

TUGAS AKHIR - RE184804

KAJIAN PENGOLAHAN SAMPAH HASIL *LANDFILL MINING* DI TPST BANTARGEBAH

VANIA MAHESWARI PUTRI

03211840000081

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc

NIP.19530706 198403 2 004

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2022



TUGAS AKHIR - RE184804

**KAJIAN PENGOLAHAN SAMPAH HASIL *LANDFILL MINING* DI
TPST BANTARGEBAH**

VANIA MAHESWARI PUTRI

03211840000081

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc

NIP.19530706 198403 2 004

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE184804

STUDY ON LANDFILL MINING SOLID WASTE TREATMENT IN BANTARGEBAWANG RECYCLING FACILITY

VANIA MAHESWARI PUTRI

03211840000081

Advisor

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc

NIP. 19530706 198403 2 004

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN PENGOLAHAN SAMPAH HASIL *LANDFILL MINING* DI TPST BANTARGEBAK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **VANIA MAHESWARI PUTRI**
NRP. 0321184000081

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc.
2. Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD.
3. Susi Agustina Wilujeng, ST., MT.
4. Alfian Purnomo, ST., MT.

Pembimbing

Penguji

Penguji

Penguji



PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : VANIA MAHESWARI PUTRI / 0321184000081
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc. / NIP.19530706
198403 2 004

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Kajian Pengolahan Sampah Hasil Landfill Mining di TPST Bantargebang" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc.
NIP. 19530706 198403 2 004

Surabaya, 26 Juli 2022

Mahasiswa



Vania Maheswari Putri
0321184000081

KAJIAN PENGOLAHAN SAMPAH HASIL *LANDFILL MINING* DI TPST BANTARGEBAANG

Nama Mahasiswa : Vania Maheswari Putri
NRP : 03211840000081
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M. AppSc.

ABSTRAK

TPST Bantargebang terletak di Kecamatan Bantargebang, Kota Bekasi. Pada saat ini TPST Bantargebang telah menerapkan sistem *landfill mining*. Material gali yang ditambang merupakan sampah yang sudah ditimbun selama minimal 6 tahun. Kemudian material gali tersebut akan diolah dengan beberapa cara yaitu pengomposan, dan RDF. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kuantitas, komposisi dan karakteristik material gali yang diolah, mengkaji tahap-tahap pengolahan material gali, menentukan jenis produk yang dihasilkan, serta mengkaji aspek finansial.

Pada penelitian ini dilakukan kegiatan sampling dan observasi lapangan. Sampling dilakukan untuk menentukan kuantitas material gali dengan metode *load count analysis* terhadap 3 kendaraan pengangkut sampah selama 8 hari. Komposisi material gali dengan metode *random sampling* dan teknik perempatan. Observasi dilakukan untuk mendapatkan data tahapan pengolahan material gali, jenis hasil olahan material gali, jumlah fasilitas pengolahan. Selain itu, dibutuhkan data penunjang untuk penelitian ini yaitu jumlah SDM yang terlibat dalam kegiatan pengolahan material gali serta biaya produksi pengolahan material gali. Data penunjang didapatkan dari arsip kantor TPST Bantargebang. Data tersebut digunakan untuk mengkaji aspek teknis dan aspek finansial di TPST Bantargebang.

Hasil studi ini menunjukkan kuantitas berat material gali yang diolah di TPST Bantargebang setiap hari adalah 81,43 ton/hari dengan volume sebesar 147 m³/hari. Komposisi material gali di TPST Bantargebang terdiri atas plastik (33,89%), material gali berukuran 10-30 mm (20,12%), material gali berukuran >10 mm (13,93%), kayu (13,69%), lain-lain (6,07%), kain (2,49%), sisa kebun (2,64%), karet (2,21%), *diapers* (2,13%), kaca (1,20%), *styrofoam* (0,82%), logam (0,47%), B3 (0,23%), sisa makanan (0,08%) dan kertas (0,02%). Kadar air material gali berukuran <10 mm sebesar 47,57%, ukuran 10-30 mm sebesar 44,95% dan ukuran >30 mm sebesar 48,73%. Nilai karbon organik dan nitrogen pada sampel berukuran <10 mm masing-masing sebesar 52,87% dan 2,10%. Sedangkan pada sampel berukuran 10-30 mm masing-masing sebesar 56,67% dan 1,89%. Nilai kalor pada material gali sebesar 4.318,09 Kkal/kg. kandungan sulfur dan klorin masing-masing sebesar 0,49% dan 0,47%. Pengolahan material gali di TPST Bantargebang terdiri atas pemilahan dan pencacahan material gali. Pemilahan dilakukan secara mekanik dan manual. Pemilahan secara mekanik dilakukan dengan mesin *trommel screen* dan *wind shifter*. Sedangkan pencacahan material gali dilakukan secara mekanik dengan *fine shredder*. Hasil pengolahan material gali di TPST Bantargebang adalah RDF sebanyak 44,81 ton/hari dan kompos sebanyak 26,74 ton/hari. Biaya operasional dan pemeliharaan yang dibutuhkan untuk kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang sebesar Rp 27.801.976 per hari.

Kata Kunci: *landfill mining*, pengolahan, sampah, TPST Bantargebang

STUDY ON LANDFILL MINING SOLID WASTE TREATMENT IN BANTARGEBAWANG RECYCLING FACILITY

Name of Student : Vania Maheswari Putri
NRP : 03211840000081
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc.

ABSTRACT

Bantargebang Recycling Facility (BRF) is located in Bantargebang District, Bekasi. Currently, the BRF has implemented landfill mining. Excavated material is waste that has been stockpiled for more than 6 years. The excavated materials will be processed in several ways are composting and Refuse Derived Fuel (RDF). This study aims to determine the quantity, composition and characteristics of the processed excavator materials, examine the stages of excavator materials processing, determine the type of product produced, and examine the financial aspects.

This study was started with sampling activities and observation. Sampling activities to determine the quantity of excavated materials using load count analysis method towards 3 dump truck for 8 days. Excavated materials composition was determined using random sampling method and intersection technique. Observations were made to obtain data on the stages of waste processing, types of processed waste, number of processing facilities. In addition, the supporting data for this research are the amount of human resources who involved in waste processing activities and the production costs of waste processing. Supporting data were obtained from the archives of the BRF. The data were used to examine the technical and financial aspects of the BRF.

The study showed that quantity of excavated material at the BRF was 81,43 tons/day with a volume of 147 m³/day. The composition of excavated materials consisted of plastic (33,89%), excavated material 10-30 mm sized (20,12%), excavated material >10 mm sized (13,93%), wood (13,69%), others (6,07%), cloth (2,49%), garden waste (2,64%), rubber (2,21%), *diapers* (2,13%), glass (1,20%), *styrofoam* (0,82%), metals (0,47%), hazardous waste (0,23%), food waste (0,08%) and paper (0,02%). The organic carbon and nitrogen contents in samples of <10 mm sized were 52,87% and 2,10%, respectively. While in samples of 10-30 mm sized were 56,67% and 1,89%, respectively. The calorific value of the excavated material was 4.318,09 Kcal/kg. The sulfur and chlorine contents were 0,49% and 0,47%, respectively. The processing of excavated materials at the BRF consists of sorting and chopping the excavated materials. Sorting is performed mechanically and manually. Mechanical sorting was done with a trommel screen and a wind shifter. Chopping was done with a fine shredder. The results of processing excavated materials at the BRF are 44,81 tons/day of RDF and 26,74 tons/day of compost. The estimated operational and maintenance costs for the processing of excavated materials at the BRF was Rp 27.801.976 per day

Kata Kunci: *landfill mining*, treatment, waste, Bantargebang Recycling Facility

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Kajian Pengolahan Sampah Hasil *Landfill Mining* di TPST Bantargebang” dengan lancar. Dengan selesainya laporan ini, penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan laporan ini, antara lain:

1. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum MAppSc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD., dan Ibu Susi Agustina Wilujeng, ST., MT. selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu IDAA Warmadewanthi, ST., MT., PhD. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan
4. Bapak Asep Kuswanto selaku kepala UPST Bantargebang yang telah memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian di TPST Bantargebang.
5. Bapak Roy Sihombing selaku kepala staf UPST Bantargebang yang telah membantu perizinan di TPST Bantargebang dan memberikan data-data yang diperlukan untuk penyusunan laporan tugas akhir.
6. Bapak Prihartanto yang telah membantu dan bekerja sama dalam mencari data-data untuk penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Pihak-pihak dari Laboratorium di Gedung Geostech, Kawasan Puspitek yang telah memberikan izin untuk menggunakan laboratorium untuk analisis.
8. Kru pengolahan sampah (Mas Huzair, Mas Ridwan, Mas Ari dan Mas Aldo) yang telah membantu kegiatan sampling di TPST.
9. Varick yang telah membantu kegiatan sampling dan memilah, serta menyemangati penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
11. Teman-teman satu asistensi (Dita, Rafi dan Shalmia) serta teman penulis terutama Caca, Iftinan, Carissa, Elfira, Afaz, Adhiola, Fajrul, Halif, dan Bonifasius yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama pengerjaan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan laporan ini tentunya masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis. Semoga laporan tugas ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 26 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Definisi Sampah	3
2.2 Sumber Sampah	3
2.3 Komposisi dan Karakteristik Sampah	3
2.4 Pengelolaan Sampah	5
2.4.1 Pengolahan Sampah	5
2.4.2 TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu)	8
2.5 Tempat Pemrosesan Akhir	9
2.6 <i>Landfill Mining</i>	10
2.7 Pengukuran Timbulan Sampah	10
2.8 Analisis Finansial	11
2.9 Deskripsi Daerah Studi	11
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Tahapan Penelitian	15
3.2 Studi Literatur	15
3.3 Metode Pengolahan Data	16
3.4 Pengambilan Data	17
3.4.1 Data Primer	17

3.4.2	Data Sekunder	19
3.5	Analisis Data dan Pembahasan	19
3.6	Kesimpulan dan Saran	19
3.7	Penulisan Laporan	19
BAB IV	.....	21
4.1	Analisis Kuantitas, Komposisi dan Kuantitas Material Gali	21
4.1.1	Kuantitas Material Gali	21
4.1.2	Komposisi Material Gali	21
4.1.3	Karakteristik Material Gali	26
4.2	Tahapan Pengolahan Sampah Hasil <i>Landfill Mining</i>	28
4.3	Hasil Pengolahan Material Gali	32
4.3.1	Potensi Sebagai Kompos	32
4.3.2	Potensi Sebagai RDF	33
4.3.3	Mass Balance	34
4.4	Perhitungan Analisis Finansial	36
4.5	Rekomendasi	42
BAB V	.....	43
KESIMPULAN	.....	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	.....	45
LAMPIRAN A	.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta TPST Bantargebang (Tanpa Skala).....	12
Gambar 2. 2 Rencana <i>Landfill Mining</i> di TPST Bantargebang (Tanpa Skala).....	13
Gambar 2. 3 Alur Pengolahan Sampah Secara Fisik	14
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	15
Gambar 3. 2 Prosedur Kerja Analisis Kadar Air	18
Gambar 4. 1 Grafik Komposisi Material Gali di TPST Bantargebang	22
Gambar 4. 2 Komposisi Material Gali	25
Gambar 4. 3 Komposisi Material Gali pada Material gali 10-30 mm	26
Gambar 4. 4 Skema Alur Pengolahan Material Gali di TPST Bantargebang.....	29
Gambar 4. 5 <i>Trommel Screen</i> Berukuran 30 mm	30
Gambar 4. 6 <i>Conveyor Belt</i>	30
Gambar 4. 7 <i>Wind Shifter</i>	31
Gambar 4. 8 <i>Trommel Screen</i> Berukuran 10 mm	31
Gambar 4. 9 <i>Fine Shredder</i>	32
Gambar 4. 10 Diagram Alir Pengolahan Material Gali di TPST Bantargebang.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Kompos.....	7
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Kuantitas Material Gali	21
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kadar Air Material Gali	27
Tabel 4. 3 Kadar Karbon Organik dan Nitrogen Material Gali	27
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Material Gali Untuk RDF.....	28
Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Analisis Material Gali dengan Baku Mutu Kompos	32
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Analisis Material Gali dengan Karakteristik RDF	33
Tabel 4. 7 Gaji Pekerja Pengolahan Material Gali.....	36
Tabel 4. 8 Harga Investasi Alat dan Fasilitas Pengolahan Material Gali	37
Tabel 4. 9 Umur Alat Pengolahan Material Gali	37
Tabel 4. 10 Kebutuhan Biaya Bahan Bakar Pengolahan Material Gali.....	39
Tabel 4. 11 Kebutuhan Biaya Listrik Pengolahan Material Gali	40
Tabel 4. 12 Biaya Pemeliharaan Alat Pengolahan Material Gali	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk berbanding lurus dengan peningkatan timbunan sampah yang dihasilkan. Data KLHK menunjukkan pada tahun 2020 Kota Jakarta menghasilkan 3.054.812,22 ton sampah pertahun. Sedangkan pada tahun 2021 Kota Jakarta menghasilkan 3.083.414,68 ton sampah pertahun. Dengan peningkatan timbunan sampah yang terjadi maka diperlukan strategi minimisasi sampah untuk mengurangi timbunan sampah. Kegiatan minimisasi sampah yang dapat dilakukan adalah mengomposkan sampah dan memanfaatkan kembali sampah (Pramestyawati dan Warmadewanthi, 2013).

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) adalah tempat dilakukannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, daur ulang, pengolahan dan pemrosesan akhir. TPST dapat didefinisikan juga sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat (Marlena dkk., 2020). Berdasarkan definisi tersebut, maka peran dan fungsi TPST sangat penting karena dapat mengolah sampah terlebih dahulu sebelum masuk ke TPA (Sahwan, 2010). Sehingga sampah yang masuk ke TPA menjadi berkurang dan dapat memperpanjang umur TPA.

Menurut Sukwika dan Noviana (2020), TPST Bantargebang digunakan untuk menampung sampah dari wilayah Jakarta sejak tahun 1989. Volume sampah Kota Jakarta yang masuk ke TPST Bantargebang rata-rata sekitar 7000-8000 ton perhari dengan dilayani oleh 1200 truk pengangkut. Timbunan sampah di TPST Bantargebang hampir mencapai 50 meter. Maka dari itu, diperlukan rencana strategis untuk mengurangi timbunan sampah di TPST Bantargebang.

Menurut UPST DLH Jakarta (2021), pengolahan sampah di TPST Bantargebang menggunakan hasil *landfill mining*. *Landfill mining* adalah penambangan lahan urug zona tidak aktif dengan karakteristik sampah yang sudah terdekomposisi agar bisa digunakan kembali sehingga memperpanjang masa pelayanan TPST. Produk dari *landfill mining* yang diolah di TPST Bantargebang yaitu sampah organik *biodegradable* akan dijadikan kompos. Sedangkan komponen sampah lainnya yang dapat dipilah akan diproses dengan cara *Refuse Derived Fuel* (RDF).

Pengolahan sampah menggunakan sampah dari hasil kegiatan *landfill mining* baru dijalankan dari tahun 2021. Maka diperlukan kajian mengenai pengolahan sampah di TPST Bantargebang. Kajian ini memerlukan data kuantitas dan komposisi sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang. Data yang didapatkan nantinya akan dianalisis untuk mendapatkan metode pengolahan sampah yang efektif dan menentukan kebutuhan biaya operasional dan pemeliharaan pengolahan sampah. Hingga saat ini belum ditemukan penelitian mengenai operasi pengolahan sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang ditinjau dari aspek teknis dan aspek finansial. Selain itu, belum adanya analisis karbon organik dan kadar nitrogen pada material gali yang akan dijadikan kompos. Oleh karena itu, TPST Bantargebang ini sangat menarik untuk dikaji.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang dapat diteliti adalah sebagai berikut:

1. Berapa kuantitas, komposisi dan karakteristik material gali yang diolah di TPST Bantargebang?
2. Bagaimana tahap-tahap dan proses pengolahan material gali di TPST Bantargebang?
3. Berapa banyak hasil pengolahan material gali di TPST Bantargebang?

4. Berapa biaya operasional dan pemeliharaan kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian adalah:

1. Mengidentifikasi kuantitas, komposisi dan karakteristik material gali yang diolah di TPST Bantargebang
2. Mengkaji tahap-tahap dan proses pengolahan material gali di TPST Bantargebang.
3. Menentukan hasil dari pengolahan material gali di TPST Bantargebang.
4. Menentukan biaya operasional dan pemeliharaan kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menjadi bahan masukan bagi Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta dalam mengembangkan sistem pengolahan sampah di TPST Bantargebang ditinjau dari segi teknis pelaksanaan serta finansial.
2. Menambah referensi mengenai pengolahan sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang ditinjau dari aspek teknis dan aspek finansial.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup digunakan sebagai batasan masalah sehingga penelitian yang dilakukan akan lebih terarah. Ruang lingkup dalam penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini meninjau dari aspek teknis dan aspek finansial. Aspek teknis meliputi analisis kuantitas dan komposisi sampah, analisis kesetimbangan massa, dan diagram alir pengolahan sampah di TPST Bantargebang. Sedangkan aspek finansial meliputi keuntungan finansial.
2. Pengolahan sampah yang akan dikaji adalah pengolahan sampah secara pengomposan.
3. Metode pengambilan sampah dilakukan sesuai jumlah frekuensi pengumpulan dan dilakukan dalam 8 hari, sesuai acuan SNI 19-3964-1995 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.
4. Metode pengambilan sampah untuk mengukur komposisi sampah yang akan diolah dilakukan secara *random sampling* yang diambil dari kendaraan pengangkut sampah.
5. Perhitungan kebutuhan listrik untuk analisis finansial meliputi kebutuhan listrik untuk mesin pengolah sampah, tanpa memperhitungkan kebutuhan air.
6. Periode penelitian dilakukan dari bulan Februari 2022 hingga bulan Juni 2022.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Sampah

Menurut Tchobanoglous dkk. (1993), sampah merupakan material buangan padat atau semi padat yang dihasilkan dari aktivitas manusia atau hewan yang dibuang karena tidak diinginkan atau digunakan lagi. Sedangkan menurut Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Kuantitas sampah di perkotaan terjadi peningkatan tiap tahunnya seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat mengakibatkan tumpukan yang semakin banyak. Seharusnya sampah tidak dipandang sebagai sesuatu yang tidak berguna melainkan sebagai sesuatu yang memiliki nilai guna dan manfaat (Nurmayadi dan Hendardi, 2020 dan Asteria dan Heruman, 2016).

2.2 Sumber Sampah

Sampah dihasilkan dari bermacam-macam sumber. Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, sumber sampah dibagi menjadi 3 antara lain:

1. Sampah Rumah Tangga
Sampah rumah tangga merupakan sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.
2. Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
Sampah sejenis sampah rumah tangga merupakan sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya.
3. Sampah Spesifik
Sampah spesifik merupakan sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. Sampah spesifik yang dimaksud meliputi:
 - a. Sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun
 - b. Sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun
 - c. Sampah yang timbul akibat bencana
 - d. Puing bongkaran bangunan
 - e. Sampah yang secara teknologi belum dapat diolah
 - f. Sampah yang timbul secara tidak periodik.

2.3 Komposisi dan Karakteristik Sampah

Menurut Dewilda dan Julianto (2019), komposisi sampah adalah penggambaran dari tiap komponen yang terdapat pada sampah. Komposisi biasanya dinyatakan dalam persen berat. Menurut SNI 19-3964-1994, komposisi sampah merupakan komponen fisik sampah yang meliputi sebagai berikut.

1. Sisa makanan
2. Kertas dan karton
3. Kayu
4. Kain tekstil
5. Karet dan kulit
6. Plastik
7. Logam besi-*non* besi
8. Kaca
9. Dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu, dan keramik)

Berat jenis tiap komponen sampah dipresentasikan terhadap berat total. Perhitungan komponen sampah dapat dilihat pada Persamaan 2.1:

$$\% \text{ komponen sampah: } \frac{\text{berat sampah tiap jenis (kg)}}{\text{berat total sampah (kg)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Komposisi sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor sebagai berikut ini (Tchobanoglous dkk., 1993):

1. Frekuensi pengumpulan
Semakin sering dilakukan pengumpulan sampah maka akan semakin tinggi tumpukan sampah. Sampah anorganik akan semakin bertambah sedangkan sampah organik akan berkurang karena terdekomposisi.
2. Kondisi ekonomi
Perbedaan kondisi ekonomi dapat menyebabkan perbedaan pada komposisi sampah yang dihasilkan. Semakin tinggi tingkat ekonomi masyarakat, maka produksi jenis sampah kering seperti kertas, plastik dan kaleng akan cenderung tinggi. Sedangkan produksi sampah basah seperti sampah makanan akan lebih rendah.
3. Musim
Komposisi sampah akan ditentukan oleh musim yang sedang berlangsung
4. Kemasan produk
Kemasan produk yang digunakan akan mempengaruhi komposisi sampah.

Menurut Tchobanoglous dkk. (1993), karakteristik sampah terbagi menjadi 3, antara lain:

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik sampah penting dalam hal pemilihan maupun pengoperasian peralatan dan fasilitas pengolahan. Karakteristik fisik yang dianalisis meliputi sebagai berikut.

a. Densitas sampah

Densitas adalah berat bahan per satuan volume (kg/m^3). Berat jenis dipengaruhi oleh komposisi sampah, musim, dan durasi penyimpanan. Densitas sampah bergantung dengan sarana pengumpul dan pengangkut yang digunakan. Tipikal densitas sampah adalah sebagai berikut (Damanhuri dan Padmi, 2010):

- Sampah di kontainer rumah tangga = 0,01 - 0,2 ton/m^3
- Sampah di gerobak = 0,2 – 0,25 ton/m^3
- Sampah di truk terbuka = 0,3 – 0,4 ton/m^3

b. Kelembapan

Ukuran kelembapan yang digunakan biasanya adalah prosentase berat basah. Kelembapan sampah dipengaruhi oleh komposisi sampah, musim, kadar humus, dan curah hujan. Data ini akan berguna dalam perencanaan bahan wadah, waktu pengumpulan, dan desain sistem pengolahan.

c. Kadar air

Berat kandungan air per berat basah dari sampah dengan satuan persen. Kadar air pada sampah bergantung pada kondisi cuaca dan iklim, curah hujan, dan kelembapan udara.

d. Permeabilitas sampah yang dipadatkan

Karakter sampah diperlukan untuk mengetahui gerakan cairan dan gas dalam *landfill*

e. Ukuran dan distribusi partikel

Penentuan ukuran dan distribusi partikel sampah digunakan untuk menentukan jenis pengolahan sampah, terutama untuk memisahkan partikel besar dan partikel kecil.

f. *Field capacity*

Kapasitas lahan adalah total jumlah kelembapan yang dapat menahan berat sesuatu di atasnya yang memiliki kecenderungan menurun akibat gravitasi. Biasanya *field capacity* bernilai sebesar 30% dari volume sampah total. Kapasitas lahan akan mempengaruhi pembentukan lindi di *landfill*.

2. Karakteristik Kimia

Menurut Tchobanoglous dkk. (1993), karakteristik kimia sampah dapat diketahui dengan melakukan analisis *proximate*, titik lebur abu, analisis *ultimate* dan kandungan energi yang tersimpan dalam sampah.

3. Karakteristik Biologis

Menurut Tchobanoglous dkk. (1993), karakteristik biologi pada sampah merupakan komponen yang menyusun bahan organik. Parameter yang dianalisis untuk menentukan karakteristik biologis sampah terdiri dari:

- a. Unsur yang mudah larut dalam air
- b. Hemiselulosa, produk kondensasi dari karbon yang berantai lima dan enam
- c. Selulosa
- d. Lemak, minyak, dan bahan yang tergolong dalam kategori ester.
- e. Lignin, salah satu unsur yang susah diurai oleh bakteri
- f. Protein, terbentuk dari rantai asam amino.

2.4 Pengelolaan Sampah

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2008, Pengelolaan sampah dilaksanakan berdasarkan asas tanggung jawab, asas berkelanjutan, asas manfaat, asas keadilan, asas kesadaran, asas kebersamaan, asas keselamatan, asas keamanan, dan asas nilai ekonomi. Pengelolaan sampah dibagi menjadi dua (Damanhuri dan Padi, 2016), antara lain:

1. Pengurangan sampah (*waste minimization*)
Pengurangan sampah terdiri atas pembatasan timbulan sampah, penggunaan kembali, dan daur ulang sampah.
2. Penanganan sampah (*waste handling*)
Penanganan sampah terdiri atas:
 - a. Pemilahan, yaitu pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan komposisi dan/atau sifat sampah.
 - b. Pengumpulan, yaitu pengambilan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara.
 - c. Pengangkutan, yaitu membawa sampah dari sumber sampah dan/atau tempat penampungan sementara menuju ke tempat pemrosesan akhir
 - d. Pengolahan, yaitu mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah.
 - e. Pemrosesan akhir sampah, yaitu pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.

2.4.1 Pengolahan Sampah

Pengolahan sampah merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah dengan memanfaatkan nilai yang masih terkandung dalam sampah itu sendiri. Menurut

Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008, pengolahan sampah adalah proses perubahan bentuk sampah dengan mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah. Pengolahan sampah dapat dilakukan dengan pengolahan secara fisik, kimia, biologi, termal, dan menggunakan penerapan teknologi sehingga menghasilkan bahan bakar. Terdapat beberapa cara untuk mengolah sampah, yaitu:

a. Pengolahan sampah dengan mengomposkan sampah

Pengomposan sampah merupakan pengolahan sampah untuk mereduksi sampah organik. Menurut Dewi dan Treesnowati (2012), pengomposan adalah proses penguraian bahan organik oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Bahan organik tersebut merupakan penyangga yang berfungsi memperbaiki sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Pereira dkk., 2014). Pembuatan kompos dilakukan dengan mengatur dan mengontrol campuran bahan organik, pemberian air yang cukup, pemberian *effective inoculant* serta pengaturan aerasi (Manuputty dkk., 2012). Menurut Tchobanoglous dkk. (1993), terdapat macam-macam pengomposan, seperti *windrow*, *aeratic static pile*, *in vessel*, *vermicomposting*, dan lain-lain. Teknologi pengomposan yang mudah diaplikasikan di Indonesia adalah metode *windrow* (Chaerul dan Susangka, 2011). Hal ini dikarenakan metode *aeratic static pile* dan *in vessel* membutuhkan biaya yang besar dan sulit diterapkan di Indonesia.

b. Pengolahan sampah dengan prinsip *reuse, reduce, recycle* (3R)

Pengelolaan sampah dengan prinsip 3R merupakan upaya pengurangan pembuangan sampah melalui kegiatan menggunakan kembali, mengurangi, dan mendaur ulang (Trisnawati dan Khasanah, 2020). Pengolahan sampah dengan 3R dapat berdampak positif pada kesehatan dan kesejahteraan masyarakat (Ediana dkk., 2018).

- *Reuse* (menggunakan kembali), yaitu penggunaan kembali sampah secara langsung baik untuk fungsi yang sama maupun fungsi lain.
- *Reduce* (mengurangi), yaitu mengurangi timbulnya sampah. Contohnya dengan memilih untuk menggunakan tas belanja yang dapat dipakai berulang-ulang kali dibandingkan kantong plastik sekali pakai.
- *Recycle* (daur ulang), yaitu memanfaatkan kembali sampah setelah mengalami proses pengolahan.

c. Pengolahan sampah secara termal

Pengolahan termal merupakan konversi limbah padat menjadi fase gas, cair, atau padat terkonversi dengan adanya energi panas yang dilepaskan. Menurut Rachim (2017), terdapat beberapa metode untuk melakukan pengolahan sampah secara termal, yaitu:

- *Insinerasi*, merupakan pembakaran material berbasis karbon yang kaya oksigen. Pembakaran terjadi biasanya pada suhu diatas 850° C. Emisi yang dihasilkan adalah gas (CO₂ dan H₂O), polutan (SO₂, NO_x, HCl, dan partikulat), serta *bottom ash* dan material *inert* (Arena, 2012).
- *Gasifikasi*
Gasifikasi merupakan pembakaran tidak langsung, secara khusus merupakan konversi limbah pada melalui reaksi pembentukan gas.
- *Pirolisis*
Pirolisis bertujuan untuk memaksimalkan dekomposisi termal limbah padat menjadi gas dan fase terkondensasi. Suhu yang dibutuhkan pada proses ini berkisar antara 500-800° C.

Pengolahan termal memiliki keuntungan yaitu dapat mereduksi massa dan volume sampah dari timbulan sampah sebesar 3-20% dari berat awal (Muliawati dkk., 2020). Selain itu juga dapat mereduksi emisi gas rumah kaca dari dekomposisi anaerobik sampah (Rachim, 2017).

Skala pengolahan sampah dibedakan menjadi beberapa skala, yaitu:

- a. Skala individu
Pengolahan dilakukan oleh penghasil sampah secara langsung di sumbernya. Contoh pengolahan pada skala individu adalah *composting* skala individu.
- b. Skala kawasan
Pengolahan yang dilakukan untuk melayani suatu lingkungan atau kawasan. Lokasi pengolahan sampah skala kawasan biasanya dilakukan di TPST. Proses yang dilakukan pada TPST umumnya berupa pemilahan, pencacahan sampah organik, pengomposan, penyaringan kompos, pengepakan kompos, dan pencacahan plastik untuk daur ulang.
- c. Skala kota
Pengolahan dilakukan untuk melayani sebagian atau seluruh wilayah kota dan dikelola oleh pengelola kebersihan kota. Lokasi pengolahan dilakukan di Instalasi Pengolahan Sampah Terpadu (IPST) yang umumnya menggunakan bantuan peralatan mekanis.

2.4.1.1 Kompos

Kompos adalah hasil penguraian bahan organik sehingga mengalami perubahan fisik. Penguraian bahan organik dilakukan oleh mikroorganisme dalam kondisi lingkungan yang lembab dan aerobik/anaerobik (Ekawandani dan Kusuma, 2018). Menurut Rao (1994), dalam proses pengomposan terdapat dua jenis mikroba yang dominan yaitu bakteri dan jamur. Pada proses pembuatan kompos dilakukan dengan menjaga keseimbangan kadar air, pH, temperatur dan nutrisi yang optimal melalui penyiraman dan pembalikan. Terdapat baku mutu pada faktor-faktor yang mempengaruhi kompos. Baku mutu kompos dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Kompos

Parameter	Indonesia*	US**	Kanada***
Karbon organik (%)	>9,8	-	-
Nitrogen (%)	>0,4	-	-
C/N	10-20	25-35	25-30
Kadar Air (%)	40-60	45-65	55-65
Ukuran partikel (mm)	0,55-25	-	3-50

Sumber: *SNI 19-7030-2004

** US EPA, 1971

*** Environment Canada, 2013

2.4.1.2 Refuse Derived Fuel

Menurut Gendebien dkk. (2003), *Refuse Derived Fuel* (RDF) adalah hasil pemisahan antara fraksi yang memiliki nilai kalor yang tinggi dan rendah dari proses pemisahan limbah padat. RDF merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari sampah. Sampah yang akan dijadikan sebagai RDF akan dipilah untuk memisahkan sampah logam, kaca dan sampah *non combustible* lain. Selain itu, dilakukan proses pencacahan yang dilakukan berulang-ulang sehingga berukuran 25 mm (Hajinezhad dkk., 2016). Menurut Mc Dougall (2001), terdapat beberapa keuntungan dari penggunaan RDF sebagai bahan bakar, yaitu:

- RDF memiliki nilai kalori yang tinggi sehingga pemulihan energy yang lebih tinggi

- RDF mengandung sedikit sampah *non combustible* sehingga menghasilkan abu yang sedikit.
- Karakteristik RDF yang konsisten sehingga pembakaran dapat dikontrol.

Terdapat beberapa parameter yang perlu dipenuhi untuk menjadi sampah sebagai RDF, yaitu nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar volatil, kandungan sulfur dan klorin. Menurut Chiemchaisri dkk. (2010), semakin tinggi kandungan volatil pada sampah, maka akan semakin mudah terbakar dan menyala, sehingga laju pembakaran akan lebih cepat. Sampah yang memiliki kadar volatil tinggi akan memiliki nilai kalor yang tinggi serta kadar abu yang rendah (Thipkhunthod dkk., 2006).

Menurut Caputo dkk. (2001), RDF terdiri menjadi tujuh tipe yang diklasifikasi oleh *American Society for Testing and Material (ASTM) E856 Standard Definitions of Term and Abbreviations Relating to Physical and Chemical Characteristic of Refuse Derived Fuel*, yaitu:

- RDF 1
Sampah yang digunakan langsung sebagai bahan bakar dari bentuk terbuangnya
- RDF 2 (*coarse* RDF)
Sampah yang berasal dari sampah perkotaan lalu diproses menjadi partikel kasar dengan atau tanpa pemisah logam.
- RDF 3 (*Fluff* RDF)
Sampah yang berasal dari sampah perkotaan lalu diproses dengan memisahkan logam, kaca dan bahan anorganik. Lalu selanjutnya akan dicacah hingga dapat melewati saringan berukuran 2 in².
- RDF 4 (*dust* RDF atau p-RDF)
Fraksi sampah yang dapat terbakar yang berbentuk serbuk, sehingga dapat melewati saringan berukuran 0,035 in².
- RDF 5 (*densified* RDF atau d-RDF)
Fraksi sampah yang dapat terbakar yang kemudian dipadatkan menjadi 600 kg/m³ menjadi bentuk *slags*, pellet dan briket.
- RDF 6 (*slurry* RDF)
RDF yang berbentuk *liquid* atau cair.
- RDF 7 (*synthetic gas* RDF)
RDF yang berbentuk gas.

2.4.2 TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu)

Menurut Tchobanoglous dkk. (1993), TPST adalah tempat pemilahan dan pengolahan sampah yang telah dipilah dari sumbernya. Sedangkan menurut Hardianto dan Trihadiningrum (2014), TPST merupakan tempat berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Kegiatan pokok pada TPST adalah:

- a. Pengolahan lebih lanjut sampah yang telah dipilah di sumber
- b. Pemisahan dan pengolahan langsung komponen sampah di kota
- c. Peningkatan mutu produk *recovery/recycling*.

Sebagai tempat pengolahan sampah, TPST memerlukan fasilitas pengolahan sampah yang sesuai dengan komponen sampah yang masuk. Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PU (2012), berikut adalah fasilitas yang diperlukan:

- a. Fasilitas *pre-processing*, merupakan tahap awal pemisahan sampah untuk mengetahui jenis sampah yang masuk, meliputi:
 - Penimbangan, berfungsi untuk mengetahui jumlah sampah yang masuk
 - Penerimaan dan penyimpanan, area yang digunakan untuk menerima sampah yang datang sebelum diolah.
- b. Fasilitas pemilahan, dapat dilakukan secara manual maupun mekanis. Secara manual dapat dilakukan oleh tenaga kerja. Sedangkan secara mekanis, menggunakan peralatan mekanis yaitu alat pemilah sampah (*disc screen, reciprocating screen*)
- c. Fasilitas pengolahan sampah secara fisik, setelah dilakukan pemilahan, sampah akan diolah berdasarkan jenis dan ukuran material.
- d. Fasilitas pengolahan yang lain seperti *composting* atau *Refuse Derived Fuel* (RDF).

Terdapat tiga proses yang terjadi di TPST, yaitu (Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PU, 2012):

- a. Transformasi fisik, merupakan pemisahan sampah yang dapat dilakukan dengan cara manual maupun mekanis. Lalu untuk sampah kering seperti plastik, kertas, dan lain-lain akan dilakukan proses pemisahan dan pencacahan. Selanjutnya adalah proses kompaksi dengan penerapan dari baling.
- b. Transformasi biologi, yaitu proses pengomposan yang bias diterapkan pada skala TPST. Pengomposan dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *windrow* dan proses pengomposan lain.
- c. Transformasi kimia, dengan mengubah sampah menjadi briket sampah.

2.5 Tempat Pemrosesan Akhir

Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya. Sampah yang ditimbun di TPA akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi merupakan proses penguraian secara metabolik bahan organik yang menghasilkan produk sampingan (Lusthia, 2017). Produk dari dekomposisi sampah merupakan air lindi dan gas. Gas yang dihasilkan dari dekomposisi sampah merupakan gas CH₄ dan CO₂ (Puger, 2018). Proses dekomposisi terjadi karena adanya aktivitas bakteri pengurai. Menurut Ali (2011), terdapat 3 fase aktivitas biologis yang berlangsung pada lahan urug, yaitu:

- Dekomposisi aerobik, pemanfaatan oksigen yang terdapat dalam lahan urug
- Dekomposisi anaerobik, proses yang dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik untuk menghasilkan komponen sederhana yang dapat terurai
- Bakteri *methanogenic*, penguraian komponen sederhana sehingga menghasilkan gas metana (CH₄) dan CO₂.

Menurut Patidar dkk. (2012), periode dekomposisi sampah pada lahan urug dapat berlangsung selama 21 hingga 200 hari atau lebih. Periode dekomposisi tersebut berbeda-beda sesuai dengan jenis sampah yang terdegradasi. Dekomposisi sampah organik *biodegradable* dapat menyebabkan penurunan volume dan massa sampah (Shi dkk., 2015). Sampah organik *biodegradable* yang menumpuk di TPA akan mengalami dekomposisi pada bagian bawah secara anaerobik (Wardhana, 2010). Sedangkan, sampah anorganik (kaca, kaleng dan logam) dan sampah organik yang sulit terurai (kertas, karet, plastik, kayu, tekstil) merupakan sampah yang sulit terurai (Aziz dkk., 2019). Hal ini dibuktikan dengan sampah tersebut yang sudah

ditimbun berpuluh-puluh tahun di *landfill* masih dapat ditemukan. Sampah yang sulit terurai memiliki rantai kimia panjang dan kompleks sehingga sulit terurai oleh bakteri.

2.6 *Landfill Mining*

Menurut Krook dan Eklund (2012), *landfill mining* adalah suatu proses mengekstraksi material berbentuk padat dari material limbah yang dibuang dengan cara ditimbun. Sedangkan menurut Hogland (2011), *landfill mining* adalah pemindahan material dari *landfill* yang bertujuan untuk *reuse*, daur ulang, dan *composting*. Teknologi *landfill mining* sudah dimulai sejak tahun 1990. Tujuan awal dilakukan *landfill mining* adalah untuk rehabilitasi lahan *landfill* sebagai upaya penanganan pencemaran pasca penutupan *landfill* (Prechthai dkk., 2008 dan Van der Zee dkk., 2004). Pada prinsipnya, *landfill mining* mengacu pada penggalian, pengolahan, perawatan dan pemulihan bahan-bahan yang ditimbun yang berada di tempat pembuangan sampah informal maupun terstruktur. Menurut Rosendal (2009), terdapat potensi keuntungan dalam melakukan *landfill mining* pada TPA, yaitu:

- Tanah reklamasi hasil *landfill mining* dapat dijadikan sebagai bahan penutupan harian di sel TPA. Sehingga mengurangi biaya untuk penutupan harian.
- Sampah anorganik yang tidak terdegradasi seperti logam, aluminium, plastik, dan kaca dapat dijual jika ada pasar yang membutuhkan bahan-bahan tersebut.
- Sampah organik yang mudah terbakar dapat dicampur dengan sampah segar, lalu dibakar untuk menghasilkan panas dan energi.
- Dengan mengurangi lahan TPA melalui *landfill mining*, dapat menurunkan biaya penutupan TPA atau penyediaan lahan tambahan untuk TPA.
- Jika ditemukan limbah berbahaya saat *landfill mining* maka limbah tersebut dapat dikelola dengan ramah lingkungan.

2.7 Pengukuran Timbulan Sampah

Menurut Damanhuri dan Padi (2010), terdapat beberapa metode untuk mengukur timbulan sampah yaitu:

1. Mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel yang ditentukan secara random-proporsional di sumber selama 8 hari berturut-turut (SNI 19-3964-1994).
2. *Load-Count Analysis* (Analisis Perhitungan Beban), Pengukuran kuantitas sampah yang masuk ke TPS, misalnya dikumpulkan dengan gerobak, selama 8 hari berturut-turut. Dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak pengumpulan sampah tersebut, maka akan diperoleh timbulan sampah per-ekivalensi penduduk.
3. *Weight-Volume Analysis* (Analisis Berat-Volume), bila tersedia jembatan timbang, maka jumlah sampah yang masuk ke fasilitas penerima sampah dapat dengan mudah diketahui. Jumlah sampah harian akan digabung dengan perkiraan area layanan, dimana data penduduk dan sarana umum yang dilayani dapat dicari. Sehingga dapat diperoleh satuan timbulan sampah per-ekivalensi penduduk. Namun jika tidak terdapat jembatan timbang, maka dapat diukur dengan mendata volume truk yang masuk.
4. *Material-Balance Analysis* (Analisis Kesetimbangan Material), merupakan analisa mendasar dengan menganalisa beberapa hal. Hal yang akan dianalisa yaitu aliran bahan masuk, aliran bahan yang hilang dari sistem, dan aliran bahan yang menjadi sampah dari sebuah sistem yang ditentukan batas-batasnya (*system boundary*).

2.8 Analisis Finansial

Analisis finansial pada penelitian ini diperlukan untuk menentukan biaya produksi dalam pengolahan sampah di TPST Bantargebang. Menurut Permen Dalam Negeri Nomor 7 (2021) tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Distribusi dalam Penanganan Sampah, rumus untuk menghitung biaya operasional dan pemeliharaan pengolahan sampah di TPST dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{BOP TPST} = \left(G_o \times n_o \times 12 \frac{\text{bulan}}{\text{tahun}} \right) + \Sigma \left(\frac{p \times H_i}{U_t} \right) + \Sigma (K_{bbm} \times H_{bbm}) + \Sigma (K_l \times H_l) \dots(2.2)$$

Keterangan:

BOP TPST = biaya operasional dan pemeliharaan pengolahan sampah (Rp/tahun)

G_o = gaji operator TPST (Rp/orang/bulan)

n_o = jumlah operator TPST (orang)

P = persentase pemeliharaan fasilitas pengolahan sampah (%)

H_i = harga investasi fasilitas pengolahan sampah (Rp)

U_t = umur teknis alat pengolahan sampah (tahun)

K_{bbm} = konsumsi bahan bakar fasilitas pengolahan sampah (L/tahun)

H_{bbm} = harga bahan bakar (Rp/L)

K_l = konsumsi listrik fasilitas pengolahan sampah (kWh)

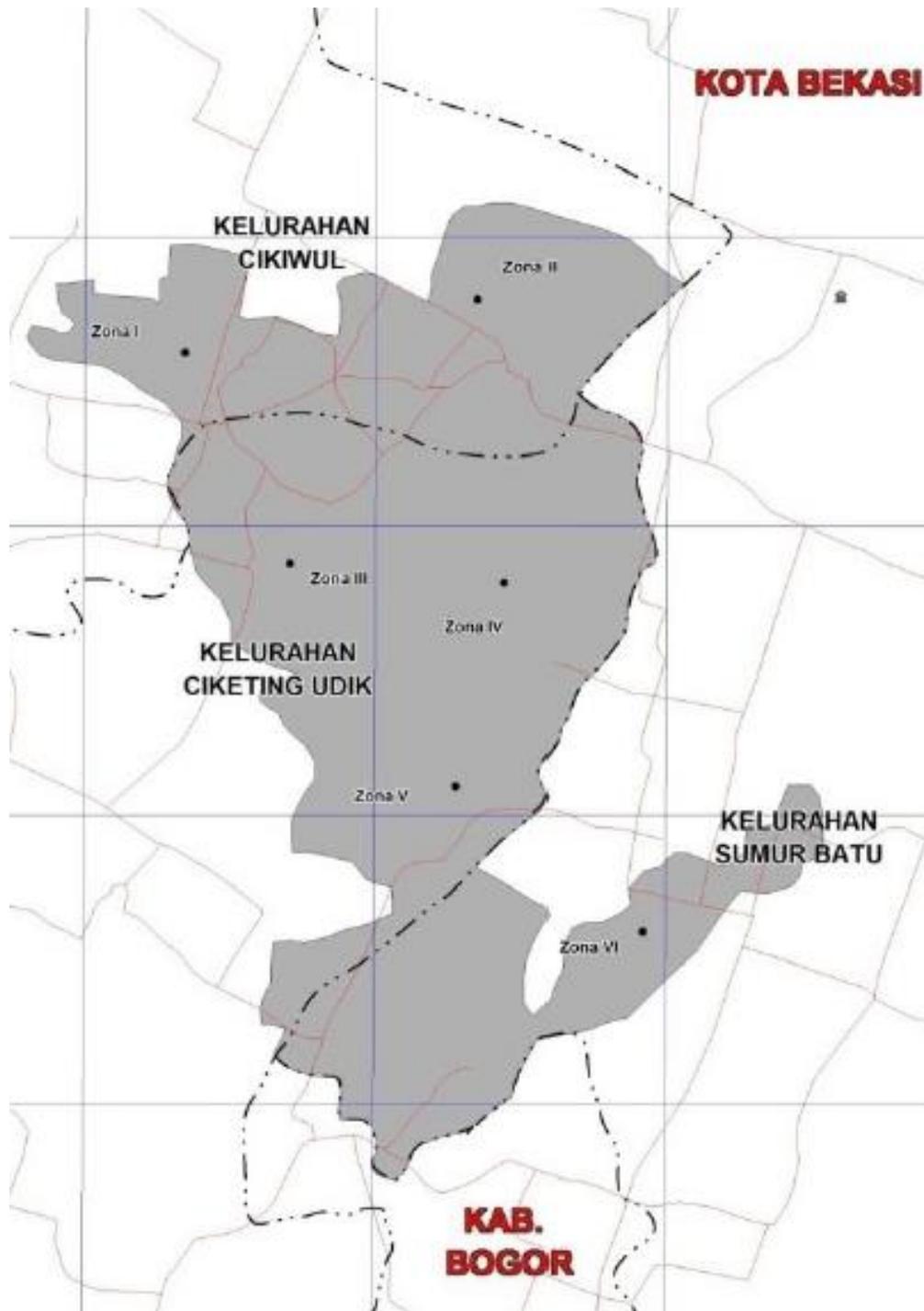
H_l = harga listrik (Rp/kWh)

2.9 Deskripsi Daerah Studi

TPST Bantargebang terletak di Kecamatan Bantargebang, Kota Bekasi. TPST Bantargebang memiliki luas area sebesar 110,3 Ha dengan luas efektif TPST 81,91% dan luas prasarana dan sarana sebesar 18,09%. Luas efektif TPST terbagi menjadi 5 zona. Daerah pelayanan TPST Bantargebang meliputi:

- Kota Jakarta Pusat
- Kota Jakarta Utara
- Kota Jakarta Barat
- Kota Jakarta Selatan
- Kota Jakarta Timur
- Kabupaten Kepulauan Seribu

Volume sampah yang masuk ke TPST Bantargebang sebesar 7.000-8.000 ton/hari dengan jumlah kendaraan pengangkut yang melayani sebanyak 1200 truk. Menurut Sukwika dan Noviana (2020), 60% sampah yang diangkut ke TPST Bantargebang merupakan sampah domestik atau rumah tangga. Peta TPST Bantargebang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

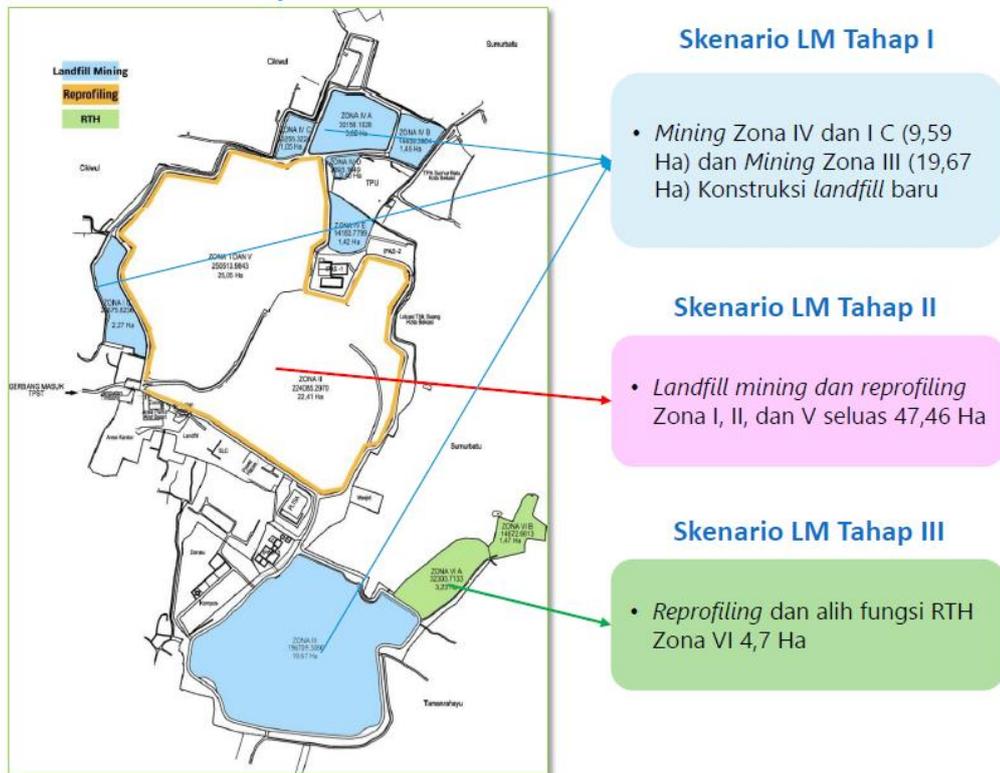


Gambar 2. 1 Peta TPST Bantargebang (Tanpa Skala)

Sumber: Maulana dkk. (2014)

Sejak tahun 2021, TPST Bantargebang menggunakan sistem *landfill mining*, yaitu sampah yang sudah ditimbun lebih dari 6 tahun akan ditambang dan diolah kembali. Tujuan *landfill mining* yaitu mereduksi sampah yang tertimbun untuk dimanfaatkan kembali. Rencana pelaksanaan *landfill mining* dilakukan dengan 3 tahap. Tahap pertama akan dilakukan *landfill mining* di zona IC, IV dan III seluas 29,26 Ha. Tahap kedua akan dilakukan *landfill mining* dan *reprofiling* (penataan zona) di zona I, II dan V seluas 47,46 Ha. Tahap ketiga akan dilakukan

reprofiling dan penutupan zona atau alih fungsi pada zona VI A dan VI B seluas 4,7 Ha. Rencana *landfill mining* di TPST Bantargebang dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Rencana *Landfill Mining* di TPST Bantargebang (Tanpa Skala)
Sumber: DLH Jakarta, 2020

Saat ini, kegiatan *landfill mining* sudah mencapai skenario tahap I yaitu melakukan penambangan pada zona IVC. Kegiatan *landfill mining* dilakukan dengan menggali timbunan, lalu mengangkutnya ke tempat pengolahan. Selanjutnya sampah akan diolah dengan cara menyaring, memisahkan dan mencacah sampah. Pengolahan sampah secara fisik akan dilakukan secara mekanik dengan menggunakan alat berat yaitu *trommel screen*, *wind shifter*, dan *fine shredder*. Alur pengolahan sampah secara fisik dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3 Alur Pengolahan Sampah Secara Fisik

Sumber: DLH Jakarta, 2020

Lalu selanjutnya akan diolah dengan beberapa cara yaitu pengomposan dan RDF. Material gali organik *biodegradable* akan diolah menjadi kompos sedangkan material gali yang bersifat *combustible* akan diolah menjadi RDF oleh pihak ketiga. TPST Bantargebang dapat menghasilkan 30 ton/hari RDF dan 20 ton/hari kompos dengan kapasitas maksimum 100 ton/hari.

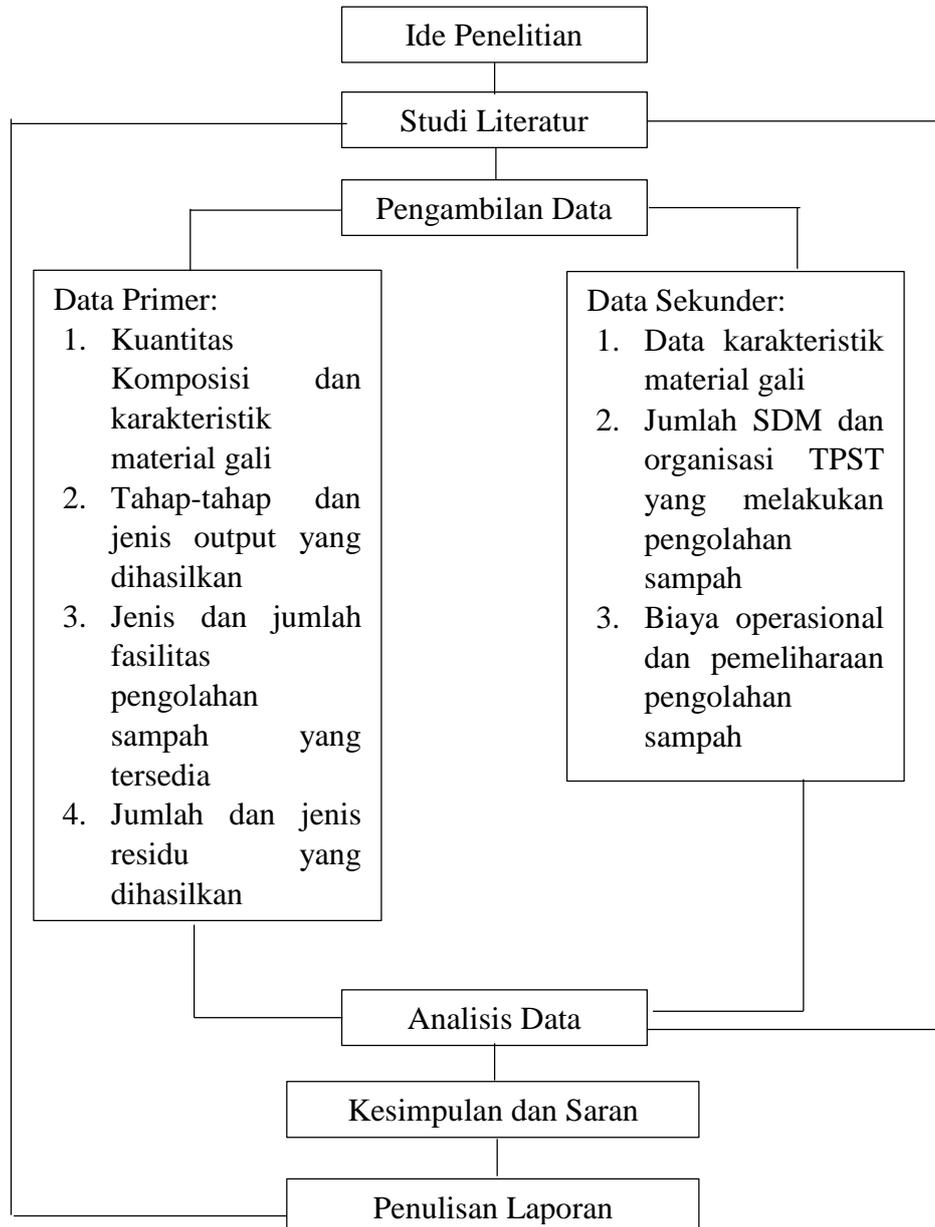
Kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang dilakukan pada pukul 07.00-24.00 WIB yang dibagi menjadi 2 *shift*. *Shift* pertama dilakukan pada pukul 07.00-16.00 WIB. Sedangkan *shift* kedua dilakukan pada pukul 16.00-24.00 WIB. Pengolahan material gali di TPST Bantargebang dilakukan oleh 27 pekerja yang dibagi menjadi kru, teknisi dan supir. Kru sebanyak 20 orang, teknisi sebanyak 2 orang serta supir sebanyak 5 orang. Berikut adalah tugas pokok setiap bagian.

- a. Kru bertugas:
 - Mengoperasikan mesin-mesin
 - Mengoperasikan alat berat (*excavator* dan *wheel loader*)
 - Mengolah sampah (memilah dan mengayak sampah)
- b. Teknisi bertugas:
 - Melakukan pemeliharaan mesin-mesin yang digunakan.
- c. Supir truk bertugas:
 - Mengangkut sampah dari zona yang ditambang ke tempat pengolahan sampah

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan di TPST Bantargebang, Kota Bekasi. Kerangka penelitian untuk penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**. Pada penelitian ini, dibutuhkan data untuk menunjang penelitian di TPST Bantargebang.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi Literatur bertujuan untuk mencari informasi-informasi penunjang penelitian yang diperlukan saat melakukan penelitian.

3.3 Metode Pengolahan Data

1. Mengidentifikasi Kuantitas, Komposisi dan Karakteristik Sampah hasil landfill mining yang diolah di TPST Bantargebang

Untuk mengidentifikasi kuantitas dan komposisi sampah hasil *landfill mining* dibutuhkan data primer yaitu volume sampah, berat sampah dan komposisi sampah hasil *landfill mining* yang diolah di TPST Bantargebang. Pengambilan data dilakukan selama 8 hari berturut-turut mengacu pada SNI 19-3964-1995 (Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan). Volume sampah didapatkan dengan menghitung dengan metode *load count analysis* berdasarkan kendaraan pengangkut yang masuk ke tempat pengolahan sampah. Berat sampah didapatkan dari data penimbangan per hari nya di jembatan timbang yang ada di TPST Bantargebang. Komposisi sampah didapatkan dengan mengambil sampel sampah hasil *landfill mining* sebanyak 100 kg pada kendaraan pengangkut. Lalu sampel tersebut dipilah sesuai dengan komposisi masing-masing, selanjutnya akan ditimbang tiap komposisi. Karakteristik sampah yang dibutuhkan adalah kadar air, kandungan karbon organik, kandungan nitrogen, nilai kalor, kandungan sulfur dan kandungan klorin. Untuk mengetahui kandungan kadar air pada material gali dilakukan analisis *proximate*. Karbon organik akan dianalisis dengan metode *spektrofotometri UV-Vis*. Sedangkan nitrogen dianalisis dengan metode *kjeldahl*. Nilai kalor, kandungan sulfur dan kandungan klorin merupakan data sekunder yang didapatkan dari data arsip kantor TPST Bantargebang.

2. Mengkaji Tahap-tahap dan Proses Pengolahan Sampah Hasil *Landfill Mining* di TPST Bantargebang

Untuk mengkaji tahap-tahap dan proses pengolahan sampah hasil *landfill mining* dilakukan observasi dan dokumentasi lapangan. Data yang dibutuhkan yaitu jenis dan jumlah fasilitas pengolahan sampah.

3. Menentukan Hasil dari Pengolahan Sampah Hasil *Landfill Mining* di TPST Bantargebang

Untuk menentukan hasil dari pengolahan sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang dibutuhkan data yaitu jenis dan kuantitas produk yang dihasilkan oleh TPST Bantargebang serta kuantitas residu yang dihasilkan. Jenis produk yang dihasilkan didapatkan dengan melakukan analisis karakteristik material gali. Kuantitas produk yang dihasilkan didapatkan dengan melakukan kesetimbangan bahan berdasarkan jenis sampah yang diolah. Jenis dan jumlah residu didapatkan dengan melakukan analisis kesetimbangan bahan berdasarkan dengan komposisi sampah yang diolah.

4. Menentukan Biaya Operasional dan Pemeliharaan Pengolahan Sampah Hasil *Landfill Mining* di TPST Bantargebang

Untuk menentukan biaya produksi pengolahan sampah hasil *landfill mining* dibutuhkan data sekunder yaitu jumlah SDM yang melakukan pengolahan sampah, kebutuhan bahan bakar, kebutuhan listrik, harga investasi fasilitas pengolahan sampah, umur alat dan persentase pemeliharaan fasilitas pengolahan sampah. Data tersebut didapatkan dari arsip kantor TPST Bantargebang. Biaya operasional TPST dapat dihitung dengan persamaan 3.1

$$Biaya\ operasional = Go + \Sigma(Kbbm \times Hbbm) + \Sigma(Kl \times Hl) \dots \dots \dots (3.1)$$

Go = gaji operator TPST (Rp/orang/bulan)

no = jumlah operator TPST (orang)

Kbbm = konsumsi bahan bakar fasilitas pengolahan sampah (L/tahun)

Hbbm = harga bahan bakar (Rp/L)

Kl = konsumsi listrik fasilitas pengolahan sampah (kWh)

Hi = harga listrik (Rp/kWh)

Biaya pemeliharaan TPST dapat dihitung dengan persamaan 3.2

$$Biaya\ pemeliharaan = \frac{p \times Hi}{umur\ alat} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

P = persentase pemeliharaan

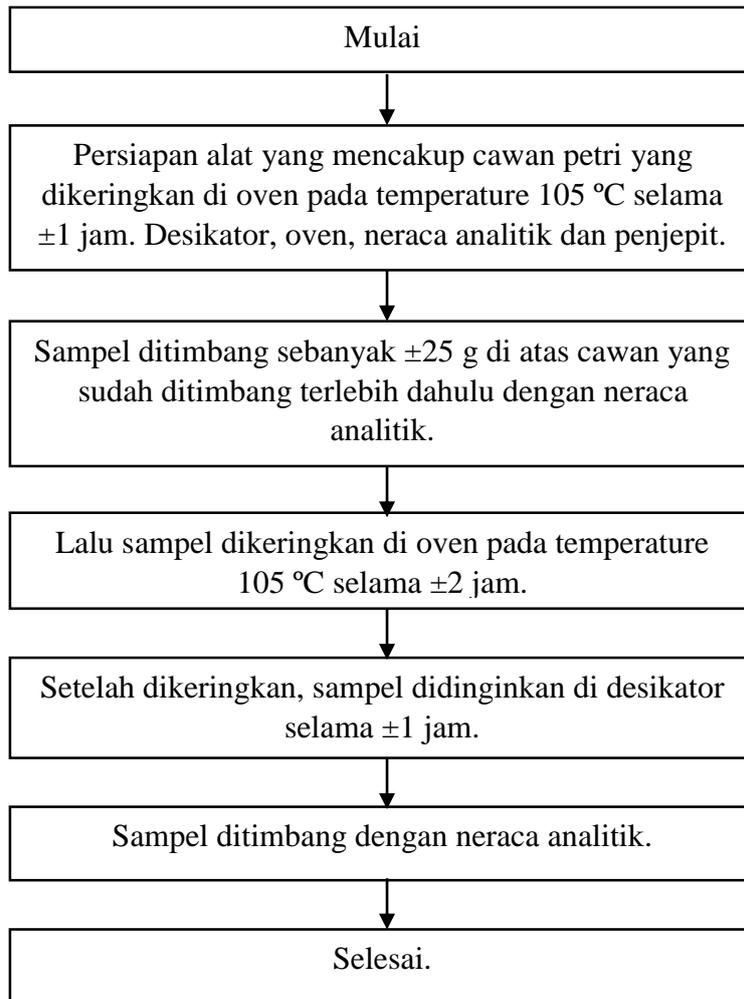
Hi = harga investasi

3.4 Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang berasal langsung dari TPST Bantargebang. Data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah:

1. Volume sampah yang diolah di TPST Bantargebang
Volume sampah dihitung menggunakan metode *load-count analysis* terhadap 3 kendaraan pengangkut sampah. Dengan menghitung total jumlah kendaraan pengangkut sampah hasil *landfill mining*. Pengambilan sampel dilakukan dengan frekuensi pengumpulan 8 hari berturut-turut sesuai dengan acuan SNI 19-3964-1995 (Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan). Berat sampah dapat diketahui dengan penimbangan kendaraan pengangkut sampah di jembatan timbang sebelum meletakkan sampah di area penerimaan. Penentuan volume sampah (dalam satuan m³) berdasarkan dengan volume kendaraan pengangkut sampah dikali kan dengan jumlah kendaraan pengangkut sampah yang masuk ke tempat pengolahan sampah dalam sehari. Volume kendaraan pengangkut didapatkan dengan mengukur panjang, lebar dan tinggi kendaraan pengangkut dengan meteran, setelah itu dihitung dengan persamaan volume (panjang x lebar x tinggi).
2. Komposisi sampah yang diolah di TPST Bantargebang.
Komposisi sampah ditentukan dari 100 kg sampah hasil *landfill mining* yang diambil secara *random sampling*. Pengambilan sampel dilakukan terhadap kendaraan pengangkut yang mengangkut sampah hasil *landfill mining* dalam frekuensi 8 hari berturut-turut mengacu pada SNI 19-3964-1995 (Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan). Sampel sampah sebanyak 100 kg dilakukan pemilahan sesuai dengan jenisnya. Setelah dilakukan pemilahan kemudian dihitung kuantitas komposisi sampah dengan mengacu pada SNI 19-3964-1995 (Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan). Kemudian sampah diambil menggunakan teknik perempatan sesuai dengan panduan di Tchobanoglous dkk. (1993).
3. Karakteristik sampah hasil *landfill mining*
Karakteristik sampah yang akan dianalisis adalah kadar air, karbon organik dan nitrogen. Prosedur kerja untuk analisis kadar air dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3. 2 Prosedur Kerja Analisis Kadar Air

Setelah dianalisis, maka kadar air dapat dihitung dengan **Persamaan 3.2**.

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{c-a}{b-a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- a: berat cawan kosong (g)
- b: berat cawan kosong + berat sampel sebelum dioven (g)
- c: berat cawan kosong + berat sampel setelah dioven (g)

Karbon organik akan dianalisis dengan metode *Total Organic Carbon* (TOC). Sedangkan nitrogen dianalisis dengan metode *kjeldahl*. Karbon organik dan nitrogen akan dianalisis oleh laboran di Institut Teknologi Bandung.

4. Jenis dan kuantitas produk hasil olahan yang dihasilkan oleh TPST Bantargebang. Jenis dan kuantitas produk ditentukan berdasarkan hasil komponen sampah yang sudah diolah.
5. Jenis dan jumlah fasilitas pengolahan sampah, dan penampungan residu. Dilakukan pemantauan langsung untuk mengetahui jenis dan jumlah fasilitas pengolahan sampah, dan penampungan residu yang ada di TPST Bantargebang.
6. Jumlah dan jenis residu. Jumlah dan jenis residu yang dihasilkan berdasarkan analisis kesetimbangan bahan yang dilakukan berdasarkan sampah yang diolah ke TPST Bantargebang.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder berasal dari studi literatur. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Karakteristik material gali
Data sekunder karakteristik material gali meliputi nilai kalor, kandungan sulfur dan klorin pada material gali. Data ini berguna untuk mengetahui potensi hasil pengolahan material gali. Data ini didapatkan dari arsip kantor TPST Bantargebang.
2. Jumlah SDM dan organisasi TPST yang melakukan pengolahan sampah.
Sumber Daya Manusia antara lain adalah semua tenaga kerja yang terlibat dalam pengolahan sampah
3. Kebutuhan biaya operasional dan pemeliharaan TPST Bantargebang
Kebutuhan biaya operasional dan pemeliharaan meliputi biaya kebutuhan air, kebutuhan listrik, dan biaya kebutuhan operasional dan pemeliharaan alat-alat berat.

3.5 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan akan dilakukan berdasarkan aspek teknis dan aspek finansial sebagai berikut:

a. Aspek Teknis

Aspek teknis yang akan dikaji antara lain:

1. Data kuantitas, komposisi dan karakteristik sampah yang diolah di TPST Bantargebang dan jumlah residu yang dihasilkan. Data ini digunakan untuk menghitung analisis kesetimbangan bahan dari proses pengolahan sampah di TPST Bantargebang.
2. Data mengenai tahapan proses pengolahan sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang hingga yang akan dibawa ke TPA. Data ini digunakan untuk menentukan diagram alir dari kegiatan pengolahan sampah di TPST Bantargebang

b. Aspek Finansial

Aspek finansial merupakan aspek yang dihitung dari biaya produksi pengolahan sampah yang dilakukan oleh TPST Bantargebang. Pada analisis ini dibutuhkan beberapa data adalah:

- Biaya operasional dan pemeliharaan,
- organisasi dan SDM pengolahan sampah,
- jumlah dan jenis produk yang dihasilkan dan yang dijual ke pihak ketiga.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil kajian dan analisis, dapat ditarik kesimpulan dan saran berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan. Kesimpulan disesuaikan berdasarkan tujuan penelitian yang telah tertera di Bab Pendahuluan.

3.7 Penulisan Laporan

Penulisan laporan dilakukan selama penelitian dilakukan. Hal ini penting dilakukan untuk mendokumentasikan semua informasi yang diperoleh selama pelaksanaan studi Literatur dan pengambilan data primer maupun data sekunder yang diperlukan untuk mencapai tujuan dari penelitian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kuantitas, Komposisi dan Kuantitas Material Gali

4.1.1 Kuantitas Material Gali

Data berat material gali didapatkan dari data jembatan timbang. Sedangkan data volume material gali didapatkan dengan mengukur volume material gali di kendaraan pengangkut. Terdapat tiga truk yang digunakan untuk mengangkut material gali. Satu kendaraan pengangkut dapat melakukan ritasi sebanyak 5-3 per hari. Ukuran kendaraan pengangkut material gali masing-masing sebesar 6 m³, 14 m³ dan 23 m³. Hasil pengukuran kuantitas material gali dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

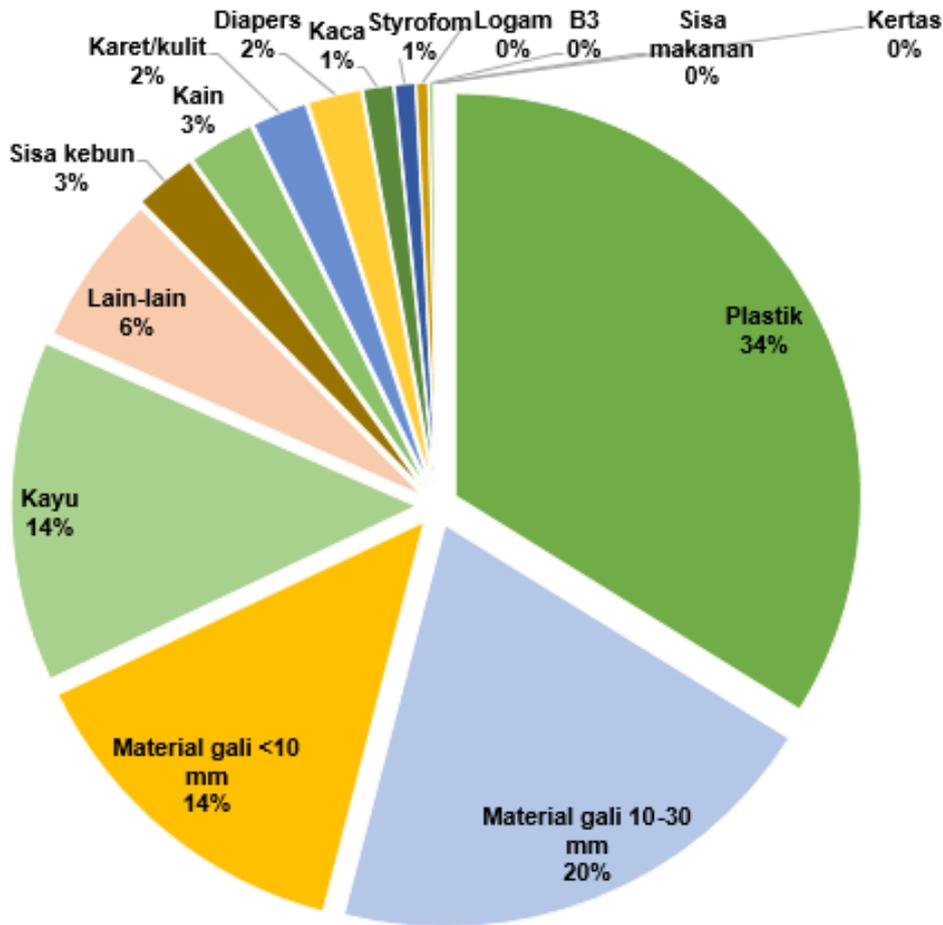
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Kuantitas Material Gali

No	Tanggal pengukuran	Berat (Ton/hari)	Volume sampah (m ³ /hari)
1	2 Maret 2022	78,58	138
2	4 Maret 2022	77,80	161
3	7 Maret 2022	75,78	156
4	8 Maret 2022	76,96	116
5	9 Maret 2022	79,30	131
6	10 Maret 2022	64,12	106
7	14 Maret 2022	108,42	212
8	15 Maret 2022	90,50	165
Total		651,46	1182
Rata-rata		81,43 ± 13,02	147,0 ± 33,3

Berdasarkan hasil pengukuran berat dan volume material gali yang diolah, maka didapatkan berat rata-rata material gali yang diolah setiap hari di TPST Bantargebang sebesar 81,43 ton/hari serta volume sebesar 147 m³/hari.

4.1.2 Komposisi Material Gali

Pengambilan data untuk analisis komposisi material gali dilakukan selama 8 hari dari kendaraan pengangkut sampah. Diambil sampel sebanyak ± 100 kg dengan teknik perempatan dari kendaraan pengangkut sampah. Komposisi sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Grafik Komposisi Material Gali di TPST Bantargebang

Komposisi sampah yang paling banyak yaitu jenis plastik sebesar 33,89%. Lalu komposisi sampah terbanyak kedua yaitu material gali berukuran 10-30 mm sebesar 20,12%. Komposisi material gali berukuran 10-30 mm terdiri dari material menyerupai tanah, plastik, kayu/ranting, kaca dan logam. Komposisi sampah terbanyak ketiga yaitu material gali berukuran 10 mm sebesar 13,93%. Komposisi material gali berukuran 10 mm merupakan material menyerupai tanah. Kemudian kayu 13,69%; lain-lain 6,07%; kain 2,49%; sisa kebun 2,64%; karet 2,21%; *diapers* 2,13%; kaca 1,20%; *styrofoam* 0,82%; logam 0,47%; B3 0,23%; sisa makanan 0,08% dan kertas 0,02%.

Komposisi material gali berukuran 10-30 mm dan material gali berukuran <10 mm adalah material menyerupai tanah yang terdiri dari sampah organik *biodegradable*, tanah penutup harian dan material lain berukuran kecil yang sulit dipisahkan. Komposisi lain-lain terdiri dari batu. Sampah B3 yang ditemukan yaitu batu baterai dan jarum suntik. Komposisi sampah logam yang ditemukan adalah tutup botol berbahan logam, kaleng minuman dan logam lainnya. Sisa kebun yang belum terdekomposisi adalah batok kelapa. Sampah sisa makanan yang belum terdekomposisi adalah tulang dan cangkang kerang. Menurut Malina dkk. (2017), batok kelapa, tulang ayam dan cangkang kerang merupakan sampah organik yang sulit terdekomposisi dan mengandung bahan kimiawi yang mengganggu proses dekomposisi.

Menurut BPS (2010), komposisi sampah Kota Jakarta didominasi oleh sampah organik mudah terurai sebanyak 55,37%. Pada penelitian ini, ditemukan bahwa persentase material menyerupai tanah sebanyak 34,05%. Jika dibandingkan dengan komposisi sampah organik

mudah terurai yang masuk ke TPA, terdapat penurunan jumlah persentase sampah organik mudah terurai pada *landfill*. Hal ini dapat terjadi karena dekomposisi sampah organik mudah terurai dapat menyebabkan penurunan volume dan massa sampah (Shi dkk., 2015). Terdapat penelitian terdahulu mengenai analisis komposisi material gali yang dilakukan di TPA Nonthaburi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa komposisi material gali yang mendominasi adalah material menyerupai tanah (28%-57%) dan plastik (25%-45%) (Visvanathan dkk. 2007). Lalu dilakukan penelitian serupa di TPA Klong Sam, hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa komposisi material gali yang mendominasi pada TPA Klong Sam adalah material menyerupai tanah (34%-49%) dan plastik (35%-62%) (Visvanathan dkk., 2021).

Menurut BPS (2010), persentase sampah kertas di Kota Jakarta sebesar 20,57%. Namun pada penelitian ini, ditemukan bahwa persentase komposisi kertas hanya sebesar 0,02%. Penurunan persentase komposisi kertas dapat terjadi karena terkontaminasi oleh air lindi dan sampah lainnya yang menyebabkan sampah kertas mudah hancur (Chiemchaisri dkk., 2010). Menurut Pretchai dkk. (2008), adapun peningkatan persentase beberapa komposisi sampah dikarenakan bahan organik yang mengalami penurunan massa yang signifikan, menyebabkan penurunan massa sampah yang signifikan. Maka dari itu terjadi peningkatan persentase komposisi sampah seperti plastik, kayu, kain dan lain-lain.

Komposisi material gali dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



(a) plastik



(b) material gali berukuran 10-30 mm



(c) material gali berukuran <10 mm



(d) kayu



(e) lain-lain



(f) kain



(g) sisa kebun



(h) karet



(i) *diapers*



(j) kaca



(j) *styrofoam*



(l) logam



(m) B3



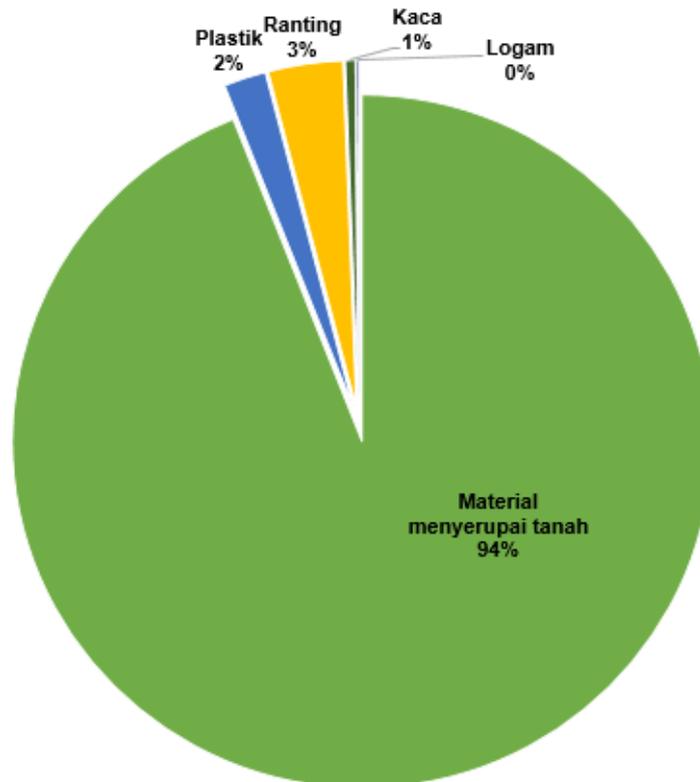
(n) sisa makanan



(o) kertas

Gambar 4. 2 Komposisi Material Gali

Pada material gali berukuran 10-30 mm, terdapat beberapa komposisi. Komposisi pada material gali berukuran 10-30 mm dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Komposisi Material Gali pada Material gali 10-30 mm

Komposisi terbesar adalah material menyerupai tanah sebanyak 93,99%. Kemudian ranting 3,45%; plastik 1,95%; kaca 0,47% dan logam 0,14%. Dokumentasi dan detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

4.1.3 Karakteristik Material Gali

Karakteristik material gali yang akan dianalisis adalah kadar air, karbon organik, nitrogen, nilai kalor, kandungan sulfur dan klorin. Dilakukan analisis *proximate* untuk menentukan kadar air pada material gali untuk setiap ukuran. Untuk mengetahui jumlah kadar karbon organik, sampel akan dianalisis dengan metode *spektrofotometri UV-Vis*. Sedangkan untuk mengetahui kadar nitrogen, sampel akan dianalisis dengan metode *kjeldahl*. Sampel yang akan dianalisis kadar karbon organik dan nitrogen adalah sampel material gali yang berukuran 10-30 mm dan <10 mm. Hal ini dikarenakan sampel berukuran 10-30 mm dan <10 mm akan dijadikan kompos, maka dari itu perlu diketahui rasio C/N.

4.1.3.1 Kadar Air

Pengukuran kadar air pada material gali di TPST Bantargebang dilakukan di Gedung Geotech 820, Kawasan Puspiptek. Uji kadar air dilakukan dengan memanaskan sampel dengan oven pada suhu 105° C selama 2 jam. Uji kadar air dilakukan pada sampel material gali berukuran >30 mm, 10-30 mm dan <10 mm. Hasil uji kadar air dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2Hasil Uji Kadar Air Material Gali

Ukuran Sampel (mm)	No. cawan	Berat cawan (g)	Berat awal (sampel + cawan) (g)	Berat sampel awal (g)	Berat akhir (sampel + cawan) (g)	Berat sampel akhir (g)	Berat air (g)	Kadar air (%)	Rata-rata kadar air (%)
<10 mm	4	45,868	70,969	25,101	59,288	13,420	11,681	46,536	47,57 ± 0,90
	5	45,715	70,756	25,041	58,682	12,967	12,074	48,217	
	6	46,039	71,063	25,024	59,061	13,022	12,002	47,962	
10-30 mm	1	46,390	71,419	25,029	59,887	13,497	11,532	46,075	44,95 ± 1,67
	2	45,644	70,683	25,039	59,910	14,266	10,773	43,025	
	3	45,795	70,798	25,003	59,357	13,562	11,441	45,759	
>30 mm	1	71,172	96,179	25,007	83,960	12,788	12,219	48,862	48,73 ± 0,12
	2	71,745	96,761	25,016	84,595	12,850	12,166	48,633	
	3	72,209	97,236	25,027	85,051	12,842	12,185	48,687	

Kadar air material gali berukuran <10 mm sebesar 47,57%, ukuran 10-30 mm sebesar 44,95% dan ukuran >30 mm sebesar 48,73%. Pada penelitian terdahulu mengenai analisis kadar air terhadap material gali di TPA Nonthaburi menunjukkan kadar air material gali sebesar 37,3-53,5% (Prechthai dkk., 2008). Perbedaan kadar air pada material gali dapat disebabkan oleh curah hujan yang berbeda.

4.1.3.2 Rasio C/N

Pengukuran karbon organik dan kadar nitrogen dilakukan di Institut Teknologi Bandung. Analisis karbon organik dilakukan dengan metode *spektrofotometri UV-Vis* sedangkan analisis kadar nitrogen dilakukan dengan metode *kjeldahl*. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 3 Kadar Karbon Organik dan Nitrogen Material Gali

Ukuran sampel (mm)	Karbon organik (%)	Nitrogen (%)	C/N
<10	52,87	2,10	25,18
10-30	56,67	1,89	29,98

Nilai karbon organik dan nitrogen pada sampel berukuran <10 mm masing-masing sebesar 52,87% dan 2,10%. Sedangkan pada sampel berukuran 10-30 mm masing-masing sebesar 56,67% dan 1,89%.

4.1.3.3 Nilai kalor, kandungan sulfur dan klorin

Nilai kalor, kandungan sulfur dan klorin diperoleh dari data sekunder yang dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Material Gali Untuk RDF

Parameter	Material Gali di TPST Bantargebang
Nilai Kalor (Kkal/kg)	4.318,09
Kadar air (%)	47,98
Klorin (%)	0,47
Sulfur (%)	0,49

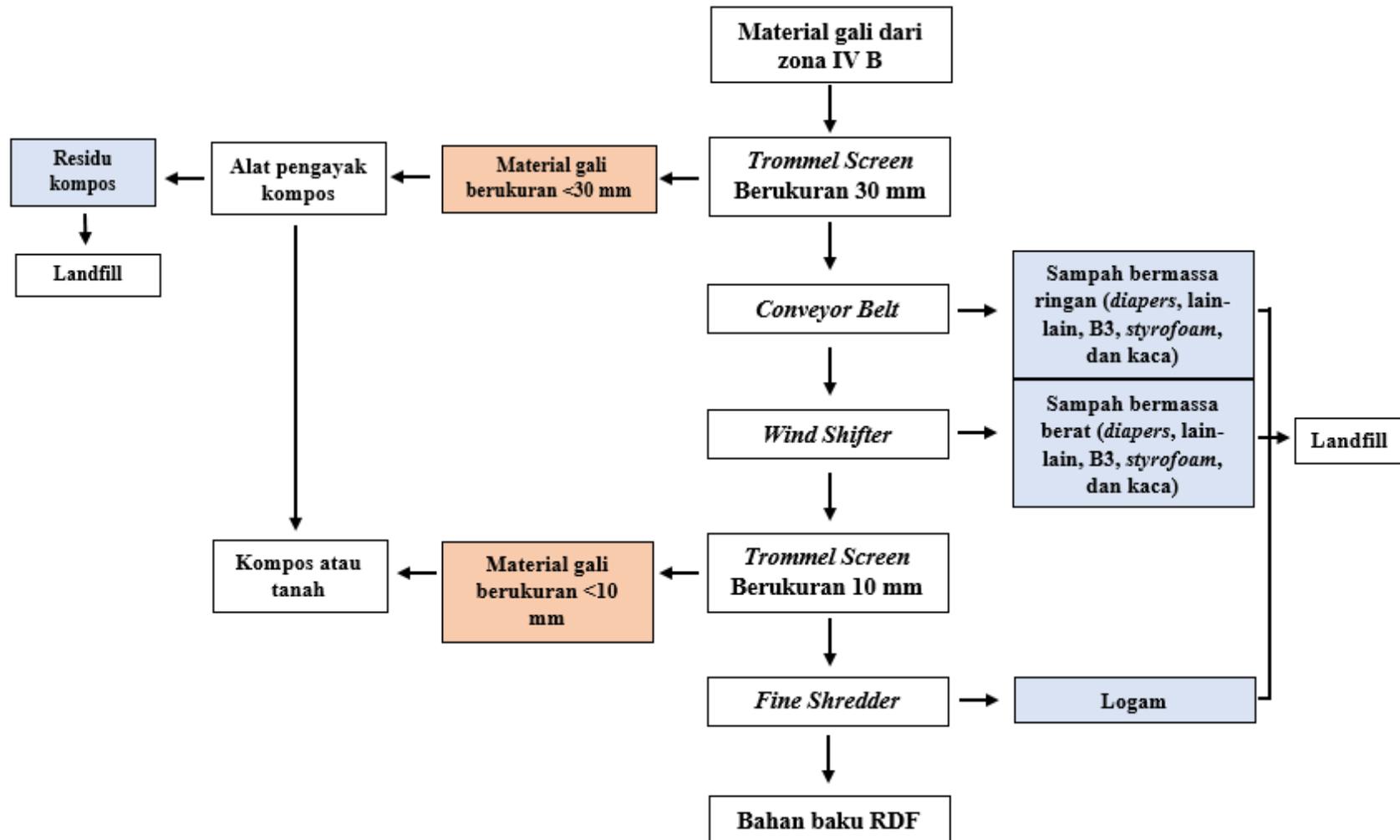
Sumber: Laporan Kajian Pemanfaatan Pengolahan Sampah di TPST Bantargebang, 2021

Nilai kalor pada material gali sebesar 4.318,09 Kkal/kg. kandungan sulfur dan klorin masing-masing sebesar 0,49% dan 0,47%.

4.2 Tahapan Pengolahan Sampah Hasil *Landfill Mining*

Sampah hasil *landfill mining* yang masuk bersumber dari zona IV B. Sampah tersebut akan ditambang menggunakan *excavator* lalu selanjutnya akan diangkut oleh kendaraan pengangkut sampah ke hanggar pengolahan sampah. Kegiatan pengolahan sampah dilakukan dari jam 07.00-24.00 WIB yang dibagi menjadi 2 *shift*. *Shift* pertama yaitu jam 07.00-16.00, lalu *shift* kedua jam 16.00-24.00. Terdapat 2 tempat pengolahan sampah. Di hanggar pengolahan sampah pertama terdapat 2 mesin yang digunakan untuk memilah sampah yaitu *trommel screen* berukuran 30 mm dan *wind shifter*. Lalu di hanggar pengolahan sampah kedua terdapat mesin *trommel screen* berukuran 10 mm dan *fine shedder*. Jarak antar hanggar sebesar 1,7 km. Adanya dua hanggar ini dikarenakan keterbatasan lahan untuk meletakkan mesin-mesin yang digunakan.

Kendaraan pengangkut sampah yang mengangkut material gali akan langsung menuju ke hanggar pengolahan pertama. Setelah material gali diletakkan di area penerima, lalu selanjutnya akan diolah dengan mesin-mesin yang ada. Skema alur pengolahan material gali dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4. 4 Skema Alur Pengolahan Material Gali di TPST Bantargebang

Trommel Screen Berukuran 30 mm

Trommel screen berfungsi untuk memisahkan material gali yang berukuran lebih dari 30 mm dengan material gali yang berukuran <30 mm. *Trommel screen* memiliki kapasitas sebesar 50 ton/jam. Material gali berukuran <30 mm sebagian besar adalah material menyerupai tanah. Material gali berukuran <30 mm akan diayak dengan pengayak kompos berukuran 5 mm. Sedangkan material gali berukuran lebih dari 30 mm akan dimasukkan ke mesin *wind shifter* melalui *conveyor belt*. Gambar *trommel screen* berukuran 30 mm dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4. 5 *Trommel Screen* Berukuran 30 mm

Conveyor Belt

Conveyor belt merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan material >30 mm dari *trommel screen* ke *wind shifter*. Terdapat kegiatan pemilahan manual yang dilakukan oleh kru pengolahan sampah di *conveyor belt*. Pemilahan yang dilakukan adalah memilah sampah batu, logam, diapers dan *Styrofoam* yang memiliki massa ringan yang sulit dipisahkan di *wind shifter*. Gambar *conveyor belt* dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4. 6 *Conveyor Belt*

Wind Shifter

Selanjutnya sampah akan langsung masuk ke mesin *wind shifter*. Mesin *wind shifter* merupakan mesin yang berfungsi untuk memisahkan material gali yang lebih berat, seperti batu, logam, *diapers*, dan *styrofoam*. *Wind shifter* merupakan alat bertenaga listrik dan memiliki kapasitas 15-20 ton/jam. Material gali yang berat akan dikembalikan ke *landfill*. Sedangkan material gali yang ringan akan dibawa dengan kendaraan pengangkut ke hanggar ke dua untuk diolah lebih lanjut. Gambar *wind shifter* dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 *Wind Shifter*

Trommel Screen Berukuran 10 mm

Material gali hasil proses pengolahan sampah di hanggar pertama akan langsung diproses dengan *trommel screen* berukuran 10 mm. *Trommel screen* berukuran 10 mm memiliki cara kerja yang sama dengan *trommel screen* berukuran 30 mm. Namun berbeda di ukuran *screen*. Material gali berukuran <10 mm merupakan material menyerupai tanah yang dapat dimanfaatkan sebagai kompos atau tanah penutup harian. Material gali berukuran lebih dari 10 mm akan dicacah dengan mesin pencacah yaitu *fine shredder*. Gambar *trommel screen* berukuran 10 mm dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 *Trommel Screen Berukuran 10 mm*

Fine Shredder

Fine shredder merupakan mesin yang berfungsi untuk mencacah sampah. Selain itu, pada *fine shredder* terdapat *magnet* yang dapat menangkap sampah berbahan logam. Logam tersebut perlu disingkirkan agar tidak merusak pisau yang ada didalam mesin. Hasil dari *fine shredder* merupakan sampah yang akan menjadi bahan baku untuk RDF. Sedangkan logam yang menempel pada magnet dianggap residu dan akan dikembalikan ke *landfill*. Gambar *fine shredder* dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 *Fine Shredder*

Dari tahap pengolahan material gali tersebut akan menghasilkan kompos dan RDF. Pada pengolahan material gali untuk menjadi kompos, hanya dilakukan pengayakan dengan *trommel screen* dan alat pengayak kompos. Pada pengolahan bahan baku RDF, di TPST Bantargebang hanya melakukan proses pemilah dan pencacah pada material gali. Proses pengeringan dan pengolahan lebih lanjut akan dilakukan oleh pihak ketiga yaitu PT. Solusi Bangun Indonesia dan PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.

4.3 Hasil Pengolahan Material Gali

Dalam menentukan hasil pengolahan material gali di TPST Bantargebang, perlu diketahui nilai kadar air, karbon organik, kadar nitrogen, nilai kalor, kandungan sulfur dan klorin.

4.3.1 Potensi Sebagai Kompos

Komposisi material gali yang dapat dimanfaatkan sebagai kompos merupakan komposisi material menyerupai tanah yang berukuran <30 mm. Dilakukan analisis kadar air, karbon organik dan kandungan nitrogen pada material gali berukuran 10-30 mm dan material gali berukuran <10 mm. Pada **Tabel 4.5** dapat dilihat perbandingan hasil analisis dengan baku mutu kompos. Baku mutu kompos yang akan digunakan sebagai acuan adalah SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik.

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Analisis Material Gali dengan Baku Mutu Kompos

Parameter	<10 mm	10-30 mm	Baku mutu kompos		
			Indonesia*	US**	Kanada***
Karbon organik (%)	52,87	56,67	>9,8	-	-

Parameter	<10 mm	10-30 mm	Baku mutu kompos		
			Indonesia*	US**	Kanada***
Nitrogen (%)	2,10	1,89	>0,4	-	-
C/N	25,18	29,98	10-20	25-35	25-30
Kadar Air (%)	47,572	44,953	40-60	45-65	55-65

Sumber: *SNI 19-7030-2004

** US EPA, 1971

*** Environment Canada, 2013

Pada **Tabel 4.5** dapat dilihat bahwa hasil analisis material gali di TPST Bantargebang belum sesuai dengan SNI 19-7030-2004. Rasio C/N pada material gali melebihi baku mutu kompos. Namun jika dibandingkan dengan baku mutu negara Amerika Serikat dan Kanada, material gali di TPST Bantargebang dapat berpotensi sebagai kompos karena memenuhi baku mutu.

4.3.2 Potensi Sebagai RDF

Material gali di TPST Bantargebang juga akan dimanfaatkan sebagai *Refuse Derived Fuel* (RDF). Material gali yang dimanfaatkan sebagai RDF merupakan material gali berukuran >30 mm yang tergolong sampah *combustible*. Material gali yang dapat dijadikan RDF yaitu plastik, kayu, karet, kain, sisa kebun, sisa makanan serta kertas. Untuk menentukan kualitas material gali untuk dijadikan sebagai RDF perlu dilakukan analisis beberapa parameter yaitu nilai kalor, kadar air, sulfur dan klorin. Perbandingan hasil analisis material gali dengan karakteristik RDF berdasarkan kriteria yang diterima perusahaan semen di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Analisis Material Gali dengan Karakteristik RDF

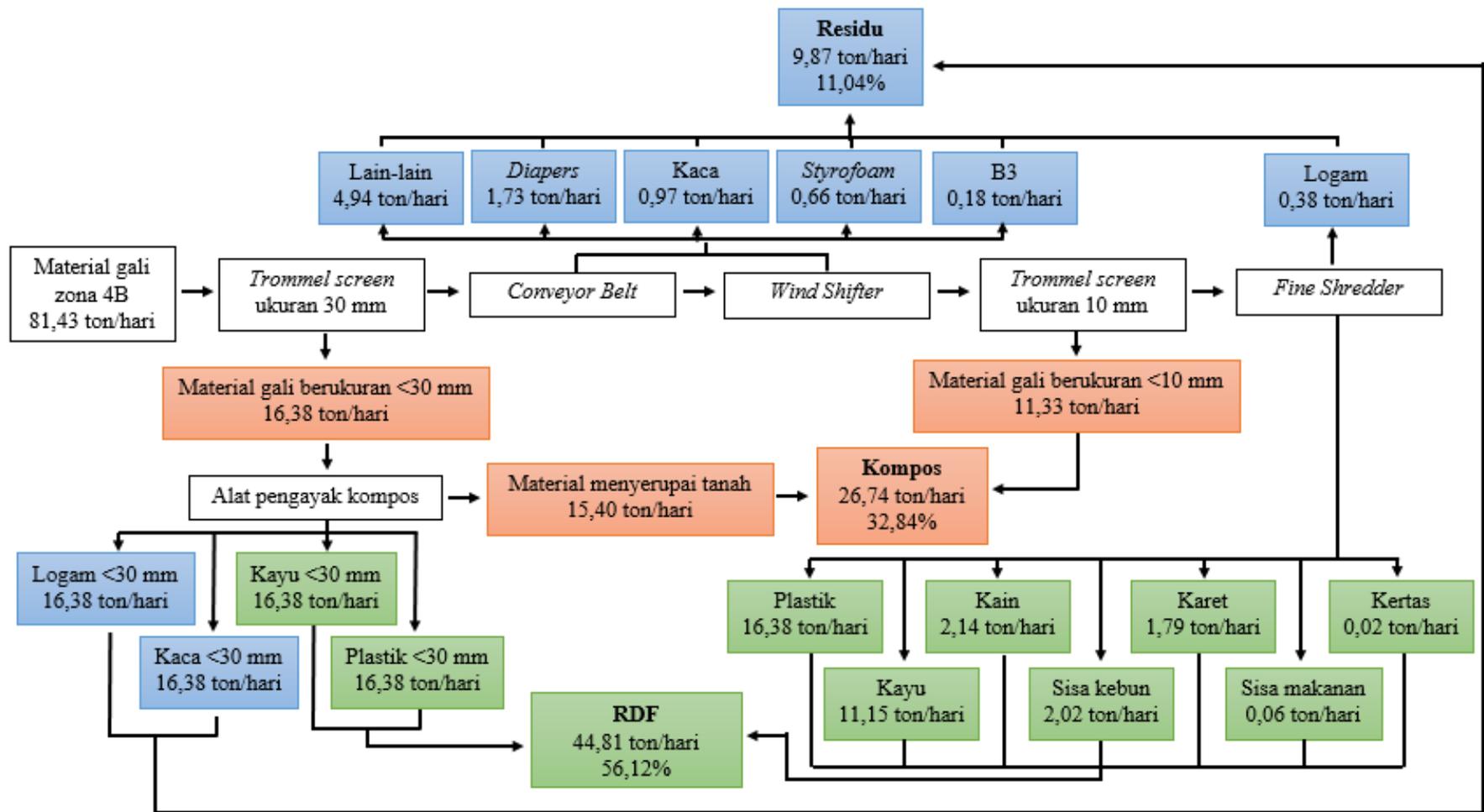
Parameter	Material gali TPST Bantargebang	Karakteristik sampah untuk RDF*
Nilai Kalor (Kkal/kg)	4.318,09	>3000
Kadar air (%)	47,98	<20
Klorin (%)	0,47	<0,75
Sulfur (%)	0,49	<1

Sumber: *Pusat Penelitian dan Pengembangan Industri Hijau dan Lingkungan Hidup Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, 2017

Material gali di TPST Bantargebang memiliki kadar air yang cukup tinggi, hal ini dikarenakan sampel diambil di kendaraan pengangkut sampah. Pada proses *pre-treatment* bahan baku RDF terdapat beberapa tahap yaitu pemilahan, pencacahan dan pengeringan. Tahap pengeringan dilakukan untuk menghasilkan RDF dengan kualitas yang baik dengan meningkatkan nilai kalor sampah sebagai bahan baku. Menurut Kementerian PUPR (2018), terdapat beberapa cara untuk melakukan proses pengeringan yaitu secara biologis dan mekanis. Proses pengeringan biologis dilakukan dengan *biodrying*. Proses pengeringan secara mekanis dilakukan dengan pengeringan termal seperti *fixed bed drying*, *rotary drying*, *pneumatic drying*, *tunnel drying*, dan *fluidized bed drying*. Maka dari itu, agar dapat memenuhi standar karakteristik RDF, material gali di TPST Bantargebang perlu dilakukan pengeringan terlebih dahulu.

4.3.3 Mass Balance

Dengan mengetahui kuantitas material gali yang diolah dan hasil pengolahan material gali yang dilakukan, maka dapat diketahui kuantitas hasil pengolahan material gali dengan membuat diagram alir. Diagram alir pengolahan material gali dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4. 10 Mass Balance Pengolahan Material Gali di TPST Bantargebang

Dari diagram alir pada **Gambar 4.10** diketahui bahwa dalam sehari TPST Bantargebang mengolah material gali sebanyak 81,43 ton/hari. Hasil dari pengolahan material gali berupa:

1. Produk:
 - a. RDF
RDF yang dihasilkan dalam sehari sebanyak 44,81 ton/hari. Material gali yang dijadikan RDF adalah plastik, kain, karet, kertas, sisa kebun, sisa makanan dan kayu.
 - b. Kompos
Kompos yang dihasilkan dalam sehari sebanyak 26,74 ton/hari. Material gali yang dijadikan kompos merupakan material menyerupai tanah berukuran <30 mm.
2. Residu
Residu yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang sebanyak 9,87 ton/hari. Residu yang dihasilkan terdiri dari logam, B3, *diapers*, kaca, *Styrofoam* dan lain lain.

4.4 Perhitungan Analisis Finansial

Analisis finansial pada penelitian ini digunakan untuk menentukan biaya operasional dan pemeliharaan pengolahan sampah hasil *landfill mining*. Biaya operasional dan pemeliharaan yang akan dihitung meliputi biaya kegiatan pengolahan material gali hasil *landfill mining* serta pengangkutan residu hasil pengolahan. Metode perhitungan yang akan digunakan untuk menentukan biaya produksi pengolahan sampah yaitu dengan Persamaan 2.2 pada subbab 2.8. Berikut adalah data-data yang diperlukan untuk menentukan biaya produksi pengolahan sampah hasil *landfill mining*.

- a. Jumlah pekerja dan gaji pekerja
Jumlah pekerja yang mengolah sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang sebanyak 27 orang diantaranya 20 orang kru, 2 orang teknisi dan 5 orang supir truk. Gaji masing-masing pekerja dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4. 7 Gaji Pekerja Pengolahan Material Gali

No	Pekerja	Jumlah (orang)	Gaji perbulan (Rp)	Total gaji per bulan (Rp)	Total gaji per tahun (Rp)
1	Kru	20	5.559.254	111.185.080	1.334.220.960
2	Supir	5	7.697.430	38.487.150	461.845.800
3	Teknisi	2	8.125.064	16.250.128	195.001.536
TOTAL				165.922.358	1.991.068.296

Sumber: Data Arsip Kantor TPST Bantargebang

- b. Persentase pemeliharaan
Menurut Petunjuk Teknis TPS 3R (2017), dalam menentukan biaya perawatan dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:
 - a. Menghitung secara rinci kebutuhan pemeliharaan
 - b. Menggunakan angka persentase dari harga beli dibagi dengan umur barang tersebut
 Pada penelitian ini, untuk menentukan biaya pemeliharaan akan dilakukan dengan pendekatan menggunakan angka persentase dari harga beli lalu akan dibagi dengan

umur barang. Menurut Akbar dkk. (2017), persentase biaya pemeliharaan sebesar 5% dari harga investasi.

c. Harga investasi

Terdapat beberapa mesin-mesin yang digunakan untuk mengolah sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang, yaitu *conveyor belt*, *trommel screen* berukuran 30 mm, *trommel screen* berukuran 10 mm, *wind shifter* dan *fine shredder*. Lalu untuk mengolah sampah di TPST Bantargebang diperlukan bantuan alat berat yaitu satu *excavator* dan satu *wheel loader*. Lalu untuk pengangkutan sampah dari zona hingga tempat pengolahan sampah digunakan 3 truk sampah. Harga investasi dari alat dan fasilitas pengolahan sampah di TPST Bantargebang dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4. 8 Harga Investasi Alat dan Fasilitas Pengolahan Material Gali

No	Nama alat	Jumlah	Harga
1	<i>Conveyor belt</i>	1	Rp 31.680.000.000
	<i>Trommel screen</i> ukuran 30 mm		
	<i>Trommel screen</i> ukuran 10 mm		
	<i>Wind shifter</i>		
	<i>Fine shredder</i>		
2	<i>excavator</i>	2	Rp 3.236.562.912
3	<i>Wheel loader</i>	1	Rp 1.958.805.640
4	<i>Dump truck</i> besar (HINO)	1	Rp 658.568.500
5	<i>Dump truck</i> besar (Mercy AXOR 1623)	1	Rp 568.700.000
6	<i>Dump truck</i> kecil (HINO)	1	Rp 292.000.000
7	Alat pengayak kompos	2	Rp 30.000.000
TOTAL			Rp 38.424.637.052

Sumber: Data Arsip Kantor TPST Bantargebang

d. Umur alat

Umur alat untuk mengolah sampah hasil *landfill mining* di TPST Bantargebang dapat dilihat pada **Tabel 4.9**

Tabel 4. 9 Umur Alat Pengolahan Material Gali

No	Nama alat	Umur (tahun)
1	<i>Conveyor belt</i>	3
	<i>Trommel screen</i> ukuran 30 mm	
	<i>Trommel screen</i> ukuran 10 mm	
	<i>Wind shifter</i>	
	<i>Fine shredder</i>	

No	Nama alat	Umur (tahun)
2	<i>Excavator</i>	6
3	<i>Wheel loader</i>	6
4	<i>Dump truck</i> besar (HINO)	6
5	<i>Dump truck</i> besar (Mercy AXOR 1623)	2
6	<i>Dump truck</i> kecil (HINO)	3
7	Alat pengayak kompos	10

Sumber: Data Arsip Kantor TPST Bantargebang

e. Kebutuhan bahan bakar

Mesin pengolah sampah yang membutuhkan bahan bakar adalah *trommel screen*. Kebutuhan bahan bakar satu *trommel screen* yaitu 15 L/8 jam. Lama waktu penggunaan perhari selama 16 jam, maka kebutuhan bahan bakar satu *trommel screen* perhari nya sebesar 30 L/hari. Terdapat 2 alat *trommel screen* maka dibutuhkan 60 L/hari. Maka dapat dihitung kebutuhan bahan bakar dalam satu bulan yaitu sebagai berikut.

Kebutuhan BBM = kebutuhan BBM per hari x 22 hari/bulan
= 60 L/hari x 22 hari/bulan
= 1.320 L/hari

Bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar jenis Pertamina Dex. Harga Pertamina Dex per L sebesar Rp 13.700. Maka biaya yang dibutuhkan untuk bahan bakar *trommel screen* per bulan adalah sebagai berikut.

Biaya BBM = kebutuhan BBM (L/bulan) x harga BBM (Rp/L)
= 1.320 L/hari x Rp 13.700
= Rp 18.084.000 /bulan

Perhitungan biaya bahan bakar selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4. 10 Kebutuhan Biaya Bahan Bakar Pengolahan Material Gali

No	Nama alat	Jumlah	Kebutuhan bensin (L/hari)*	Kebutuhan perbulan (L/bulan)	Jenis BBM	Harga BBM (Rp/L)	Biaya BBM (Rp/bulan)
1	<i>Trommel screen</i> ukuran 30 mm	1	30	660	Pertamina DEX	13.700	9.042.000
2	<i>Trommel screen</i> ukuran 10 mm	1	30	660	Pertamina DEX	13.700	9.042.000
3	<i>Excavator</i>	2	421	9259	DEX LITE	12.950	119.908.712
4	<i>Wheel loader</i>	1					
5	<i>Dump truck</i> besar (HINO)	1	102	2248	DEX LITE	12.950	29.116.780
6	<i>Dump truck</i> besar (Mercy)	1					
7	<i>Dump truck</i> kecil (HINO)	1					
TOTAL							167.109.492

Sumber: *Data Arsip Kantor TPST Bantargebang

f. Kebutuhan listrik

Terdapat 3 mesin pengolah sampah yang membutuhkan tenaga listrik yaitu *wind shifter*, *fine shredder* dan *conveyor belt*. *Wind shifter* membutuhkan daya sebesar 65 kW. *Conveyor belt* dan *fine shredder* membutuhkan daya sebesar 400 kW. Berikut perhitungan besar daya yang dibutuhkan per hari.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan daya } \textit{wind shifter} &= \text{daya yang dibutuhkan} \times \text{lama pemakaian} \\ &= 65 \text{ kW} \times 16 \text{ jam} \\ &= 1.040 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Maka total kebutuhan daya *wind shifter* per bulan,

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan daya} &= 1.040 \text{ kWh} \times 22 \text{ hari/bulan} \\ &= 22.880 \text{ kWh/bulan} \end{aligned}$$

Harga listrik per kWh sebesar Rp 1.445, maka kebutuhan biaya listrik per bulan *wind shifter* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Biaya listrik per bulan} &= \text{kebutuhan daya (kWh/bulan)} \times \text{harga listrik} \\ &= 22.880 \text{ kWh/bulan} \times \text{Rp } 1.445 \\ &= \text{Rp } 33.054.736 \text{ /bulan} \end{aligned}$$

Perhitungan biaya listrik pengolahan sampah di TPST Bantargebang selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4. 11 Kebutuhan Biaya Listrik Pengolahan Material Gali

No	Nama alat	Jumlah (buah)	Kebutuhan listrik (kWh)*	Lama pemakaian (jam)	Kebutuhan perhari (kWh/hari)	Kebutuhan perbulan (kWh/bulan)	Harga per kWh (Rp)	Biaya listrik (Rp/bulan)
1	<i>Wind shifter</i>	1	65	16	1.040	22.880	1.445	33.054.736
2	<i>Fine shredder</i>	1	400	16	6.400	140.800		203.413.760
3	Alat pengayak kompos	2	1,5	16	24	528		762.801
TOTAL					7.440	163.680		237.231.298

Sumber: *Data Arsip Kantor TPST Bantargebang

Selanjutnya menghitung biaya pemeliharaan dengan data yang sudah didapatkan. Menghitung biaya pemeliharaan dengan rumus pada persamaan 3.2

Maka biaya pemeliharaan setiap alat dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pemeliharaan excavator} &= \frac{P \times Hi}{\text{umur alat}} \\
 &= \frac{5\% \times \text{Rp } 1.618.281.456}{6} \\
 &= \text{Rp } 26.971.358
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya pemeliharaan setiap alat dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4. 12 Biaya Pemeliharaan Alat Pengolahan Material Gali

No	Nama alat	Biaya pemeliharaan
1	<i>Conveyor belt</i>	Rp 528.000.000
	<i>Trommel screen</i> ukuran 30 mm	
	<i>Trommel screen</i> ukuran 10 mm	
	<i>Wind shifter</i>	
	<i>Fine shredder</i>	
2	<i>excavator</i>	Rp 26.971.358
3	<i>Wheel loader</i>	Rp 16.323.380
4	<i>Dump truck besar</i> (HINO)	Rp 5.488.071
5	<i>Dump truck besar</i> (Mercy AXOR 1623)	Rp 14.217.500
6	<i>Dump truck kecil</i> (HINO)	Rp 4.866.667
7	Alat pengayak kompos	Rp 150.000
TOTAL		Rp 596.016.975

Untuk menghitung biaya operasional pengolahan material gali di TPST Bantargebang dapat dihitung dengan persamaan 3.1

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya operasional} &= \left(Go \times no \times 12 \frac{\text{bulan}}{\text{tahun}} \right) + \Sigma(Kbbm \times Hbbm) + \Sigma(Kl \times Hl) \\
 &= \text{Rp } 1.991.068.29 + (\text{Rp } 158.821.751 \times 12 \text{ bulan} + \\
 &\quad (\text{Rp } 237.231.298 \times 12 \text{ bulan}) \\
 &= \text{Rp } 6.743.704.884 \text{ per tahun}
 \end{aligned}$$

Biaya operasional kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang sebesar Rp 6.743.704.884 per tahun. Pengolahan material gali di TPST Bantargebang menghasilkan rata-rata RDF sebanyak 30 ton/hari dan kompos sebanyak 20 ton/hari. Maka jika ditotal dalam sehari TPST Bantargebang mengolah material gali rata-rata sebanyak 50 ton/hari. Dalam satu tahun,

material gali yang diolah sebanyak 13.200 ton/tahun dari kegiatan 264 hari kerja. Dapat dihitung biaya operasional pertahun, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional} &= \frac{\text{Rp } 6.743.704.884 / \text{tahun}}{13.200 \text{ ton/tahun}} \\ &= \text{Rp } 510.887 / \text{ton} \end{aligned}$$

Kebutuhan biaya operasional kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang sebesar Rp 510.887 per ton di luar biaya kebutuhan air.

Dengan data yang sudah didapatkan, dapat dihitung biaya operasional dan pemeliharaan kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang selama satu tahun dengan persamaan 2.2.

$$\begin{aligned} \text{BOP} &= \text{BOP} = \left(G_o \times n_o \times 12 \frac{\text{bulan}}{\text{tahun}} \right) + \Sigma \left(\frac{p \times H_i}{U_t} \right) + \Sigma (K_{bbm} \times H_{bbm}) + \Sigma (K_l \times H_l) \\ &= \text{Rp } 1.991.068.296 + \text{Rp } 596.016.975 + (\text{Rp } 158.821.751 \times 12 \text{ bulan} + \\ &\quad (\text{Rp } 237.231.298 \times 12 \text{ bulan})) \\ &= 27.801.976 \text{ per hari} \\ &= \text{Rp } 7.339.721.855 \text{ per tahun} \\ &= \text{Rp } 27.801.976 \text{ per hari.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan biaya operasional dan pemeliharaan pengolahan material gali di TPST Bantargebang sebesar Rp 27.801.976 per hari.

4.5 Rekomendasi

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, rekomendasi yang dapat dilakukan oleh beberapa pihak adalah:

1. Melakukan uji kelayakan pada kompos untuk diaplikasikan pada tanaman.
Uji kelayakan tersebut meliputi uji toksisitas dan ketersediaan nutrisi (N dan P).
2. Melakukan pengeringan pada material gali yang akan dijadikan RDF
Material gali di TPST Bantargebang memiliki kadar air yang tinggi. Maka dari itu perlu dilakukan pengeringan agar dapat memenuhi standar karakteristik RDF.
3. Melakukan uji pada residu hasil pengolahan material gali apakah termasuk limbah B3 atau tidak. Bila termasuk limbah B3 maka diperlukan penanganan menurut peraturan yang berlaku. Bila tidak termasuk limbah B3 maka dapat langsung dibuang ke *landfill*.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Kuantitas berat material gali yang diolah di TPST Bantargebang setiap hari adalah 81,43 ton/hari dengan volume sebesar 147 m³/hari. Komposisi material gali di TPST Bantargebang terdiri atas plastik (33,89%), material gali berukuran 10-30 mm (20,12%), material gali berukuran >10 mm (13,93%), kayu (13,69%), lain-lain (6,07%), kain (2,49%), sisa kebun (2,64%), karet (2,21%), *diapers* (2,13%), kaca (1,20%), *styrofoam* (0,82%), logam (0,47%), B3 (0,23%), sisa makanan (0,08%) dan kertas (0,02%) Kadar air material gali berukuran <10 mm sebesar 47,57%, ukuran 10-30 mm sebesar 44,95% dan ukuran >30 mm sebesar 48,73%. Nilai karbon organik dan nitrogen pada sampel berukuran <10 mm masing-masing sebesar 52,87% dan 2,10%. Sedangkan pada sampel berukuran 10-30 mm masing-masing sebesar 56,67% dan 1,89%. Nilai kalor pada material gali sebesar 4.318,09 Kkal/kg. Kandungan sulfur dan klorin masing-masing sebesar 0,49% dan 0,47%.
2. Pengolahan material gali di TPST Bantargebang terdiri atas pemilahan dan pencacahan material gali. Pemilahan dilakukan secara mekanik dan manual. Pemilahan secara mekanik dilakukan dengan mesin *trommel screen* dan *wind shifter*. Sedangkan pencacahan material gali dilakukan secara mekanik dengan *fine shredder*.
3. Hasil pengolahan material gali di TPST Bantargebang adalah bahan baku RDF sebanyak 44,81 ton/hari dan kompos sebanyak 26,74 ton/hari.
4. Biaya operasional dan pemeliharaan yang dibutuhkan untuk kegiatan pengolahan material gali di TPST Bantargebang sebesar Rp 27.801.976 per hari.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait penelitian ini yaitu:

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang uji toksisitas pada residu yang dihasilkan sebelum dikembalikan ke *landfill*.
2. Perlu penelitian tentang toksisitas material gali berupa kompos sebelum diaplikasikan pada tanaman.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2011. Rembesan Air Lindi (*leachate*) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan. *Monograf*. ISBN 978-602-9372-44-1.
- Arena, U. 2012. *Process and Technological Aspects of Municipal Solid Waste Gasification: A review*. *Waste Management*. 61-88.
- Asteria, D. dan Heruman, H. 2016. Bank Sampah Sebagai Alternatif Strategi Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Tasikmalaya. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 23 (1), 156-141.
- Aziz, I. R., Muthiadin, C., Hafsan. 2019. Biodegradasi Plastik LDPE Hitam dan Putih Pada Sampah TPA Antang Dalam Kolom Winogradsky. *Jurnal Biologi*. Vol. 12, No. 2, 166-172
- Badan Pusat Statistik (BPS) DKI Jakarta. 2010. Jakarta dalam Angka 2010. BPS DKI Jakarta, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 19-7030-2004 Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik.
- Caputo, A., dan Pelagagge, P. M. 2002. *RDF Production Plants: I Design and Costs*. *Applied Thermal Engineering*. 22, 423-437
- Chaerul, M. dan Susangka, A. 2011. Pemilihan Teknologi Pengomposan Sampah Kota dengan Pendekatan *Analytic Hierarrchy Process*. *Jurnal Purifikasi*. Vol. 12.
- Chiemchaisri, C., Charnnok, B., Visvanathan, C. 2010. *Recovery of Plastic Wastes from Dumpsite as Refuse Derived Fuel and its Utilization in Small Gasification System*. *Bioresource Technology*, Volume 118, 103341.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2016. Pengelolaan Sampah Terpadu. Edisi Pertama. ITB Press: Bandung.
- Dewi, Y. S. dan Treesnowati. 2012. Pengolahan Sampah Skala Rumah Tangga Menggunakan Metode *Composting*. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*. Vol. 8, No. 2.
- Dewilda, Y. dan Julianto. 2019. Kajian Timbulan, Komposisi, dan Potensi Daur Ulang Sampah Sebagai Dasar Perencanaan Pengelolaan Sampah Kawasan Kampus Universitas Putra Indonesia (UPI). *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Wilayah dan Kota Berkelanjutan*. Padang.
- Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. 2021. Laporan Kajian Pemanfaatan Pengolahan Sampah di TPST Bantargebang.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. Materi Bidang Sampah I. Direktur PLP: Jakarta.
- Ediana, D., Fatma, F., Yuniliza. 2018. Analisis Pengolahan Sampah *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) Pada Masyarakat di Kota Payakumbuh. *Jurnal Endurance*. Vol. 3, No. 2.
- Ekawandani, N., dan Kusuma, A. A. 2018. Pengomposan Sampah Organik (Kubis dan Kulit Pisang) dengan Menggunakan EM4. *TEDC*. Vol. 12 No. 1.

- Environment Canada. 2013. *Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing*. ISBN: 978-1-100-21707-9
- Environment Protection Agency. 1971. *Composting of Municipal Solid Wastes in the United States*.
- Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K. J., dan Hogg, D. 2003. *Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives. Current Practice*. 1-219.
- Hajinezhad, A., Halimehjani, E. Z., dan Tahani, M. 2016. *Utilization of Refuse Derived Fuel (RDF) from Urban Waste as an Alternative Fuel for Cement Factory: A Case Study. International Journal of Renewable Energy Research*. 6(2), 702-714.
- Hardianto dan Trihadiningrum, Y. 2014. Review Peran IPST Dalam Reduksi Sampah Kota. Prosiding Seminar Nasional Waste Management II: "Tren Terkini Dalam Pengelolaan Sampah Kota dan Limbah B3". Surabaya.
- Hogland, W. 2011. *Landfill Mining*. Miljoringen Nettverk for Forurensset Grunn Og Sedimenter.
- Krook, J., Svensson, N., Eklund, M. 2012. *Waste Management*. 32, 513-520.
- Kurniawan, H. N. A., Kumalaningsih, S., dan Febrianto, A. 2013. Pengaruh Penambahan Konsentrasi *Microbacter Alfaafa-11*, dan Penambahan Urea Terhadap Kualitas Pupuk Kompos dari Kombinasi Kulit dan Jerami Nangka dengan Kotoran Kelinci. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Lili, V. M. 2017. Strategi Peningkatan Operasional TPST di Kabupaten Sidoarjo. Laporan Tesis Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Lusthia, W. A. 2017. Analisis Laju Dekomposisi Serasah Tanaman Belimbng Terhadap Keanekaragaman Fauna Tanah Sebagai Sumber Belajar Biologi. Prosiding Seminar Nasional III Tahun 2017.
- Manuputty, M. C., Jacob, A., Haumahu, J. P. 2012. Pengaruh *Effective Inoculant* Promi dan EM4 Terhadap Laju Dekomposisi dan Kualitas Kompos dari Sampah Kota Ambon. *Agrologia Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*. Vol. 1, No. 2.
- Marlena, A., Tri J, W, A., Warmadewanthi, IDAA. 2020. Evaluasi Kinerja Aset Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas*. ISSN: 2615-1839, Volume 4, Nomor 3.
- Masi, S., Caniani, D., Grieco, E., Lioi, D., Macini, I. 2014. *Assessment of the Possible Reuse of MWS Coming From Landfill Mining of Old Open Dumpsites. Waste Management* 34, 702-710.
- Maulana, Y. C., Rohmat, D., Ruhimat, M. 2014. Zonasi Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebang. *Jurnal Pendidikan Geografi*. Vol. 14, No. 2.
- McDougall, F., White, P., Franke, F., dan Hindle, P. 2001. *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Oxford: Blackwell Science
- Muliawati, R. F., Afiuddin, A. E., Setiani, V. 2020. Prediksi Dampak Lingkungan Pengolahan Sampah Secara Termal dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assesment (LCA)*

- Studi Kasus: TPA Tambakrigadung, Kabupaten Lamongan. *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*. ISSN No. 2623-1727.
- Naryono, E., dan Soemarno. 2013. Pengeringan Sampah Organik Rumah Tangga. *Indonesian Green Technology Journal*. E-ISSN 2338-1787
- Nurmayadi, D. dan Herdandi, A. R. 2020. Pengelolaan Sampah Dengan Pendekatan *Behavior Mapping* di Pasar Tradisional Kota Tasikmalaya. *Jurnal Arsitektur Zonasi*. Volume 3 Nomor 1.
- Patidar, A., Gupta, R., Tiwari, A. 2012. *Enhancement of Bio-Degradation of Bio-Solids Via Microbial Inoculation in Integrated Composting and Vermicomposting Technology*. *Open Access Scientific Reports Patidar*. Vol. 1.
- Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia No. 7 Tahun 2021 tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Penanganan Sampah.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah Pada Bank Sampah.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Pereira, de S. A., Carlos, B. L., Cezar, F. J., Ralisch, R., Hungria, M., De Fatima, G. M. 2014. *Soil Structure and Its Influence On Microbial Biomass in Different Soil and Crop Management Systems*. *Soil and Tillage Research*. Vol. 142, pp. 42-53.
- Pramestyawati, N, T dan Warmadewanthi, IDAA. 2013. Potensi Reduksi Sampah terhadap Penurunan Timbulan Gas Rumah Kaca di TPA Kota Madiun. *Jurnal Teknik Pomits*. Surabaya. Volume 2, Nomor 2.
- Prechthai, T., Padmasari, M., Visvanathan, C. 2008. *Quality Assessment of Mined MSW from an Open Dumpsite for Recycling Potential*. *Resources, Conservation and Recycling*. 53, p. 70-78.
- Puger, I. G. N. 2018. Sampah Organik, Kompos, Pemanasan Global, dan Penanaman Aglaonemadi Pekarangan. *Jurnal Agrikultur*. Vol. 1, No. 2
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Industri Hijau dan Lingkungan Hidup Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. 2017. Pedoman Spesifikasi Teknis *Refuse Derived Fuel (RDF)* Sebagai Alternatif Bahan Bakar Industri Semen.
- Rachim, T. A. 2017. *Life Cycle Assesment (LCA) Pengolahan Sampah Secara Termal (Studi Kasus TPA Benowo, Kota Surabaya)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Rao, N. S. B. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Rosendal, R. M. 2009. *Landfill Mining: Process, Feasibility, Economy, Benefits and Limitations*. RenoSam: Denmark.
- Salundik. 2006. Meningkatkan Kualitas Kompos. Agromedia Pustaka: Jakarta.

- Shi, Y., Baldwin D. C., Davis, K. J., Yu, X., Duffy, C. J., Lin, H. 2015. *Simulating High Resolution Soil Moisture Patterns in The Shale Hills Watershed Using a Land Surface Hydrologic Model. Hydrological Processes*. Issue 21, 4624-4637.
- Soest, Van. 2006. *Rice Straw the Role of Silica and Treatment to Improve Quality. Journal of Animal Feed Science and Technology*. 27, 134-137.
- Sukwika, T., dan Noviana, L. 2020. Status Keberlanjutan Pengelolaan Sampah Terpadu di TPST Bantargebang Bekasi: Menggunakan Rappfish dengan R Statistik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. ISSN: 1829-8907, Volume 18 Nomor 1.
- Sutedjo, A., Prasetyo, A. E., Fahroidayanti, A. F., dan Sastroatmodjo. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Penerbit Rineka Cipta: Jakarta.
- Tan, K. H. 1994. *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker Inc.: New York.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H, dan Vigil, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management (Engineering Principles and Management Issue)*. Singapore. McGraw-Hill, Inc.
- Trisnawati, O. R., dan Khasanah, N. 2020. Penyuluhan Pengelolaan Sampah Dengan Konsep 3R Dalam Mengurangi Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Cakrawala*. Vol. 4 No. 2.
- Undang-undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- Van der Zee, D.J., Achterkamp, M.C., de Visser, B.J. 2004. *Waste Management*, 24 (8) (2004), p. 795-804.
- Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., dan Pollard, S. J. T. 2009. *Biodrying For Mechanical-biological Treatment of Wastes: A Review. Bioresources Technology*. 103, pp. 2747-2761.
- Widarti, B. N., Wardhini, W. K., dan Sarwono, E. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku Pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 5, No. 2.

LAMPIRAN A
(Dokumentasi Pengukuran Volume Gerobak, Densitas dan Komposisi Sampah)



Gambar L.A.1 Bongkar Muatan Truk Pengangkut Material Gali



Gambar L.A.2 Mengukur Panjang dan Lebar Kendaraan Pengangkut Material Gali



Gambar L.A.3 Pengayakan Material Gali

Tabel L.A.1 Perhitungan Volume Kendaraan Pengangkut Sampah

2 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9511 TOR	8900	500	180	200	18
2		9880	500	180	220	20
3	B 9622 TOR	8260	450	120	250	14
4		8660	450	120	250	14
5		6480	450	120	230	12
6		8480	450	120	250	14
7		7180	450	120	250	14
8	B 9337 POR	3100	300	175	110	6
9		3220	300	175	110	6
10		2920	300	175	90	5
11		4020	300	175	110	6
12		3900	300	175	110	6
13		3580	300	175	110	6
TOTAL		78580				138
4 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9622 TOR	6100	450	120	250	14
2		6240	450	120	250	14
3		6500	450	120	250	14
4		6280	450	120	250	14
5		6380	450	120	250	14

4 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
6	B 9511 TOR	10980	500	180	250	23
7		11400	500	180	250	23
8		9880	500	180	230	21
9		11080	500	180	250	23
10	B 9337 POR	2960	300	175	100	5
TOTAL		46300				93
7 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9511 TOR	11280	500	180	250	23
2		11500	500	180	250	23
3		10720	500	180	250	23
4		11100	500	180	250	23
5	B 9622 TOR	6300	450	120	250	14
6		5800	450	120	250	14
7		5640	450	120	250	14
8		6860	450	120	250	14
9	B 9337 POR	3160	300	175	110	6
10		3420	300	175	110	6
TOTAL		75780				156
8 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9511 TOR	14540	500	180	250	23
2		13180	500	180	250	23
3		15000	500	180	250	23
4	B 9622 TOR	9400	450	120	250	14
5	B 9337 POR	3780	300	175	110	6
6		3800	300	175	110	6
7		4600	300	175	110	6
8		4440	300	175	110	6
9		4500	300	175	110	6
10		3720	300	175	110	6
TOTAL		76960				116
9 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9337 POR	4160	300	175	110	6
2		4160	300	175	110	6
3		4280	300	175	110	6
4		3460	300	175	110	6
5	B 9511 TOR	13000	500	180	250	23
6		11840	500	180	250	23
7		11800	500	180	250	23
8	B 9622 TOR	8620	450	120	250	14
9		9060	450	120	250	14
10		8920	450	120	250	14
TOTAL		79300				131

10 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9511 TOR	11900	500	180	250	23
2		9520	500	180	235	21
3		13160	500	180	250	23
4	B 9622 TOR	9840	450	120	250	14
5		11560	450	120	250	14
6		8140	450	120	230	12
TOTAL		64120				106
14 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9511 TOR	11340	500	180	250	23
2		11600	500	180	250	23
3		11560	500	180	250	23
4		11320	500	180	250	23
5		10820	500	180	250	23
6		11240	500	180	250	23
7		11700	500	180	250	23
8	B 9622 TOR	7560	450	120	250	14
9		7460	450	120	250	14
10		7160	450	120	250	14
11		6660	450	120	250	14
TOTAL		108420				212
15 maret 2022						
No	Plat kendaraan	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)
1	B 9511 TOR	12840	500	180	250	23
2		13340	500	180	250	23
3		11240	500	180	250	23
4		11820	500	180	250	23
5		12000	500	180	250	23
6	B 9622 TOR	7560	450	120	250	14
7		7100	450	120	250	14
8		7480	450	120	250	14
9	B 9337 POR	3600	300	175	110	6
10		3520	300	175	110	6
TOTAL		90500				165

Tabel L.A.2 Perhitungan Komposisi Material Gali

No.	Komposisi	Sampling 1	Sampling 2	Sampling 3	Sampling 4	Sampling 5	Sampling 6	Sampling 7	Sampling 8	Rata-rata (kg)	%
		02/03/2022	04/03/2022	07/03/2022	08/03/2022	09/03/2022	10/03/2022	14/03/2022	15/03/2022		
Berat (kg)											
1	Plastik	33,35	33,15	34,6	32,47	34,54	35,2	35,2	35,52	34,25	33,89
2	Hasil ayakan 10-30 mm	20,8	19,53	20,85	21,7	20,75	19,43	20,3	19,33	20,34	20,12
3	Hasil ayakan <10 mm	14,3	11,3	15,2	14,23	14,65	14,3	14,03	14,58	14,07	13,93
4	Kayu	14	16,4	13,8	10,5	14,8	13,95	13,86	13,4	13,84	13,69
5	Lain-lain	6,2	5,22	5,55	5,8	6,4	6,7	6,94	6,3	6,14	6,07
6	Sisa kebun	2,5	1,7	3,45	2,8	2,35	2,25	2,45	2,65	2,52	2,49
7	Kain	2,9	2,47	2,05	3,1	2,7	2,6	2,8	2,7	2,67	2,64
8	Karet/kulit	2	4,75	2,65	1,15	1,05	2,2	1,9	2,15	2,23	2,21
9	Diapers	1,5	2	1,8	2,95	1,96	2,2	2,3	2,5	2,15	2,13
10	Kaca	1,45	1,15	2,2	0,95	0,85	1,4	1,2	0,5	1,21	1,20
11	Styrofom	1,5	1,2	1,05	0,85	0,45	0,5	0,5	0,6	0,83	0,82
12	Logam	0,54	0,55	0,4	0,6	0,7	0,35	0,43	0,25	0,48	0,47
13	B3	0,1	0,1	0,23	0,2	0,125	0,32	0,33	0,43	0,23	0,23
14	Sisa makanan	0,04	0,08	0,07	0,1	0,075	0,1	0,09	0,12	0,08	0,08
15	Kertas	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,03	0,02
TOTAL		101,18	99,6	103,9	97,6	101,4	101,5	102,33	101,03	101,1	100

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Vania Maheswari Putri. Penulis lahir di Kota Jakarta pada tanggal 14 Februari 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Harapan Indonesia (2006-2012), SMPN 4 Bekasi (2012-2015), dan SMAN 8 Bekasi (2015-2018). Setelah menyelesaikan studi dibangku SMA, penulis melanjutkan studi S1 di Departemen Teknik Lingkungan dengan nomor registrasi pokok 03211840000081. Selama kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan dan organisasi di kampus seperti Kelompok Pecinta Lingkungan (KPPL) HMTL ITS. Pada tahun 2019 penulis diterima menjadi anggota biro aksi di KPPL. Lalu ditahun 2020 penulis menjadi bendahara di KPPL. Selain itu, penulis juga mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti ITS EXPO 2020, Petrolida 2020, dan Hari Air Sedunia. Penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. Kilang Pertamina *International* Unit Cilacap dengan topik “Studi Pengolahan Limbah B3 PT Kilang *International* Unit Cilacap”. Penulis terbuka untuk diskusi, kritik serta saran dengan menghubungi melalui email vaniamhs.p@gmail.com.



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Vania Maheswari Putri
NRP : 032118400000081
Judul : *Kajian Pengolahan Sampah Hasil Landfill Mining di TPST Bantargebang*

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	6 November 2021	Diskusi judul tugas akhir	
2	20 November 2021	Asistensi proposal tugas akhir. Menyusun bab 1 dan abstrak	
3	31 Desember 2021	Asistensi proposal tugas akhir. Menambahkan RAB dan jadwal	
4	10 Januari 2022	Asistensi proposal tugas akhir. Melengkapi data	

5	19 Januari 2022	Asistensi PPT seminar proposal	
6	15 Februari 2022	Asistensi revisi seminar proposal	
7	24 Maret 2022	Asistensi laporan dan pengolahan data	
8	01 April 2022	Asistensi laporan dan pengolahan data	
9	11 April 2022	Asistensi laporan dan pengolahan data	
10	18 April 2022	Asistensi laporan dan pengolahan data	
11	25 April 2022	Asistensi laporan dan pengolahan data	
12	10 Mei 2022	Asistensi laporan dan pengolahan data	
13	13 Mei 2022	Asistensi PPT seminar kemajuan	

14	07 Juni 2022	Asistensi laporan TA hasil revisi seminar kemajuan	
15	21 Juni 2022	Asistensi laporan TA	

Surabaya, 26 Juli 2021

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc.