan kombinasi.



Gambar 4.8. Kombinasi Pengolahan Sampah

Selanjutnya dalam pemilihan teknologi pirolisis terdapat beberapa hal yang tetap harus diperhatikan diantaranya:

- **Potensi timbulnya emisi dan abu dari sisa pembakaran sampah**
Proses pemilihan dan perancangan alat merupakan hal yang penting dalam teknologi pirolisis, teknologi pirolisis yang dilengkapi dengan peralatan pengendalian emisi dan telah lulus uji menjadi pertimbangan dalam pemilihan teknologi ini. Abu yang terbentuk dari proses pembakaran harus dikelola dengan baik dan dilakukan pemantauan terkait kandungan pencemar yang berpotensi terdapat di dalam abu sisa pembakaran.
- **Biaya Operasional**
Peralatan pirolisis membutuhkan bahan bakar dalam proses pengoperasionalannya sehingga dapat menimbulkan cost/ biaya operasional tambahan yang harus dipertimbangkan.
- **Kebutuhan akan SDM**
Teknologi pirolisis yang berkaitan dengan pengoperasionalan peralatan atau mesin membutuhkan SDM dalam pengoperasionalannya. Tingkat kesulitan dalam pengoperasian peralatan menjadi hal yang harus dipertimbangkan dalam teknologi ini.



- **Kebutuhan Lahan**

Kebutuhan lahan menjadi pertimbangan lainnya, proses pengolahan secara bioteknologi larva BSF yang membutuhkan lahan dan ditambah dengan teknologi pirolisis mengakibatkan kebutuhan lahan yang lebih besar lagi.

4.13. Prospek Pasar

Untuk mengetahui prospek pasar produk implementasi hasil studi kelayakan terhadap penerapan pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh, maka dilakukan survey dengan cara wawancara pada kelompok budidaya ikan dan kelompok tani di wilayah studi yaitu Kota Payakumbuh, Kabupaten 50 Kota, dan kabupaten Agam.

a. Prospek Produk bioteknologi larva BSF/Maggot

Berdasarkan hasil wawancara dengan kelompok budidaya ikan dan kelompok ternak menyatakan bahwa :

1. Jenis pakan yang sering digunakannya dalam pemeliharaan ternak adalah Pelet/pakan buatan sebanyak 25,0 %, Dedak/bekatul sebanyak 25,0 %, jagung sebanyak 25,0 % , jeroan, kulit ayam sebanyak 12,5 % dan pakan hijauan sebanyak 12,5 %.
2. Pada umumnya responden sudah mendengar atau mengetahui tentang magot sebagai pakan ikan dan pakan ternak ayam dan itik, sebanyak 5 responden (83,3 %) menyatakan sudah tahu dan sebanyak 1 responden (16,7 %) menyatakan belum mengetahui.
3. Responden mau atau berkeinginan untuk memanfaatkannya Maggot ini dalam usaha ikan dan ternak ayam atau itik sebanyak 83,3 % menyatakan setuju dan sebanyak 16,7 % menyatakan tidak setuju.

Berdasarkan wawancara dengan peternak terhadap rencana penerapan hasil pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh menyatakan titik lemahnya yaitu :

1. Melihat tekstur/bentuk maggot yang selalu bergerak seperti ulat/larva sehingga timbul perasaan menjijikan atau menggelikan



melihatnya, sehingga kurang senang menggunakan dalam pemakaiannya sebagai pakan ternak.

2. Pelaku usaha masih menganggap maggot seperti ulat yang berasal dari tempat yang kotor (sampah busuk dan bangkai binatang) sehingga menimbulkan perasaan menjijikan dan dilanjutkan dengan perasaan akan takut tertular penyakit bila menyentuh maggot dan takut .
3. Pelaku usaha masih ada kekhawatiran terhadap efek keracunan maggot sebagai makanan ternak itik/ikan, karena asal usulnya dari sampah busuk dan bangkai.
4. Pelaku usaha masih memikirkan betapa repot/susahnya dalam penyimpanan maggot karena membutuhkan tempat khusus.
5. Pelaku usaha masih menyatakan bahwa produk Maggot belum memiliki data informasi tentang kualitas dan komposisi kandungan nutrisi sebagai makanan ternak

Berdasarkan hal di atas menunjukkan bahwa rencana pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi Biokonversi Larva BSF di TPA Sampah Regional Payakumbuh secara teknis dapat dilakukan atau diterapkan dengan produk Maggot, sehingga dapat mengurangi volume sampah yang akan masuk ke sel TPA dengan harapan dapat memperpanjang umur operasionalnya.

Namun prospek pasar dari produk Maggot sebagai hasil pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh, masih banyak kelemahan dari pandangan konsumen. Apabila prospek pasar dari produk Maggot belum diterima oleh konsumen, sehingga akan mengganggu siklus produksi dengan terjadi penumpukkan produk (Gagal Pasar). Hal ini merupakan salah satu kendala untuk menghambat kelayakan pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi Biokonversi Larva BSF di TPA Sampah Regional Payakumbuh.



Untuk itu, apabila dilaksanakan pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi Biokonversi Larva BSF di TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan produk magot yang dapat dijadikan pakan ternak ikan dan unggas, dibutuhkan langkah-langkah rencana tindak lanjut yaitu ;

1. Melakukan kajian pilot project terhadap pengolahan sampah mulai tahap pemilahan sampah untuk bahan baku sampai pada proses Biokonversi Larva BSF dengan produk Maggot terhadap aspek efisien, efektifitas dan tepat sasaran produknya. Selanjutnya dibutuhkan data informasi tentang kualitas dan komposisi kandungan nutrisi sebagai makanan ternak pada kemasan produk yang akan dipasarkan.
2. Dibutuhkan program sosialisasi dan promosi produk tentang magot terutama pada konsumen kelompok peternak ikan dan peternak unggas (ayam buras atau itik) di wilayah Propinsi Sumatera Barat
3. Melakukan Bimbingan teknis pada peternak ikan, ayam buras dan itik dalam menggunakan magot sebagai pakan ternak.

b. Prospek Produk bioteknologi Pupuk Organik (Kompos) dan Pupuk Organik Cair

Berdasarkan hasil wawancara dengan kelompok tani menyatakan bahwa :

1. Jenis komoditi pertanian yang sering di tanam responden pada lahan pertaniannya : Padi sebanyak 56,6 %, Cabe sebanyak 16,9 %, jagung sebanyak 12,2 %, Palawija sebanyak 10,8 % dan tanaman hias sebanyak 3,5 %.
2. Adapun pupuk yang sering digunakan responden dalam berusaha tani adalah Pupuk NPK berimbang dalam berbagai merk sebanyak 33,1 %, Pupuk Urea sebanyak 31,7 %, pupuk SP 36/ TSP sebanyak 9,2 %, pupuk KCL sebanyak 9,2 % dan Pupuk kandang atau Kompos sebanyak 16,8 %.
3. Pada umumnya responden sudah mendengar atau mengetahui tentang Pupuk Kompos dan Pupuk Cair Organik sebagai pupuk dalam



pertanian, sebanyak 51 responden (96,2 %) menyatakan sudah tahu dan sebanyak 2 responden (3,8 %) menyatakan belum mengetahui.

4. Responden sudah menggunakan pupuk kompos dan Pupuk Cair organik untuk pertanian mereka sebanyak 48 responden (90,6 %) dan sebanyak 5 responden (9,4 %) menyatakan belum pernah. Alasan digunakan pupuk kompos dan pupuk cair organik pada area pertanian adalah :

- 1) Dapat meminimalkan efek pupuk kimia dalam tanah dan tanaman
- 2) Dapat mengurangi pemakaian pupuk kimia dan meningkatkan penggunaan bahan organik dalam bidang pertanian dapat meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan PH tanah
- 3) Mendukung program Pemerintah dalam mengatasi masalah persampahan di daerah dan mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk kimia sebanyak.

Berdasarkan wawancara dengan petani terhadap rencana penerapan hasil pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi berupa Pupuk Organik dan Pupuk Organik Cair di TPA Sampah Regional Payakumbuh menyatakan titik lemahnya yaitu :

- a) Dosis penggunaan untuk jenis tanaman belum di ketahui
- b) Komposisi kandungan unsur dalam kompos tidak pasti
- c) Volume yang digunakan banyak sehingga menambah waktu dan tenaga dalam pemakaiannya
- d) Reaksi terhadap tanaman lama.
- e) Bila proses pembuatan kompos tidak sempurna akan berdampak buruk terhadap tanaman
- f) Membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanan

Berdasarkan hal di atas menunjukkan bahwa rencana pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi Pupuk organik di TPA Sampah Regional



Payakumbuh secara teknis dapat dilakukan atau diterapkan dengan produk Pupuk Kompos dan pupuk cair organik, sehingga dapat mengurangi volume sampah yang akan masuk ke sel TPA dengan harapan dapat memperpanjang umur operasionalnya.

Namun prospek pasar dari produk Pupuk Kompos dan pupuk cair organik sebagai hasil pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi di TPA Sampah Regional Payakumbuh, masih banyak kelemahan dari pandangan konsumen. Apabila prospek pasar dari produk Pupuk Kompos dan pupuk cair organik belum diterima oleh konsumen, sehingga akan mengganggu siklus produksi dengan terjadi penumpukan produk (Gagal Pasar). Hal ini merupakan salah satu kendala untuk mengambat kelayakan pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi Pupuk organik di TPA Sampah Regional Payakumbuh.

Untuk itu, apabila dilaksanakan pengolahan sampah menggunakan Bioteknologi Pupuk organik di TPA Sampah Regional Payakumbuh dengan produk Pupuk Kompos dan pupuk cair organik yang dapat dijadikan pengganti pupuk kimia untuk pertanian, dibutuhkan langkah-langkah rencana tindak lanjut yaitu ;

- 1) Melakukan kajian pilot project terhadap pengolahan sampah mulai tahap pemilahan sampah untuk bahan baku sampai pada proses pembuatan Pupuk Organik dengan produk Pupuk Kompos dan pupuk cair organik terhadap aspek efisien, efektifitas dan tepat sasaran produknya. Selanjutnya dibutuhkan data informasi tentang kualitas dan komposisi kandungan nutrisi sebagai pupuk organik pada kemasan produk yang akan dipasarkan.
- 2) Dibutuhkan program sosialisasi dan promosi produk tentang Pupuk Kompos dan pupuk cair organik terutama pada konsumen kelompok tani di wilayah Propinsi Sumatera Barat
- 3) Melakukan Bimbingan teknis pada petani dalam menggunakan Pupuk Kompos dan pupuk cair organik untuk area pertanian.



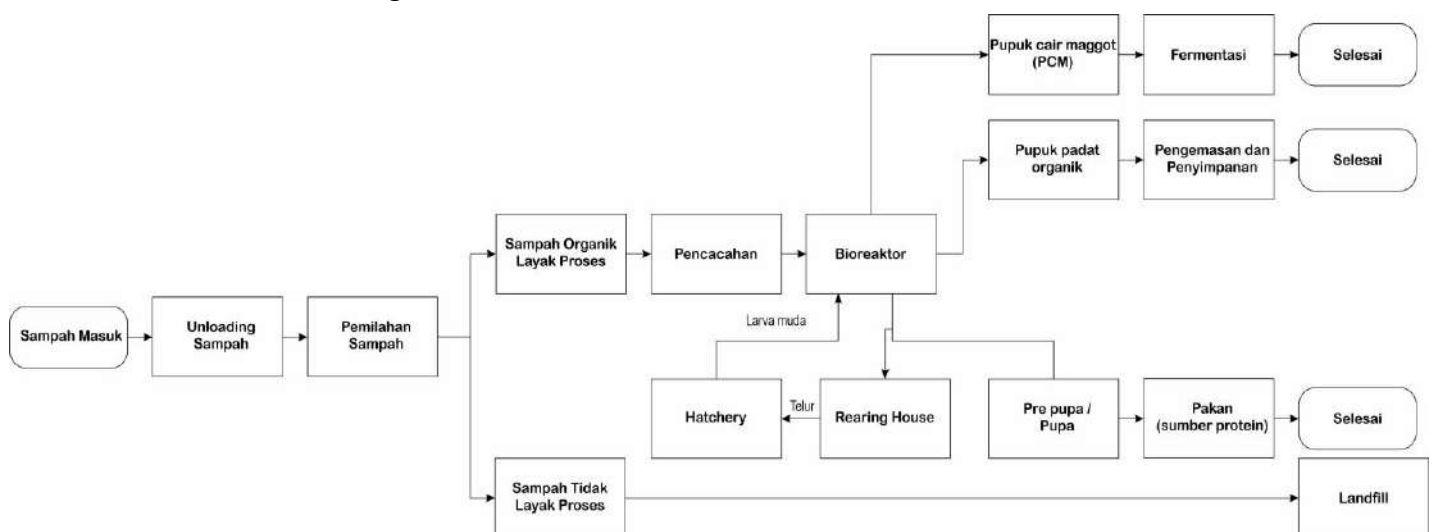
BAB V

DESAIN PROSES

BIOTEKNOLOGI TERPILIH

5.1 Uraian Proses Pengolahan Sampah Biokonversi dengan Larva BSF

Proses biokonversi dengan larva BSF terdiri dari beberapa tahapan proses. Berikut dapat dilihat skema proses pengolahan sampah menggunakan bioteknologi larva BSF.



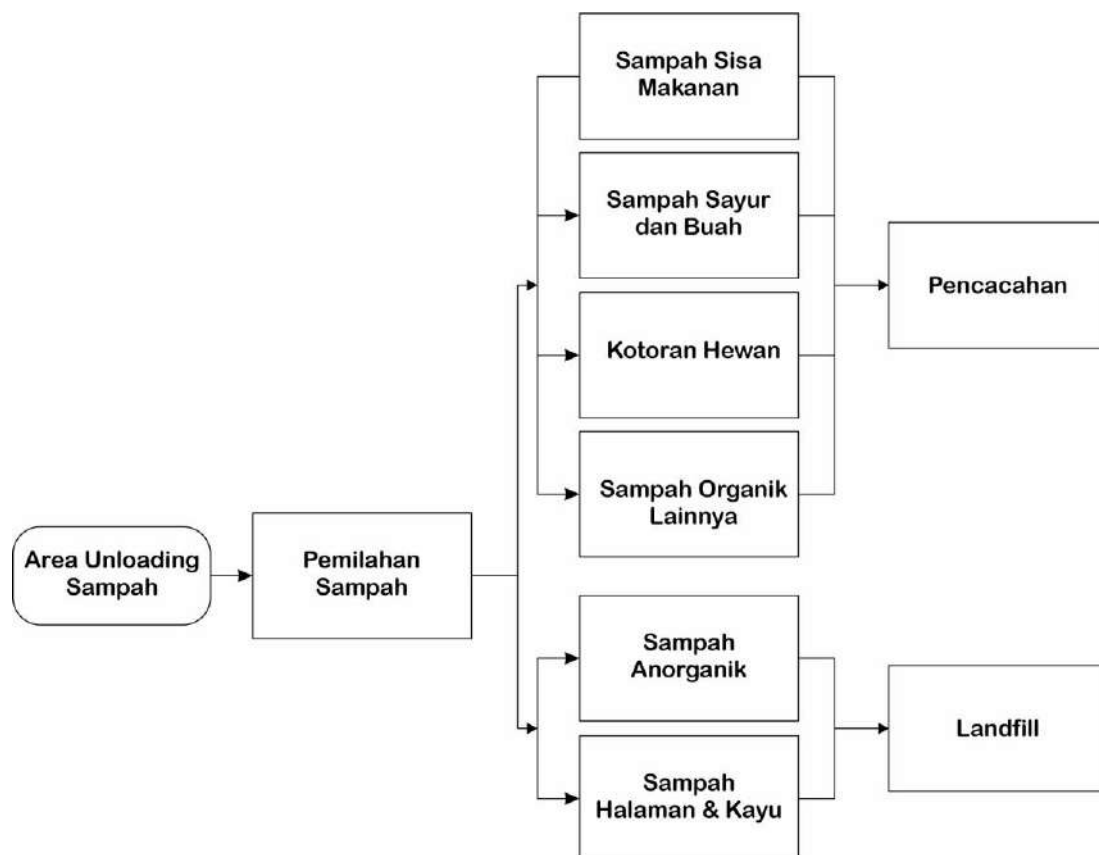
Gambar 5.1. Skema Proses Pengolahan Biokonversi dengan Larva BSF

1. Area Penerimaan (Unloading)

Area penerimaan dilengkapi dengan wadah penerima yang bertujuan untuk tempat penampungan sementara sampah yang dibongkar dari truk sampah. Direncanakan kendaraan angkut akan menuang sampah ke wadah penerima. Petugas kemudian akan mendorong sampah dari wadah penerima ke atas *belt conveyor* melalui *slide* menggunakan sekop dan garpu sampah. Hal ini bertujuan agar proses berjalan cepat dan efisien. Oleh karena itu ruang penerimaan harus dapat menampung sebuah kendaraan angkut berserta muatannya.

2. Area Pemilahan

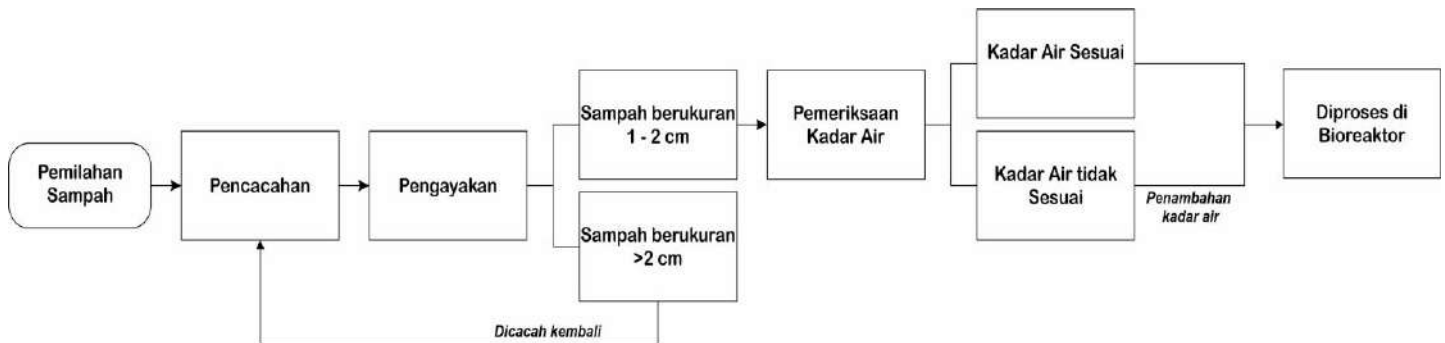
Sampah dari area penerimaan akan dibawa ke area pemilahan. Pemindahan sampah dari wadah penerima ke atas *belt conveyor* dilakukan dengan bantuan tenaga manusia menggunakan sekop. Proses pemilahan yang dilakukan direncanakan menggunakan cara mekanis sehingga pemilahan dilakukan dengan bantuan *belt conveyor*. *Belt conveyor* yang digunakan harus dapat memuat jumlah sampah yang akan dipilah maka kapasitas *belt conveyor* harus dapat menyesuaikan dengan volume sampah dan kecepatan pemilahan. Untuk pengolahan dengan biokonversi larva BSF, direkomendasikan sampah berupa sampah sisa makanan, sampah buah dan sayur, kotoran hewan, dan beberapa sampah organik lainnya. Pada dasarnya biokonversi larva BSF dapat mengolah berbagai jenis sampah organik, namun diperlukan pengolahan awal (*pretreatment*) seperti pencacahan sampah menjadi ukuran yang lebih kecil, dan penambahan air jika kadar air sampah belum pada tingkat optimum.



Gambar 5.2. Skema Proses pada Area Pemilahan Sampah

3. Area Pencacahan

Setelah sampah dipilah, sampah organik hasil pemilahan akan dibawa menggunakan gerobak dorong untuk dibawa ke area pencacahan. Pencacahan sampah dilakukan secara paralel agar mempersingkat waktu yang diperlukan dan dapat memenuhi kapasitas pengolahan yang direncanakan. Pada proses ini akan dihasilkan sampah dengan ukuran 1-2 cm. Sampah yang berukuran >2 cm akan melalui proses pencacahan kembali. Sampah hasil pencacahan kemudian akan diproses sebagai pakan larva di area bioreaktor. Sebelum diumpungkan ke bioreaktor, sampah akan diperiksa dulu kadar airnya. Jika kadar air belum optimum, maka dilakukan penambahan kadar air dengan cara penyemprotan air pada sampah.



Gambar 5.3. Skema Proses pada Area Pencacahan Sampah

4. Biokonversi dengan larva BSF

Bioreaktor merupakan bangunan utama tempat pengolahan sampah, dimana sampah dan larva BSF dicampur. Bioreaktor ini dilengkapi dengan sistem drainase untuk mengumpulkan lindi yang dihasilkan dari proses biokonversi. Dilihat dari sudut pandang pengelolaan sampah, keuntungan pemanfaatan BSF untuk reduksi sampah yaitu tidak perlunya memisahkan antara sampah hewani maupun sampah nabati (Žáková dan Borkovcová, 2013). Larva BSF akan memakan segala jenis sampah organik baik dari hewan maupun dari tumbuhan (Bullock et al., 2013). Proses biologis terjadi pada bioreaktor yang akan menghasilkan pupuk organik padat dan pupuk organik cair.



Sampah yang telah terpilah kemudian akan diumpankan kepada larva BSF pada bioreaktor. Bioreaktor harus terbuat dari bahan yang tidak memiliki kandungan toksik, salah satu material yang direkomendasikan adalah *stainless steel*. Material *stainless steel* bersifat kuat, tahan karat, tahan terhadap perubahan suhu, dan tidak melepas unsur toksik dalam pemakaian yang lama. Konstruksi bioreaktor yang direkomendasikan adalah berupa wadah persegi panjang dan disusun bertingkat pada suatu kerangka baja. Pada wadah juga disediakan drainase untuk mengalirkan lindi yang dihasilkan dari proses biokonversi.

Antara kurun waktu 18-21 hari pada bioreaktor akan terbentuk larva dewasa (pre pupa) yang akan bergerak naik dan keluar dari reaktor dan siap untuk dipanen. Sebagian pre pupa yang sudah berbentuk hitam dibawa ke rearing house untuk dikembangbiakkan, dan sebagian lainnya dipanen sebagai pakan.

a) Unit Perkawinan BSF (*Rearing House*)

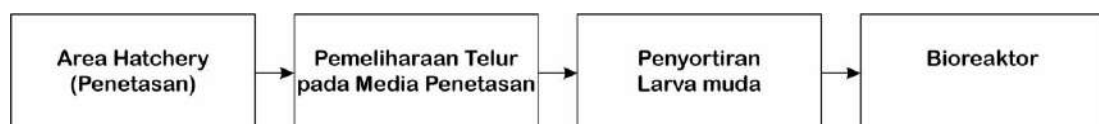
Dari sudut pandang pengelolaan, penting bagi semua kelompok telur untuk dikumpulkan di satu lokasi. Hal ini akan sangat memudahkan saat pemanenan telur. Kandang dilengkapi dengan media untuk lalat-lata BSF bertelur. Media tempat bertelur ini adalah media berongga yang akan dimanfaatkan oleh lalat sebagai tempat penyimpanan telur, dan ditambahkan substansi yang mirip dengan bahan organik yang membusuk sehingga dapat menarik para betina untuk meletakkan telurnya di sekitar media. Setelah kelompok-kelompok telur sudah disimpan dalam media, telur-telur tersebut akan dipanen sebelum ada larva yang menetas.



Gambar 5.4. Skema Proses pada Area Perkawinan BSF

b) Unit Pembiakkan Massal (*Nursery*)

Unit ini digunakan untuk memelihara larva-larva kecil (disebut 5-DOL) agar selalu tersedia dengan jumlah yang konsisten dan dapat digunakan untuk mengolah sampah organik yang datang setiap harinya di fasilitas pengolahan tersebut. Namun, dalam unit pemeliharaan ini, jumlah larva yang menetas dibatasi dalam jumlah tertentu untuk menjamin kestabilan pembiakan populasinya



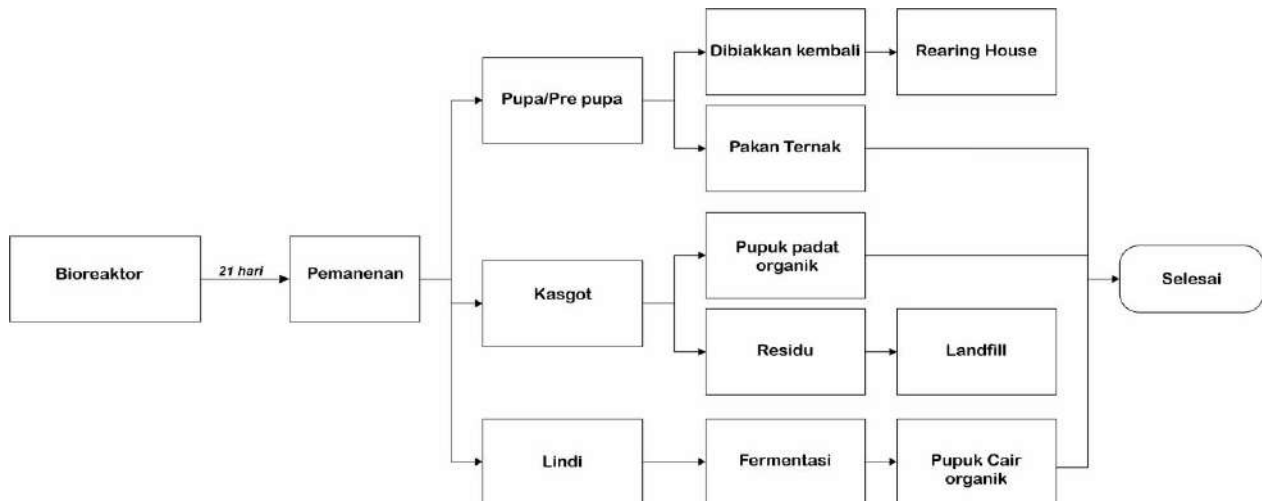
Gambar 5.5. Skema Proses Pembiakkan BSF

c) Pemanenan Larva BSF

Setelah pengolahan sampah dengan larva BSF, setiap bioreaktor dipanen. Di tahap ini, larva telah mencapai berat maksimal mereka, namun belum berubah menjadi prapupa. Nilai nutrisi mereka pun berada pada titik maksimal. Yang dimaksud dengan pemanenan adalah proses pemisahan larva dari residu. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan shaking

shieve (ayakan bergetar) manual maupun otomatis sehingga larva dapat dengan mudah dipisahkan dari residu.

Keseluruhan skema proses yang terjadi pada bioreaktor dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Skema Proses pada Bioreaktor

5. Pengolahan Pupuk Organik Cair

Untuk pembuatan pupuk cair dari *leachate* yang juga berasal dari hasil samping pengolahan sampah organik dengan larva BSF. Dilakukan pemberian makan pada *larva BSF* dengan sampah organik dan setelah 3 hari dilakukan pemanenan *leachate* dan dibuat menjadi pupuk cair organik. *Leachete* yang dihasilkan dari pengolahan sampah di bioreaktor akan dialirkan menggunakan pipa menuju bak aerasi. Setelah melalui proses aerasi, pupuk cair akan ditambahkan dengan *Effective Microorganism* (EM4) dan difermentasi. Fermentasi merupakan suatu proses dalam pemecahan senyawa organik menjadi senyawa sederhana. Tujuan dari fermentasi untuk menghasilkan pupuk yang mempunyai kandungan nutrisi, tekstur, biological availability yang lebih baik dengan melibatkan mikroorganisme. Selain itu, fermentasi ini juga dapat menurunkan zat anti nutrisinya (Nwachi, 2013). Menurut Meriatna et al., (2018) *Effective Microorganisme* (EM4) dapat mempercepat proses fermentasi bahan organik sehingga unsur hara yang ada pada air lindi dapat mudah diserap oleh *Chlorella*



sp karena, EM4 merupakan mikroorganisme yang menguntungkan. Bakteri dan *Chlorella sp* yang mati akan didekomposisi kembali oleh *Chlorella sp* dan kemudian bakteri ini akan melakukan penguraian sejumlah sel yang telah mati menjadi nutrisi yang dapat dimanfaatkan lagi oleh *Chlorella sp*. Dosis penambahan EM4 pada proses fermentasi lindi yang optimal adalah 25% dari volume lindi yang difermentasi (Hadi, 2022).

6. Pengolahan Pupuk Organik Padat

Larva BSF mampu mendekomposisi sampah organik khususnya sampah buah-buahan, sampah sisa masakan dan sampah campuran secara cepat dengan menghasilkan produk akhir berupa residu BSF yaitu residu halus (kompos) dan residu kasar. Residu harus dipisahkan menggunakan ayakan untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan relatif halus untuk kompos dan memisahkan material yang berukuran besar yaitu residu kasar. Kompos yang didapat adalah hasil metabolisme larva BSF. Pada proses pengomposan ini tidak hanya larva BSF yang berperan tetapi larva BSF bekerjasama dengan mikroorganisme untuk mendegradasi sampah organik (Popa dan Green, 2012).

5.2 Kriteria Desain Aplikasi Proses Biokonversi dengan Larva BSF

5.2.1. Sistem Pengolahan

Pengolahan sampah organik dengan biokonversi larva BSF menggunakan sistem kontinyu, dimana proses dilakukan secara berkelanjutan dan kapasitas pengolahan ditentukan berdasarkan waktu proses yang diperlukan. Proses biokonversi sampah organik dengan larva BSF memakan waktu 18-21 hari hingga dihasilkan produk akhir seperti pupuk organik padat, pupuk organik cair dan larva BSF sebagai pakan ternak. Berdasarkan estimasi kapasitas pengolahan dan ketersediaan lahan di TPA Regional Payakumbuh, maka kapasitas maksimum yang dapat diolah adalah 30% dari total sampah yang diterima setiap hari atau sebesar 51,23 ton/hari.

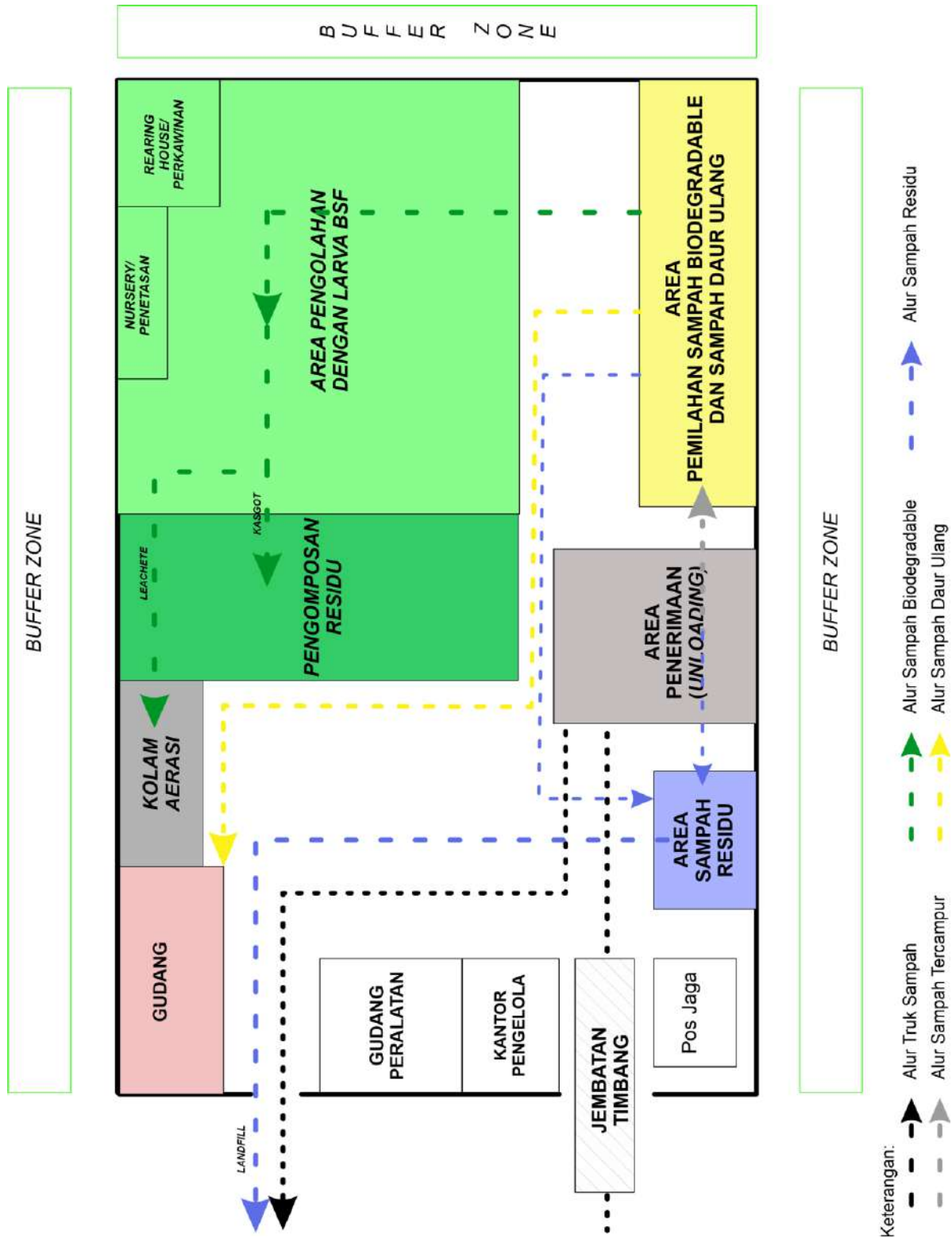


5.2.2. Konfigurasi Sistem

Penerapan sistem kontinu didasarkan pada waktu proses pengolahan dan kapasitas pengolahan. Berdasarkan parameter ini, maka didapatkan estimasi jumlah unit bioreaktor untuk 1 siklus (18-21 hari). Dengan kapasitas pengolahan sebesar 51,23 ton/hari, dan kapasitas 1 unit bioreaktor sebesar 2 ton, maka untuk mengolah sampah yang masuk dalam 1 hari diperlukan 26 unit bioreaktor. Setelah 21 hari, maka sampah yang terdapat pada bioreaktor telah bisa dipanen dan dilanjutkan untuk mengolah sampah pada hari berikutnya.

Dengan ketersediaan lahan di TPA Regional Payakumbuh sebesar $\pm 8.875 \text{ m}^2$ maka dapat diestimasi jumlah bioreaktor untuk pengolahan sampah sebesar 51,23 ton/hari adalah 538 unit bioreaktor. Jumlah ini diperkirakan dapat mengolah sampah dengan sistem kontinyu dan juga mempertimbangkan ketersediaan lahan yang ada di TPA Regional Payakumbuh.

Penerapan pengolahan sampah organik dengan biokonversi larva BSF ini dapat dilakukan dengan kombinasi bioteknologi pengomposan. Residu padat dari hasil pengolahan akan dikompos dengan metode pengomposan windrow. Proses pengomposan akan menghasilkan pupuk kompos dengan kandungan nutrisi yang cocok digunakan untuk pertanian dan perkebunan. Konfigurasi dari sistem kombinasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Konfigurasi Sistem Pengolahan Kombinasi Biokonversi Larva BSF dan Pengomposan

5.3 Kebutuhan Peralatan Proses Biokonversi dengan Larva BSF

1) Pemilahan Sampah

Proses pemilahan merupakan langkah awal yang sangat penting dikarenakan kontaminasi sampah anorganik akan mempengaruhi proses biokonversi dan produk akhir yang dihasilkan. Pemilahan dapat dilakukan secara manual dengan bantuan tenaga manusia, atau secara mekanis. Untuk efisiensi proses, pemilahan skala besar akan dilakukan secara mekanis.



Gambar 5.8. Model Unit Pemilahan Sampah

2) Pencacahan Sampah

Setelah dilakukan proses pemilahan maka dilakukan pencacahan terlebih dahulu untuk mempermudah penguraian sampah organik oleh larva. Pencacahan dilakukan secara mekanis dengan bantuan mesin pencacah untuk mendapatkan hasil yang baik.



Gambar 5.9. Model Unit Pencacahan Sampah

3) Biokonversi dengan Larva BSF pada Bioreaktor

Bioreaktor merupakan bangunan utama tempat pengolahan sampah, dimana sampah dan larva BSF dicampur. Menurut (Sipayung, 2015), tingkat reduksi sampah oleh larva BSF dapat dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu tingkat degradasi sampah dan waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah. Dilihat dari sudut pandang pengelolaan sampah, keuntungan pemanfaatan BSF untuk reduksi sampah yaitu tidak perlunya memisahkan antara sampah hewani maupun sampah nabati (Žáková dan Borkovcová, 2013). Larva BSF akan memakan segala jenis sampah organik baik dari hewan maupun dari tumbuhan (Bullock et al., 2013).

Satu unit reaktor dapat mengolah 2 ton sampah per hari dengan waktu proses 18-21 hari. Jumlah larva dalam satu reaktor perlu diperhatikan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan. Jumlah larva BSF yang diperlukan per reaktor adalah 20 kg larva. Jumlah ini telah sesuai dengan kebutuhan dan mempertimbangkan *feeding rate* yang optimum bagi larva BSF yaitu sebesar 40-60 mg sampah/larva.



Gambar 5.10. Model Bioreaktor BSF

4) Rearing House

Rearing house merupakan tempat pembiakan pupa menjadi lalat hingga bertelur. Desain bangunan menyerupai greenhouse, karena lalat memerlukan banyak cahaya. Dinding bangunan dibuat menggunakan jaring agar lalat tidak terbang ke alam bebas. Di dalam Rearing House lalat berkembang biak mulai dari lalat muda menjadi lalat dewasa, kawin dan bertelur. Sebagai tempat bertelur disiapkan balok kayu dan irisan kardus.



Gambar 5.11. Model Rearing House

5) Hatchery

Telur BSF selanjutnya dipindahkan ke hatchery untuk ditetaskan. Hatchery merupakan tempat penetasan telur menjadi larva. Digunakan rak-rak untuk menyimpan dan menetas telur BSF. Larva yang menetas diberi makan



sampah organik lembut hingga berumur 10 hari kemudian dipindah ke bioreaktor untuk kegiatan pengolahan.

Telur BSF akan menetas dalam waktu sekitar 3-4 hari. Larva muda dibiarkan di hatchery hingga berumur 9-12 hari sebelum dipindah ke bioreaktor dengan diberi campuran buah busuk halus dan dedak sebagai makanannya.



Gambar 5.12. Model Hatchery

6) Pengolahan Lindi

Leachete yang dihasilkan dari pengolahan sampah di bioreaktor akan dialirkan menggunakan pipa menuju bak aerasi. Setelah melalui proses aerasi, pupuk cair akan ditambahkan dengan *Effective Microorganism* (EM4) dan difermentasi. Dosis optimum dari EM4 yang digunakan dalam pengolahan lindi adalah 25% dari volume lindi yang dihasilkan. Pupuk organik cair yang telah jadi akan diikuti dengan penyusutan volume pupuk organik cair yang dapat mencapai hingga setengah dari volume semula. Pupuk organik cair yang telah matang akan mengalami perubahan warna menjadi coklat kehitam-hitaman.



Gambar 5.13. Model Bak Aerasi

Penentuan kuantitas kebutuhan peralatan mengambil pendekatan dengan kapasitas pengolahan. Rekapitulasi estimasi kebutuhan peralatan dalam operasional biokonversi sampah organik dengan larva BSF adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1.
Estimasi Kebutuhan Peralatan Biokonversi Larva BSF

No	Jenis Peralatan	Dimensi	Kapasitas	Jumlah
PERALATAN UTAMA				
	Conveyor Belt	18 m x 60 cm x 70 cm	15 m ³ /jam	2 unit
	Mesin pencacah		2500 kg/jam	4 unit
	Rak besi bertingkat 3 sebagai bioreaktor	5 m x 1,2 m x 2,5 m	1 ton	538 buah
	Ruang sebagai kandang kawin dilengkapi rak stainless	5 m x 3 m		8 unit
	Rak besi bertingkat 3 sebagai tempat penetasan telur	4 m x 2 m		85 unit
	Kolam aerasi	4 m x 6 m x 2 m	48 m ³	5 unit
	Aerator		7,5 kW	5 unit
PERALATAN PENUNJANG				
	Timbangan berdiri		300 kg	4 unit
	Trolley palet			6 buah
	Wadah plastik persegi	620mm x 430mm x 380mm		180 buah
	Pengayak manual			6 buah
	Thermo-hygrometer			12 buah
	Sekop			25 buah
	Mesin pengemas karung			4 unit
	Mesin pengemas botol			2 unit

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

5.4 Pemilihan Lokasi

Rencana lokasi unit pengolahan sampah organik dengan biokonversi larva BSF berada pada area TPA Regional Payakumbuh. Hal ini didasarkan karena terdapat ketersediaan lahan yang belum memiliki peruntukan di TPA Sampah Regional Payakumbuh. Pemilihan lokasi ini juga berdasarkan pertimbangan dari Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat selaku pengelola TPA Sampah Regional Payakumbuh. Rencana lokasi unit pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh dapat dilihat pada Gambar 5.14



Gambar 5.14. Rencana Lokasi Unit Pengolahan Sampah di TPA Sampah Regional Payakumbuh

Berdasarkan perhitungan, luas area yang tersedia di TPA Regional Payakumbuh ini adalah $\pm 8.875 \text{ m}^2$. Lokasi ini berada di bagian selatan landfill eksisting. Saat ini area masih berupa lahan terbuka dan belum ada peruntukkannya. Lokasi ini direkomendasikan karena telah berada di area TPA. Di sisi lain, operasional unit pengolahan ini menimbulkan dampak yang minim terhadap masyarakat karena berada jauh dari area pemukiman.



Gambar 5.15. Kondisi Eksisting Rencana Lokasi Unit Pengolahan

5.3.1. Pemanfaatan Lahan

Berdasarkan analisis kebutuhan lahan, dengan luas lahan yang tersedia dapat diimplementasikan pengolahan sampah organik dengan teknologi biokonversi larva dengan BSF dengan kapasitas pengolahan 30% (Skenario 1). Analisis kebutuhan lahan ini didasarkan pada kebutuhan peralatan yang dibutuhkan pada implementasi teknologi. Estimasi kebutuhan lahan berdasarkan ketersediaan lahan yang ada dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2.
Estimasi Kebutuhan Lahan Biokonversi dengan Larva BSF

Penggunaan Lahan	Jumlah (m2)
FASILITAS UTAMA	
Area Pengolahan	7.102
Area Perkawinan (Rearing House)	384
Area Penetasan (Hatchery)	205
Area Pengeringan Kompos	198
Kolam Aerasi	240
FASILITAS PENUNJANG	
Gudang	108
Kantor	36
Pos Jaga	4
Workshop	48
Jumlah	8.325

Sumber: Hasil perhitungan, 2022

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa ketersediaan lahan yang ada mencukupi untuk implementasi proses biokonversi dengan larva BSF. Secara

aspek estetika rencana lokasi juga telah sesuai karena berada di area yang jauh dari permukiman.

5.3.2. Analisa Kondisi Eksisting

TPA Regional Payakumbuh saat ini telah memiliki rumah kompos yang dilengkapi dengan fasilitas mesin pencacah dan belt conveyor. Namun saat ini rumah kompos telah lama tidak dioperasikan karena secara proses tidak memberikan keuntungan dan kekurangan sumber daya. Rumah kompos saat ini sebagian difungsikan sebagai area peletakkan peralatan seperti pipa gas landfill dan digunakan sebagai tempat istirahat bagi pemulung di sekitar TPA Regional Payakumbuh.



Gambar 5.16. Kondisi Eksisting Rumah Kompos TPA Regional Payakumbuh

Rumah kompos yang saat ini ada memiliki luas $\pm 91 \text{ m}^2$. Terdapat 2 unit belt conveyor yang telah lama tidak dioperasikan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak pengelola TPA, belt conveyor ini masih dapat berfungsi namun memerlukan pemeliharaan. Unit belt conveyor ini dapat dimanfaatkan kembali pada unit pengolahan sampah nantinya dengan melakukan pemeliharaan dan perbaikan. Namun dikarenakan luas rumah kompos yang kecil dibandingkan kebutuhan lahan pada bioteknologi biokonversi dengan larva BSF yang besar, maka rumah kompos ini tidak bisa dimanfaatkan sebagai lokasi pengolahan. Rumah kompos ini dapat dimanfaatkan nantinya sebagai gudang produk atau gudang peralatan.



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan kajian dari aspek teknis, aspek sosial, aspek lingkungan dan aspek ekonomi terhadap beberapa alternatif bioteknologi untuk penerapan pengolahan sampah di TPA Regional Payakumbuh dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bioteknologi biokonversi dengan larva BSF adalah alternatif dengan penilaian tertinggi dalam kajian penerapan yang didasarkan pada timbulan sampah, komposisi, karakteristik, dan potensi daur ulang sampah di TPA Regional Payakumbuh. Penilaian dilakukan berdasarkan kondisi eksisting di TPA, penilaian dari tenaga ahli dengan didukung referensi yang relevan, dan diskusi dengan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat selaku stakeholder.
2. Biokonversi dengan larva BSF memiliki beberapa keuntungan antara lain:
 - a) Biokonversi dengan larva BSF menghasilkan 3 produk akhir yaitu pupuk padat organik, pupuk cair organik, dan larva sebagai pakan ternak yang dapat mendukung sektor pertanian dan peternakan di Provinsi Sumatera Barat.
 - b) Salah satu alternatif teknologi ramah lingkungan dan tidak memerlukan teknologi khusus dalam implementasi proses utamanya.
 - c) Biokonversi dengan larva BSF merupakan salah satu alternatif yang mulai banyak diterapkan di Indonesia.
3. Dilihat dari aspek teknis, implementasi biokonversi dengan larva BSF didukung oleh beberapa kondisi eksisting yaitu:



- a) Ketersediaan lahan di TPA Regional Payakumbuh memenuhi kebutuhan lahan untuk implementasi biokonversi dengan larva BSF
 - b) Kondisi eksisting TPA Regional Payakumbuh dimana sampah yang diterima didominasi oleh sampah organik (81,4%) yang memiliki potensi daur ulang sebesar 69,05% sehingga penerapan pengolahan sampah organik dengan bioteknologi adalah salah satu alternatif yang baik.
 - c) Biokonversi dengan larva BSF memerlukan waktu lebih sedikit dalam pengolahan sampah dibandingkan alternatif bioteknologi lain seperti pengomposan dan anaerobic digestion.
4. Dilihat dari aspek ekonomi, nilai Net Present Value (NPV) dari implementasi biokonversi dengan larva BSF bernilai positif yang menandakan bahwa secara ekonomi, alternatif ini dinilai layak.
 5. Dilihat dari aspek lingkungan, biokonversi larva BSF merupakan salah satu bioteknologi yang dalam implementasinya tidak menimbulkan vektor penyakit seperti lalat, karena larva BSF akan memakan larva lalat yang bertelur di sampah. Di sisi lain, potensi emisi gas yang dihasilkan dari proses biokonversi dinilai lebih sedikit.

6.2 Rekomendasi

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas, maka direkomendasikan kelanjutan rencana rencana penerapan pengolahan sampah menggunakan bioteknologi yaitu :

1. Penerapan bioteknologi dalam hal pengolahan sampah akan sangat berhubungan erat dengan sampah yang terpilah, hal ini disebabkan karena bioteknologi hanya dapat mengolah sampah organik saja. Oleh sebab itu diperlukannya suatu upaya pemilahan sampah yang baik.
2. Diperlukan suatu regulasi dalam implementasi pengolahan sampah dengan bioteknologi yang mengatur mengenai pemilahan sampah di sumber agar upaya pengolahan sampah di TPA dapat berjalan optimal.



3. Dalam penerapan bioteknologi perlu diperhatikan agar tidak ada zat toksik seperti sampah yang mengandung limbah B3 karena dapat menimbulkan dampak negatif dan kegagalan proses pengolahan.
4. Diperlukan suatu SOP harian bagi pekerja dalam implementasi proses biokonversi dengan larva BSF agar proses pengolahan dapat berjalan secara berkelanjutan.
5. Perlu dilakukan kajian perencanaan teknis dalam penerapan pengolahan sampah dengan biokonversi larva BSF.
6. Lokasi unit pengolahan dapat berada di TPA sesuai dengan ketersediaan lahan dan dapat memanfaatkan sarana dan prasarana yang telah ada sebelumnya.
7. Melakukan kajian pilot project terhadap pengolahan sampah mulai tahap pemilahan sampah untuk bahan baku sampai pada proses bioteknologi terhadap aspek efisien, efektifitas dan tepat sasaran produknya. Selanjutnya dibutuhkan data informasi tentang kualitas dan komposisi pada kemasan produk yang akan dipasarkan.
8. Dibutuhkan program sosialisasi dan promosi produk bioteknologi terutama pada konsumen kelompok tani di wilayah Propinsi Sumatera Barat
9. Melakukan Bimbingan teknis pada petani dalam menggunakan produk bioteknologi untuk area pertanian dan peternakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Bhat, R.A., Dar, S.A., Dar, D.A., Dar, G.H., 2018. *Municipal solid waste generation and current scenario of its management in India*. International Journal of Advance Resource Science. 7. 419 – 431.
- Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elder, B., Givens, M., Jeffay, N., Pierce, B., dan Robinson, W., 2013. *The Black Soldier Fly How-to-Guide*. UNC Institute for The Environment. ENST 698-Environmental Capstone.
- Chand Malav, L., Kumar Yadav, K., Gupta, N., Kumar, S., Kumar Sharma, G., Krishnan, S., Rezanian, S., Kamyab, H., Bao Pham, Q., Yadav, S., Bhattacharyya, S., Kumar Yadav, V., Vu Bach, Q., 2020. *A review on municipal solid waste as a renewable source for waste-to-energy project in India: Current practices, challenges, and future opportunities*. Journal of Cleaner Production.
- Damanhuri, E., 2008 “Diktat Landfilling Limbah”, Institut Teknologi Bandung, Versi 2008, 40.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T., 2010. *Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah*. Bandung: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB)
- 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)
- Diener, S., Solano, N.M.S., Gutierrez, F.R., Zurbrügg, C., Tockner, K. 2011. *Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae*. Waste Biomass Valor, 2: 356-363.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. 2017. *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF): Panduan Langkah-Langkah Lengkap*.



- Falah, M. dan Nelza, N., 2019. *Pembuatan Biopelet dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit TKKS sebagai Bahan Bakar Terbarukan*. Ready Star, Vol. 2 No.1.
- Hadi, K., 2022. *Pengaruh Pemberian Lindi dengan Dosis Berbeda yang Difermentasi EM4 Terhadap Kelimpahan Chlorella sp.* Universitas Islam Riau.
- Kahar, A., Busyairi, M., Sariyadi, Hermanto, A., Ristanti, A. 2020. *Bioconversion of Municipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae into Compost and Liquid Organic Fertilizer*.
- Kalyani, K.A., Pandey, K.K., 2014. *Waste to energy status in India: a short review*. Renewable Sustain Energy. 31. 113 – 120.
- Kerr, T., Dargaville, R., 2008. *Turning a Liability into an Asset: Landfill Methane Utilisation Potential in India*. International Energy Agency, 1 – 24.
- 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*
- Meriatna, S., dan Fahri, A., 2018. *Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Activator EM4 (Effective Microorganisme) pada Pembuatan Pupuk Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. Vol 7 (1): 13-29
- Moya, D., Aldas, C., Lopes, G., Kaparaju, P., 2017. *Municipal solid waste as a valuable renewable energy source: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-to-Energy Technologies*. Energy Procedia. 134. 286 – 295.
- Mukherjee, C., Denney, J., Mbonimpa, E.G., Slagley, J., Bhowmik, R., 2020. *A review on municipal solid waste-to-energy trends in the USA*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 119.
- Nair, R.B., Lennartsson, P.R., Taherzadeh, M.J., 2017. *Bioethanol production from agricultural and municipal waste*. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, 157 – 190.
- Nwachi, O.F., 2013. *An Overview of The Importance of Probiotics in Aquaculture*. J.Fish. Aquat Scie. Vol 8 (1): 30-32



- Paulraj, C.R., Bernard, M.A., Raju, J., Abdulmajid M., 2019. *Sustainable waste management through waste to energy technologies in India-opportunities and environmental impacts*. Journal of Renewable Energy Resource. 9. 309 – 342.
- Popa, R. dan Green, T. 2012. *DipTerra CC e-Book 'Black Soldier Fly Applications'*. DipTerra LCC
- Putra, Y. dan Ariesmayana A. 2020. *Efektifitas Penguraian Sampah Organik Menggunakan Maggot (BSF) di Pasar Rau Trade Center*. Universitas Banten Jaya. Banten
- Ranncak, G.T., Alawiyah, T., Hadi, T., 2017. *Kajian Pengolahan Sampah Organik dengan BSF (Black Soldier Fly) TPA Kebun Kongok*. Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan Vol. 1 No. 1. ISSN 2598-9944.
- Republik Indonesia, 2008. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta.
- Roswulandari, A., Daerobi, A., Suryanto, Gravitiani, E., 2018. *Waste to Energy (WTE) Putri Cempo as Urban Innovation: A Financial Analysis*. Advances in Engineering Research vol. 156.
- Sipayung, P. Y. E., 2015. *Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens) sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah di Daerah Perkotaan*.
- Siallagan, N, S, R. 2010. *Pengaruh Waktu Tinggal dan Komposisi Bahan Baku Pada Proses Fermentasi Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Produksi Biogas*. Tugas Akhir. Sarjana. Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara
- Sari, D.A.P., Taniwiryono, D., Andreina, R., Nursetyowati, P. 2022. *Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Hasil Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga dengan Bantuan Larva Black Soldier Fly (BSF)*.
- Tchnobanoglous, G. dan Frank K., 2002. *Handbook Of Solid Waste Management Second Edition*. New York:Mc Graw Hill Inc.
- Wahyuni, S. 2011. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta, Agromedia Pustaka.



Zakova, M. dan Borkovcova, M. 2013. *Hermetia illucens application in management of selected types of organic waste*. The 2nd Electronic Interdisciplinary Conference. Internal Grant Agency (IGA) Faculty of Agronomy Mendelu.



DOKUMENTASI

SURVEY DAN ORIENTASI LAPANGAN





PEMBAHASAN LAPORAN PENDAHULUAN





RAPAT PELAPORAN PROGRESS





SURVEY KELOMPOK TANI MASYARAKAT





PENGAMBILAN SAMPEL LAPANGAN





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM BUANGAN PADAT**
Alamat: Kampus Limau Manis, Padang – Sumatera Barat, Kode Pos 25163

HASIL ANALISIS

No : 003/XI/LBP-HA/2022
Sampel : TPA 1 Payakumbuh
Analisa : Kadar Air, Volatile, Abu, Fix Karbon, C-Org, N-Total

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Kadar Air	%	42,43
2	Kadar Volatile	%	45,65
3	Kadar Abu	%	1,54
4	Fix Karbon	%	10,38
5	C -Organik	%	17,56
6	N total	%	0,78

Padang, 17 November 2022

Kepala Laboratorium


Yommi Dewinda, MT
NIP. 197905052003122002

Tembusan :
1. Arsip



Prodi Sarjana Terakreditasi "Unggul"
SK No. 6093/SK/BAN-PT/Akred-Itnl/S/IX/2020
Prodi Magister Terakreditasi "B"
SK No. 3116/SK/BAN-PT/Akred/M/VIII/2019



Engineering
Accreditation
Commission

Terakreditasi ABET (Prodi Sarjana)



Prodi Sarjana
Terakreditasi
IABEE
Sertifikat Akreditasi
No. 00072 A



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM BUANGAN PADAT

Alamat: Kampus Limau Manis, Padang - Sumatera Barat, Kode Pos 25163

HASIL ANALISIS

No : 004/XI/LBP-HA/2022
Sampel : TPA 2 Payakumbuh
Analisa : Kadar Air, Volatile, Abu, Ptx Karbon, C-Org, N-Total

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Kadar Air	%	36,49
2	Kadar Volatile	%	52,80
3	Kadar Abu	%	1,65
4	Ptx Karbon	%	9,06
5	C -Organik	%	16,47
6	N total	%	0,63

Padang, 17 November 2022
Kepala Laboratorium


Yenni Dewilga, MT
NIP. 197905032003122002

Tembusan :
1. Arsip



Prodi Sarjana Terakreditasi "Unggul"
SK No. 6093/SK/BAN-PT/Akred-Itnl/S/IX/2020
Prodi Magister Terakreditasi "B"
SK No. 3116/SK/BAN-PT/Akred/M/VIII/2019



Engineering
Accreditation
Commission

Terakreditasi ABET (Prodi Sarjana)



Prodi Sarjana
Terakreditasi
IABEE
Sertifikat Akreditasi
No. 00072 A



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM BUANGAN PADAT

Alamat: Kampus Limau Manis, Padang – Sumatera Barat, Kode Pos 25163

HASIL ANALISIS

No : 005/XI/LBP-HA/2022
Sampel : TPA 3 Payakumbuh
Analisa : Kadar Air, Volatile, Abu, Fix Karbon, C-Org, N-Total

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Kadar Air	%	39,41
2	Kadar Volatile	%	55,66
3	Kadar Abu	%	1,27
4	Fix Karbon	%	3,66
5	C -Organik	%	16,28
6	N total	%	0,58

Padang, 17 November 2022

Kepala Laboratorium



Yommi Dewilda, MT

NIP. 197905052003122002

Tembusan :
1. Arsip



Prodi Sarjana Terakreditasi "Unggul"
SK No. 6093/SK/BAN-PT/Akred-Itnl/S/IX/2020
Prodi Magister Terakreditasi "B"
SK No. 3116/SK/BAN-PT/Akred/M/VIII/2019



Engineering
Accreditation
Commission

Terakreditasi ABET (Prodi Sarjana)



Prodi Sarjana
Terakreditasi
IABEE
Sertifikat Akreditasi
No. 00072 A



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM BUANGAN PADAT

Alamat: Kampus Limau Manis, Padang – Sumatera Barat, Kode Pos 25163

HASIL ANALISIS

No : 006/XI/LBP-HA/2022
Sampel : TPA 4 Payakumbuh
Analisa : Kadar Air, Volatile, Abu, Fix Karbon, C-Org, N-Total

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Kadar Air	%	37,98
2	Kadar Volatile	%	54,53
3	Kadar Abu	%	1,17
4	Fix Karbon	%	6,32
5	C -Organik	%	16,52
6	N total	%	0,71

Padang, 17 November 2022

Kepala Laboratorium


Yommi Dewilda MT
NIP. 197905052003122002

Tembusan :

1. Arsip



Prodi Sarjana Terakreditasi "Unggul"
SK No. 6093/SK/BAN-PT/Akred-Itnl/S/IX/2020
Prodi Magister Terakreditasi "B"
SK No. 3116/SK/BAN-PT/Akred/M/VIII/2019



Engineering
Accreditation
Commission

Terakreditasi ABET (Prodi Sarjana)



Prodi Sarjana
Terakreditasi
IABEE
Sertifikat Akreditasi
No. 00072 A



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM BUANGAN PADAT

Alamat: Kampus Limau Manis, Padang – Sumatera Barat, Kode Pos 25163

TANDA TERIMA

No : 002/XI/LBP-HA/2022

Sudah terima dari : CV Nabel Engineering Consultant pembayaran biaya analisis sampel sampah dengan biaya total sebesar Rp 680.000,-(Enam Ratus Delapan Puluh Ribu Rupiah) dengan perincian sebagai berikut:

NO	Parameter	Jml Sampel	Biaya per sampel (Rp)	Total (Rp)
1	Proximate	4	100.000,-	400.000,-
2	C-Organik	4	35.000,-	140.000,-
3	N-Total	4	35.000,-	140.000,-

Total Biaya

680.000,-



Padang, 17 November 2022

Analisis Laboratorium

Syolmi S.Si



Prodi Sarjana Terakreditasi "Unggul"
SK No. 6093/SK/BAN-PT/Akred-Itnl/S/IX/2020
Prodi Magister Terakreditasi "B"
SK No. 3116/SK/BAN-PT/Akred/M/VIII/2019



Engineering
Accreditation
Commission

Terakreditasi ABET (Prodi Sarjana)



Prodi Sarjana
Terakreditasi
IABEE
Sertifikat Akreditasi
No. 00072 A