

**OPTIMASI PENGOLAHAN SAMPAH TPST BHAKTI BUMI II
KECAMATAN SIDOARJO, KABUPATEN SIDOARJO**

SKRIPSI

PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



FEBRINA AMBAR ROHMAWATI

NIM. 135060601111049

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
OPTIMASI PENGOLAHAN SAMPAH TPST BHAKTI BUMI II
KECAMATAN SIDOARJO, KABUPATEN SIDOARJO

SKRIPSI
PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



FEBRINA AMBAR ROHMAWATI
NIM. 135060601111049

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada Tanggal 11 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr.Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng.
NIP. 19720501 199903 2 002

Wawargita Permata Wijayanti ST., MT.
NIK. 201309 891212 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota

Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP.
NIP. 19651218 199412 1 001

"It might take a year, it might take a day – but whatever Allaah has willed will always find its way".

This is For My Parents.

IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI:

Optimasi Pengolahan Sampah TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo

Nama Mahasiswa : Febrina Ambar Rohmawati
 NIM : 135060601111049
 Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Dr.Tech. Christia Meidiana,ST.,M.Eng.
 Anggota : Wawargita Permata Wijayanti ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji 1 : Dr. Septiana Hariyani, ST.,MT.
 Tanggal Ujian : 5 November 2018
 SK Penguji : 2501/UN10.F07/KP/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi/Tugas Akhir ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi/ Tugas Akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi/ Tugas Akhir dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Desember 2018

Mahasiswa,



Febrina Ambar Rohmawati

NIM. 135060601111049

Tembusan:

1. Kepala Laboratorium Skripsi/ Tugas Akhir Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota
2. Dua (2) Dosen Pembimbing Skripsi/ Tugas Akhir yang bersangkutan
3. Dosen Pembimbing Akademik yang bersangkutan



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 83/UN10.F07.16.11/PP.09.01/2018
Sertifikat ini diberikan kepada :

Febrina Ambar Rahmawati

Dengan Judul Skripsi :

OPTIMASI PENGOLAHAN SAMPAH TPST
BHAKTI BUMI II KECAMATAN SIDOARJO, KABUPATEN SIDOARJO

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal

Ketua Jurusan Perencanaan Wilayah & Kota



Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MT
NIP. 19651218 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Perencanaan Wilayah & Kota

Dr. Ir. Agus Dwi Wicaksono, Lic. Rer. Reg
NIP. 19600812 198701 1 001

RINGKASAN

FEBRINA AMBAR ROHMAWATI, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Optimasi Pengolahan Sampah TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo*, Dosen Pembimbing: Dr.Tech. Christia Meidiana,ST.,M.Eng. dan Wawargita Permata Wijayanti, ST.,MT.

TPST Bhakti Bumi II merupakan salah satu TPST di Kabupaten Sidoarjo yang telah menerapkan konsep 3R, sesuai dengan program kebijakan dari Pemerintah Kabupaten untuk mengurangi volume sampah yang masuk ke TPA. Pemerintah Kabupaten Sidoarjo menetapkan target pengurangan volume sampah melalui proses pengolahan 3R sebesar 14% setiap tahun sesuai dengan program Masterplan Pengelolaan Sampah Kabupaten Sidoarjo 2013-2033. Pada kondisi eksisting pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II belum dilakukan secara maksimal, sehingga diperlukan model pengolahan sampah yang terbaik sesuai dengan pengolahan eksisting di TPST Bhakti Bumi II yaitu briket, insenerator, dan recycle sampah anorganik untuk dilakukan kajian potensi volume sampah yang dapat diolah. Berdasarkan hasil model terbaik pengolahan sampah menunjukkan bahwa pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II dapat mengurangi sampah sebesar $163,81 \text{ m}^3$, dengan target pengurangan volume sampah Kabupaten Sidoarjo 14% sebesar $617,9 \text{ m}^3$. Potensi volume sampah yang diolah menggunakan tipe pengolahan briket sebesar $99,14 \text{ m}^3$. Tipe pengolahan insenerator $58,84 \text{ m}^3$, dan tipe daur ulang sebesar $27,84 \text{ m}^3$. Untuk memenuhi target 14% dan penerapakan pengelolaan sampah berkelanjutan melalui aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan yang merupakan program Pemerintah Kabupaten Sidoarjo berdasarkan hasil nilai volume optimal yang dihasilkan dari model dengan metode *mixture design* dengan hasil overlay dari aspek teknis dilihat dari kebutuhan lahan, aspek ekonomi menggunakan analisis *benefit cost ratio* (BCR), dan aspek lingkungan menggunakan analisis emisi udara CO_2 .

Kata Kunci : TPST, Briket, Insenerator, Daur Ulang, *Mixture Design*

SUMMARY

FEBRINA AMBAR ROHMAWATI, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2018, Waste Management Optimization of TPST Bhakti Bumi II, Sidoarjo Sub-District Sidoarjo City. Academic supervisor: Dr.Tech. Christia Meidiana,ST.,M.Eng. and Wawargita Permata Wijayanti, ST.,MT.

Bhakti Bumi II TPST is one of the TPST in Sidoarjo City which has implemented the 3R concept, in accordance with the policy program of the District Government to reduce the volume of waste to the landfill. Sidoarjo Government set a target of reducing the volume of waste through a 3R processing of 14% every year according to the 2013-2033 from Waste Management Masterplan program. In the existing condition, the waste processing in Bhakti Bumi II TPST has not been done optimally, so that the best waste processing model is needed in accordance with the existing processing in Bhakti Bumi II TPST, such as briquettes, incinerators, and recycle waste to study the potential volume of processed waste. Based on the results of the best model of waste processing shows that the processing of waste in the Bhakti Bumi II TPST can reduce waste by 163.81 m^3 , with the target of reducing the volume of waste in Sidoarjo 14% by 617.9 m^3 . The potential volume of waste processed using a type of briquette processing is 99.14 m^3 . Incinerator processing type is 58.84 m^3 , and recycling type is 27.84 m^3 . To meet the target of 14% and implement sustainable waste management through technical, economic and environmental aspects which are the programs of the Sidoarjo Government based on the results of optimal volume values generated from the model with the mixture design method with overlay results from the technical aspects seen from land requirements, economic aspects using benefit cost ratio (BCR) analysis, and environmental aspects using CO_2 air emission analysis.

Keywords: *Integrated Waste Disposal Place, Briquette, Incinerator, Recycle, Mixture Design*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahwata'ala atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Pengolahan Sampah TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo” yang disusun sebagai salah satu syarat wajib kelulusan studi strata-1 Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak akan tersusun tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Rasa hormat dan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Orangtua tersayang dan teristimewa, yang selalu memberikan motivasi, doa dan semangat dalam menempuh dalam menyelesaikan masa studi hingga tugas akhir dapat terselesaikan.
2. Kakak dan adik yang telah memberikan dukungan selama menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Dr.Tech. Christia Meidiana,ST.,M.Eng. dan Ibu Wawargita Permata Wijayanti, ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Septiana Hariyani,ST., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
5. Agung Prakoso yang telah memberikan dukungan selama menyelesaikan tugas akhir.
6. Para Dosen serta Staf Karyawan Pengajar Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, atas segala ilmu dan pengalaman yang diberikan selama proses perkuliahan.
7. Teman-teman PWK FT-UB 2013 yang telah menemani selama proses perkuliahan sampai saat ini.

Tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis berharap masukan dan saran dari berbagai pihak agar terciptanya penelitian yang lebih baik dimasa mendatang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

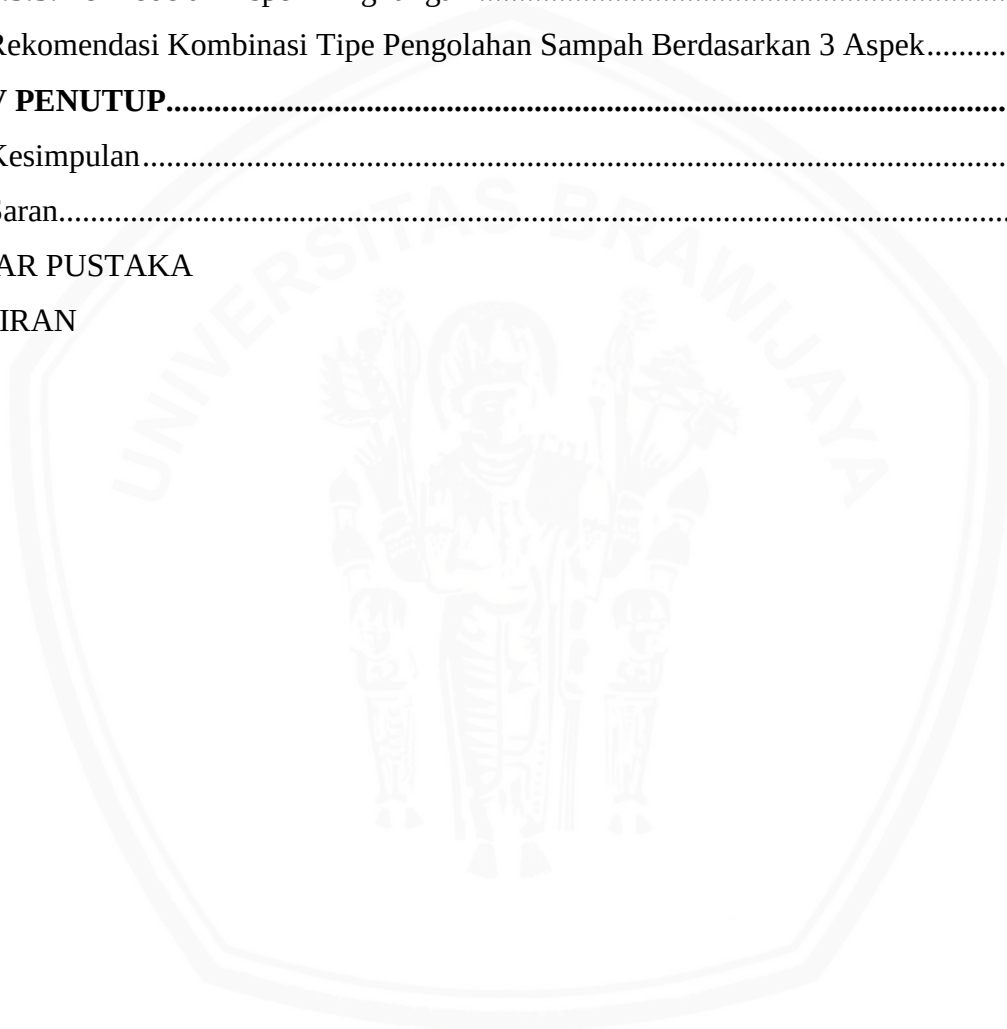
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah	5
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Ruang Lingkup	5
1.5.1. Ruang Lingkup Wilayah	5
1.5.2. Ruang Lingkup Materi	6
1.6. Manfaat	8
1.6.1. Bagi peneliti	8
1.6.2. Bagi akademis dan praktisi	8
1.6.3. Bagi masyarakat	8
1.6.4. Bagi dinas/instansi terkait	8
1.7. Kerangka Pemikiran	9
1.8. Sistematika Pembahasan.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Tinjauan Teori Sampah	11
2.1.1. Pengertian Sampah	12
2.1.2. Penggolongan Sampah	12
2.1.3. Komposisi Sampah.....	14
2.1.4. Timbunan dan Timbulan Sampah	16
2.1.5. Pengelolaan Sampah.....	17
2.1.6. Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan.....	18
2.1.7. Pengelolaan Sampah di TPS/TPST	23
2.2. Definisi Pengolahan Sampah.....	23
2.2.1. Teknik Pengolahan Sampah	24
2.2.2. Skala Pengolahan Sampah.....	25
2.2.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Tipe Pengolahan	27

2.3. Tinjauan Analisis.....	35
2.3.1. Analisis Volume Sampah	35
2.3.2. Analisis Mass Balance.....	36
2.3.3. Analisis Kebutuhan Kapasitas Pengolahan Sampah TPST	37
2.3.4. Analisis Emisi CO2	38
2.3.5. Mixture Design.....	39
2.4. Optimasi Pengolahan Sampah.....	44
2.5. Tinjauan Kebijakan	45
2.5. Studi Terdahulu	48
BAB III METODE PENELITIAN.....	53
3.1. Definisi Operasional.....	53
3.2. Asumsi.....	55
3.3. Jenis Penelitian	55
3.4. Variabel Penelitian	55
3.5. Metode Pengumpulan Data	56
3.5.1 Teknik Probability Sampling.....	57
3.5.2 Survei Primer.....	58
3.5.3 Survei Sekunder.....	59
3.6. Metode Analisis.....	60
3.6.1. Analisis Timbulan dan Berat Sampah menurut Jenis.....	60
3.6.2. Perhitungan Aspek Teknis Kebutuhan Lahan TPST.....	63
3.6.3. Perhitungan Nilai Kelayakan Ekonomi Benefit Cost Ratio (BCR).....	64
3.6.4. Perhitungan Emisi Lingkungan	65
3.6.5. Mixture Design.....	67
3.7. Kerangka Analisis	75
3.8. Desain Survei.....	76
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	79
4.1. Karakteristik Sampah Kabupaten Sidoarjo	79
4.2. Karakteristik Kecamatan Sidoarjo.....	80
4.3. Karakteristik TPST Bhakti Bumi II.....	84
4.3.1. Pewadahan.....	87
4.3.2. Pengumpulan	88
4.3.3. Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II.....	95
4.3.4. Volume dan Komposisi Sampah di TPST Bhakti Bumi II	102

4.3.5. Komposisi Sampah TPST Bhakti Bumi II	103
4.4. Analisis Potensi Reduksi Sampah di TPST Bhakti Bumi II.....	106
4.4.1. Potensi Reduksi Sampah Organik	107
4.4.2. Potensi Reduksi Sampah Anorganik	108
4.5. Analisis Mixture Design TPST Bhakti Bumi II	112
4.5.1. Permodelan Aspek Teknis.....	115
4.5.2. Permodelan Aspek Ekonomi	127
4.5.3. Permodelan Aspek Lingkungan	136
4.6. Rekomendasi Kombinasi Tipe Pengolahan Sampah Berdasarkan 3 Aspek.....	145
BAB V PENUTUP.....	151
5.1 Kesimpulan.....	151
5.2 Saran.....	152

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Sampah Menurut Sumber Sampah	15
Tabel 2.2 Berat Jenis Komponen Sampah	17
Tabel 2.3 Perhitungan Mass Balance Analysis.....	36
Tabel 2.4 Dimensi Bak Penampungan Sampah Reuse	37
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	47
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	56
Tabel 3.2 Data Survei Primer melalui Metode Wawancara	58
Tabel 3.3 Data dari Studi Literatur	59
Tabel 3.4 Data Sekunder dari Instansi Terkait di Kabupaten Sidoarjo.....	60
Tabel 3.5 Satuan Berat Jenis Sampah	62
Tabel 3.6 Perhitungan Mass Balance Analysis.....	62
Tabel 3.7 Nilai Recovery Factor TPST Bhakti Bumi II	62
Tabel 3.8 Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi Ideal	68
Tabel 3.9 Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi Ideal	68
Tabel 3.10 Desain Survei.....	76
Tabel 4.1 Volume Sampah Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Sumber Sampah	79
Tabel 4.2 Komposisi Sampah Kabupaten Sidoarjo	79
Tabel 4.3 Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin Kecamatan Sidoarjo 2016.....	80
Tabel 4.4 Jumlah Unit Sarana dan Prasarana di TPST Bhakti Bumi II.....	84
Tabel 4.5 Jumlah Moda Pengangkut dan Daerah yang Dilayani.....	89
Tabel 4.6 Jumlah KK dan Volume Sampah yang dihasilkan pada Wilayah Pelayanan Berdasarkan Jenis Permukiman	102
Tabel 4.7 Volume sampah alat angkut gerobak.....	103
Tabel 4.8 Berat Sampah Berdasarkan Komposisi di TPST Bhakti Bumi II.....	106
Tabel 4.9 Potensi Sampah Organik di TPST Bhakti Bumi II.....	107
Tabel 4.10 Potensi Reduksi Sampah Organik yang Diolah menjadi Briket.....	108
Tabel 4.11 Potensi Reduksi Sampah Anorganik di TPST Bhakti Bumi II.....	108
Tabel 4.12 Potensi Reduksi Sampah yang dapat Diolah di TPST Bhakti Bumi II.....	109
Tabel 4.13 Kebutuhan Sampah Campuran Berdasarkan Tipe Pengolahan	110
Tabel 4.14 Volume Sampah yang dapat Diolah dan Target Pengurangan Sampah TPST Bhakti Bumi II.....	113
Tabel 4.15 Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi	113
Tabel 4.16 Tabel Sampel Permodelan Kombinasi Mixture Design	113

Tabel 4.17 Kebutuhan Sampah Campuran Berdasarkan Tipe Pengolahan	114
Tabel 4.18 Kebutuhan Sampah Campuran ke TPST Bhkati Bumi II pada 14 sampel	115
Tabel 4.19 Perhitungan Kebutuhan Lahan.....	119
Tabel 4.20 Summary Statistic of Model	122
Tabel 4.21 Tabel Hasil ANNOVA Quadratic.....	122
Tabel 4.22 Tabel Hasil ANNOVA Special Quartic.....	123
Tabel 4.23 Model Summary	123
Tabel 4.24 Nilai Benefit Pengolahan Sampah Berdasarkan 14 Sampel Kombinasi.....	129
Tabel 4.25 Biaya Operasional 3 Tipe Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II	130
Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Benefit Cost Ratio.....	131
Tabel 4.27 Summary Statistic of Model	133
Tabel 4.28 Hasil Model ANNOVA Aspek Ekonomi	133
Tabel 4.29 Perhitungan Nilai Emisi Gas CO ₂ pada Proses Insenerator TPST Bhakti Bumi II	138
Tabel 4.30 Summary Statistic of Model	141
Tabel 4.31 Hasil Model ANNOVA Aspek Emisi Model Linier	141
Tabel 4.32 Model Summary	142
Tabel 4.33 Aternatif Kombinasi Tipe Pengolahan Optimal	147
Tabel 4.34 Kombinasi Pengolahan Terbaik dalam Satuan Persentase	148
Tabel 4.35 Perbandingan Volume Sampah yang dapat diolah Eksisting dengan Model ...	149
Tabel 5.1 Kombinasi Optimal Berdasarkan Analisis Mixture Design pada TPST Bhakti Bumi II.....	152

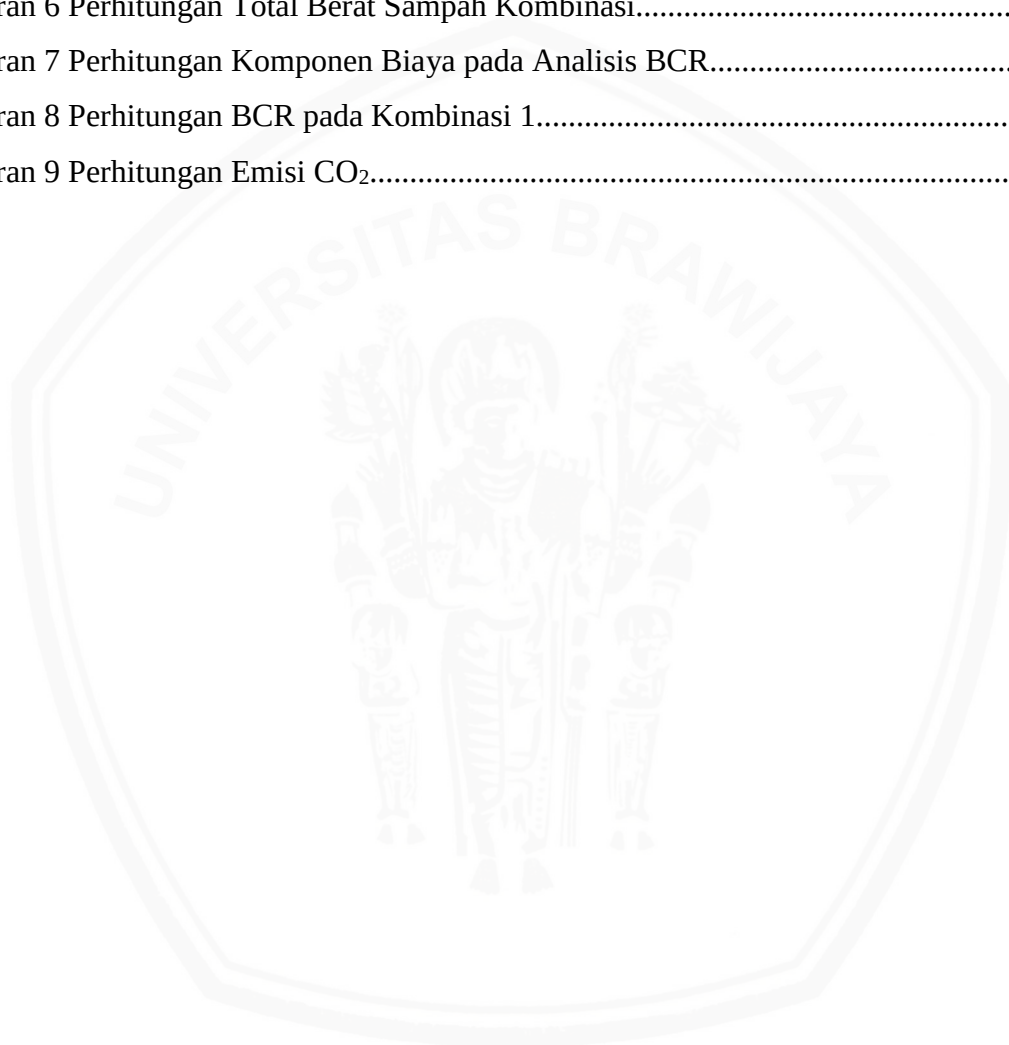
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Wilayah yang Dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II.....	6
Gambar 1.2 Kerangka Pemikiran Penelitian di TPST Bhakti Bumi II	9
Gambar 2.1 Konsep Skala Pengolahan Sampah 3R	26
Gambar 2.2 Hirarki Manajemen Pengolahan Sampah.....	28
Gambar 2.3 Kerangka Pengelolaan Sampah yang Berkelanjutan dan Terintegrasi.....	29
Gambar 2.4 Life Cycle Analysis.....	32
Gambar 2.5 Contour Plot Mixture Design dengan 2 Komponen.....	40
Gambar 2.6 Contour Plot Mixture Design dengan 3 Komponen.....	41
Gambar 2.7 Contour Plot 3 Komponen	41
Gambar 2.8 Pengelolaan Sampah di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013	45
Gambar 2.9 Pengelolaan Sampah di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2017	46
Gambar 2.9 Kerangka Teori	51
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Metode <i>Mixture Design</i>	74
Gambar 4.1. Peta Administrasi Kecamatan Sidoarjo	82
Gambar 4.2 Peta Desa Yang Dilayani Oleh TPST Bhakti Bumi II	83
Gambar 4.3 Foto Mapping TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo.....	85
Gambar 4.4 Peta Wilayah yang Dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II	86
Gambar 4.5 Bangunan pada titik 2 TPST Bhakti Bumi II.....	87
Gambar 4.6 Tempat Sampah Bangunan Semen di Perumahan Kahuripan, Desa Cemengkalang.....	88
Gambar 4.7 Tempat Sampah Keranjang Karet di Desa Banjarbendo	88
Gambar 4.8 Peta Rute Pengangkutan Sampah Perumahan Kahuripan Nirwana	90
Gambar 4.9 Peta Rute Pengangkutan Sampah Sapuan Jalan dilayani TPST Bhakti Bumi II	92
Gambar 4.10 Fotomapping Bangunan 1 TPST Bhakti Bumi II.....	93
Gambar 4.11 Fotomapping Bangunan 2 TPST Bhakti Bumi II.....	94
Gambar 4.12 Antrian Gerobok untuk Proses Pemilihan Sampah di TPST Bhakti Bumi II	95
Gambar 4.13. Proses Pemilahan Sampah Menurut Jenisnya	95
Gambar 4.14 Fasilitas dalam Proses Pengolahan Sampah Organik menjadi Briket.....	97
Gambar 4.15 Proses Pemindahan Sampah Reuse untuk di Jual	97
Gambar 4.16 Peta Rute Pengangkutan Sampah Organik TPST ke TPA Jabon.....	98
Gambar 4.17. Proses pemindahan sampah organik untuk dibawa ke TPA	99
Gambar 4.18 Alat Insenerator TPST Bhakti Bumi II	99

Gambar 4.19 Tempat Penampungan Limbah Insenerator	99
Gambar 4.20 Hasil Olahan Insenerator.....	100
Gambar 4.21 Peta Volume Timbulan Sampah Wilayah Pelayanan TPST Bhakti Bumi II	102
Gambar 4.22 Gerobak Sampah sebagai alat pengumpulan	103
Gambar 4.23 Grafik Hasil Pengamatan Volume Sampah pada TPST Bhakti Bumi II (m ³ /hari)	104
.....	104
Gambar 4.24 Volume Sampah Berdasarkan Jenis Sampah di TPST Bhakti Bumi II	105
Gambar 4.25 Mass Balance di TPST Bhakti Bumi II.....	111
Gambar 4.26 Grafik Normal Probability Special Quartic	120
Gambar 4.27 Grafik Normal Probability Quadratic	121
Gambar 4.28 Countur Plot Kebutuhan Lahan Berdasarkan Tipe Pengolahan Model Qudratic	125
.....	125
Gambar 4.29 Countur Plot 3D Kebutuhan Lahan Tipe Pengolahan.....	126
Gambar 4.30 Grafik Normal Probability	132
Gambar 4.31 Countur Plot BCR Berdasarkan Tipe Pengolahan	135
Gambar 4.32 Countur Plot 3D BCR Tipe Pengolahan	135
Gambar 4.33 Grafik Normal Probability	140
Gambar 4.34 Countur Plot Emisi Berdasarkan Tipe Pengolahan Model Linier.....	143
Gambar 4.35 Countor Plot 3D Emisi Lingkungan Tipe Pengolahan.....	144
Gambar 4.36 Overlay Contour Plot Tipe Pengolahan Berdasarkan Aspek Pengolahan	146
Gambar 4.37 Titik Kombinasi Optimal Tipe Pengolahan Berdasarkan Ketiga Aspek di TPST Bhakti Bumi II	147

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner Wawancara.....	155
Lampiran 2 Volume Gerobak Sampah di TPST Bhkati Bumi II.....	156
Lampiran 3 Perhitungan Volume Sampah.....	163
Lampiran 4 Perhitungan Jumlah Sampah Input Kombinasi.....	166
Lampiran 5 Perhitungan Berat Produk Kombinasi Tipe Insenerator.....	167
Lampiran 5 Perhitungan Berat Produk Kombinasi Tipe Reuse.....	168
Lampiran 6 Perhitungan Total Berat Sampah Kombinasi.....	169
Lampiran 7 Perhitungan Komponen Biaya pada Analisis BCR.....	170
Lampiran 8 Perhitungan BCR pada Kombinasi 1.....	171
Lampiran 9 Perhitungan Emisi CO ₂	172



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelolaan sampah adalah semua kegiatan yang dilakukan untuk menangani sampah mulai dari timbulan sampah sampai pada pembuangan sampah, kegiatan pengelolaan sampah meliputi pengendalian timbulan sampah, pengumpulan sampah, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir (Suryani, 2014). Menurut Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo sumber sampah di Kabupaten Sidoarjo terbesar berasal dari sampah permukiman sebesar 68% kemudian sampah industri 12,5%, sampah fasilitas umum 7,2%, sampah pasar sebesar 7%, sampah saluran 3,1%, sampah pertokoan hotel dan rumah makan sebesar 2% dan terendah prosentasenya berasal dari sampah sapuan jalan yaitu sebesar 0,2%. Sumber sampah terbesar di Kabupaten Sidoarjo sampah yang berasal sampah permukiman. Jumlah volume sampah di Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2015 sebesar 4.000 m³ setiap harinya.

Kabupaten Sidoarjo memiliki jumlah penduduk 2.117.279 jiwa pada tahun 2015, jumlah penduduk ini berdasarkan data kependudukan dari Badan Pusat Statistika Kota Sidoarjo. Peningkatan jumlah penduduk berpengaruh terhadap jumlah produksi sampah karena besarnya tingkat konsumsi terhadap barang atau material yang digunakan sehari-hari. Volume sampah tidak sebanding dengan kapasitas TPA di Jabon yang hanya dapat menangani 800 m³ per hari menurut Dinas Kabersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo, 2017. Pengelolaan sampah di Kabupaten Sidoarjo memiliki konsep *zero waste* yang merupakan program dari Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033, akan tetapi sistem pengelolaan persampahan di Kabupaten Sidoarjo masih belum baik karena masih belum bisa melakukan pengendalian timbulan sampah yang dihasilkan pada Tahun 2015 sebesar 4.000 m³ tidak sebanding dengan kapasitas penampungan sampah.

Volume sampah yang tidak sebanding dengan kapasitas TPA di Jabon akan menimbulkan permasalahan. Salah satu penyebab ketidakmampuan TPA dikarenakan tidak terdapatnya sistem pengolahan dalam sistem pengelolaan sampah oleh Dinas Kebersihan di Kabupaten Sidoarjo. TPA seharusnya dipilah dan diolah terlebih dahulu ke tempat pendauran ulang, pengolahan, dan/atau tempat pengolahan sampah terpadu (TPST)

(PP Nomor 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga). Paradigma sistem pengelolaan sampah “kumpul-angkut-buang” yang memiliki arti, yaitu sampah yang dihasilkan oleh masyarakat dikumpulkan di Tempat Penampungan Sementara (TPS) dan kemudian diangkut ke TPA Jabon. Sampah yang diangkut langsung tanpa proses pengolahan dapat memberi beban berat ke TPA. Pencapaian sistem pengelolaan sampah yang optimal dengan adanya perubahan paradigma baru yaitu pengurangan dan penanganan sampah dari sumber sampah (Wahyuni, 2014). Oleh karena itu Pemerintah Kabupaten Sidoarjo saat ini telah menerapkan program pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST).

TPST dibangun dengan tujuan mengurangi sampah rumah tangga yang dihasilkan dengan proses pengelolaan (Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo 2013-2033). Pengelolaan sampah sendiri tidak hanya dimusnakan saja di TPS tetapi dilakukan pengambilan pemanfaatan yang dapat memperlambat eksploitasi sumber daya alam serta sampah memiliki nilai jual misalnya briket, kompos, plastik, dan kertas (Sunarto dan Setyono, 2014). Kabupaten Sidoarjo telah dibangun 7 TPST yaitu TPST Janti Berseri, Ngindas, Kebon Sikep, Siwalan Panji, Ngaban, Prasung, dan Bhakti Bumi II. Tiga dari TPST yang dibangun yaitu TPST Ngindas, Ngaban dan Prasung tidak beroperasi lagi. Pada TPST Siwalan Panji, pengolahannya hanya pada proses pemilahan. TPST Kebon Sikep terkendala proses pengomposan. TPST Janti Berseri masih beroperasi, namun proses pengolahannya belum optimal. TPST di Kabupaten Sidoarjo yang telah menerapkan konsep 3R pada proses pengolahan sampah saat ini hanya di TPST Bhakti Bumi II. TPST Bhakti Bumi II juga digunakan sebagai TPST percontohan di Kabupaten Sidoarjo untuk mendukung program pemerintah yaitu zero waste, karena program ini harus melakukan pendaaur ulangan dan mengambil nilai manfaat sampah dengan konsep 3R.

Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat di Kecamatan Sidoarjo dipilah di TPST Bhakti Bumi II. Sampah yang sudah dipilah menjadi sampah organik dan anorganik, proses selanjutnya yaitu sampah anorganik berupa sampah plastik, kertas, kaleng, logam, dan kaca yang dihasilkan di TPST Bhakti Bumi II dijual ke industri plastik di wilayah Mojokerto, dan sampah organik yaitu sampah yang berasal dari sampah makanan, daun, ranting dan kayu sebesar 45% diolah menjadi briket. Proses pengolahan lainnya yaitu proses insenerator pada sampah kertas, plastik, pempers, dan kain yang diolah menjadi paving block (Hasil Survei Pendahuluan, 2017). Sampah apabila dapat dikelola secara komprehensif dan terpadu akan memberikan rasa nyaman kepada masyarakat karena kota atau wilayahnya menjadi bersih

dan dapat memberikan manfaat dalam segi ekonomi karena sampah memiliki nilai ekonomi yang tinggi (UU Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah). Sampah organik yang dihasilkan di TPST Bhakti Bumi II sebesar 55% tidak dilakukan pengolahan, tetapi diangkut ke TPA, sehingga tidak mengurangi sampah yang masuk ke TPA, selain itu TPST Bhakti Bumi II belum berjalan sesuai fungsinya. Pengurangan sampah pada TPST Bhakti Bumi II memiliki target sebesar 14,19% sesuai dengan Masterplan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033. Jika target pengurangan sampah tidak tercapai maka diperlukan adanya pengoptimalan pada metode pengolahan yang terdiri dari *reuse*, *recycle*, dan *reduce* (3R) yang membutuhkan input volume yang berbeda, karena konsep 3R merupakan salah satu cara untuk mendukung program *zero waste* dari Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. Reuse merupakan teknik pemilahan sampah anorganik yang memiliki nilai jual. Pengolahan sampah organik yang diolah menjadi briket disebut metode *recycle*, sedangkan untuk metode *reduce* belum terlaksana dikarenakan kesadaran masyarakat yang masih kurang. Teknologi pengolahan sampah dengan ketiga metode pengolahan berdasarkan dari ketersediaan alat yang ada di TPST Bhakti Bumi II.

Adanya isu pencemaran lingkungan dan *recovery energy* pada pengolahan sampah telah mengubah orientasi perencanaan pengolahan sampah menjadi orientasi efisiensi biaya manajemen dan minimalisasi pencemaran lingkungan (Abou Najm, 2002). Najm (2002) menjelaskan bahwa diperlukan pengolahan sampah dengan membuat desain perencanaan pengolahan sampah yang berbasis pada optimalisasi biaya pengolahan dan emisi pengolahan. Optimasi ini dapat dilakukan dengan mengkombinasikan variasi tipe pengolahan sampah dengan menggunakan metode Design of Experiment melalui software Mixture Design.

Penggunaan kombinasi tersebut dapat memberikan peluang terhadap efisiensi biaya dan penurunan resiko pencemaran pengolahan sampah. Hal tersebut dapat diterapkan juga pada TPST Bhakti Bumi II dengan pemilihan tipe pengolahan sampah yang tepat dilakukan di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan pertimbangan aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek pembiayaan. Ketiga aspek tersebut perlu ditimbang dan dihitung agar pengelolaan sampah dengan konsep *zero waste* yang mampu berjalan dan sistem pengelolaan sampah berkelanjutan (Wilson et al, 2014). Aspek teknis dalam pengolahan sampah terdiri dari kebutuhan lahan (Wilson et al, 2014). Aspek lingkungan dinilai dari pencemaran udara saat proses pengolahan sampah (Mc.Dougall et al, 2001). Sedangkan aspek pembiayaan terdiri dari biaya operasional dan pendapatan (Safitri, 2012). Oleh karena itu ketiga aspek ini menjadi variabel penelitian dalam menentukan model tipe pengolahan sampah optimal yang

dapat diterapkan di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo untuk mendukung program *zero waste* dari Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. Penentuan tipe pengolahan terbaik dari ketiga variabel dilakukan dengan metode Mixture Design. Metode ini dapat menjelaskan pengaruh peluang kombinasi terbaik dari tiga metode pengolahan sampah terhadap ketiga aspek, sehingga pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II sesuai dengan konsep manajemen pengelolaan sampah berkelanjutan.

1.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kabupaten Sidoarjo yaitu pengelolaan sampah yang berkelanjutan untuk mendukung konsep *zero waste* dengan konsep 3R yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II belum dilakukan perhitungan untuk volume sampah yang diolah di TPST telah sesuai dengan target yang diharapkan dari aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. Konsep ini dapat merupakan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi memerlukan kerjasama dari semua pihak dan aspek terdiri dari aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan (Wilson et al, 2013), sehingga diidentifikasi permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Sampah organik yang diolah menjadi briket di TPST Bhakti Bumi II hanya sebesar 45% dikarenakan kapasitas kebutuhan lahan yang tidak mencukupi, sedangkan sisa sampah organik yaitu 55% diangkut ke TPA (Hasil Survei Pendahuluan, 2017). Sampah organik memiliki manfaat dan dapat dengan mudah diaplikasikan menjadi bahan olahan, seperti kompos, pupuk cair yang memiliki kontribusi besar dalam dunia pertanian. Tidak hanya itu sampah organik juga dapat dimanfaatkan untuk biogas dan briket sebagai pengganti *supply* energi (Hartono, 2008).
2. Sampah yang dapat diolah di TPST Bhakti Bumi II saat ini sebesar 102,1 m³ atau hanya sebesar 2,30% pengurangan volume sampah, sedangkan target pengurangan sampah menurut Masterplan Pengelolaan Persampah Kabupaten Sidoarjo sebesar 14,19% dari total sampah yang dilakukan pengolahan 3R. (Hasil Survei Pendahuluan, 2017). Sedangkan pengolahan sampah pada TPST menurut teori yaitu pengurangan sampah dilakukan semaksimal mungkin dari sumbernya, yaitu pengurangan sampah yang dikenal dengan sistem *Reduce*, *Reuse* dan *Recycle* (3R) yang merupakan konsep dari program *zero waste* (Cole et al, 2014)
3. Sampah anorganik di TPST Bhakti Bumi II masih dilakukan pemusnahan sampah dengan cara dibakar sebesar 32,4 m³ atau 10,21%, karena kurangnya tempat pemadatan sampah dan tenaga kerja yang bertugas untuk memasukkan sampah ke tungku insenerator (Hasil Survei Pendahuluan, 2017). Sampah anorganik seperti

plastik dan kertas apabila dilakukan pembakaran tidak terkendali menghasilkan emisi. Emisi yang ditimbulkan dari asap pembakaran bahan plastik sangat berbahaya karena mengandung gas beracun seperti hidrogen sianida (HCN), karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO). Hal inilah yang menyebabkan sampah plastik sebagai salah satu penyebab pencemaran udara dan mengakibatkan efek jangka panjang berupa pemanasan secara global pada atmosfer bumi (Purwaningrum, 2016). Menurut Hasan, 2006 pembakaran kertas menimbulkan gas beracun seperti klorin yang berdampak pada penipisan lapisan ozon. Menurut teori pengolahan sampah memanfaatkan kemajuan teknologi yang ramah lingkungan (Mc.Dougall et al, 2001).

1.3. Rumusan Masalah

Penelitian dengan judul “Optimasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II”, rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Berapa besar potensi reduksi sampah di TPST Bhakti Bumi II ?
2. Bagaimana model pengolahan sampah optimal TPST Bhakti Bumi II berdasarkan aspek teknis, lingkungan dan ekonomi ?

1.4. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian yang berjudul “Optimasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II” adalah meningkatkan pengolahan sampah TPST Bhakti Bumi II Sidoarjo berdasarkan biaya dan manfaat dengan cara:

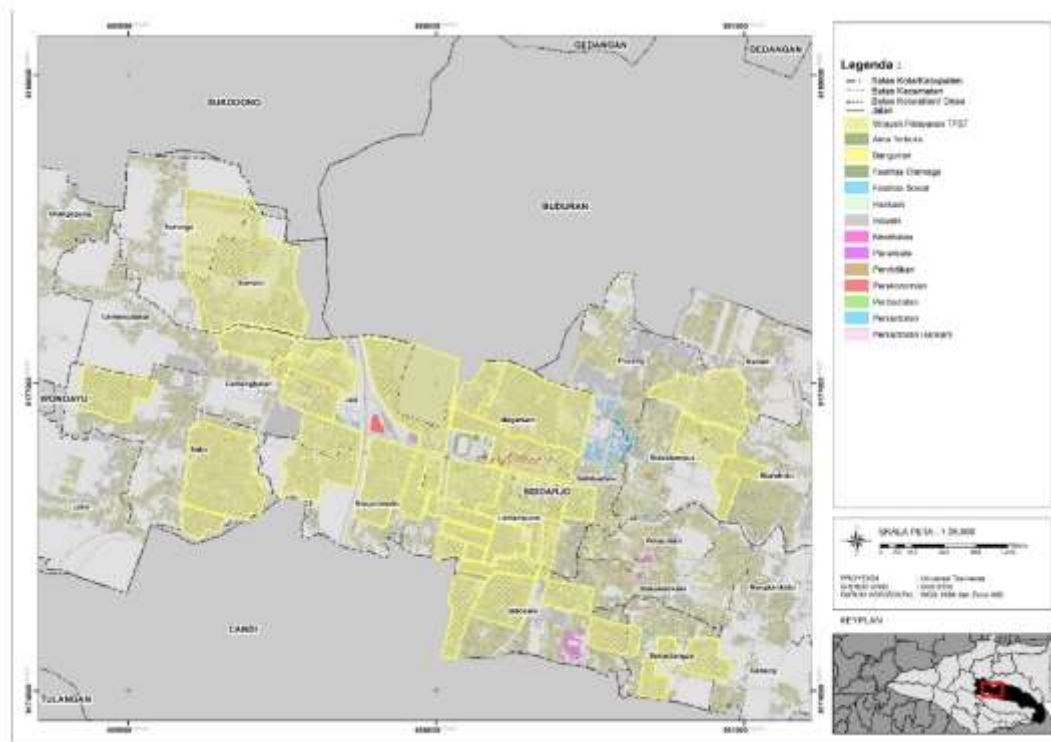
1. Menghitung besar potensi reduksi sampah di TPST Bhakti Bumi II
2. Menentukan model pengolahan optimal TPST Bhakti Bumi II berdasarkan aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi

1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian “Optimasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II” meliputi ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi

1.5.1. Ruang Lingkup Wilayah

Wilayah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah TPST Bhakti Bumi II berada di Kelurahan Banjarbendo, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo. TPST Bhakti Bumi II melayani 15 desa di Kecamatan Sidoarjo terdiri dari Desa Banjarbendo, Blurukidul, Jati, Kemiri, Lemahputro, Magersari, Sarirogo, Sumput, Sekardangan, Sidokare, Sidoklumpuk, Sidokumpul, Suko, Magersari, dan Cemengkalang seperti pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Peta Wilayah yang Dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II

1.5.2. Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan Pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II Sidoarjo untuk mengoptimalkan pengolahan sampah. Ruang lingkup materi yang menjadi batasan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Jenis sampah yang digunakan dalam penelitian berdasarkan dari pengamatan volume sampah di TPST Bhakti Bumi II pada tahun 2017. Sampah yang menjadi objek penelitian yaitu volume sampah yang terkumpul pada TPST Bhakti Bumi II yang melayani kawasan permukiman dan aktivitas penunjang lainnya seperti sampah sapuan jalan.
2. Peningkatan optimasi pengolahan sampah TPST Bhakti Bumi dimaksudkan dalam penelitian ini yaitu optimalisasi kinerja TPST berdasarkan konsep 3R untuk mengurangi volume sampah yang masuk di TPA (Masterplan Persampahan Kabupaten Sidoarjo 2013). Pengurangan volume sampah di TPST Bhakti Bumi agar dapat mencapai target pengolahan sampah dengan mengurangi 14% volume sampah yang masuk di TPST (Masterplan Persampahan Kabupaten Sidoarjo 2013).
3. Penggunaan tipe pengolahan pada penelitian ini dibatasi karena disesuaikan dengan teknologi dan kondisi luas lahan TPST Eksisting Bhakti Bumi II.
4. Komponen aspek lingkungan dinilai dari perhitungan emisi karbon dioksida CO₂ yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah yaitu proses insenerator.

5. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Analisis *mass balance*

Analisis *mass balance* dalam penelitian ini digunakan untuk menghitung potensi reduksi sampah yang dihasilkan di TPST Bhakti Bumi II. Metode pengukuran yang baik dalam menentukan timbulan sampah adalah dengan melakukan detail analisa keseimbangan metrial sampah pada setiap sumber yang menghasilkan sampah (Vigil et all, 1993).

b. Analisis Kebutuhan Lahan

Analisis ini digunakan untuk menghitung luas kebutuhan lahan yang diperlukan dalam setiap proses pengolahan, seperti luas untuk pengolahan recycle, insenerator, dan reuse di TPST Bhakti Bumi II. Kapasitas pengolahan sampah menurut Permen PU No 3 tahun 2013 dihitung berdasarkan kebutuhan lahan utuk keperluan kegiatan sorting dan kebituhan luas penimpunan setiap 1 m³ bahan terpilah dengan memperhitungkan maksimum waktu penyimpanan. Kapasitas pengolahan sampah TPST berdasarkan jenis sampah dan teknologi pengolahan sampah. Kapasitas dihitung berdasarkan parameter luas lahan, tenaga kerja, dan waktu operasional.

c. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Analisis BCR ini digunakan untuk menghitung nilai besar manfaat yang diperoleh dari proses pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II. *Benefit Cost Ratio (B/C)* menunjukkan angka perbandingan antara *benefit* dengan *cost* dan *investment*. Proyek bisa dilaksanakan apabila rasio antara manfaat terhadap biaya yang dibutuhkannya lebih besar dari 1. Perhitungan rasio antara manfaat dan biaya menurut Permen PU Tahun 2013

d. Analisis Emisi

Analisis emisi ini digunakan untuk menghitung besar emisi yang dihasilkan dari proses insenerator di TPST Bhakti Bumi II. Perhitungan emisi CO₂ dari pengolahan sampah menggunakan tipe insenerator berdasarkan IPCC Tahun 2006.

e. Metode *Mixture Design*

Metode mixture design merupakan salah satu alat untuk pengambilan keputusan dalam pengolahan sampah yang optimal dilakukan di TPST Bhakti Bumi II. Metode ini juga bertujuan untuk mengoptimalkan variabel yang memiliki target (Abou Najm, 2002). Target dari penelitian ini yaitu pengurangan volume sampah yang masuk ke TPA sebesar 14,19% sesuai dengan program Masteplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo tahun 2013-2033.

6. Optimasi untuk pengolahan sampah yang berkonsep 3R sesuai dengan program zero waste di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan aspek teknis, ekonomi dan lingkungan. Ketiga aspek ini digunakan di TPST Bhakti Bumi II karena berdasarkan data yang digunakan yaitu volume sampah, untuk aspek sosial, kelembagaan dan politik menurut Wilson et all 2013, tidak digunakan karena tidak dapat digunakan untuk metode mixture design. Metode mixture design ini hanya dapat digunakan dengan data dalam bentuk bilangan rasional

1.6. Manfaat

Peneliti menginginkan untuk mencapai manfaat dari penelitian “Optimasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II” adalah dapat memberikan manfaat bagi peneliti, akademis dan praktisi, masyarakat, serta dinas/instansi terkait di Kabupaten Sidoarjo.

1.6.1. Bagi peneliti

Manfaat bagi peneliti adalah peneliti mampu mengaplikasikan ilmu perkuliahan sarana dan prasarana perkotaan, salah satunya ilmu yang mengenai Pengelolaan sampah perkotaan dalam kehidupan sehari-hari.

1.6.2. Bagi akademis dan praktisi

Manfaat bagi akademis dan praktisi adalah menambah wawasan dan praktisi mengenai Pengelolaan sampah perkotaan dan potensi reduksi sampah yang telah dilakukan proses pengelolaan.

1.6.3. Bagi masyarakat

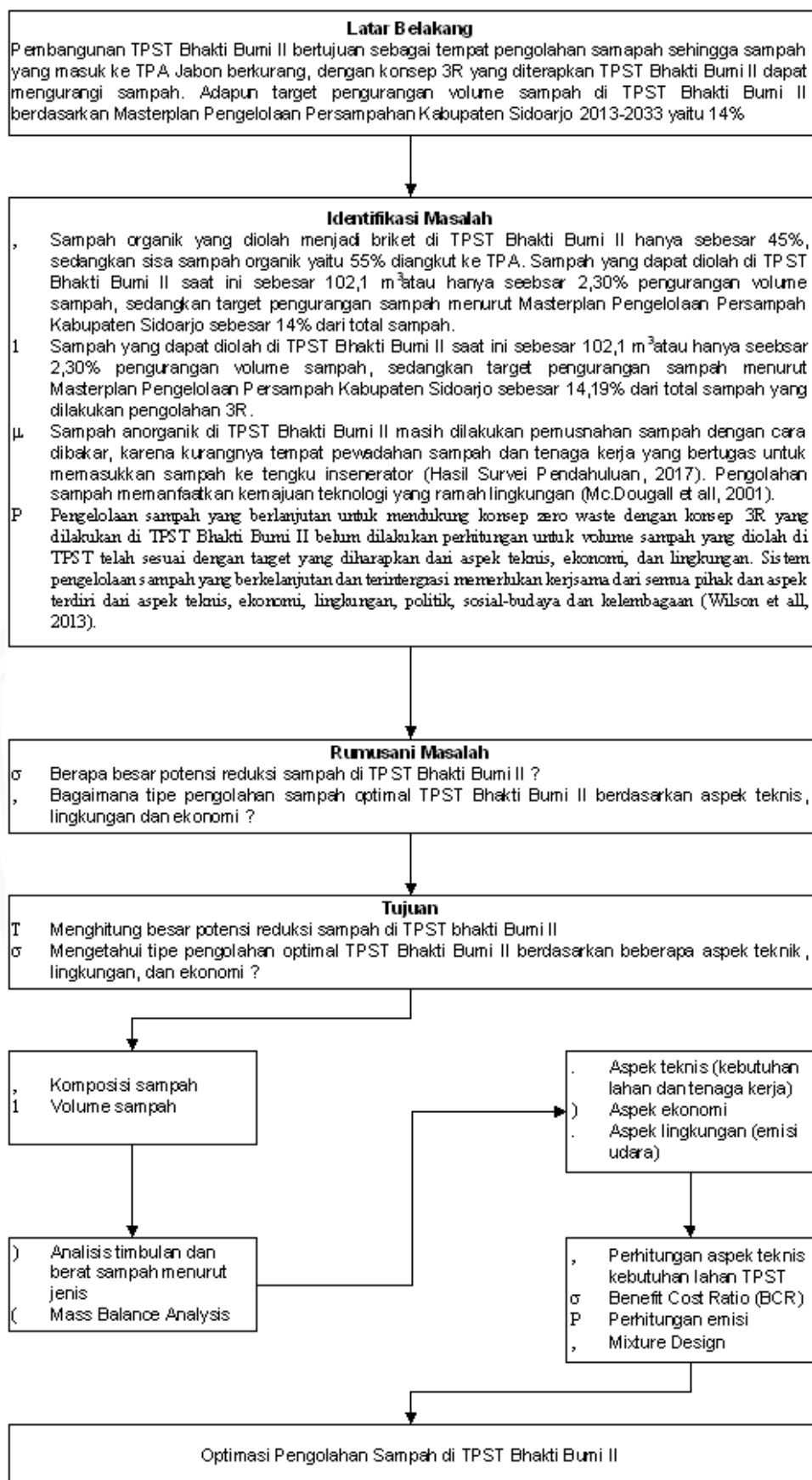
Manfaat bagi masyarakat adalah menambah wawasan masyarakat dalam Pengelolaan sampah perkotaan dan masyarakat ikut berperan aktif dalam Pengelolaan sampah perkotaan sebab sampah yang telah diolah dapat memiliki nilai jual juga dapat menjaga kebersihan kota. Selain itu juga menambah wawasan masyarakat berapa reduksi sampah yang telah mengalami pengelolaan.

1.6.4. Bagi dinas/instansi terkait

Manfaat bagi dinas/instansi terkait adalah hasil penelitian dapat sebagai kajian dalam penetapan program kebijakan Pengelolaan sampah di Bhakti Bumi II Sidoarjo.

1.7. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian “Optimasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II” sebagai berikut



Gambar 1.2 Kerangka Pemikiran Penelitian di TPST Bhakti Bumi II

1.8. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam penelitian “Optimasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II” adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang penyusunan laporan, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, manfaat, dan sistematika pembahasan dalam laporan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang digunakan oleh peneliti dalam menjawab rumusan masalah penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian menjelaskan mengenai metode yang digunakan oleh peneliti dalam penyusunan laporan penelitian untuk menjawab rumusan masalah yang akan diteliti.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan menjelaskan mengenai hasil yang ditemukan oleh peneliti di wilayah studi dan pembahasan menjawab rumusan masalah penelitian yang dilakukan peneliti.

BAB V PENUTUP

Bab penutup menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti dan saran yang diajukan oleh peneliti berdasarkan hasil dari pembahasan laporan peneliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Teori Sampah

Teori sampah merupakan dari studi literatur yang diambil dari jurnal ataupun buku dari penulis untuk digunakan pada penelitian ini. teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pengertian sampah, penggolongan sampah, komposisi sampah, timbulan sampah, pengelolaan sampah, sistem pengelolaan sampah perkotaan, klasifikasi TPS, dan pengelolaan sampah di TPS/TPST.

2.1.1. Pengertian Sampah

Sampah adalah benda yang dipandang tidak dipergunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau dibuang maka sampah harus dikelola dengan sebaik-baiknya sehingga tidak mengganggu kelangsungan hidup (Suryani, 2014). Pengertian sampah menurut Susesno et al 2016, adalah sebagian dari sesuatu yang tidak digunakan yang harus dibuang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia termasuk kegiatan industri, tetapi bukan biologis karena kotoran manusia tidak termasuk sampah. Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa-sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan. Sedangkan berdasarkan SK SNI tahun 1990 sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sampah adalah sebagai semua jenis limbah berbentuk padat yang berasal dari kegiatan manusia dan hewan, dan dibuang karena tidak bermanfaat atau tidak diinginkan lagi kehadirannya (Dirjen Cipta Karya DPU, 2006).

Sampah adalah sisa-sisa bahan yang sudah tidak memiliki nilai manfaat dari segi ekonomi, dan dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Suyoto, 2008). Pengertian sampah Menurut Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033 yaitu sebagai berikut:

1. Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat

2. Sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga yang tidak termasuk tinja dan sampah spesifik
3. Sampah sejenis sampah rumah tangga adalah sampah rumah tangga yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas umum, fasilitas, dan fasilitas lainnya
4. Sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan volume memerlukan pengelolaan khusus

Sampah pada dasarnya merupakan barang yang sudah tidak digunakan lagi dan tidak memiliki nilai manfaat dari segi ekonomi yang memiliki bentuk padat berupa zat organik ataupun anorganik. Sampah sendiri memiliki dampak pencemaran bagi lingkungan apabila tidak dilakukan pengelolaan, oleh karena itu harus dilakukan pengelolaan pada sampah untuk menghasilkan nilai tambah pada sampah seperti kompos dan energi listrik yang memiliki nilai jual dan memiliki nilai guna yang dapat dimanfaatkan masyarakat.

Pada penelitian ini sampah yang dibahas yaitu sampah anorganik dan organik yang dilakukan pemilahan di TPST Bhakti Bumi II.

2.1.2. Penggolongan Sampah

Penggolongan sampah berdasarkan jenisnya, sampah padat dapat digolongkan menurut (Nadiasa et al, 2009) sebagai berikut:

1. Sampah organik merupakan jenis sampah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lainnya. Sampah ini mudah diuraikan dengan proses alami. Contohnya daun-daun kering, kayu, sayur-sayuran busuk, buah-buahan busuk, dan jenis lain yang mudah diuraikan dengan proses alami dan dapat dijadikan kompos
2. Sampah anorganik merupakan sampah yang berasal dari sumberdaya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi atau dihasilkan dari proses industri. Beberapa bahan seperti ini, tidak dapat di alam, yaitu plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tidak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian yang lain hanya diuraikan secara lambat. Sampah jenis ini pada tinglat rumah tangga berupa, botol plastik, tas plastik, kaleng, dan kaca.

Menurut Gelbert, 1996, berdasarkan keadaan fisik sampah dikelompokkan sebagai berikut:

1. Sampah basah (gerbage) merupakan sisa-sisa pengolahan atau sisa-sisa makanan dari rumah tangga atau merupakan timbunan hasil makanan, seperti sayur mayur, yang

mempunyai sifat mudah membusuk, dan mengandung air sehingga mudah menimbulkan bau

2. Sampah kering (rubbish), sampah ini digolongkan menjadi dua jenis yaitu:

- a. Golongan sampah tak lapuk, sampah dengan jenis ini tidak bisa lapuk secara alami, meskipun secara bertahun-tahun, seperti plastik dan kaca
- b. Golongan sampah tak mudah lapuk merupakan sampah yang bisa lapuk perlahan secara alami, dan sampah jenis ini juga memiliki sifat yang mudah terbakar ataupun tidak mudah terbakar, sampah yang mudah terbakar seperti kertas dan kayu, sedangkan sampah yang tidak mudah terbakar ialah kaleng, dan besi.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 19-3964-1994 tahun 1994 sampah dibedakan menurut sumber penghasil sampah, berikut merupakan sampah dilihat dari aspek sumber sampah sebagai berikut:

1. Sumber sampah perumahan yaitu, rumah permanen, rumah semi permanen, dan rumah non permanen
2. Sumber sampah non-perumahan yaitu, kantor, toko/ruko, pasar, sekolah, jalan, hotel, restoran, dan fasilitas umum lainnya.

Sedangkan menurut Purnaini, 2011 sumber-sumber sampah dikelompokkan sebagai berikut:

1. Sampah dari permukiman penduduk
2. Sampah dari tempat-tempat umum dan perdagangan
3. Sampah dari sarana pelayanan masyarakat milik pemerintah
4. Sampah dari industri
5. Sampah dari pertanian

Dalam Rizaldi (2008), karakteristik sampah dibagi menjadi:

1. *Garbage*, yakni jenis sampah yang terdiri dari sisa-sisa potongan hewan atau sayuran hasil pengolahan dari dapur rumah tangga, hotel, restoran, semuanya mudah membusuk.
2. *Rubbish*, yakni pengolahan yang tidak mudah membusuk. Pertama, yang mudah terbakar, seperti kertas, kayu dan sobekan kain. Kedua, yang tidak mudah terbakar, misalnya kaleng, kaca dan lain-lain.
3. *Ashes*, yakni semua jenis abu dari hasil pembakaran baik dari rumah maupun industri.
4. *Street sweeping*, yakni sampah dari hasil pembersihan jalanan, seperti halnya kertas, kotoran, daun-daunan dan lain-lain.

5. *Dead animal*, yakni bangkai binatang yang mati karena alam, kecelakaan maupun penyakit.
6. *Abandoned vehicle*, yakni bangkai kendaraan, seperti sepeda, motor, becak, dan lain-lain.
7. *Sampah khusus*, yakni sampah yang memerlukan penanganan khusus, misalnya kaleng-kaleng cat, zat radioaktif, sampah pembasmi serangga, obat-obatan dan lain-lain.

Menurut Kuncoro, 2009 penggolongan sampah berdasarkan jenisnya dibedakan menjadi sebagai berikut:

1. Sampah makanan
2. Sampah kebun/pekarangan
3. Sampah kertas
4. Sampah plastik, karet, dan kulit
5. Sampah kain
6. Sampah kayu
7. Sampah logam
8. Sampah gelas dan keramik
9. Sampah abu dan debu

Berdasarkan pengertian tersebut bahwa penggolongan sampah dapat dilihat dari jenis sampah dan sumber sampah. Jenis sampah meliputi sampah organik yang merupakan sampah yang berasal dari sayuran, hewan, dan buah-buahan. Sedangkan sampah anorganik merupakan sampah yang berasal dari produk industri yang sulit atau bahkan tidak dapat diuraikan, seperti sampah plastik, kaca, kaleng, dan lainnya. Sampah berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi sampah berasal dari permukiman, industri, sekolah, pasar, toko, kantor, pertanian, dan fasilitas umum lainnya.

Pada penelitian ini penggolongan sampah yang dibahas yaitu sampah organik maupun sampah anorganik yang ada di TPST Bhakti Bumi II. Sumber sampah yang dibahas oleh peneliti adalah sumber sampah dari permukiman penduduk dan fasilitas umum. Hal ini berdasarkan karakteristik guna lahan yang ada di TPST Bhakti Bumi II juga mempertimbangkan sumber sampah yang masuk di TPST tersebut.

2.1.3. Komposisi Sampah

Menurut Damanhuri dan Padmin (2004), mengatakan bahwa pengelompokkan sampah berdasarkan komposisinya yang dinyatakan sebagai persentase berat (biasanya berat basah) atau persentase volume (basah) dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, kain,

makanan, dan lain-lain. Adapun komposisi sampah berdasarkan sumber yang menghasilkan sampah menurut Direktorat Pembangunan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2013 dapat dilihat pada **Tabel 2.1**. Komposisi sampah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain Damanhuri dan Padmin (2004);

1. Frekuensi pengumpulan

Semakin sering sampah dikumpulkan maka semakin tinggi juga tumpukan sampah, tetapi sampah organik akan berkurang karena membusuk dan sampah yang terus bertambah yaitu sampah yang sulit terdegradasi seperti kertas, plastik, dan sampah kering lainnya

2. Musim

Jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang berlangsung pada wilayah tersebut

3. Tingkat sosial ekonomi

Daerah yang memiliki tingkat ekonomi tinggi umumnya menghasilkan sampah berbahan kaleng, kertas, dan sebagainya

4. Pendapatan per kapita

Masyarakat yang berpendapatan rendah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen dibandingkan masyarakat berpendapatan tinggi

5. Kemasan produk

Kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga berpengaruh pada komposisi sampah, seperti di negara maju cenderung menggunakan kertas sebagai pengemas sedangkan negara berkembang menggunakan plastik sebagai pengemas

Tabel 2.1
Komposisi Sampah Menurut Sumber Sampah

No	Sumber Sampah	Komposisi Sampah	
1.	Kantor	• Kertas • Karton • Plastik	• Cartridge printe bekas • Sampah makanan
2.	Rumah Sakit	• Kertas • Kapas bekas • Plastik • Kaca (botol obat, pecahan kaca)	• Logam • Perban bekas • Sisa obat • Sampah makanan • Potongan jaringan tubuh
3.	Pasar	• Sampah organik • Plastik • Kertas/karton	• Kayu pengemas • Karet • Kain
4.	Lapangan Terbuka	• Ranting / daun kering	• Potongan rumput
5.	Lapangan Olah Raga	• Sampah makanan • Kertas	• Plastik • Potongan rumput
6.	Jalan dan Lapangan Parkir	• Kertas	• Daun kering

No	Sumber Sampah	Komposisi Sampah	
		• Plastik	
7.	Pembangunan Gedung	• Pecahan bata	• Kayu
8.	Rumah Tangga	• Sampah makanan	• Kain
		• Kertas/karton	• Daun, ranting
		• Plastik	• Logam

Sumber: Direktorat Pembangunan Penyehatan Lingkungan Permukiman dalam buku Tata Cara Pengelolaan Persampahan, 2013

Komposisi sampah yang dimaksud dalam penelitian ini adalah persentase berat sampah basah, dalam hal ini mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi seperti faktor frekuensi pengumpulan apabila semakin banyak ritasi pengumpulan maka berat sampah juga semakin berat, dan sumber sampah dalam penelitian ini berasal dari sumber rumah tangga sehingga komposisi sampah terdiri dari sampah makanan, kertas/karton, plastik, logam, kain, daun, dan ranting.

2.1.4. Timbunan dan Timbulan Sampah

Menurut SNI 19-2454-2002, timbunan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun berat perkapita perhari, atau perluasan bangunan atau perpanjangan jalan. Timbunan sampah sangat diperlukan untuk menentukan peralatan dalam pengolahan sampah berupa transportasi sampah, fasilitas recovery material, dan fasilitas lokasi pembuangan akhir sampah.

Timbulan sampah menurut Undang-Undang 18 Tahun 2008 menyatakan bahwa banyaknya sampah dalam satuan berat (kg/orang/hari) dan volume (L/orang/hari). Menurut Tchobanoglous, dkk (1993), standar berat jenis sampah dari masing-masing komponen sampah dapat dilihat pada **Tabel 2.2**. Dalam perhitungan laju timbulan sampah pada suatu wilayah pelayanan sampah terdapat beberapa cara seperti;

a. Analisis perhitungan beban (*Load Count Analysis*)

Analisis dihitung dengan mencatat jumlah masing-masing volume yang masuk ke TPST baik volume, berat, jenis angkutan dan sumber sampah kemudian dihitung jumlah timbulan sampah kota selama periode waktu tertentu.

b. Analisis berat volume (*Weight Volume Analysis*)

Analisis dihitung berdasarkan volume dan berat sampah. Jumlah timbulan sampah kota dihitung selama periode tertentu.

c. Analisis kesetimbangan bahan (*Material Balance Analysis*)

Analisis dihitung berdasarkan volume dan berat sampah. Jumlah timbulan sampah kota dihitung selama periode tertentu.

Tabel 2.2
Berat Jenis Komponen Sampah

No	Komponen Sampah	Berat Jenis (kg/m ³)
1.	Kertas	89,71
2.	Karton	49,66
3.	Plastik	65,68
4.	Kain	65,68
5.	Karet	129,75
6.	Kulit	160,19
7.	Kaca	195,43
8.	Kaleng	89,71
9.	Aluminium	160,19
10.	Logam lain	320,38
11.	Abu, debu, dan lain-lain	480,57
12.	Sampah basah	288,34
13.	Kayu	593,00

Sumber: Tchobanoglous, dkk (1993)

Pehitungan analisis dalam menghitung timbunan sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II menggunakan analisis *Load Count Analysis* karena pehitungan dapat dilakukan melalui kapasitas alat angkut sampah. Standar berat jenis sampah dalam **Tabel 2.2** digunakan untuk mengkonveksi satuan volume timbunan sampah di TPST Bhakti Bumi II dalam meter kubik menjadi satuan berat kilogram. Dalam hal ini karena satuan yang digunakan pada penelitian menggunakan satuan kilogram.

2.1.5. Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah adalah semua kegiatan yang dilakukan untuk menangani sampah mulai dari timbunan sampah sampai pada pembuangan sampah, kegiatan pengelolaan sampah meliputi pengendalian timbunan sampah, pengumpulan sampah, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir (Suryani, 2014). Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah didefinisikan sebagai kegiatan yang sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengolahan sampah merupakan kegiatan yang dimaksudkan untuk mengurangi jumlah sampah, disamping memanfaatkan nilai yang masih terkandung dalam sampah itu sendiri (bahan daur ulang, produk lain, dan energi). Definisi lain dari pengelolaan sampah adalah sebagai kontrol terhadap timbunan sampah, pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, proses, dan pembuangan akhir sampah. Semua hal tersebut dikaitkan dengan prinsip-prinsip terbaik untuk kesehatan, ekonomi, keteknikan/*engineering*, konservasi, estetika, lingkungan, dan juga terhadap sikap masyarakat (Nadiasa et al, 2009). Pengolahan sampah dapat dilakukan berupa transformasi fisik (pemilahan dan pengurangan), kimia (insenerasi) dan biologi (pengomposan)(Ernawati et al, 2012).

Menurut Edo (2008), teknik-teknik pengolahan sampah digunakan dalam sistem pengelolaan sampah untuk meningkatkan efisiensi operasi, menemukan sumber-sumber

(bahan-bahan yang berguna) serta mendapatkan hasil dari bahan-bahan yang berguna tadi dan energi yang terus berkembang.

Adapun teknik pengolahan sampah adalah sebagai berikut:

- a. Pengomposan (*composting*) , adalah suatu cara pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan aktivitas bakteri untuk mengubah sampah menjadi kompos (proses pematangan).
- b. Pembakaran sampah, pembakaran sampah dapat dilakukan pada suatu tempat, misalnya lapangan yang jauh dari segala kegiatan agar tidak mengganggu. Namun demikian pembakaran ini sulit dikendalikan bila terdapat angin kencang, sampah, arang sampah, abu, debu, dan asap akan terbawa ketempat-tempat sekitarnya yang akhirnya akan menimbulkan gangguan. Pembakaran yang paling baik dilakukan disuatu instalasi pembakaran, yaitu dengan menggunakan insinerator, namun pembakaran menggunakan insinerator memerlukan biaya yang mahal.

Pengelolaan sampah yang dimaksud dalam penelitian ini adalah pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II dan dapat mereduksi sampah yang masuk ke TPA Jabon, dan pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II yaitu untuk pengotimalan pengelolaan sampah berdasarkan tipe pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II yaitu pengolahan recycle dengan mengubah sampah organik menjadi briket, insenerator (pembakaran sampah), dan reuse atau pemanfaatan kembali sampah yang memiliki nilai ekonomi.

2.1.6. Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan

Sistem pengelolaan sampah adalah suatu proses untuk mengurangi volume sampah atau mengubah bentuk sampah menjadi bermanfaat, antara lain dengan cara pembakaran, pengomposan, pemadatan, penghancuran, pengeringan, dan pendaur ulang sampah (SNI 19-2454-2002). Kelima aspek tersebut meliputi:

1. Aspek teknis operasional

Teknis operasional pengelolaan sampah perkotaan yang terdiri dari kegiatan pewadahan sampai dengan pembuangan akhir sampah harus bersifat terpadu dengan melakukan pemilahan sejak dari sumbernya. Teknis operasional persampahan meliputi:

a. Penyimpanan/Pewadahan sampah

Penyimpanan/pewadahan sampah adalah tempat sementara, sebelum sampah tersebut terkumpul untuk kemudian diangkat serta dibuang atau dimusnakan. Dalam pewadahan sampah umumnya dibedakan menjadi dua yaitu:

- Individu, dimana disetiap sumber timbulan sampah terdapat tempat sampah, seperti tempat sampah di setiap rumah dan perkotokoan
- Komunal, dimana timbulan sampah dikumpulkan pada suatu tempat sebelum sampah tersebut diangkut ke TPA

b. Pengumpulan sampah

Pengumpulan sampah adalah proses penanganan sampah dengan cara pengumpulan dari masing-masing sumber sampah untuk diangkut ke tempat pembuangan sampah sementara, atau ke pengolahan sampah skala kawasan, atau langsung ke tempat pembuangan akhir tanpa melalui proses pemindahan. Pada dasarnya pengumpulan sampah dapat dikelompokkan dalam dua pola pengumpulan:

- Pola individual langsung, dimana pengumpulan dilakukan oleh petugas kebersihan yang mendatangi tiap-tiap bangunan atau sumber sampah dan langsung diangkut untuk dibuang ke TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). Pola pengumpulan ini menggunakan kendaraan truk sampah biasa, *dump truck* atau *compactor truck*.
- Pola individual tidak langsung, dimana daerah yang dilayani kedua cara tersebut diatas umumnya adalah lingkungan pemukiman yang sudah teratur, daerah perkotaan, tempat-tempat umum, jalan dan taman.
- Pola komunal langsung, pengumpulan sampah dilakukan sendiri oleh masing-masing penghasil sampah (rumah tangga) ke tempat-tempat penampungan sampah komunal yang telah disediakan atau langsung ke truk sampah yang mendatangi titik pengumpulan.
- Pola komunal tidak langsung, dimana pengumpulan sampah dilakukan sendiri oleh masing-masing penghasil sampah (rumah tangga, dll.) ke tempat-tempat yang telah disediakan atau langsung ke gerobak/becak sampah pada titik-titik pengumpulan komunal.
- Penyapuan jalan dan taman, yaitu kegiatan pengumpulan hasil sapuan jalan dan taman. Penanganan dalam sapuan jalan untuk setiap daerah berbeda tergantung pada fungsi dan nilai daerah yang dilayani. Pengumpulan sampah sapuan jalan dan taman diangkut ke lokasi pemindahan untuk selanjutnya diangkut ke tempat pengolahan sampah seperti TPST ataupun TPA

Faktor-faktor lain yang perlu diperhatikan juga adalah jarak antara tempat-tempat pengumpulan sementara. Jarak tersebut akan menentukan cara apa yang akan

digunakan, apakah menggunakan kendaraan bermotor, gerobak, atau tenaga manusia. Pelaksanaan proses pengumpulan sampah sesuai dengan SNI 19-2454-2002 dianjurkan agar proses dapat berjalan sesuai keinginan, berikut merupakan tahapan yang harus diperhatikan sesuai dengan peraturan:

1. Frekuensi ritasi antara 2-4 rit/hari
2. Periodisasi 1 hari 2 hari atau maksimal 3 hari sekali, tergantung dari kondisi komposisi sampah pada wilayah tersebut (semakin besar prosentase sampah organik maka periodisasi pelayanan maksimal sehari), kapasitas kerja, desain peralatan pengumpulan sampah, dan kualitas pelayanan
3. Mempunyai daerah pelayanan yang tetap
4. Mempunyai petugas pelaksana yang tetap.
5. Sarana pengumpulan sampah dengan menggunakan tong sampah, gerobak sampah, pick up, maupun dump truck.

c. Pemindahan dan Pemilihan Sampah

Pemindahan sampah dapat dilakukan dengan cara manual, mekanis atau gabungan manual mekanis, yaitu pengisian kontainer dilakukan secara manual oleh petugas pengumpul, sedangkan pengangkutan kontainer ke atas truk dilakukan secara mekanis. Untuk pemilahan di lokasi pemindahan dapat dilakukan manual oleh petugas kebersihan dan atau masyarakat yang berminat, sebelum dipindahkan ke alat pengangkut sampah.

d. Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah adalah proses memindahkan sampah dari suatu tempat atau berbagai tempat ke suatu lokasi pengumpulan sampah. Operasi pengangkutan yang ekonomis ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- Dipilih rute yang sependek-pendeknya dan sedikit hambatan.
- Mempergunakan truk yang kapasitas daya angkutan maksimal yang memungkinkan.
- Mempergunakan kendaraan yang hemat bahan bakar.
- Jumlah trip pengangkutan sebanyak mungkin dalam waktu yang diizinkan.

Pola pengangkutan sampah menurut SNI 19-2454-2002 yaitu sebagai berikut ini:

1. Pengangkutan sampah dengan sistem pengmpulan individual langsung (*door to door*). Truk pengangkut sampah dari pool menuju titik sumber sampah pertama dilanjutkan pada titik-titik sumber sampah berikutnya untuk mengambil sampah,

selanjutnya diangkut ke TPST/TPA. Truk menuju ke lokasi sumber sampah berikutnya.

2. Pengangkutan sampah melalui sistem pemindahan sistem kontainer, yaitu:

a. Tipe I

Kendaraan dari pool menuju ke kontainer pertama untuk mengangkut sampah ke lokasi TPST/TPA kemudian kontainer yang kosong kembali ke pool. Menuju lagi ke kontainer isi dan diangkut ke TPST/TPA dan kontainer kembali ke tempat semula. Begitu seterusnya sampai ritasi terakhir

b. Tipe II

- 1) Kendaraan dari pool menuju ke kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah ke TPST/TPA
- 2) Dari TPST/TPA dengan kontainer kosong kendaraan menuju ke titik kedua untuk menurunkan kontainer dan membawa kontainer isi untuk diangkut ke TPST/TPA
- 3) Demikian seterusnya hingga ritasi terakhir
- 4) Pada ritasi terakhir kontainer kosong dari TPST/TPA menuju ke lokasi kontainer pertama
- 5) Sistem ini diberlakukan pada kondisi tertentu, dimana pengambilan sampah pada jam tertentu dan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas

c. Tipe III

- 1) Kendaraan dari pool dengan membawa kontainer kosong menuju ke lokasi pengambilan sampah untuk mengganti/mengambil dan langsung diangkut ke TPST/TPA
- 2) Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPST/TPA menuju ke kontainer isi berikutnya. Begitu dilakukan seterusnya hingga ritasi terakhir

3. Pengangkutan sampah melalui sistem pemindahan dengan kontainer tetap

- a. Kontainer tetap biasanya untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa *truck compactor*
- b. Kendaraan dari pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan ke *truck compactor* dan meletakkan kembali kontainer kosong
- c. Kendaraan menuju ke kontainer berikutnya hingga sampah terisi penuh, dan selanjutnya sampah diangkut ke TPST/TPA

2. Aspek kelembagaan

Perancangan dan pemilihan organisasi disesuaikan dengan peraturan pemerintah yang membinanya, pola sistem operasional yang ditetapkan, kapasitas kerja sistem dan

lingkup tugas pokok dan fungsi yang harus ditangani. Bentuk kelembagaan pengelola sampah disesuaikan dengan kategori kota.

3. Aspek hukum dan peraturan

Hukum dan peraturan didasarkan atas kenyataan bahwa negara Indonesia adalah negara hukum, dimana sendi-sendi kehidupan bertumpu pada hukum yang berlaku. Manajemen persampahan kota di Indonesia membutuhkan kekuatan dan dasar hukum, seperti dalam pembentukan organisasi, pemungutan retribusi, ketertiban masyarakat dan sebagainya.

4. Aspek pembiayaan

Pembiayaan merupakan sumber daya penggerak agar pada roda sistem pengelolaan persampahan di kota tersebut dapat bergerak dengan lancar. Sistem pengelolaan persampahan di Indonesia lebih diarahkan pada pembiayaan sendiri termasuk membentuk perusahaan daerah.

5. Aspek peran serta masyarakat.

Tanpa adanya peran serta masyarakat semua program pengelolaan persampahan yang direncanakan akan sia-sia. Salah satu pendekatan pada masyarakat untuk dapat membantu program pemerintah dalam kebersihan adalah membiasakan masyarakat pada tingkah laku yang sesuai dengan program persampahan yaitu merubah persepsi masyarakat terhadap pengelolaan sampah yang tertib, lancar dan merata, merubah kebiasaan masyarakat dalam pengelolaan sampah yang kurang baik dan faktor sosial, struktur dan budaya setempat.

Pengelolaan sampah di perkotaan dilakukan melalui tiga tahapan kegiatan, yakni pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan akhir. Berikut penjelasan dari ketiga tahapan pengelolaan sampah di perkotaan:

1. Pengumpulan diartikan sebagai pengelolaan sampah dari tempat asalnya sampai ke tempat pembuangan sementara sebelum menuju tahapan berikutnya. Pada tahapan ini digunakan sarana bantuan berupa tong sampah, bak sampah, peti kemas sampah, gerobak dorong maupun tempat pembuangan sementara (TPS/Dipo). Untuk melakukan pengumpulan, umumnya melibatkan sejumlah tenaga yang mengumpulkan sampah setiap periode waktu tertentu.
2. Tahapan pengangkutan dilakukan dengan menggunakan sarana bantuann berupa alat transportasi tertentu menuju ke tempat pembuangan akhir/pengolahan. Pada tahapan ini juga melibatkan tenaga yang pada periode waktu tertentu mengangkut sampah dari tempat pembuangan sementara ke tempat pembuangan akhir (TPA).

3. Pada tahap pembuangan akhir/pengolahan, sampah akan mengalami pemrosesan baik secara fisik, kimia maupun biologis sedemikian hingga tuntas penyelesaian seluruh proses (Setyono et al, 2014)

Teknik operasional pengelolaan persampahan dalam penelitian ini yaitu pada kegiatan pemilihan dan pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II.

2.1.7. Pengelolaan Sampah di TPS/TPST

Pengelolaan sampah di TPS/TPST berdasarkan SNI-3242-2008 dilakukan sebagai berikut:

1. Pilah sampah organik dan anorganik
2. Lakukan pengomposan sampah organik skala lingkungan
3. Pilah sampah anorganik sesuai jenisnya, yaitu:
 - a. Sampah anorganik yang dapat didaur ulang seperti membuat barang kerajinan dari sampah, membuat kertas daur ulang, membuat pellet plastik dari sampah kantong plastik kresek, dan atau;
 - b. Sampah lapak yang dapat dijual seperti kertas, kardus, plastik, gelas/kaca, logam dan lainnya dikemas sesuai jenisnya
 - c. Sampah B3 rumah tangga
 - d. Residu sampah
4. Jual sampah bernilai ekonomis ke bandar yang telah disepakati
5. Kelola sampah B3 sesuai dengan ketentuan yang berlaku
6. Kumpulkan residu sampah ke dalam kontainer untuk diangkut ke TPA sampah

Adapun fasilitas yang dimiliki oleh Tempat Pengolahan Sampah Terpadu menurut Permen No 3/PRT/M/2013 yaitu dilengkapi dengan ruang pemilah, instalasi pengolahan sampah, pengendalian pencemaran lingkungan, penanganan residu, dan fasilitas penunjang serta zona penyangga.

Pada penelitian ini pengelola sampah di TPS/TPST yang dibahas adalah pengelolaan sampah organik yang dilakukan kegiatan pengurangan sampah dengan prinsip 3R agar sesuai dengan target pengurangan sampah di TPST Bhakti Bumi II.

2.2. Definisi Pengolahan Sampah

Menurut SK SNI T-133-1990-F, pengolahan sampah adalah suatu upaya untuk mengurangi volume sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju ke tempat pembuangan akhir. Teknik-teknik pengolahan sampah dapat berupa pengomposan, pembakaran, daur ulang dan pemadatan. Sedangkan berdasarkan Peraturan

Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga, kegiatan pengolahan sampah adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah karakteristik sampah, komposisi sampah, dan/atau jumlah sampah. Cara pengolahan sampah yang dibahas dalam penelitian ini adalah cara pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II

2.2.1. Teknik Pengolahan Sampah

Teknik pengolahan sampah menurut SNI-T-133-1990-F tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Pengomposan (*composting*)

Pengomposan adalah suatu cara pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan aktivitas bakteri untuk mengubah sampah menjadi kompos. Arti lain pengomposan adalah suatu proses biologis yang terjadi karena adanya kegiatan jasad renik (Hardianto, 2010)

2. Pembakaran sampah

Pembakaran sampah dapat dilakukan pada suatu tempat, misalnya lapangan yang jauh dari segala kegiatan agar tidak mengganggu. Namun demikian, pembakaran ini sulit dikendalikan bila terdapat angin kencang, sampah, arang sampah, abu, debu dan asap akan terbawa ke tempat-tempat sekitarnya yang akhirnya akan menimbulkan gangguan. Pembakaran yang paling baik dilakukan disuatu instalasi pembakaran, yaitu dengan menggunakan insinerator.

3. *Recycling*

Merupakan salah satu teknik pengolahan sampah dengan melakukan pemisahan atas benda-benda bernilai ekonomi seperti kertas, plastik, karet dan lain-lain dari sampah yang kemudian diolah sedemikian rupa sehingga dapat digunakan kembali baik dalam bentuk yang sama atau berbeda dari bentuk semula.

4. *Reuse*

Merupakan teknik pengolahan sampah yang hampir sama dengan *recycling*, bedanya *reuse* langsung digunakan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu

5. *Reduce*

Merupakan usaha untuk mengurangi potensi timbulan sampah, misalnya tidak menggunakan bungkus kantong plastik yang berlebihan

Konsep pengolahan sampah di Kabupaten Sidoarjo menggunakan konsep 3R, dimana konsep ini dalam penanganannya dengan mengurangi sampah mendekati sumber dengan

metode *reduce* (mengurangi), *recycle* (daur ulang), dan *reuse* (menggunakan kembali). Pengelolaan sampah 3R merupakan konsep dengan paradigma baru dengan penekanan konsep tersebut menggunakan metode pengolahan sampah yang ramah lingkungan untuk mengurangi sampah. Bentuk implementasi 3R yang diterapkan di TPST Bhakti Bumi II hanya tipe pengolahan *reuse* dan *recycle*. Konsep *reduce* tidak dapat diterapkan dalam penelitian karena objek menjadi konsep *reduce* adalah pengurangan sampah pada tingkat rumah tangga/sumber sampah, dengan metode yang menekankan pada tingkat konsumtif dari masyarakat serta kesadaran terhadap kerusakan lingkungan akibat bahan tidak terpakai lagi (Wahyu, 2017).

2.2.2. Skala Pengolahan Sampah

Skala pengolahan sampah berdasarkan Permen PU Nomor 03 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga yang dilihat dari pengolahannya terbagi menjadi tiga yaitu:

1. Skala Individu

Pengolahan yang dilakukan penghasil sampah secara langsung di sumbernya (rumah tangga).

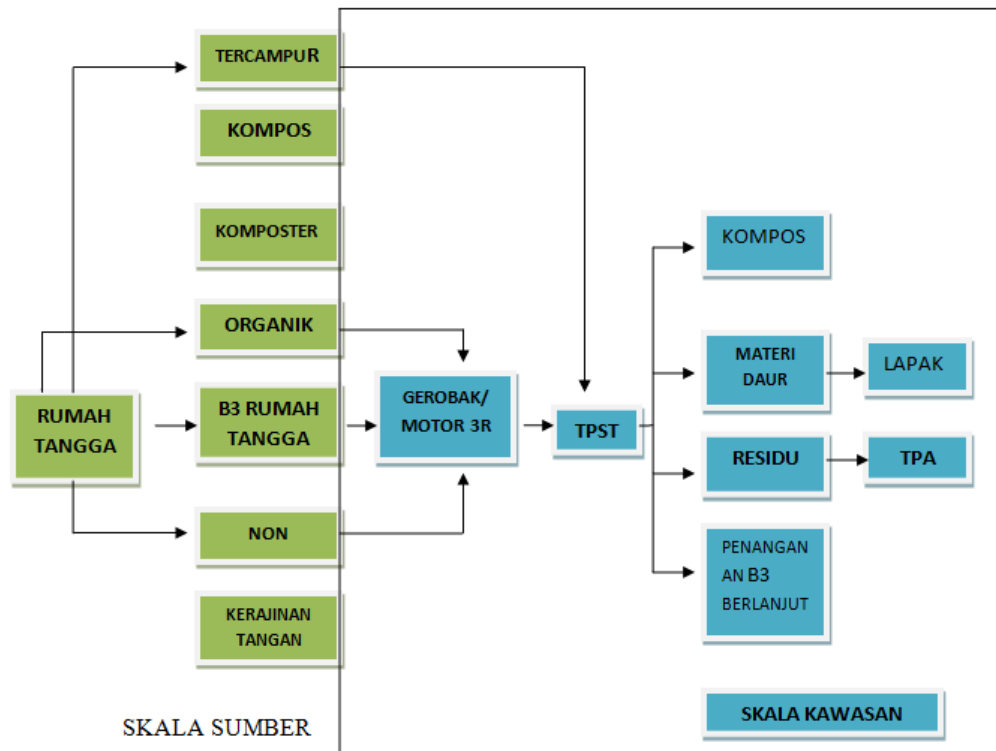
2. Skala Kawasan

Pengolahan sampah yang dilakukan untuk melayani suatu lingkungan atau kawasan (permukiman, perkantoran, perdagangan, industri, fasilitas sosial, fasilitas umum dan lain sebagainya). Lokasi pengolahan skala kawasan dilakukan di TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu).

3. Skala Kabupaten/Kota

Pengolahan yang dilakukan untuk melayani sebagian atau seluruh wilayah kabupaten/kota dan dikelola oleh pengelola kebersihan kabupaten/kota. Lokasi pengolahan dilakukan di Instalasi Pengolahan Sampah Terpadu (TPST).

Skala pengolahan sampah yang dibahas dalam penelitian ini adalah skala kawasan yaitu pengolahan sampah dilakukan di TPST wilayah studi dengan skala pelayanan TPST Bhakti Bumi II.



Gambar 2.1 Konsep Skala Pengolahan Sampah 3R

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dalam Pola Penanganan Sampah Domestik (2014)

Pengolahan sampah dengan konsep 3R merupakan upaya pengurangan sampah yang berasal dari sumber sampah yaitu rumah tangga seperti pada **Gambar 2.1**, dimana selanjutnya dilakukan proses pengolahan sampah di TPST. pada bagan tersebut menjelaskan bahwa untuk proses pengolahan sampah yang dilakukan di TPST yaitu dengan tujuan untuk mengurangi sampah rumah tangga dengan input sampah terpilah maupun sampah campuran. Pengelolaan pada TPST dengan input sampah terpilah yaitu sampah sudah ada proses pemilahan pada sumber antara sampah organik dan anorganik sebelum dibawa ke TPST, proses dapat dilakukan pemilahan tersebut juga bergantung pada tingkat partisipasi masyarakat yang tinggi tiap rumah tangga. Sedangkan pengelolaan sampah dengan jenis sampah campuran yaitu seluruh sampah yang berasal dari sumber diangkut ke TPST tanpa adanya partisipasi masyarakat untuk memilah sampah. Menurut Permen PU Nomor 3 Tahun 2013 fungsi TPST yaitu tempat dimana berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Kegiatan yang dilakukan di TPST sebagai berikut:

1. Pengolahan lebih lanjut sampah yang telah terpilah di sumbernya
2. Pemisahan dan pengolahan langsung komponen sampah
3. Peningkatan mutu prosuk recovery recycling

Penentuan penggunaan proses pengolahan sampah dapat dilihat dari klasifikasi luasan lahan TPST berdasarkan Pedoman Umum Pengelolaan Sampah 3R Kementrian PU Tahun 2014 bahwa skala pelayanan dan jenis sampah input dibedakan menjadi:

1. TPS 3R dengan luasan 1000m^2 dapat menampung sampah dengan atau tanpa proses pemilahan sampah di sumber
2. TPS 3R dengan luasan $200 - 500\text{ m}^2$ hanya menampung sampah dalam keadaan terpilih 50% dan sampah campuran 50%
3. TPS 3R luas $< 200\text{m}^2$ hanya dapat menampung sebaiknya sampah tercampur 20% dan sampah terpilih sebesar 80%

Menurut Direktorat PPLP, 2011 TPST memerlukan fasilitas berdasarkan komponen sampah yang masuk dan yang akan dikelola yaitu,

- a. Fasilitas processing, merupakan tahap awal pemisah sampah, mengetahui jenis sampah yang masuk, dengan proses penimbangan volume sampah yang masuk dan adanya fasilitas penerimaan dibutuhkan untuk mengantisipasi jika kegiatan pengolahan sampah yang terolah tidak secepat dengan sampah yang masuk ke TPST
- b. Fasilitas pemilahan, dapat dilakukan secara manual yaitu menggunakan tenaga kerja manusia ataupun mekanik,
- c. Fasilitas pengolahan sampah secara fisik, setelah sampah dipilah menurut jenis sampah akan diolah sesuai dengan tipe pengolahannya
- d. Fasilitas pengolahan lain seperti komposting, dan insenerator

Penentuan input sampah sesuai dengan karakteristik lokasi wilayah studi yaitu TPST Bhakti Bumi II, maka penelitian ini dapat diasumsikan pengolahan sampah menggunakan tipe input sampah campuran, karena luas dari total keseluruhan di TPST Bhakti Bumi II sebesar 880 m^2 . Teori jenis input sampah dan teknik pengolahan sampah menurut SNI-T-133-1990-F tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan digunakan sebagai dasar dalam penentuan alternatif pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II sesuai dengan tipe pengolahan yang dapat diterapkan di lokasi studi. Pengolahan yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan kondisi eksisting yaitu dilakukan proses pemilahan sampah anorganik (*reuse*), pembuatan briket pada sampah organik, dan pembakaran sampah menggunakan metode insenerator.

2.2.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Tipe Pengolahan

Pengelolaan sampah adalah semua kegiatan yang dilakukan untuk menangani sampah sampah sejak ditimbulkan sampai dengan pembuangan akhir. Secara garis besar, kegiatan

pengelolaan sampah meliputi pengendalian timbulan sampah, pengumpulan sampah, transfer, dan transpor, pengolahan, dan pembuangan akhir (Kuncoro, 2009). Pengelolaan sampah menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 adalah suatu kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Kegiatan pengurangan sampah dapat dilakukan melalui kegiatan sebagai berikut:

- a. Pembatasan timbulan sampah
- b. Pendaaran ulang sampah
- c. Pemanfaatan kembali sampah

Manajemen pengelolaan sampah diperlukan untuk mengurangi volume sampah melalui kegiatan recycle yang memiliki nilai ekonomi dan lingkungan yang berkelanjutan. Manajemen sampah berkelanjutan (Integrated waste management) merupakan konsep dasar dalam batasan penentuan jenis pengolahan sampah dengan kegiatan upaca pengurangan (*reduce*), penggunaan kembali (*reuse*), *composting*, *landfill*, *incenerator*, dan pengolahan lainnya. Berdasarkan hierarki tipe pengolahan pada **Gambar 2.2** menyebutkan bahwa tipe pengolahan sampah yang dapat mengurangi sampah terbesar dengan tipe pengolahan reuse, tetapi hirarki pengolahan tersebut dapat dikombinasikan untuk memperoleh hasil yang maksimal.

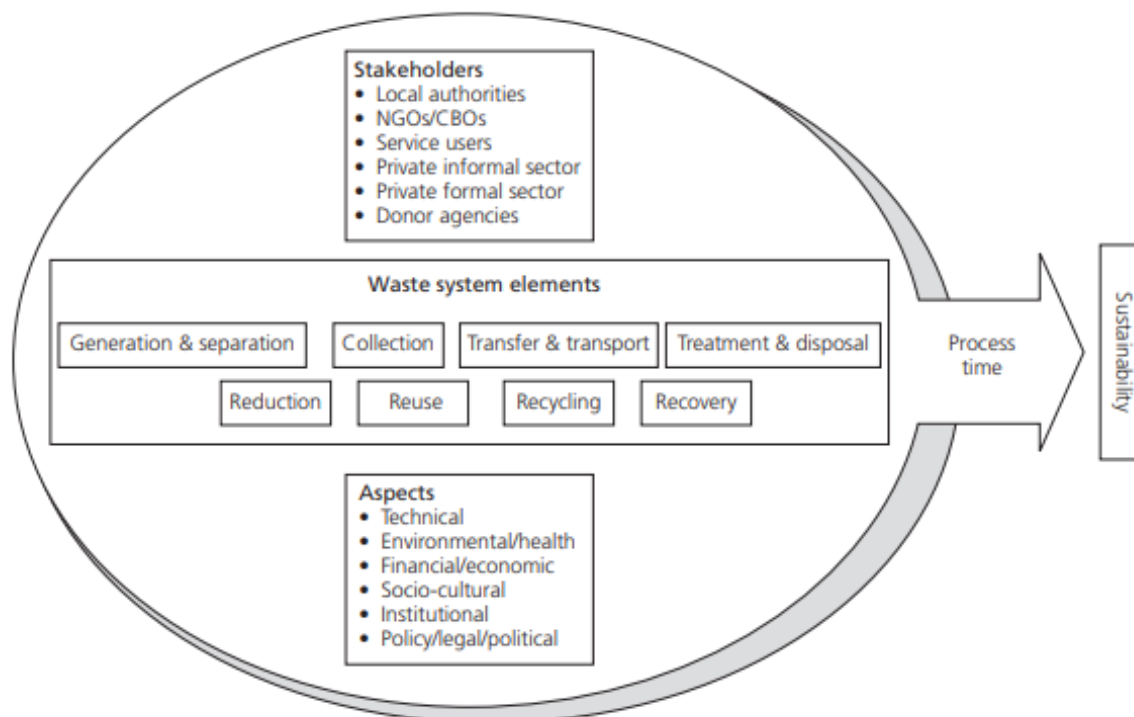


Gambar 2.2 Hirarki Manajemen Pengolahan Sampah

Sumber: Mc.Dougal, 2001

Hirarki manajemen pengolahan sampah yang terdapat pada **Gambar 2.2** tidak mengidentifikasi bahwa pengolahan sampah yang dilakukan merupakan manajemen pengolahan sampah yang berkelanjutan tetapi hanya sebagai alternatif dalam kegiatan pengolahan apa saja yang dapat mengurangi volume sampah. Manajemen pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi fokus pada pengelolaan sampah sebagai multi

aktor, kesepakatan multi lapisan sistem sosial teknis, adapun **Gambar 2.3** dapat menjelaskan aspek apa saja yang dibutuhkan untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan.



Gambar 2.3 Kerangka Pengelolaan sampah yang Berkelanjutan dan Terintegrasi

Sumber: Wilson et al, 2013

Berdasarkan **Gambar 2.3** menyatakan bahwa pengelolaan sampah yang berkelanjutan membutuhkan peran serta dari pemerintah dan masyarakat dimana untuk menjalankan elemen pengelolaan sampah mulai dari sistem pengumpulan pewadahan dan pangolahan sampah dimana harus dilandasi oleh 6 aspek yaitu teknis, lingkungan, ekonomi, sosial-budaya, institusi, dan politik. Sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi memerlukan kerjasama dari semua pihak dan aspek. Aspek-aspek yang dibutuhkan untuk memenuhi pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi dapat dijelaskan berikut ini;

a. Aspek Teknis

Aspek teknis yaitu kegiatan pengelolaan sampah yang memiliki sifat terpadu dan berkesinambungan mulai dari kegiatan pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan pengolahan dan pembuangan akhir. Untuk mengelola sampah hal yang perlu diketahui yaitu karakteristik sampah yang ditimbulkan oleh masyarakat seperti tingkat produksi sampah, dan komposisi sampah. Berjalannya kegiatan pengelolaan sampah harus mempertimbangkan luas lahan yang tersedia untuk mengolah dan menampung sampah (Wilson, 2013).

Menurut Suryani 2014, aspek teknis merupakan komponen yang paling dekat dengan objek pengelolaan sampah yang terdiri dari sarana, presarana, perencanaan, dan tata cara teknik operasional pengelolaan sampah melalui kegiatan pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan akhir.

Aspek teknis operasional pada pengelolaan sampah menurut Israwati, 2005 yaitu aspek teknis terdiri dari timbuulan dan komposisi sampah yang diproduksi pada setiap satu wilayah, juga berdasarkan pada tingkat pelayanan penanganan sampah pada suatu wilayah. Aspek teknik operasional merupakan salah satu aspek yang sangat vital dalam pelayanan pengelolaan sampah pada kota, dimana aspek ini mencakup perencanaan dan evaluasi penyediaan alat dan tenaga kerja dari mulai pewadahan, pengumpulan, pemindahan, dan pengangkutan.

Evaluasi dan perencanaan yang dilakukan dalam pelaksanaan aspek teknis ini yaitu dengan meningkatkan tingkat pelayanan yang menjangkau seluruh kota dengan menaikkan tingkat pelayanan hingga 90% (Wisnu, 2007). Tahap perencanaan teknis adalah tahap penyusunan dokumen kerja serta melakukan pengadaan peralatan pengelolaan sampah. Peralatan pengelolaan sampah sendiri terdiri dari sarana dan prasarana persampahan 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*) yang meliputi penentuan jenis jumlah peralatan baik untuk pemilahan jenis sampah, pewadahan, pengangkutan dan alat pengolahan sampah yang menjadi kompos, termasuk mengidentifikasi kebutuhan tempat pengolahan sampah terpadu atau TPST (Munas, 2011).

Penetapan standar pelayanan dalam penerapan aspek teknis dapat mendukung adanya peran dari masyarakat, sehingga diperlukan pemilihan teknologi tepat guna, mudah dilakukan pemanfaatan dan bernilai ekonomis,. Perencanaan prasarana fisik juga dilakukan sesuai dengan master kota yang berwawasan lingkungan (Munas, 2011). Menurut Puteri (2017) dalam rangka menentukan alternatif teknologi atau teknik pengolahan sampah ada empat aspek yang perlu dipertimbangkan yaitu aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan teknis. Kriteria dari aspek sosial diantaranya penyerapan tenaga kerja, potensi konflik dengan masyarakat rendah, menumbuhkan lapangan usaha, menumbuhkan sektor formal dan informal, penguatan peran serta masyarakat. Aspek ekonomi yaitu investasi rendah, biaya operasional rendah, menghasilkan pendapatan asli daerah (PAD) yang tinggi. Adapun kriteria lingkungan yaitu dengan meminimalisir habitat bibit penyakit, meminimalisir penurunan estetika/keindahan lingkungan sesuai dengan arahan pengembangan kota.

Kriteria aspek teknis dapat dijabarkan yaitu tingkat efektifitas dalam mengurangi tumpukan sampah, dapat mengatasi masalah keterbatasan lahan, ketersediaan lokasi pengolahan, ketersediaan teknologi, kemudahan penerapan teknologi dan pemanfaatan sumberdaya. Oleh karena itu aspek teknis dalam penentuan tipe pengolahan yang tepat dengan menghitung kebutuhan lahan yang dibutuhkan pada setiap teknologi yang digunakan untuk proses pengolahan sampah yang disesuaikan dengan luas lahan eksisting TPST pada lokasi tersebut. (Wahyu, 2017)

b. Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan bertujuan agar melalui pengolahan sampah yang terpadu dapat mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan baik dari aspek pencemaran udara, tanah, dan air

c. Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi untuk menajamen pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi yaitu karena kondisi terbatasnya dana pementintah untuk melaksanakan tanggung jawabnya dalam membiayai oprasional pelaksanaan manajemen pengelolan sampah

d. Aspek Sosial-Budaya

Aspek sosial yaitu berupa peran serta masyarakat, pemulung dan swasta untuk melakukan pengelolaan sampah di perkotaan.

e. Aspek Institusi

Aspek institusi atau kelembagaan dalam manajemen pengelolaan sampah memegang peranan yang sangat penting meliputi status, struktur organisasi, fungsi tanggung jawab dan wewenang serta koordinasi dari badan pengelola.

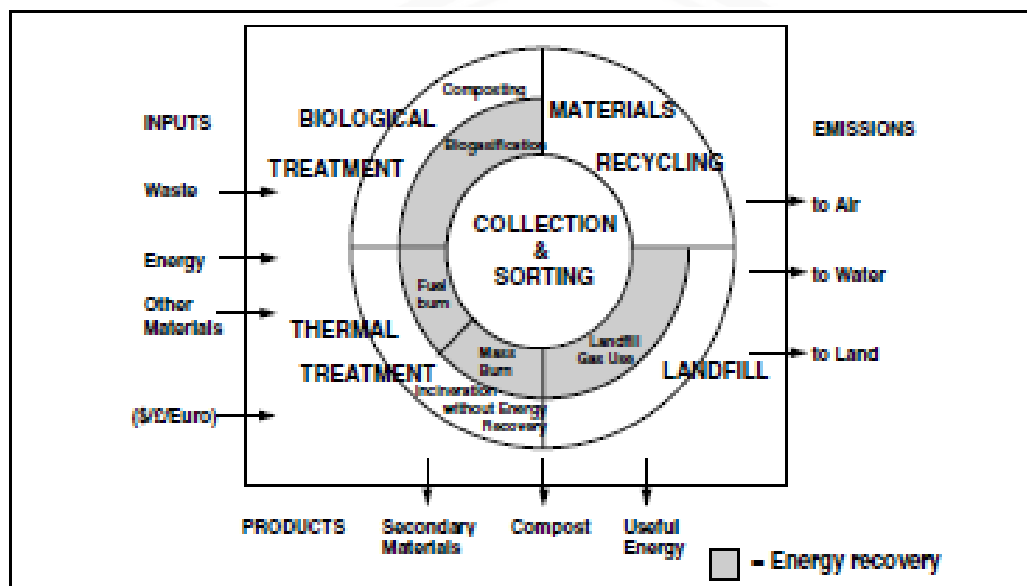
f. Aspek Politik

Aspek politik ini dapat dikatakan oleh peraturan hukum yang mengatur sistem persampahan pada suatu wilayah. Peraturan hukum ini untuk mendukung kegiatan dari lembaga untuk mengolah sampah dengan baik.

Berdasarkan teori ini yang dikemukakan oleh Mc. Dougal (2001) konsep manajemen sampah berkelanjutan ini tidak mengimplikasikan bahwa satu tipe pengolahan lebih baik daripada jenis tipe pengolahan lainnya, namun tipe pengolahan yang berkelanjutan adalah pengolahan yang mampu secara maksimal meninimalisir biaya operasional dan dampak lingkungan.

A. Pertimbangan Aspek Lingkungan

Environment sustainability merupakan tipe pengolahan pada sampah yang tepat dan mampu mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan sampah secara maksimal dimana polusi yang dihasilkan seperti emisi energi, emisi udara, air dan tanah (White et al, 2001). Metode yang digunakan dalam meminimalisir dampak lingkungan yang dihasilkan untuk mewujudkan manajemen pengolahan sampah yang berkelanjutan yaitu dengan metode life cycle analysis yang dikemukakan oleh Mc.Dougall et al, (2001). Analisis ini mampu menghitung jumlah energi dalam pengolahan material dan jumlah emisi gas yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah.



Gambar 2.4 Life Cycle Analysis

Sumber: Mc.Dougal, 2001

Pada **Gambar 2.3** analisis *life cycle* dapat dijelaskan bahwa analisis ini terdiri dari 3 tahap terdiri dari input yaitu sampah, proses pengolahan, dan hasil pengolahan. Sampah yang masuk ke TPST mengalami proses pengolahan mulai dari proses pemilahan, recycle, komposting, hingga insenerator. Setiap proses pengolahan sampah yang diproses di TPST menghasilkan emisi yaitu terdiri dari emisi udara, air, dan tanah. Dalam penelitian yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II yang terdiri dari proses pengolahan *reuse*, *recycle* sampah organik menjadi briket, dan insenerator sesuai dengan karakteristik pengolahan pada TPST tersebut, dan pada penelitian ini hanya dibatasi pada perhitungan emisi udara yang dihasilkan dari emisi insenerator. Emisi air dan tanah tidak termasuk dikarenakan cairan lindi dan bungan lainnya yang dihasilkan dari proses pengolahan di TPST Bhakti Bumi II dapat dikontrol sehingga tidak menimbulkan dampak polusi. Cairan lindi dari proses insenerator memiliki wadah tabung untuk mengampungnya dan terdapat tutup pada TPST sehingga

cairan lindi tidak meluber dan masuk kedalam tanah saat hujan, selain itu juga cairan lindi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pupuk pada tanaman jalan dan diambil oleh Dinas Kebersihan Kabupaten Sidoarjo.

B. Pertimbangan Aspek Ekonomi

Economically sustainability berarti tipe pengolahan sampah yang tepat dan memiliki biaya operasional dalam menjalankan proses pengolahan sampah di TPST yang diterima dan dilaksanakan oleh pemerintah, sebagai *stakeholder* yang menjalankan untuk mengelola sampah kota (Mc.Dougall, 2001). Pertimbangan aspek biaya harus memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi antara lain:

1. *Supply waste material* yang stabil
2. Tersedia sistem pengangkutan menuju TPST atau TPA
3. Tersedia proses pemilihan untuk menghasilkan *material raw*

Sampah input (*waste material*) merupakan kebutuhan yang wajib dipenuhi untuk mencapai proses pengolahan dalam jangka waktu yang panjang, hal ini mengartikan bahwa biaya pengangkutan untuk mengumpulkan sampah (*waste material*) menuju TPST/TPA menjadi aspek yang penting dalam penentuan biaya pengolahan. Karena input sampah (*raw material*) yang stabil dapat menghasilkan produk olahan sampah yang memiliki nilai ekonomi (Mc.Dougall, 2001). Terdapat 2 hal yang dapat mempengaruhi biaya dalam pengelolaan sampah yaitu faktor internal seperti jumlah komposisi sampah yang dapat diolah, biaya perubahan pengangkutan, dan biaya tambahan akibat ekspansi target pengolahan sampah. Selain itu adanya faktor eksternal terdiri dari harga produk hasil pengolahan sampah dan pajak.

Menurut Safitri (2012), pertambahan jumlah sampah dan pengelolaan sampah yang tidak tepat dapat menimbulkan efek negatif bagi kesehatan, lingkungan, dan sosial. Hal ini mengindikasikan dalam pemilihan tipe pengolahan sampah dipengaruhi oleh aspek ekonomi, sosial, lingkungan, teknis dan kelembagaan. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Wahyu, (2017) pengelolaan sampah yang tepat berdasarkan target pengurangan sampah yang dilakukan di Kota Mataram terdapat 3 kriteria dalam penentuan pemilihan alternatif pengolahan yang terdiri dari aspek teknis, aspek ekonomi, dan aspek lingkungan. Dalam penelitian di TPST Bhaktu Bumi II menggunakan 3 aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek biaya.

1. Aspek Ekonomi menurut Safitri, 2012

Aspek ekonomi dapat dijabarkan menjadi kriteria, antara lain

- a. Investasi rendah

Keterbatasan anggaran pemerintah daerah dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan sampah harus memperhitungkan teknologi pengolahan yang sesuai dengan anggaran yang dikeluarkan daerah dalam tujuan daerah untuk pengurangan volume sampah.

b. Biaya operasional rendah

Pertimbangan biaya operasional yang rendah dilatarbelakangi oleh keterbatasan anggaran yang dikeluarkan daerah dalam kegiatan pengolahan sampah. Oleh karena itu biaya operasional yang murah menjadi pertimbangan dalam menentukan teknologi pengolahan sampah yang akan diterapkan. Komponen biaya operasional terdiri dari gaji pekerja, transportasi, perawatan dan perbaikan teknologi, dan utilitas.

Aspek finansial merupakan salah satu aspek yang cukup penting dalam pengelolaan persampahan. Pendanaan untuk pengelolaan sampah yang tidak mencukupi akan berdampak buruk pada kegiatan pengelolaan yang ada. Kegiatan yang kurang pendanaan akan membuat terhambatnya program dan kegiatan yang sudah dicanangkan pemerintah. Berbagai permasalahan yang timbul utamanya karena keterbatasan dana dari PEMDA setempat. Sebagian besar PEMDA lebih mengutamakan pembiayaan untuk infrastruktur yang lain dibanding pengelolaan sampah. Sebagian besar PEMDA mengalokasikan dana untuk pengelolaan sampah sebesar 5-20 %. Dalam SNI-03-3242-1994 yang mengatur tata cara pengelolaan sampah dipermukiman, perkiraan perbandingan pembiayaan dari total pengelolaan sampah yaitu biaya pengumpulan 20-40 %, biaya pengangkutan 40-60 % dan biaya pembuangan akhir 10-30 %. Pembiayaan TPST berdasarkan Dep. PU (2008), terdiri dari biaya investasi, dan biaya operasional.

1. Biaya Investasi.

Biaya investasi sebenarnya harus mengikuti harga satuan setempat, atau ketersediaan anggaran dari PEMDA.

2. Biaya Operasional

Biaya operasi TPST menurut Teguh et al, 2010 terdiri dari :

- a. gaji pegawai
- b. biaya perlengkapan fasilitas
- c. biaya pemeliharaan
- d. biaya bahan bakar
- e. biaya listrik

Komponen biaya menurut Permen PU No 3 Tahun 2013 terdiri dari biaya konstruksi bangunan, biaya konstruksi prasarana dan sarana, biaya pengadaan alat reduksi. Total manfaat bersih (*total net benefit*) merupakan penjumlahan dari manfaat bersih kegiatan

operasional TPST (*operasional net benefit*) ditambah penghematan biaya pengangkutan (*avoided transportation cost*). *Operasional net benefit* didapatkan dari perhitungan biaya dan potensi penerimaan yang dihasilkan dari kegiatan operasional pengolahan sampah, sedangkan *avoided transportation cost* didapatkan dari jumlah biaya pengangkutan ke TPA yang dapat karena adanya pengolahan sampah di TPST. biaya pengangkutan terdiri dari biaya bahan bakar dan biaya perawatan. *Benefit Cost Ratio (B/C)* menunjukkan angka perbandingan antara *benefit* dengan *cost* dan *investment*. Proyek bisa dilaksanakan apabila rasio antara manfaat terhadap biaya yang dibutuhkannya lebih besar dari 1. Perhitungan rasio antara manfaat dan biaya menurut Lampiran Permen PU Tahun 2013 dengan menggunakan rumus (2-1)

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Total } B}{\text{Total } C+i} \quad (2-1)$$

Dimana :

B = *Benefit* (keuntungan)

C = *Cost* (Biaya)

I = *Investment* (investasi)

2.3. Tinjauan Analisis

2.3.1. Analisis Volume Sampah

Analisis volume sampah dihitung berdasarkan Permen PU No 3 Tahun 2013 dengan tahapan perencanaan TPST yang ditentukan dari perhitungan volume sampah dengan pendekatan keseimbangan massa. Analisis yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

A. Menghitung jumlah volume sampah

Menghitung volume sampah yang masuk ke TPST menggunakan pendekatan *Load-count analysis*. Metode ini dengan cara mengukur berat sampah yang masuk ke TPST dengan moda pengumpulan seperti gerobak, pick up, atau amroll truck selama 8 hari berturut-turut. Rumus perhitungan volume sampah yang digunakan menurut Lampiran Permen PU No 3 Tahun 2013 yaitu:

$$\text{Generation rate} = \text{Rit} \times V \times D \quad (2-2)$$

Generation Rate : jumlah sampah (kg/hari)

Rit : jumlah perjalanan kendaraan pengangkut (rit/hari)

V : volume gerobak (m³)

D : densitas massa jenis sampah (kg/m³)

B. Menghitung volume dan berat menurut jenis sampah

Berdasarkan SNI 19-3694-1994 komposisi sampah terbagi menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai persentase dalam jenis sampah menunjukkan besarnya volume sampah berdasarkan jenisnya. Rumus perhitungan komposisi sampah menurut Tchobanoglous (1993), yaitu:

$$\text{komposisi (\%)} = \frac{B_i}{BBS} \quad (2-3)$$

Keterangan:

B_i : berat sampah jenis (kg)

BBS : berat sampah keseluruhan (kg)

2.3.2. Analisis Mass Balance

Analisis keseimbangan massa (*mass balance analysis*) adalah analisis keseimbangan material tiap-tiap sumber timbulan sampah (Vigil et al, 1993). Metode pengukuran yang baik dalam menentukan timbulan sampah adalah dengan melakukan detail analisa keseimbangan material sampah pada setiap sumber yang menghasilkan sampah. Tahapan dalam melakukan analisis *mass balance* yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah timbulan sampah, jumlah timbulan sampah diketahui dengan melakukan survei lapangan, dan jumlah timbulan sampah diketahui dalam satuan volume maupun berat per kapita perhari
2. Mengetahui komposisi sampah, komposisi sampah terdiri dari sampah basah dan sampah kering yang pewadahnya dipisahkan berdasarkan jenisnya
3. Nilai *recovery factor* diketahui dengan penelitian langsung di lapangan pada proses pemilahan sampah. Besar nilai *recovery factor* menunjukkan nol karena sampah yang tercampur dan tidak memiliki nilai ekonomis, serta tidak dapat dijual dalam jumlah sedikit (Astari, 2010)

Perhitungan analisis *mass balance* dilakukan dengan mengetahui jumlah timbulan sampah, komposisi sampah, dan nilai *recovery factor*. Berikut merupakan perhitungan potensi reduksi sampah menggunakan analisis *mass balance*:

Tabel 2.3
Perhitungan Mass Balance Analysis

Jenis Sampah	Berat Sampah (kg)		Rf (%)	Berat Reduksi (kg)	Berat Residu (kg)
Kertas	Besaran	berat	Besaran Rf	Berat sampah (kg)	Berat sampah (kg)
Plastik	sampah			x Rf : 100 %	– Berat R (Kg)
Kain					
Kayu					
Karet					
Kaca					
Logam					
Lain-lain					
Total	Σ berat sampah			Σ berat R	Σ berat residu

Sumber: Sari, 2011

Analisis mass balance dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui berat potensi tiap jenis sampah yang diolah di TPST Bhakti Bumi II

2.3.3. Analisis Kebutuhan Kapasitas Pengolahan Sampah TPST

Kapasitas pengolahan sampah menurut Permen PU No 3 tahun 2013 dihitung berdasarkan kebutuhan lahan untuk keperluan kegiatan sorting dan kebutuhan luas penampungan setiap 1 m³ bahan terpilah dengan memperhitungkan maksimum waktu penyimpanan. Kapasitas pengolahan sampah TPST berdasarkan jenis sampah dan teknologi pengolahan sampah. Kapasitas dihitung berdasarkan parameter luas lahan, tenaga kerja, dan waktu operasional.

A. Kebutuhan Lahan Pengolahan Sampah Organik

Pengolahan sampah organik yang diolah menjadi produk briket terdapat beberapa tahap pengolahan yaitu proses pencacahan dan proses pengeringan. Kebutuhan lahan untuk proses recycle sampah organik menjadi briket yaitu:

$$L_1 \text{ pencacahan} = \frac{V \text{ sampah recycle}}{\text{kapasitas mesin } (\frac{m^3}{jam})} \quad (2-4)$$

$$L_2 = \frac{V \text{ sampah hasil pencacahan}}{t} \quad (2-5)$$

$$Total \text{ Luas} = L_1 + L_2 \quad (2-6)$$

B. Kebutuhan Lahan Pemanfaatan dan Pengolahan Sampah Anorganik

1. Kebutuhan Luas Lahan Pengolahan Reuse

Kebutuhan luas lahan dalam proses reuse yaitu pemanfaatan kembali sampah dengan memilah sampah yang memiliki nilai jual seperti sampah kertas, gelas.kaca, plastik, dan logam. Menurut Permen PU No.3 Tahun 2013 yakni tinggi maksimum timbunan sampah adalah 0,5 m. Luas yang dibutuhkan dalam komponen sampah *reuse* dengan volume bak penimbunan yang butuhkan yaitu:

Tabel 2.4

Dimensi Bak Penampungan Sampah Reuse

Material	Volume Sampah (m ³)	Dimensi Bak	Kebutuhan Lahan (m ²)
Kertas	Volume Hasil	1,5 x 0,8	
Gelas/Kaca	Pengamatan	1,5 x 0,5	
Plastik		1,5 x 0,8	
Logam		2,0 x 0,5	
Total			

Sumber: Lampiran Permen PU No. 3 PRT/M/Tahun 2013

2. Kebutuhan Lahan Pengolahan Insenerator

Teknologi insenerator adalah salah satu alat pemusna sampah yang dilakukan dengan proses pembakaran suhu tinggi secara terpadu, sehingga aman bagi lingkungan. Insenerator

mampu membakar habis semua sampah menjadi abu. Pembakaran sampah pada TPST Bhakti Bumi II menggunakan pembakaran bertingkat (*double burner with scrubber*) sehingga emisi yang melalui cerobong tidak berbau. Lahan untuk penempatan insenerator dapat dihitung dengan perhitungan menurut (Azarini, 2017) sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{V \text{ sampah } (m^3)}{\text{tinggi bunker } (m)} \right) \quad (2-7)$$

2.3.4. Analisis Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ dari pengolahan sampah menggunakan tipe insenerator. Perhitungan emisi insenerator berdasarkan IPCC Tahun 2006 dengan rumus yaitu,

$$CO_2 \text{ Emissions} = MSW * \sum_i (WF_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i * TI_i * OM_i) * \frac{44}{12} \quad (2-8)$$

Keterangan:

MSW : total volume sampah insenerator (Gg/yr)

WF_i : fraksi dari tipe sampah insenerator

- *kain* : 2,7
- *pempers* : 16,3
- *plastik* : 7,2
- *kertas* : 12,9

dm_i : dry matter content in the component fraction

- *kain* : 30
- *pempers* : 60
- *plastik* : 100
- *kertas* : 44
- $dm = \sum_i (WF_i * dm_i)$

CF_i : fraction of carbon in the dry matter

- *kain* : 50
- *pempers* : 70
- *plastik* : 75
- *kertas* : 46
- $CF = \sum_i (WF_i * CF_i)$

FCF_i : fraksi dari bahan bakar

- *kain* : 20
- *pempers* : 10
- *plastik* : 100

- *kertas* : 1
- $FCF = \sum_i (WF_i * FCF_i)$

OF_i : oksidasi faktor (6 kg/Gg CH₄)

TI_i : tipe insenerator (41 g N₂O/t)

OM_i : mode penggunaan insenerator (50 g N₂O/t)

44/12: konfersi faktor dari C ke CO₂

Emisi yang dihasilkan pengaruhi oleh jumlah sampah untuk insenerator yang dinyatakan dalam massa sampah (Gg). Massa sampah dihitung dengan cara mengalikan volume sampah dengan massa jenis. Dalam perhitungan emisi gas CO₂ ini dihitung dalam waktu satu tahun. Sehingga persamaan massa sampah untuk proses insenerator.

$$M_i = V \text{ sampah} \times \text{Massa Jenis} \times 365 \times 10^{-6} \quad (2.9)$$

2.3.5. Mixture Design

Metode *mixture design* merupakan salah satu metode yang memberikan rekomendasi yang terbaik berdasarkan proporsi variabel yang digunakan. Metode ini mempertimbangkan bahwa permeabilitas yang tinggi juga membatasi satu sama lain. Metode ini juga bertujuan untuk mengoptimalkan variabel yang memiliki target, seperti dalam penelitian yang dilakukan Najm, volume aspal semen dioptimalkan untuk melapisi semia agregat dan mempertahankan konten rongga udara yang ditargetkan menjamin daya tahan campuran (Najm, 2002). Menurut Cornell (1990), *mixture design* merupakan suatu metode perancangan percobaan kumpulan dari teknik matematika dan statistika dimana variabel respon diasumsikan bergantung pada proporsi relatif ingridien penyusunnya, dan bukan dari jumlah total campuran ingridien tersebut. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa variabel respon merupakan fungsi dari proporsi relatif setiap komponen atau bahan penyusun dalam suatu formula. Salah satu tujuan dari penggunaan perancangan metode *mixture design* ini adalah untuk mengoptimalkan respon yang diinginkan, sehingga menghasilkan model perencanaan yang optimal. Rancangan *mixture design* terdapat dalam software dalam program *Design Expert* 10.0, dimana software tersebut untuk melakukan optimasi rancangan produk model (Wahyudi, 2012). Program software *Design Expert* 10.0 memiliki beberapa rancangan statistika yang digunakan dalam proses optimasi seperti,

1. *Factorial design*, digunakan untuk mengidentifikasi faktor vitas yang mempengaruhi proses dan pembuatan produk di dalam percobaan sehingga dapat memberikan peningkatan

2. *Response design*, digunakan untuk menentukan proses yang paling optimal sehingga diperoleh hasil yang paling optimal
3. *Mixture design*, digunakan untuk menentukan formula yang optimal didalam formulasi produk
4. *Combined design* (*combine process variables, mixture component, and categorical factors*), digunakan untuk penentuan optimasi proses dan formulasi didalam pembuatan produk

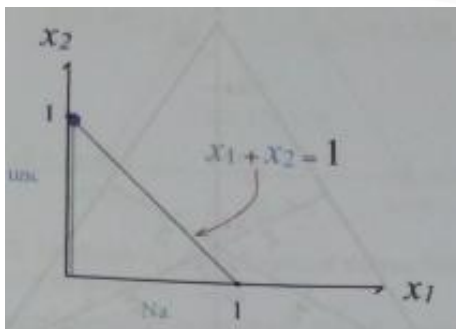
Menurut Cornell (1990), persamaan polinomial ME dapat memiliki berbagai macam ordo, seperti mean, linier, kuadratik, kubik, dan spesial kubik. Namun model persamaan polinomial yang sering digunakan dalam formulasi adalah model ordo linier dan kuadratik.

- a. Linier $Y = ax_1 + bx_2 + cx_3 \dots kx_k$
- b. Quadratic $Y = ax_1 + bx_2 + dx_1x_2 + ex_2x_3 + fx_1x_3 \dots kx_k$
- c. Cubic $Y = ax_1 + bx_2 + dx_1x_2 + ex_2x_3 + fx_1x_3 + g(x_1x_2x_3) + h(x_1x_2(x_1 - x_2)) + i(x_1x_3(x_1 - x_3)) + j(x_2x_3(x_2 - x_3)) \dots kx_k$
- d. Special Cubic $Y = ax_1 + bx_2 + dx_1x_2 + ex_2x_3 + fx_1x_3 + g(x_1x_2x_3) \dots kx_k$

Keterangan :

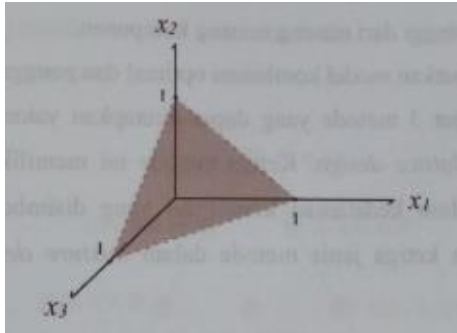
- | | | | |
|----------------|------------------------|----------------|----------------------------|
| Y | : Variabel terikat | X ₃ | : Komponen Kombinasi 3 |
| X ₁ | : Komponen Kombinasi 1 | X _k | : Komponen Kombinasi ke k |
| X ₂ | : Komponen Kombinasi 2 | k | : Jumlah komponen campuran |

Keempat persamaan memiliki jumlah komponen pembentuk regresi dimana setiap jenis regresi memberikan pengaruh berbeda terhadap nilai respon. Model regresi terbaik yang digunakan yaitu regresi yang memiliki nilai terbaik dalam uji statistika. Jumlah komponen campuran dalam *mixture design* disimbolkan dengan k dimana jika nilai k = 2 maka komponen pembentuk berjumlah 2 yaitu x₁ dan x₂. Permodelan kombinasi menggunakan 2 komponen ini digambarkan pada bidang datar dengan dua garis sumbu x dan y seperti pada **Gambar 2. 4**.



Gambar 2.5 *Contour Plot Mixture Design* dengan 2 Komponen
Sumber : Minitab.com

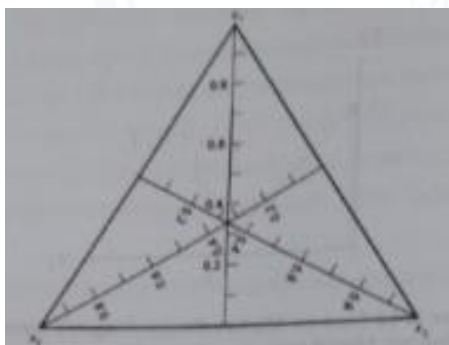
Pada *contour plot mixture design* dengan dua komponen permodelan digambarkan dalam bentuk bidang datar yang terdiri dari dua sumbu yaitu sumbu horizontal x_1 yang mewakili komponen 1 dan sumbu vertikal mewakili komponen 2 atau x_2 , dimana nilai peluang model kombinasi digambarkan garis persamaan $x_1 + x_2 = 1$.



Gambar 2.6 Contour Plot Mixture Design dengan 3 Komponen

Sumber : Minitab.com

Jumlah komponen pembentuk regresi sama dengan 3 atau $k = 3$, maka terdapat tiga sumbu yang mewakili 3 komponen yaitu x_1 , x_2 , x_3 dan membentuk bidang segitiga seperti pada **Gambar 2.5**. Setiap sudut segitiga berhimpit dengan titik pada tiap garis sumbu yang mewakili nilai maksimal kombinasi dengan nilai yaitu 1. Pada penelitian ini jumlah komponen permodelan kombinasi *mixture design* yang digunakan yaitu 3 komponen sehingga peluang kombinasi dapat digambarkan dengan *contour plot* bidang segitiga, dapat berupa segitiga sama kaki atau sama sisi dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.7 Contour Plot 3 Komponen

Sumber: Minitab.com

Pada bidang segitiga terdapat 3 sumbu mewakili nilai maksimal pada masing-masing komponen kombinasi yaitu dengan nilai x_1 , x_2 , x_3 dimana nilai maksimal untuk ketiga komponen yaitu 1. Garis yang dilengkapi dengan titik nilai menggambarkan rentang nilai terendah dan tertinggi dari masing-masing komponen. Persamaan dengan ordo linier seringkali memberikan deskripsi bentuk geometri (3-D) permukaan respon yang kurang memadai. Oleh karena itu, dalam formulasi lebih diharapkan menggunakan model

persamaan polinomial ordo kuadratik (Cornell, 1990). Tujuan utama dari mixture design adalah:

1. Memodelkan prediksi pengaruh campuran komponen terhadap variabel respon dengan bentuk persamaan matematika
2. Mengetahui campuran yang memberikan nilai optimal

Model kombinasi optimal dan penggambaran *contour plot* pada *mixture design* didapatkan dengan menggunakan 3 metode yang dapat diterapkan yaitu *simplex lattice*, *simplex centroid lattice*, dan D-optimal. Ketiga metode ini memiliki ciri masing-masing yang dapat dijelaskan sebagai berikut ini:

1. *Simplex lattice design* memiliki perbedaan dalam jumlah kedalaman kombinasi dimana nilainya dapat diatur sesuai tingkat ketelitian yang diinginkan oleh peneliti. Desain ini digunakan untuk mengoptimalkan variabel formula dengan mengubah konsentrasi secara bersamaan dan menjaga konsentrasi total tetap konstan (Patel et al., 2007). Dengan metode *mixture design* jumlah tingkat kedalaman kombinasi atau m berjumlah 10. Jumlah kombinasi metode *simplex lattice design* dirumuskan dalam persamaan $\frac{(p+m-1)}{m(p-1)}$, dengan p adalah jumlah variabel kombinasi dan m adalah tingkat kedalaman kombinasi.
2. *Simplex centroid lattice* adalah metode *mixture design* dimana jumlah kedalaman kombinasi menggunakan desain *centroid* atau pusat dengan titik data yang terletak di setiap sudut, tiga titik tengah di setiap sisi, serta pusat dan sangat efektif menunjukkan signifikansi yang terkait dengan tiga komponen utama. Sampel kombinasi mengambil nilai tengah dari masing-masing rentang nilai variabel kombinasi. Jumlah sampel kombinasi metode *centroid lattice* dirumuskan dalam persamaan $N = 2^p - 1$ dengan p adalah jumlah variabel kombinasi. Sampel kombinasi campuran yang berbeda dapat dioptimalkan dengan menggunakan model ini sehingga berkurangnya jumlah campuran yang digunakan karena poin utama terletak pada simpul tengah. Campuran ditentukan oleh rasio yang diasumsikan dengan nilai rata-rata komponen bukan dari jumlah dari jumlah masing-masing komponen. Kelemahan dalam metode ini yaitu nilai komponen kombinasi harus sama pada setiap komponen (Yoshiara et al., 2012).
3. *Extreme lattice design* atau D-optimal memiliki ciri khusus yaitu desain campuran dalam bidang segitiga yang dibatasi oleh sebuah *simplex*. Pembatasan ini dikarenakan bahwa beberapa bagian dari semua bahan yang diperlukan untuk unit eksperimental kombinasi memiliki jumlah atau proporsi yang berbeda. D-optimal juga merupakan

design yang dibangun atau dibentuk untuk meminimalkan varian keseluruhan dari regresi yang diprediksi koefisien dengan memaksimalkan nilai penentu matriks informasi. Keuntungan dari *design* ini adalah memiliki sampel run lebih sedikit sehingga biaya eksperimen rendah, tetapi wilayah penelitian tidak teratur (Zen et al, 2015).

Pengambilan nilai optimasi pengolahan sampah pada TPST Bhaktu Bumi II dengan menggunakan software *Design Expert 10.0*, yang menyediakan fasilitas *mixture design* dengan metode *Simplex Lattice Design*, dikarenakan memiliki nilai hasil konsentrasi yang konstan, dan memaksimalkan pengoptimalan pengolahan sampah untuk mengurangi sampah yang ada di TPST, juga alat pengolahan dapat menampung sampah yang akan di kelola. Beberapa tahapan untuk menentukan kombinasi tipe pengolahan sampah terbaik dengan model *mixture design* menurut Wahyu, 2017:

1. Menentukan tujuan utama permodelan
2. Menentukan variabel respon (y) dan komponen kombinasi (x)
3. Penentuan batas kombinasi
 Penentuan batas difungsikan agar nilai kombinasi dapat memenuhi target yang diinginkan dalam sebuah penelitian. Dalam penelitian yang dilakukan oleh El Malah et al, penentuan batas bawah dapat dimulai dari 0 sebab penentuan hal tersebut agar target yang diharapkan dalam penelitian dapat terpenuhi.
4. Pembuatan sample kombinasi
5. Perhitungan nilai respon
6. Overlay kombinasi
7. Interpretasi hasil uji statistika

Dalam analisis hasil uji statistika merupakan tahapan akhir untuk memilih jenis persamaan regresi yang terbaik dan dipilih merupakan kombinasi terbaik yang dihasilkan dengan beberapa pertimbangan yaitu:

- a. Jumlah masing-masing ketiga komponen pembentuk harus memiliki nilai maksimum kombinasi yang sama
- b. Komponen kombinasi harus memiliki sebaran data normal
- c. Terdapat hubungan linier yang signifikan antara variabel bebas (X) dan variabel tergantung (Y) digambarkan dengan nilai R S-square

2.4. Optimasi Pengolahan Sampah

Optimasi merupakan sebuah topik yang menjadi perhatian bagi beberapa orang yang akan membuat keputusan, sehingga dapat diambil keputusan yang optimal (Mulya, 2017). Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi menurut ilmu matematika digunakan untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata (Mindaputra, 2009). Menurut Budianto (2013), optimasi berarti pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks. Optimasi juga dapat diartikan sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi.

Nilai optimal adalah nilai yang didapatkan melalui proses dan dianggap suatu solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada. Nilai optimal ini dapat dicari dengan dua cara, yaitu;

1. Cara konvensional, yaitu mencoba semua kemungkinan yang ada dengan mencatat nilai yang didapat cara ini kurang efektif, karena optimasi akan berjalan secara lambat
2. Cara kedua adalah dengan menggunakan suatu rumus sehingga nilai optimal dapat diperkirakan dengan cepat dan tepat

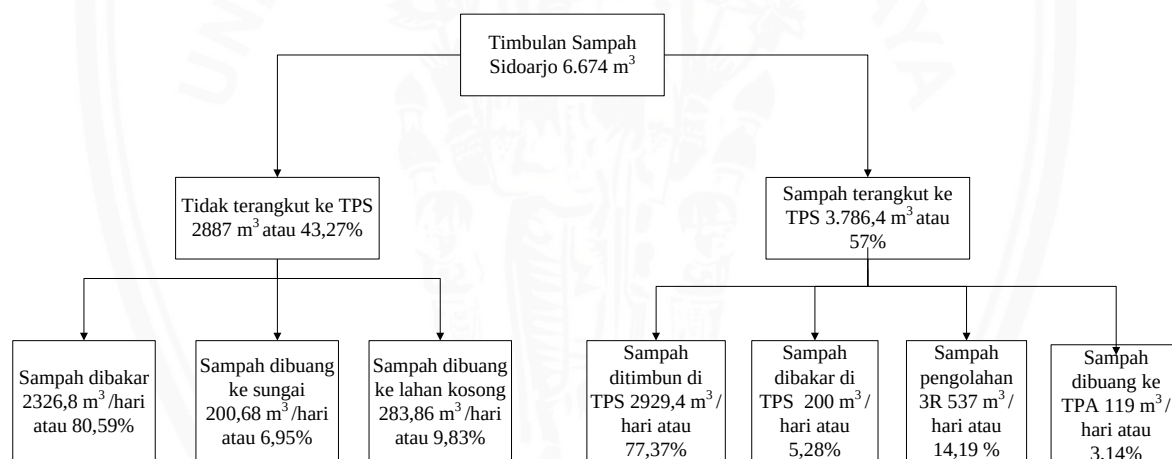
Persoalan yang berkaitan dengan optimisasi sangat kompleks dalam kehidupan sehari-hari. Berikut ini adalah beberapa persoalan yang memerlukan optimisasi. Menentukan lintasan terpendek dari suatu tempat ke tempat yang lain, menentukan jumlah pekerja seminimal mungkin untuk melakukan suatu proses produksi agar pengeluaran biaya pekerja dapat diminimalkan dan hasil produksi tetap maksimal, mengatur jalur kendaraan umum agar semua lokasi dapat dijangkau, mengatur routing jaringan kabel telepon agar biaya pemasangan kabel tidak terlalu besar. Salah satu persoalan optimasi saat pembagian tugas atau biasa disebut jobdesk yang mengharuskan seorang proyek manager dapat mengoptimalkan seluruh sumberdaya yang ada. Namun tentunya hal tersebut cukup sulit untuk dilakukan bila menggunakan cara konvensional dan belum tentu memberikan hasil yang optimal. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat membantu pengambilan keputusan tersebut dan memberikan hasil yang optimal. Dalam penelitian Mulya, (2017) untuk menyelesaikan persoalan penugasan yaitu menggunakan algoritma Hungaria. Metode Hungaria adalah sebuah algoritma kombinasi untuk optimasi yang digunakan untuk menemukan solusi optimal dari permasalahan Personal Assignment Method.

Optimasi pengolahan sampah yaitu suatu strategi dimana untuk mengoptimalkan atau memaksimalkan kinerja pengolahan sampah sesuai dengan target yang diinginkan, seperti pengurangan volume sampah yang masuk ke TPA (Budianti, 2013). Dalam penelitian ini optimasi yang dilakukan yaitu dengan pencarian nilai terbaik (minimal atau maksimum) pada volume sampah yang dapat diolah melalui proses *recycle*, insenerator dan *reuse* di TPST Bhakti Bumi II. Nilai terbaik volume sampah yang ideal diambil yaitu hasil optimal menurut perhitungan aspek teknis (kebutuhan lahan), aspek ekonomi (BCR), dan aspek lingkungan (emisi CO₂). Alat yang membantu dalam pengambilan keputusan optimasi pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II ini yaitu dengan metode Mixture Design, sehingga diperoleh volume sampah yang ideal dan dapat memenuhi ketiga aspek.

2.5. Tinjauan Kebijakan

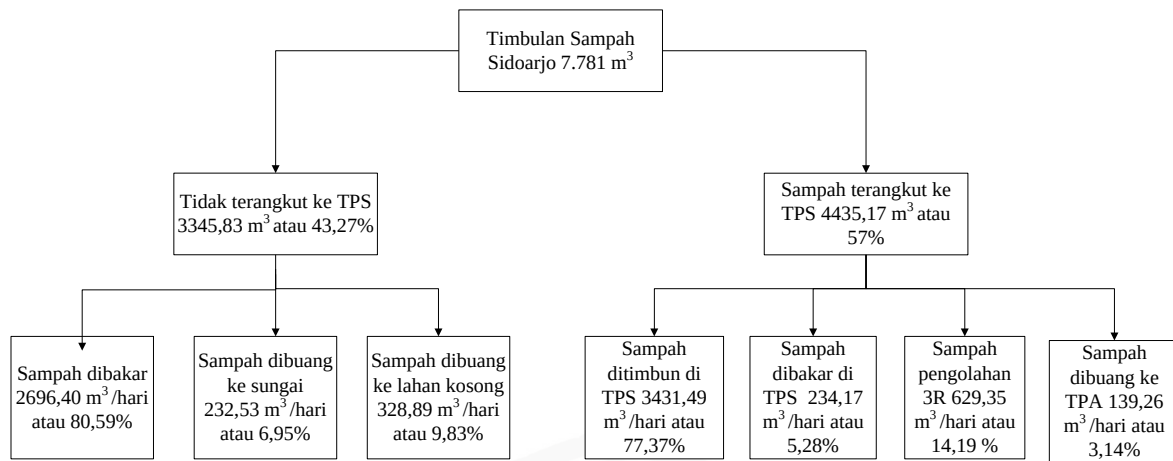
A. Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033

Pemerintah Kabupaten Sidoarjo memiliki target pengurangan volume sampah sebesar 14% setiap tahunnya berdasarkan gambar diagram pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Pengelolaan Sampah di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013

Sumber: Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033



Gambar 2.9 Pengelolaan Sampah di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2017

Pengelolaan sampah di Kabupaten Sidoarjo dilaksanakan dengan beberapa metode diantara lain yaitu

1. Pusat daur Ulang

Pusat daur ulang (*recycling center*) merupakan tempat dimana sampah akan mengalami beberapa tahapan proses pemilahan untuk dimanfaatkan kembali. Proses yang diterapkan umumnya meliputi;

- Pencacahan untuk memperkecil ukuran sampah
- Pemisahan komponen ringan (plastik dan kertas)
- Pemisahan logam besi
- Pemisahan aluminium
- Pemisahan organik

Proses pemisahan dapat dilakukan dengan mesin maupun dengan tenaga manusia. Komponen yang telah terpisah dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya sampah organik untuk kompos, sampah ringan untuk pembakaran atau daur ulang, dan sebagainya.

2. Pengomposan

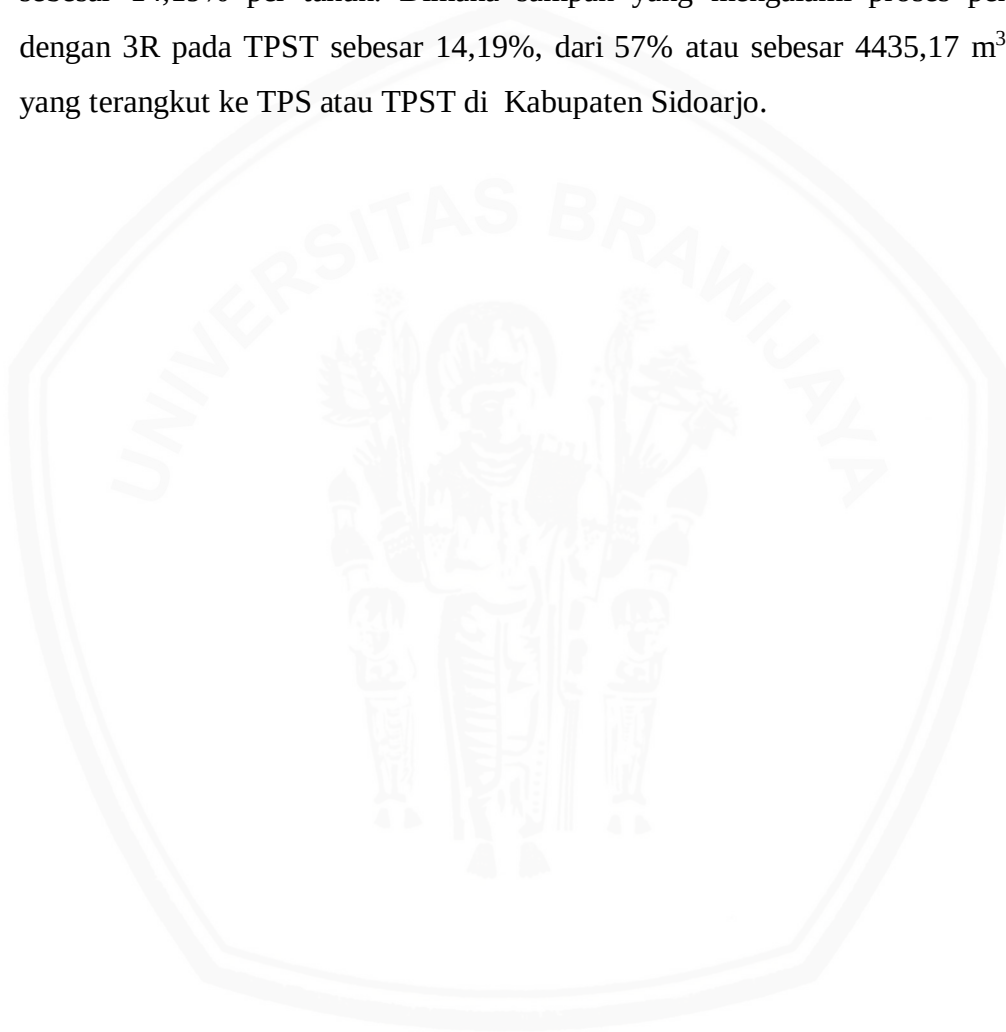
Proses pengomposan skala kota dapat dilakukan dengan metode *windrow* atau mekanis.

- Pengomposan dengan metode *windrow* dilakukan seperti dalam pembahasan sebelumnya, hanya dengan skala yang lebih besar
- Pengomposan dengan metode mekanis dilakukan dengan bantuan mesin-mesin pengaduk untuk menjamin berlangsungnya proses aerobik

3. Pembakaran Terkendali

- Pembakaran secara terkendali dilakukan dalam unit pembakaran yang disebut insinerator.
 - Suhu pembakaran harus dijaga tidak kurang dari 900 C untuk mencegah terbentuknya gas yang berbahaya.
4. Metode lainnya

Adapun dalam target penurunan volume sampah menurut masterplan persampahan adalah setiap TPST di Kabupaten Sidoarjo mampu mengurangi volume sampah sebesar 14,19% per tahun. Dimana sampah yang mengalami proses pengolahan dengan 3R pada TPST sebesar 14,19%, dari 57% atau sebesar 4435,17 m³ sampah yang terangkut ke TPS atau TPST di Kabupaten Sidoarjo.



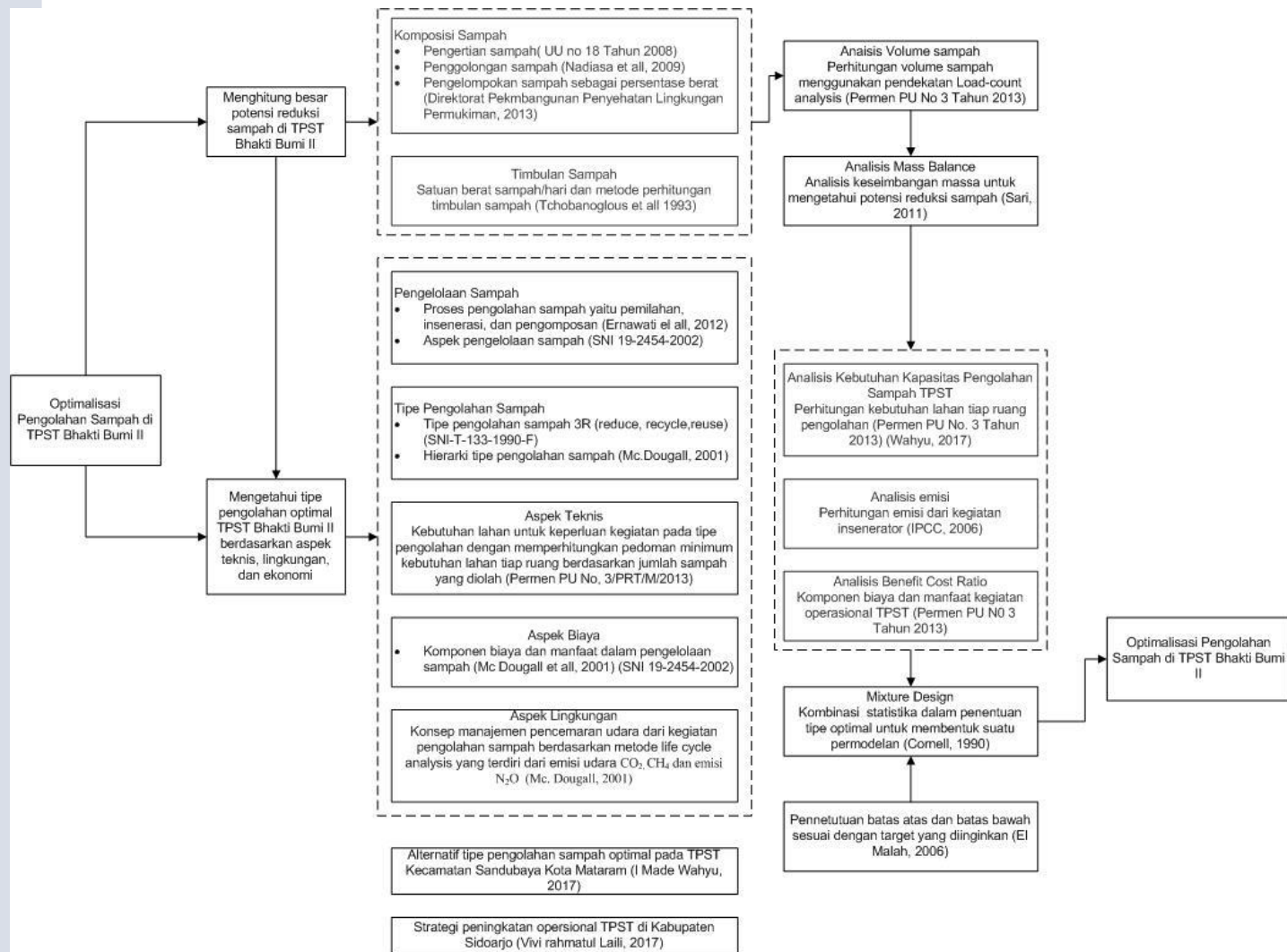
2.6. Studi Terdahulu

Tabel 2.5
Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tahun	Tujuan	Variabel	Metode Analisis	Penggunaan dalam Penelitian
1.	Sari, Filosivia Titis dkk	Perencanaan <i>Material Recovery Facility</i> Secara Manual di TPA Bulusan Banyuwangi	2011	- Mengetahui timbulan sampah dan komposisi sampah di TPA Bulusan Banyuwangi - Menentukan metode pengelolaan sampah organik dan anorganik di TPA Bulusan Banyuwangi - Merencanakan <i>Material Recovery Facility</i> (MRF) di TPA Bulusan Banyuwangi	- Volume sampah - Komposisi sampah <i>Recovery factor</i>	- Analisis timbulan dan komposisi sampah - Analisis berat/volume (<i>mass balance</i>)	Penelitian Sari digunakan untuk menjadi referensi di penelitian. Penelitian Sari digunakan dalam penggunaan analisis mass balance untuk mengetahui potensi reduksi sampah
2.	Riduwan Mulya & Silvester Dian Handy Permana	Sistem Penunjang Keputusan untuk Optimasi Penugasan dalam Proyek Pengembangan Website dengan Menggunakan Algoritma Hungarian	2017	Membantu manager untuk pengambilan keputusan dalam bidang penjadwalan atau penugasan	- Karyawan - Tugas atau penugasan	Metode Algoritma Hungarian	Penelitian ini digunakan untuk menjadi referensi dalam pengertian untuk interpretasi dari optimasi
3.	I Made Wahyu	Alternatif Tipe Pengolahan Sampah Optimal pada TPST Kecamatan Sandubaya Kota Mataram	2017	- Menghitung volume sampah harian sampah rumah tangga Kecamatan Sandubaya - Mengetahui sistem pengelolaan persampahan Kecamatan Sandubaya - Mengetahui jenis pengolahan optimal TPST Kecamatan Sandubaya berdasarkan beberapa aspek	- Komposisi sampah - Timbulan sampah - Pengumpulan - Pengangkutan - Pengolahan - Aspek teknis (Kebutuhan Lahan dan Tenaga Kerja)	- Analisis potensi timbulan dan berat sampah menurut jenis - Perhitungan kebutuhan lahan TPST - Penentuan prioritas	Penelitian ini digunakan dalam menganalisis mixture dengan penurunan ketiga variabel aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi. Selain itu penelitian ini sebagai panduan interpretasi hasil analisis Mixture Design

No	Penulis	Judul	Tahun	Tujuan	Variabel	Metode Analisis	Penggunaan dalam Penelitian
4.	Vivi Rahmatul Laili	Strategi Peningkatan Operasional TPST di Kabupaten Sidoarjo	2017	- Menentukan faktor-faktor pendorong dan penghambat operasional TPST - Mengevaluasi operasional TPST berdasarkan aspek teknis, kelembagaan, dan finansial - Menyusun strategi operasional TPST di Kabupaten Sidoarjo	- Aspek Lingkungan (pencemaran udara) - Aspek ekonomi - Komposisi sampah - Timbulan sampah - Jumlah penduduk - Aspek teknis - Aspek finansial - Aspek kelembagaan - Tarif retribusi	- perelayanna wilayah - Perhitungan emisi karbon - Benefit Cost Ratio (BCR) - Mixture Design - Proyeksi penduduk - Analisis stakeholder - Analisis delphi - Analisis SWOT	pemilihan tipe optimal pengolahan sampah Penelitian ini digunakan dalam mengamsumsikan persentase komposisi sampah menurut jenis, dan nilai recovery faktor dalam wilayah studi.
5.	Abou Najm	<i>An optimisation model for regional integrated solid waste management Model formulations</i>	2002	- Menguji pengaruh konstituen mortar dan properti di proporsi dari PC - Menyelidiki efek volume mortar pada sifat dan proporsi dari PC - Studi efek dari diameter eksperimen pada konten tekanan yang diukur dari kekuatan dan udara dari PC - Mengusulkan sebuah model untuk prediksi kuat tekan PC untuk rongga udara yang diberikan	- Volume mortar - Massa agregat - Massa pasir - Massa air - Massa semen	Mixture Design	Penelitian ini digunakan untuk penggunaan analisis mixture design dalam satuan proporsi (%), tetapi dalam penelitian ini telah ditentukan oleh peneliti batas atas maupun batas bawah setiap variabel komponen.

No	Penulis	Judul	Tahun	Tujuan	Variabel	Metode Analisis	Penggunaan dalam Penelitian
6.	Bionita Azarini	Studi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik dengan Metode Insinerasi	2017	• Untuk mengetahui mekanisme proses mengolah sampah menjadi energi listrik • Untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan dari pengolahan sampah di TPA Putri Cempo • Untuk mengetahui lahan yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTSA	• Volume sampah • Berat sampah • Densitas sampah	• Deskriptif • Kebutuhan lahan	Penelitian ini digunakan untuk menjadi referensi dalam penggunaan rumus perhitungan kebutuhan luas lahan pengolahan sampah dengan metode insenerasi



Gambar 2.10 Kerangka Teori



“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Definisi Operasional

Definisi operasional digunakan sebagai batasan pembahasan dalam penelitian ini, berikut merupakan definisi operasional penelitian optimasi pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo:

1. Optimasi

Optimasi adalah teknik untuk memaksimalkan atau mengoptimalkan variabel dengan tujuan untuk mengelola variabel tersebut (Rizkyargo et al, 2016). Optimasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata secara sistematis dilakukan pemilihan nilai variabel yang memberikan solusi optimal. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan untuk memberikan nilai optimal terdiri dari tiga variabel, yaitu aspek teknis yang dilihat dari kebutuhan lahan $> 800 \text{ m}^2$, aspek ekonomi dilihat dari nilai $\text{BCR} < 1$, dan aspek lingkungan dilihat dari nilai emisi terendah.

2. Reduksi sampah

Reduksi sampah adalah kegiatan pengurangan volume sampah yang dapat dimanfaatkan kembali, di daur ulang atau *recovery* (Sulistyo, 2010). Dalam penelitian ini reduksi sampah adalah besar potensi sampah organik yang dapat berkurang karena adanya pengolahan sampah dari hasil proses pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II berupa sampah organik yang berubah menjadi briket, sampah anorganik dengan proses daur ulang dan dijual ke pabrik juga menggunakan metode insenarator yang menghasilkan paving block.

3. *Mixture Design*

Mixture design merupakan metode yang digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen untuk melihat apakah pencampuran dua komponen atau lebih tersebut menghasilkan produk akhir dengan sifat yang diinginkan, dibandingkan dengan menggunakan komponen tunggal untuk menghasilkan produk yang sama (Cornell, 1990). Pengaruh variabel campuran kombinasi terhadap variabel respon dinyatakan dalam persamaan regresi, dimana dalam pengoptimal pada sistem pengolahan di

TPST Bhakti Bumi II dengan variabel kombinasi yaitu recycle (x_1), Insenerator (x_2), reuse (x_3), dengan variabel terikat aspek teknis (Y_1), aspek ekonomi (Y_2), dan aspek lingkungan (Y_3).

4. Batas Atas dan Batas Bawah *Mixture Design*

Penentuan batas atas dan batas bawah salah satu langkah untuk menjalankan software mixture design. Perhitungan yang dilakukan dalam penentuan batas atas dan batas bawah nilai dari variabel X sesuai dengan kebutuhan dalam mencapai target pengoptimalan penelitian (El Mallah et al, 2006). Perhitungan batas atas dan batas bawah nilai variabel X yang digunakan dalam penelitian di TPST Bhakti Bumi II dibedakan menjadi dua jenis sampah yaitu sampah organik dan sampah anorganik menurut tipe pengolahan, dan apabila potensi volume sampah salah satu jenis yaitu sampah organik maupun sampah anorganik yang dapat dimanfaatkan telah memenuhi target pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II maka nilai batas bawah sampah lainnya dapat ditulis dengan angka 0 dan untuk batas atas yaitu 100 yang berarti bahwa nilai ideal yang dicapai dalam model kombinasi. Nilai batas atas dan batas bawah dalam penelitian ini yaitu dalam bentuk satuan prosentase.

5. Aspek Teknis

Komponen kriteria aspek teknis dalam pembangunan atau pengembangan prasarana dan sarana persampahan seperti TPS, TPST dan TPA sekurang-kurangnya meliputi parameter luas, umur, lokasi, kelengkapan prasarana dan sarana, kemudahan operasi serta sumber daya manusia yang tersedia. (Permen PU No.3/PRT/M/2013). Pada perhitungan aspek teknis di TPST Bhakti Bumi II melihat kebutuhan lahan pada setiap teknologi pengolahan yang digunakan seperti kebutuhan lahan untuk pengolahan insenerator, pengolahan sampah organik menjadi briket, dan proses daur ulang sampah. Kebutuhan dan pembagian ruang tiap tipe pengolahan berdasarkan jumlah sampah yang diolah per m^3 (Pedoman Pengelolaan Sampah 3R dari Kementerian Pekerjaan Umum).

6. Aspek Ekonomi

Komponen kriteria aspek kelayakan ekonomi meliputi rasio manfaat biaya (Benefit Cost Ratio / BCR), penentuan tarif/retribusi berdasarkan biaya investasi dan biaya operasi pemeliharaan, kemampuan pembiayaan dan subsidi pemerintah sesuai dengan kewenangan dan peraturan perundangan yang berlaku (Permen PU No.3/PRT/M/2013). Perhitungan aspek ekonomi dalam penelitian ini menggunakan analisis BCR dimana manfaat dari TPST Bhakti Bumi II berasal dari nilai jual produk

olahan sampah dan hasil retribusi, sedangkan untuk biaya berasal dari nilai biaya perawatan dan operasional serta adanya pengaruh suku bunga.

3.2. Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk mempermudah peneliti dalam melakukan perhitungan penelitian. Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Target pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan data Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033, kemudian timbunan sampah diproyeksikan pada tahun 2017.
2. Batas bawah yang digunakan yaitu 0 dan batas atas yang digunakan dalam penelitian ini 100 merupakan model yang ideal untuk metode *mixture design* dengan analisis *simplex lattice*.
3. Data prosentase jenis sampah dan nilai RF menggunakan penelitian Vivi, 2017 dikarenakan lokasi yang digunakan sama yaitu di TPST bhkti Bumi II.

3.3. Jenis Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yaitu mengevaluasi pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian secara evaluatif. Penelitian evaluatif dalam penelitian ini yaitu evaluasi sistem pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo bertujuan untuk mengoptimalkan tipe pengolahan pada TPST Bhakti Bumi II.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan hal-hal yang ingin diteliti oleh peneliti untuk mencapai tujuan studi. Dilihat dari tujuan penelitian, peneliti ingin mengevaluasi sistem pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo agar dapat menentukan alternatif pengolahan sampah yang optimal menggunakan tiga tipe pengolahan yaitu recycle, insenerator, dan reuse berdasarkan aspek pengembangan TPST sesuai dengan Permen PU No.3/PRT/M/2013. Berdasarkan teori dan pandangan dari hasil studi yang pernah dilakukan, peneliti menentukan variabel yang digunakan terdapat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1
Variabel Penelitian

Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Parameter	Dasar Teori
Menghitung besar potensi reduksi sampah yang di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo	• Komposisi sampah		Komposisi sampah organik dinyatakan dengan satuan persen (%) berat (kg) atau satuan persen (%) volume (m ³) sampah organik (sampah makanan, daun, dan ranting) dan sampah anorganik (sampah plastik)	SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan
	• Volume • sampah		Volume sampah diukur berdasarkan jumlah alat angkut sampah masuk ke TPST dengan satuan volume dan ritasi pengangkutan	Tchobanogloss, 1993
Menentukan model pengolahan sampah terbaik di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan aspek teknik, ekonomi, dan lingkungan	• Aspek teknis (kebutuhan lahan dan tenaga kerja)	Kebutuhan ruang pengolahan/luas lahan	• Kebutuhan penerimaan ruang	Permen PU no.3/PRT/M Tahun 2013 dan Studi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik dengan Metode Inerasi (Azarini, 2017)
			• Kebutuhan pemilahan ruang	
			• Kebutuhan pengeringan ruang	
			• Kebutuhan penyimpanan ruang	
			• Kebutuhan insenerator ruang	
		Kebutuhan tenaga kerja	• volume sampah yang diolah • waktu pengolahan	
	• Aspek lingkungan (pencemaran udara)	Emisi carbon pengolahan sampah	• Emisi CO ₂ proses insenerator (Gg CO ₂ /waste)	Guide IPCC 2006 Incinerator and Open Burning of Waste
	• Aspek ekonomi (<i>tangible</i>)		• Biaya pengolahan – Biaya listrik pemilahan sampah – Biaya mesin pengering briket – Biaya perekat briket – Biaya listrik mesin insenerator – Biaya semen – Biaya sekop – Biaya karung pengemasan	Alternatif Tipe Pengolahan Sampah Optimal pada TPST Kecamatan Sandubaya Kota Mataram (Wahyu, 2017) & Analisis Tekno Ekonomi Briket Arang dari Sampah Dau Kering (Mulyati, 2016)
		Biaya	• Biaya tenaga kerja	
		Manfaat	• Biaya hasil penjualan produk olahan • Retribusi	

Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Parameter	Dasar Teori
	- Recycle - Insenerator - Reuse		- Sampah organik (sampah makanan, daun, ranting, dan kayu) - Sampah yang tidak bisa diambil manfaatnya (sampah pempers, kain, plastik, kertas) - Sampah anorganik (sampah plastik, kertas, logam, kaca, kaleng)	Alternatif Tipe Pengolahan Sampah Optimal pada TPST Kecamatan Sandubaya Kota Mataram (Wahyu, 2017) & Towards a Zero Waste Strategy for an English Local Authority (Cole et all, 2014)

3.5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survei primer, survei sekunder. Survei primer yang dilakukan berupa wawancara kepada tenaga kerja atau pengelola di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo dan TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, serta observasi lapangan di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo dan TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian ini menghitung volume sampah yang diangkut gerobak, pick up dan armroll truck masuk ke TPST Bhakti Bumi II selama 7 hari pada pukul 07.00-11.00 WIB dan 13.00-15.00 WIB. Adapun cara yang dilakukan peneliti dalam menghitung volume sampah yang masuk ke TPST dengan menghitung volume alat angkut sampah. Survei sekunder dilakukan dengan mencari data-data yang dibutuhkan ke instansi terkait.

3.5.1. Teknik Probability Sampling

Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah probability sampling, dimana sampel dianggap sama bagi setiap unsur atau populasi yang dipilih menjadi anggota sampel (Subagiyo, 2012). Teknik *probability sampling* yang dipilih dalam penentuan sampel pada penelitian ini adalah *simple random sampling* dimana penarikan sampel secara sederhana dengan cara random/ undian/ secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam populasi itu (Sugiyono, 2012). Pemilihan sampel ditentukan oleh kebutuhan data dalam penelitian ini. Untuk mengetahui jumlah sampel atau responden pada penelitian ini, maka dapat dihitung dengan rumus berikut (Sarwono, 2006) :

$$n = \frac{N}{N(d)^2 + 1}$$

n : Sampel

N : Populasi

d : Derajat kebebasan (misal 0,1, 0,05, 0,01)

Dalam penelitian ini bahwa penggunaan teknik sampling dengan metode *probability sampling* digunakan pada pemilihan berapa jumlah gerobak yang disurvei pada satu hari, dimana perhitungan volume gerobak dilakukan secara acak pada waktu peneliti berada di TPST dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Penelitian ini menggunakan derajat kebebasan (d) sebesar 10% yang menunjukkan tingkat kepercayaan penelitian sebesar 90%. Maka didapat jumlah gerobak yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut;

$$n = \frac{140}{140 (0,1)^2 + 1} = 58$$

Berdasarkan hasil perhitungan sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 58 gerobak per harinya. Gerobak ini dihitung untuk mengetahui volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II.

3.5.2. Survei Primer

Survei primer dilakukan dengan mencari informasi di wilayah perencanaan dengan metode wawancara dan observasi lapangan agar data yang didapat sesuai dengan kondisi eksisting. Berikut merupakan penjelasan mengenai bentuk survei primer yang digunakan, antara lain:

A. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan secara lisan kepada responden atau subjek penelitian untuk mendapatkan data yang diperlukan. Teknik wawancara yang dilakukan meliputi wawancara dengan pengelola atau tenaga kerja di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo. Hal ini dilakukan untuk mengetahui isu strategis pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo. Responden dan data yang dikumpulkan dari metode wawancara dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2
Data Survei Primer melalui Metode Wawancara

Responden	Data
Kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo	- Sistem pengelolaan sampah di Sidoarjo - Sumber sampah - Jenis armada pengangkut sampah - Alat dan sarana di pengelolaan sampah Sidoarjo - Target Pengelolaan Sampah di Sidoarjo
Kepala Pengelolaan di TPST Bhakti Bumi II	- Operasional pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo Kondisi alat dan sarana - Luas area TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo - Jenis sampah - Biaya bahan bakar transportasi alat angkut

Responden	Data
	• Jenis bahan bakar • Sistem pengangkutan • Harga jual produk hasil pengolahan • Wilayah pelayanan TPST Bhakti Bumi II • Jumlah tenaga kerja pengolahan • Jumlah pengeledek sampah • Biaya retribusi sampah • Biaya perawatan mesin pengolahan • Waktu operasional pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II

B. Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan pengamatan langsung yang dilakukan untuk mengetahui kondisi di wilayah studi dan menghasilkan dokumentasi serta data yang dihasilkan tersusun dengan rapi dan sesuai dengan kondisi lapangan. Observasi lapangan yang dilakukan berupa peneliti mencatat informasi peristiwa secara langsung yang sedang disaksikan selama penelitian. Pengamatan secara langsung dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data besar volume sampah yang masuk di TPST Bhakti Bumi II dan proses pengolahan sampah. Besar volume sampah yang masuk diamati dengan mencatat jumlah gerobak yang masuk ke TPST dengan menghitung tinggi, lebar, dan panjang pada sampel gerobak selama 7 hari yaitu pada Senin, 10 Juli 2017-Minggu, 16 Juli 2017.

C. Dokumentasi

Dokumentasi dalam studi ini dilakukan untuk memperjelas kondisi eksisting pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo.

3.5.3. Survei Sekunder

Survei sekunder adalah survei yang dilakukan secara tidak langsung karena dengan cara mengumpulkan data dari instansi pemerintah atau instansi terkait, seperti Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo. Selain itu, survei sekunder juga dapat dilakukan dengan studi literatur (*best practise*) atau dengan mencari di sumber-sumber lainnya seperti buku-buku, jurnal, literatur, dan bahan pustaka lain. Dari teknik studi literatur didapatkan kegunaan data yang dapat dijelaskan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3
Data dari Studi Literatur

No	Sumber Pustaka	Jenis Data	Kegunaan Data
1.	Buku	• Pedoman Pengolahan Sampah • Interpretasi Analisis Data Statistika • Teori Perhitungan Emisi • Teori Manajemen Pengelolaan Persampahan	• Sebagai acuan dalam penentuan variabel dan parameter penelitian • Sebagai acuan penentuan dalam perhitungan analisis

No	Sumber Pustaka	Jenis Data	Kegunaan Data
2.	Perundang-undangan	Peraturan terkait dengan sektor persampahan dan emisi • Undang-Undang • Peraturan Menteri • Standart Nasional Indonesia	• Sebagai dasar dalam penentuan komposisi sampah
3.	Jurnal, skripsi	• Penelitian-penelitian terdahulu • Teori briket terkait dengan kapasitas mesin briket • Teori insenerator terkait dengan perhitungan kebutuhan lahan • Teori persampahan terkait dengan perhitungan	

Kegiatan survei sekunder selain dari studi literatur dari buku, undang-undang dan jurnal juga dilakukan dengan melalui pengumpulan data dari instansi yang berhubungan dengan sistem persampahan di Kabupaten Sidoarjo. Data yang didapatkan dari kegiatan pengumpulan data dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4

Data Sekunder dari Instansi Terkait di Kabupaten Sidoarjo

No	Data yang Dibutuhkan	Sumber Data	Kegunaan Data
1.	RTRW Kabupaten Sidoarjo 2009	Bappeda Kabupaten Sidoarjo	• Mengetahui teknik pendekatan pengolahan sistem persampahan dengan 3R
2.	RPJMD Kabupaten Sidoarjo 2016-2021	Bappeda Kabupaten Sidoarjo	• Mengetahui kebijakan yang berlaku dalam meningkatkan pengelolaan sampah di Kabupaten Sidoarjo
3.	Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo 2013	Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo	• Mengetahui sarana dan prasarana pengelolaan sampah
4.	Sidoarjo Dalam Angka 2016	Badan Statistika Kabupaten Sidoarjo	• Sebagai gambaran umum wilayah Kabupaten Sidoarjo dan dua kecamatan yang dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II
5.	Kecamatan Sidoarjo Dalam Angka 2016	Badan Statistika Kabupaten Sidoarjo	
6.	Kecamatan Candi Dalam Angka 2016	Badan Statistika Kabupaten Sidoarjo	

3.6. Metode Analisis

3.6.1. Analisis Timbulan dan Berat Sampah menurut Jenis

Metode pengukuran yang paling baik dalam menentukan timbulan sampah serta perpindahannya dengan tingkat yang dapat diandalkan adalah melakukan secara detail analisa keseimbangan material untuk setiap sumber yang menghasilkan timbulan sampah. Adapun langkah-langkah penggunaan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi semua kegiatan yang terjadi dalam batasan tersebut dan mempengaruhi timbulan
2. Perhitungan timbulan sampah menggunakan metode *Count Load Analysis*, dimana volume sampah dihasilkan dengan menghitung total alat kumpul sampah yang masuk

ke TPST setiap hari dalam waktu 7 hari dengan mengukur volume sampah 50 gerobak, 1 mobil pickup dan 1 armroll truck.

3. Pengukuran volume sampah dengan menghitung panjang, lebar dan tinggi tiap armada pengangkut sampah yang dibagi menjadi 2 waktu yaitu pagi dan siang.
4. Menggunakan hubungan matematika yang sesuai untuk menghitung besarnya timbulan sampah, sampah yang dikumpulkan dan sampah yang disimpan

$$Vol\ Sampah = V \times rit \quad (3-1)$$

Dimana hasil volume sampah dalam satuan kg/hari

V = Volume Alat Kumpul (m^3)

Rit = Jumlah alat kumpul (rit/hari)

Untuk menghasilkan volume sampah dalam satuan kg/hari hasil dari perkalian rata-rata alat kumpul dengan jumlah ritasi selanjutnya terdapat proses pada perhitungan komponen sampah berdasarkan tiap jenis sampah atau disebut dengan komposisi sampah. Komposisi sampah dinyatakan dalam persentase yang dihitung dari berat (%berat) basah maupun kering. Dalam penelitian ini tidak lagi menghitung komposisi sampah melainkan dari studi terdahulu yang dilakukan oleh Vivi Rahmatul Laili, (2017). Komposisi sampah dari hasil penelitian Vivi memperoleh nilai komposisi sebagai berikut:

- | | |
|------------------------|----------|
| a. Sampah Makanan | : 34,45% |
| b. Sampah Daun | : 27,98% |
| c. Sampah Ranting | : 8,61% |
| d. Sampah Kayu | : 9,90% |
| e. Sampah Kertas | : 1,72% |
| f. Sampah Logam | : 0,11% |
| g. Sampah Kain/Tekstil | : 0,15% |
| h. Sampah Kaca | : 0,22% |
| i. Sampah Kaleng | : 0,19% |
| j. Sampah Plastik | : 7,62% |
| k. Sampah Pampers | : 5,17% |
| l. Lain-lain | : 3,88% |

Dari nilai komposisi sampah dapat dihitung nilai volume sampah dalam satuan kg/hari yaitu dengan melakukan perhitungan berat sampah berdasarkan jenisnya menurut Tchobanoglous, dkk. (1993) pada Tabel 3.5,

Tabel 3.5
Satuan Berat Jenis Sampah

No	Komponen Sampah	Berat Jenis (kg/m ³)
1.	Sampah basah	288,34
2.	Kayu	593,00
3.	Kertas	89,71
4.	Karton	49,66
5.	Plastik	65,68
6.	Kain	65,80
7.	Karet	129,75
8.	Kulit	160,19
9.	Kaca	195,43
10.	Kaleng	89,71
11.	Logam	320,38
12.	Abu, debu, dan lain-lain	480,57

Sumber : *Integrated Solid Waste Management, Tchobanoglous dkk, 1993*

Perhitungan volume sampah dengan satuan kg/hari dapat dihitung dengan cara mengalikan volume sampah berdasarkan persentase komposisinya kemudian dikalikan dengan berat jenis sampah menurut Tchobanoglous, dkk. (1993).

- Perhitungan potensi sampah dilakukan dengan mengetahui jumlah timbulan sampah, komposisi sampah, dan nilai *recovery factor*. Berikut merupakan perhitungan potensi reduksi sampah menggunakan analisis *mass balance*:

Tabel 3.6
Perhitungan *Mass Balance Analysis*

Jenis Sampah	Berat Sampah (kg)	Rf (%)	Berat Reduksi (kg)	Berat Residu (kg)
Kertas	Besaran berat	Besaran Rf	Berat sampah (kg)	Berat sampah (kg)
Plastik	sampah		x Rf (5) 100 %	– Berat R (Kg)
Kain				
Kayu				
Karet				
Kaca				
Logam				
Lain-lain				
Total	Σ berat sampah		Σ berat R	Σ berat residu

Sumber: Sari, 2011

Nilai *recovery* dalam penelitian di TPST Bhakti Bumi diperoleh dari studi terdahulu milik Vivi, 2017 dengan nilai pada setiap jenis sampah pada **Tabel 3.7**

Tabel 3.7
Nilai *Recovery Factor* TPST Bhakti Bumi II

Jenis Sampah	Rf
Organik	
Sampah Makanan	80%
Sampah Daun	90%
Sampah Ranting	90%
Sampah Kayu	90%
Anorganik	
Sampah Kertas	90%
Sampah Plastik	92%
Sampah Kaca	70%
Sampah Logam	98%
Sampah Kaleng	95%
Sampah Kain/Tekstil	90%
Sampah Pampers	90%

Sumber: Vivi, 2017

3.6.2. Perhitungan Aspek Teknis Kebutuhan Lahan TPST

Komponen kriteria aspek teknis dalam pembangunan atau pengembangan prasarana dan sarana persampahan seperti TPS, TPST dan TPA sekurang-kurangnya meliputi parameter luas, umur, lokasi, kelengkapan prasarana dan sarana, kemudahan operasi serta sumber daya manusia yang tersedia. (Permen PU No.3/PRT/M/2013). Pada perhitungan aspek teknis di TPST Bhakti Bumi II melihat kebutuhan lahan pada setiap teknologi pengolahan. Kapasitas TPST dihitung berdasarkan dari luas kebutuhan lahan yang tersedia untuk pengelolaan sampah, memperhitungkan maksimum waktu pengolahan, luas yang dibutuhkan untuk pengolahan sampah briket dan insenerator, dan jumlah tenaga kerja. Perhitungan kebutuhan luas lahan pada tiap ruang pengolahan yaitu

1. Kapasitas Ruang Penerimaan

Ruang penerimaan adalah ruang yang digunakan untuk menampung sampah dari masing-masing sumber sampah yang di angkut ke TPST sebelum dilakukan proses pengolahan pemilihan. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan lahan penerimaan:

$$L = \left(\frac{V \text{ sampah campuran}}{t \text{ sampah}} \right) \quad (3-2)$$

Dengan:

L : Luas Lahan (m^2)

V sampah campuran : Volume input sampah (m^3)

t sampah : Tinggi sampah (m)

2. Kebutuhan Ruang Pemilahan

Ruang pemilahan adalah ruang yang digunakan untuk proses pemilahan sampah berdasarkan jenisnya yang terdiri dari sampah organik dan anorganik. Berikut perhitungan kebutuhan lahan pemilahan menggunakan persamaan berikut:

$$L = \left(\frac{V \text{ sampah campuran}}{t \text{ sampah}} \right) \quad (3-3)$$

$$L \text{ area kerja} = \text{luas kerja per orang} \times \text{jumlah pekerja} \quad (3-4)$$

$$L \text{ conveyor} = \text{panjang} \times \text{lebar} \quad (3-5)$$

3. Kebutuhan Ruang Pengeringan

Ruang pengeringan dibutuhkan untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah melalui penguapan air yang terkandung dalam sampah. Proses pencacahan ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja penguapan pada temperatur kerja 105-120 °C di proses pengeringan sampah untuk dijadikan briket. Kapasitas mesin pencacahan mekanis adalah 2 m^3 /jam. Perhitungan ruang pengeringan didapatkan dari hasil

volume sampah pada proses pencacahan, dengan tinggi sampah pengeringan 0,5 m. Sampah yang telah mengalami reduksi dari proses pengeringan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif bentuk padat atau residu tersebut berupa briket. Berikut merupakan persamaan untuk memperoleh kebutuhan lahan pengeringan:

$$V_{\text{pencacahan}} = \frac{V_{\text{sampah recycle}}}{\text{kapasitas mesin } (\frac{m^3}{jam})} \quad (3-6)$$

$$L = \frac{V_{\text{sampah hasil pencacahan}}}{t} \quad (3-7)$$

4. Kebutuhan Ruang Penyimpanan

Ruang penyimpanan ini digunakan sebagai ruang untuk menyimpan sampah yang sudah dipilah dari sampah organik dan sampah anorganik. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan ruang penyimpanan di TPST Bhakti Bumi menurut tipe pengolahan sampah:

$$L_{\text{Penyimpanan Recycle}} = \frac{V_{\text{hasil recycle}}}{t_{\text{sampah}}} \quad (3-8)$$

$$L_{\text{Penyimpanan Insenerator}} = \frac{V_{\text{sampah insenerator}}}{t_{\text{sampah}}} \quad (3-9)$$

$$L_{\text{Penyimpanan Reuse}} = \frac{V_{\text{sampah reuse}}}{t_{\text{sampah}}} \quad (3-10)$$

5. Kebutuhan Ruang Insenerator

Teknologi insenerator adalah salah satu alat pemusnah sampah yang dilakukan dengan proses pembakaran suhu tinggi secara terpadu, sehingga aman bagi lingkungan. Insenerator mampu membakar habis semua sampah menjadi abu. Lahan untuk penempatan insenerator menurut Azarini, 2017 dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{V_{\text{sampah}}}{\text{tinggi bunker (m)}} \right) \quad (3-11)$$

3.6.3. Perhitungan Nilai Kelayakan Ekonomi *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Penentuan kelayakan nilai ekonomi dalam pengelolaan di TPST Bhakti Bumi II menggunakan metode *Benefit Cost Ratio* (BCR). Dimana nilai net B/C digunakan untuk menghitung nilai penerimaan dimasa sekarang atau mendatang dengan nilai operasional. Nilai dari BCR menunjukkan tingkat besar tambahan manfaat pada nilai biaya sebesar satu tahun. Penilaian ekonomi dalam pengelolaan sampah pada TPST Bhakti Bumi II untuk mengetahui kelayakan pada setiap tipe pengolahan yang akan diterapkan di TPST Bhakti Bumi, nilai kelayakan finansial tidak berorientasi pada besar keuntungan yang didapatkan oleh TPST tetapi lebih pada pengurangan sampah dengan meminimalkan biaya yang dikeluarkan (Wahyu, 2017). Adapun tahapan dalam penentuan nilai BCR sebagai berikut:

1. Penentuan Periode Waktu Proyek

Penentuan periode waktu proyek dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui nilai besar manfaat proyek dimulai dari tahap konstruksi TPST Bhakti Bumi II tahun 2016 hingga 20 tahun kedepan.

2. Penentuan Nilai Manfaat dan Biaya

Dalam menghitung nilai BCR diperlukan data pemasukan dan pengeluaran pada TPST Bhakti Bumi II. Dalam penelitian ini komponen pemasukan pada TPST Bhakti Bumi II diperoleh dari hasil jual nilai produk olahan sampah dan biaya retribusi penduduk yang dilayani oleh TPST. Nilai pengeluaran pada TPST Bhakti Bumi berasal dari biaya operasional yang dikeluarkan untuk pembangunan TPST mulai dari masa konstruksi, dan biaya operasional seperti biaya bensin untuk pengangkutan, operasional pengolahan, biaya perawatan, dan biaya tenaga kerja.

3. Perhitungan BCR

Perhitungan nilai BCR menggunakan rumus menurut Rahmi, 20

$$BCR = \frac{\sum_t^n \frac{B}{(1+i)^t}}{\sum_t^n \frac{C}{(1+i)^t}} \quad (3-12)$$

Keterangan :

BCR = *Benefit Cost Ratio*

i = Faktor diskonto (8%)

t = Tahun 1, 2, dan seterusnya

B = Benefit/Keuntungan

C = Cost/Biaya

3.6.4. Perhitungan Emisi Lingkungan

Perhitungan emisi lingkungan dalam penelitian di TPST Bhakti Bumi II dilihat dari emisi udara yaitu dengan batasan emisi karbon yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah dengan metode insenerator. Metode yang digunakan dalam perhitungan emisi karbon berdasarkan nilai perhitungan IPCC 2006 yang merupakan pedoman untuk semua negara dalam menghitung jumlah pencemaran lingkungan dalam gas buangan CO₂ dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$CO_2 Emissions = MSW * \sum_i (WF_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i * TI_i * OM_i) * \frac{44}{12}$$

Keterangan:

MSW : total volume sampah insenerator (Gg/yr)

WF_i : fraksi dari tipe sampah insenerator (Kg/Gg C)

- *kain* : 2,7
- *pempers* : 16,3
- *plastik* : 7,2
- *kertas* : 12,9

dm_i : dry matter content in the component fraction (Kg)

- *kain* : 30
- *pempers* : 60
- *plastik* : 100
- *kertas* : 44
- $dm = \sum_i (WF_i * dm_i)$

CF_i : fraction of carbon in the dry matter (Gg C)

- *kain* : 50
- *pempers* : 70
- *plastik* : 75
- *kertas* : 46
- $CF = \sum_i (WF_i * CF_i)$

FCF_i : fraksi dari bahan bakar (Gg C)

- *kain* : 20
- *pempers* : 10
- *plastik* : 100
- *kertas* : 1
- $FCF = \sum_i (WF_i * FCF_i)$

OF_i : oksidasi faktor (6 kg/Gg C)

TI_i : tipe insenerator (41 g C/t)

OM_i : mode penggunaan insenerator (50 g C/t)

44/12: konfersi faktor dari C ke CO₂

Emisi yang dihasilkan pengaruhi oleh jumlah sampah untuk insenerator yang dinyatakan dalam massa sampah (Gg). Massa sampah dihitung dengan cara mengalikan volume sampah dengan massa jenis. Dalam perhitungan emisi gas CO₂ ini dihitung dalam waktu satu tahun. Sehingga persamaan massa sampah untuk proses insenerator.

$$M_i = V \text{ sampah} \times \text{Massa Jenis} \times 365 \times 10^{-6} \quad (3-15)$$

3.6.5. Mixture Design

Mixture Design merupakan salah satu metode yang digunakan dalam penentuan kombinasi terbaik dalam penentuan tipe pengolahan sampah yang dapat diterapkan di TPST Bhakti Bumi II. Metode kombinasi ini terdiri dari variabel yang harus memiliki nilai penjumlahan 100% atau bernilai sama dengan 1. Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh hasil dari metode mixture design sebagai berikut:

1. Penentuan Tujuan Pembentukan Model

Penggunaan metode mixture design ini memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui kombinasi terbaik tipe pengolahan sampah yang ada di TPST Bhakti Bumi II yaitu recycle briket, reuse, dan insenerator berdasarkan aspek teknis, aspek biaya dan aspek lingkungan

2. Metode mixture design terdiri dari *simplex lattice*, *simplex centroid*, dan *extreme lattice design* (D-optimal), sedangkan dalam penelitian ini yang digunakan yaitu analisis simplex lattice, karena analisis ini memiliki nilai hasil konsentrasi yang konstan, dan memaksimalkan pengoptimalan pengolahan sampah untuk mengurangi volume sampah yang masuk ke TPA.

3. Variabel (Y) atau variabel respon sebagai parameter penentuan kombinasi yang terdiri dari aspek teknis dilihat dari kebutuhan lahan (Y_1), aspek biaya menggunakan metode BCR (Y_2), dan aspek lingkungan melalui perhitungan emisi udara insenerator (Y_3).

4. Variabel kombinasi atau variabel (X) yaitu tipe pengolahan sampah yang diterapkan di TPST Bhakti Bumi II yaitu recycle briket (X_1), insenerator (X_2), dan reuse (X_3) dalam satuan prosentase (%).

5. Penentuan batas atas dan batas bawah nilai komponen kombinasi sesuai dengan target yang ingin dicapai dalam pengurangan volume sampah. Langkah-langkah penentuan batas atas dan bawah komponen kombinasi adalah:

- a. Penentuan target pengurangan volume sampah dalam penelitian ini target pengurangan sampah di TPST Bhakti Bumi sebesar 14% berdasarkan program Kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo
- b. Penentuan nilai batas bawah yang dilakukan pada kombinasi yaitu memiliki nilai 0%, berarti bahwa setiap tipe pengolahan berpeluang untuk digunakan secara sepenuhnya pada kombinasi ataupun tidak digunakan sepenuhnya. Dapat dilihat pada Tabel 3.8

Tabel 3.8
Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi Ideal

Jenis Sampah yang Diolah	Tipe Pengolahan	Batas Bawah (m ³)	Batas Atas (m ³)
Organik	Recycle Briket	0	14% volume sampah yang masuk ke TPST (Target Pengurangan)
Anorganik	Insenerator	0	
	Reuse		

Sumber: Ozturk el all, 2014

- c. Batas atas yang digunakan yaitu 100% diasumsikan bahwa dapat mengolah sampah 14% sesuai dengan target pemerintah Kabupaten Sidoarjo, dapat dilihat pada **Tabel 3.9**

Tabel 3.9
Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi Ideal

Jenis Sampah yang Diolah	Tipe Pengolahan	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
Organik	Recycle Briket	0	100
Anorganik	Insenerator	0	100
	Reuse	0	100

Sumber: Ozturk el all, 2014

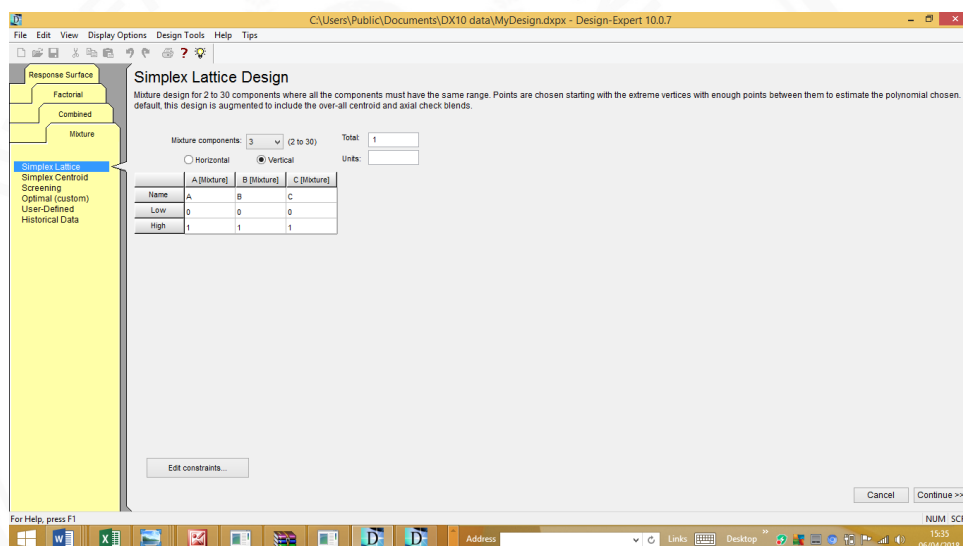
6. Input Data

Setelah penentuan batas atas dan batas bawah untuk kombinasi selanjutnya dilakukan input data menggunakan software Design Expert, dengan metode yang digunakan mixture design. Dari input data tersebut menghasilkan sampel kombinasi pada setiap variabel x , untuk nilai kombinasi variabel y dihitung secara manual berdasarkan sampel sebaran kombinasi variabel x . Perhitungan manual untuk menghitung variabel Y dapat dilihat pada **Gambar 3.1**. Adapun tahapan yang dilakukan dalam proses pengolahan data menggunakan Design Expert metode Mixture Design yang digunakan untuk mengetahui tipe optimal yang dapat digunakan di TPST Bhakti Bumi II yaitu:

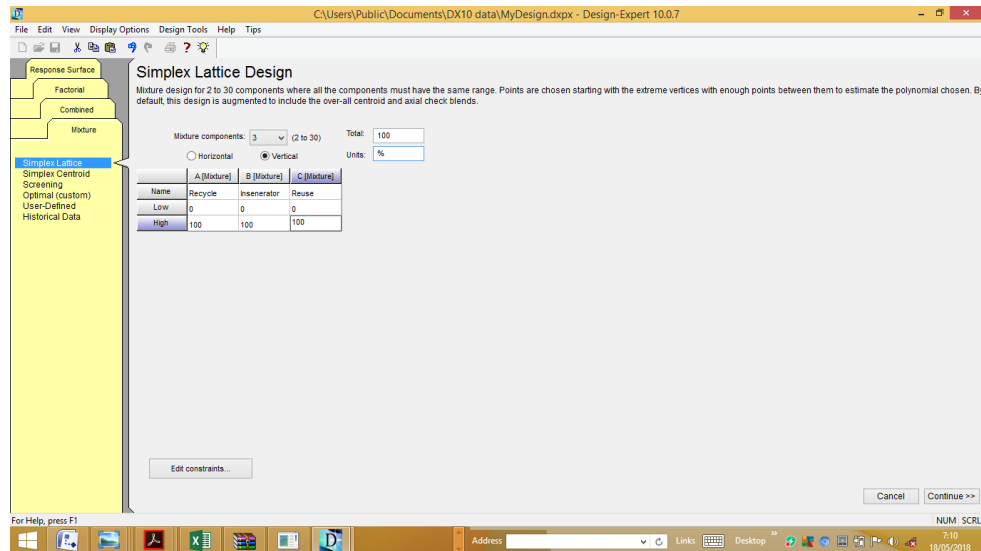
- A. Membuka Aplikasi *Design Expert*, kemudian pilih dan klik *new design*



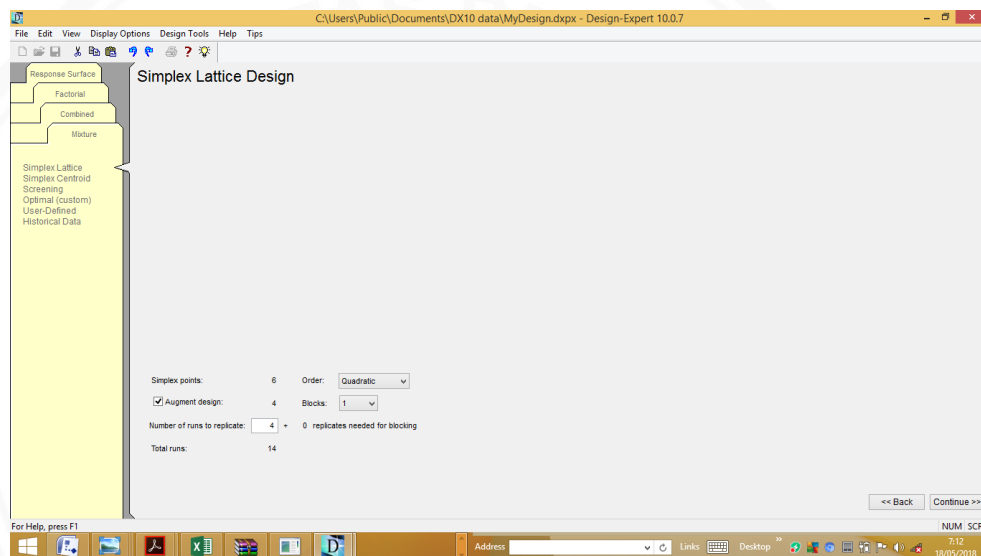
- B. Pilih metode Mixture dengan analisis *Simplex Lattice* dan pilih angka pada mixture components sesuai dengan penelitian di TPST Bhakti Bumi II terdapat 3 komponen yaitu recycle, insenerator, dan reuse



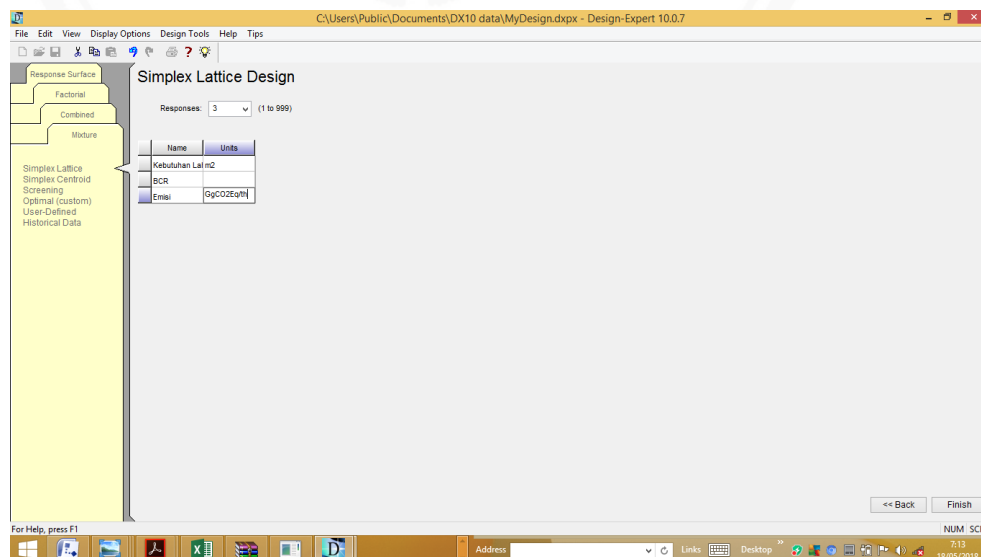
- C. Tulis komponen yang akan dianalisis dalam penelitian ini berdasarkan tipe pengolahan sampah 3R, kemudian tulis angka batas atas dan batas bawah tiap komponen sesuai dengan perhitungan batas atas dan bawah secara manual, tulis angka target pengolahan yaitu 100% yaitu target 14% pengurangan volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II, dan klik *continue*.



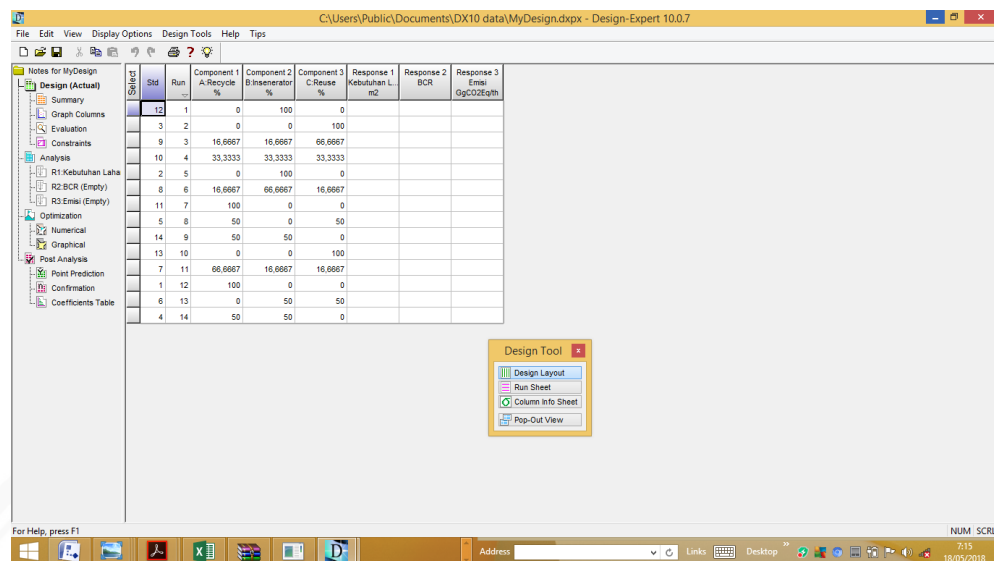
D. Muncul pilihan data dan klik continue



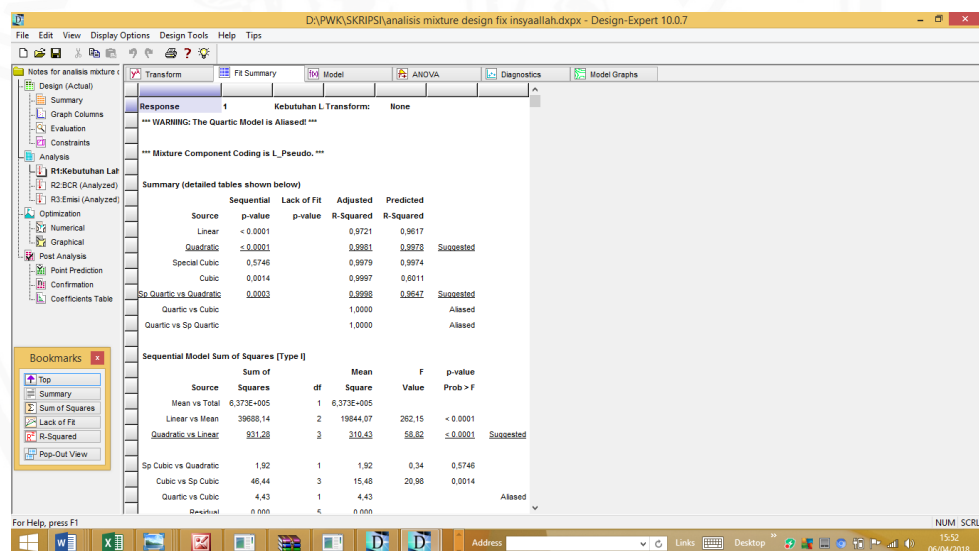
E. Pilih berapa respon yang diinginkan dalam penelitian ini terdapat 3 respon atau variabel Y yaitu kebutuhan lahan, BCR, dan emisi berserta satuannya.



- F. Setelah software membentuk kombinasi kemudian hitung secara manual setiap respon yang diinginkan tersebut, sehingga muncul sampel kombinasi sebesar 14 sampel.



- G. Kemudian klik atau pilih analysis setiap variabel respon untuk melihat hasil kombinasi dan dapat dilakukan interpretasi data



7. Interpretasi Data

Hasil pembentukan model menggunakan metode mixture design yaitu Tabel ANNOVA, R-Square, Tabel Uji Normalitas, dan Countour Plot yang menggambarkan variabel y dalam bidang segitiga dengan perbedaan warna.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas ini digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi memiliki sebaran yang normal. Apabila gambar histogram data tersebar

mengikuti garis linier dan tidak menumpuk pada satu titik maka persamaan regresi tersebut memiliki sebaran data yang normal.

b. Tabel ANNOVA

Analisis Anova terdiri dari pengujian nilai F, pengujian nilai probability nilai P dan nilai R-Square. Dimana nilai F model $>$ F Tabel maka model regresi dikatakan layak untuk digunakan. Nilai probability $P < 0,005$ maka variabel yang ada dalam regresi memiliki nilai signifikan dan dapat diterapkan model regresi tersebut, namun jika $P > 0,005$ maka model tidak signifikan dan harus di eliminasi. Untuk nilai R-square harus mendekati angka 1 maka model tersebut layak.

c. D-Optimal design

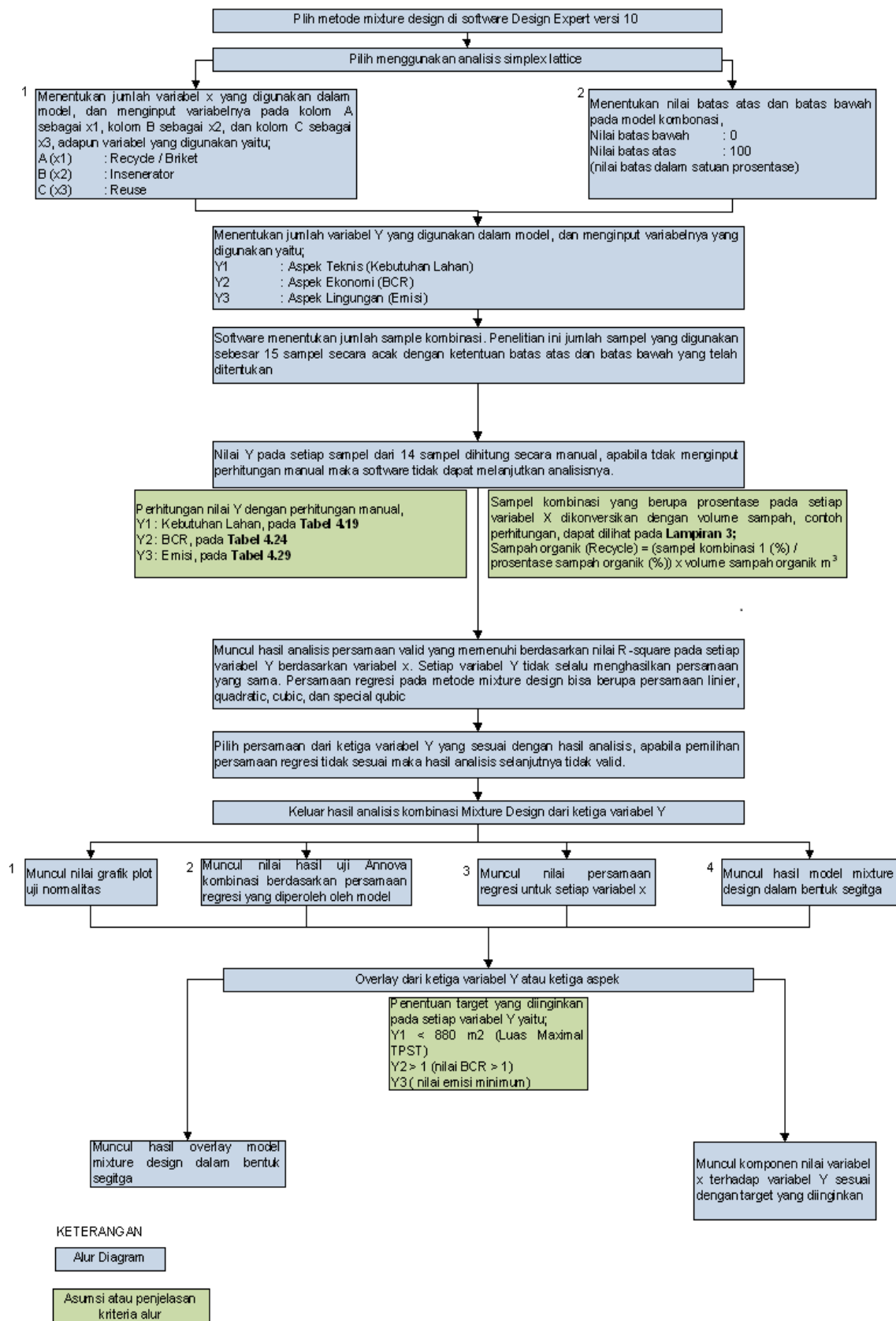
Nilai optimal design berdasarkan kategori nilai maksimal atau nilai minimal pada tiap aspek tipe pengolahan. Penentuan nilai ini menggunakan metode response optimizer dengan memasukkan nilai target. Kemudian nilai y yang dihasilkan merupakan nilai y predistion dari model yang dibentuk, sehingga dapat menentukan model kombinasi yang terbaik

8. Overlay

Variabel Y_1 , Y_2 , dan Y_3 mendapatkan hasil bentuk segitiga sesuai dengan persamaan regresi yang valid, selanjutnya dilakukan overlay pada ketiga variabel Y terhadap variabel X dengan beberapa kriteria. Kriteria yang ditentukan dalam penelitian ini untuk memenuhi target optimal untuk mengolah sampah yaitu sebagai berikut:

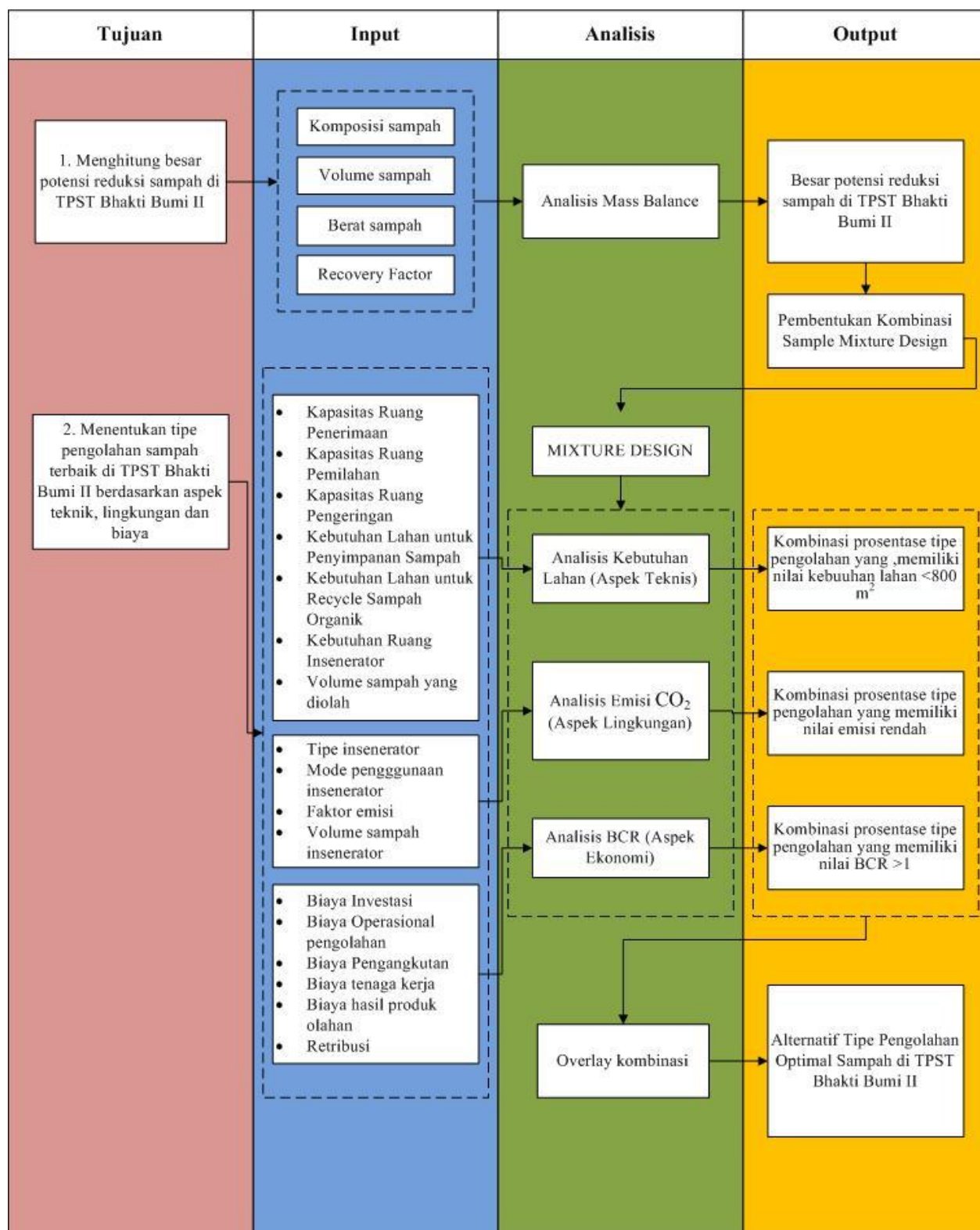
- a. Kebutuhan Lahan (Y_1) $< 880 \text{ m}^2$
- b. Nilai BCR (Y_2) > 1
- c. Emisi (Y_3) diambil yang minimum

Metode *mixture design* dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui kombinasi terbaik dari komponen konsep *zero waste* yang terdiri dari *recycle*, insenerator, dan reuse terhadap aspek teknis, ekonomi dan lingkungan sehingga manajemen pengelolaan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II dapat dikatakan secara berkelanjutan. Metode *mixture design* ini menggunakan *software Design Expert* versi 10, dimana untuk menghasilkan nilai ideal atau terbaik dari kombinasi. Hasil nilai *overlay* ketiga tipe pengolahan atau variabel x yaitu *recycle*, insenerator, dan reuse terhadap variabel Y yaitu aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan merupakan hasil terbaik dimana komposisi kombinasi nilai tipe pengolahan sesuai dengan target yang diinginkan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Metode Mixture Design

3.7. Kerangka Analisis



3.8. Desain Survei

Tabel 3.10
Desain Survei

No	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Data yang Diperlukan	Sumber Data	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis yang digunakan	Output
1.	Menghitung besar potensi reduksi sampah di TPST Bhakti Bumi II	• Volume sampah • Komposisi sampah		• Jenis dan persentase sampah • Jumlah wilayah • Jumlah sampah yang masuk di TPST/hari • Jumlah alat kumpul yang masuk ke TPST/hari • Jumlah ritasi setiap alat kumpul sampah	Masterplan persampah Kabupaten Sidoarjo tahun 2013 Pekerja di TPST	Survei sekunder Survei primer: (pengamatan dan wawancara).	Analisis Deskriptif Load-Count Analysis	Potensi sampah yang dapat direduksi di TPST Bhakti Bumi II
2.	Menentukan tipe pengolahan sampah terbaik di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan aspek teknik, lingkungan dan biaya	• Teknis	• Kebutuhan lahan	• Lahan pemilah • Lahan penerimaan • Lahan pengering • Lahan penyimpanan • Lahan pengolahan briket • Lahan insenerator • Waktu pengolahan	• Ketua pengelola TPST	Survei primer: (pengamatan dan wawancara).	Analisis Deskriptif	Mengetahui kombinasi optimal pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II

No	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Data yang Diperlukan	Sumber Data	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis yang digunakan	Output
			• Tenaga kerja	• Tenaga kerja pemilahan • Tenaga kerja pengolahan	• Ketua pengelola TPST	Survei primer: (pengamatan dan wawancara).		
		• Lingkungan	• Hasil pencemaran emisi CO₂	• Konsumsi bahan bakar kendaraan • Jarak pengangkutan • Jenis bahan bakar • Teknik operasional pengoperasian TPST	• Pekerja TPST	Survei primer: (pengamatan dan wawancara).	Analisis Evaluatif GHG emission	
		• Ekonomi	• Biaya pengangkutan • Biaya pengolahan • Biaya pengadaan	• Konsumsi bahan bakar • Tenaga kerja • Biaya perawatan • Biaya operasional pengolahan • Biaya investasi	• Ketua pengelola TPST	Survei primer: (pengamatan dan wawancara).	Benefit cost ratio (BCR)	
			• Manfaat	• Hasil produk olahan • Harga produk olahan • Retribusi	• Ketua pengelola TPST	Survei sekunder		

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Sampah Kabupaten Sidoarjo

Sampah di Kabupaten Sidoarjo bersumber dari sampah permukiman, pasar, pertokoan, industri, RTH, dan fasilitas umum seperti terminal dan bandara. Komposisi sampah berdasarkan sumber dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1

Volume Sampah Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Sumber Sampah

Sumber Sampah	Volume sampah (m ³ /hari)
Permukiman	447
Pasar	46
Pertokoan, Hotel, Rumah Makan	13
Fasum	47
Sapuan Jalan	1
Saluran	20
Industri	82
Jumlah	657

Sumber: Masterplan Persampahan Kabupaten Sidoarjo, 2013

Sumber sampah terbesar di Kabupaten Sidoarjo dihasilkan dari permukiman sebesar 68% dari volume keseluruhan sampah di Kabupaten Sidoarjo, kemudian sampah berasal dari industri yaitu 12,5%, dan sumber sampah terendah dari sapuan jalan 0,2% dari volume sampah di Kabupaten Sidoarjo. Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat di Kabupaten Sidoarjo berdasarkan komposisi sampah dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2

Komposisi Sampah Kabupaten Sidoarjo

Komponen Sampah	Prosentase
Organik	65%
Kertas	5,3%
Plastik	15,5%
Kayu	2,7%
Kain/Tekstil	4,5%
Karet/Kulit Tiruan	0,19%
Logam	1,5%
Gelas/Kaca	0,5%
Limbah Berbahaya	1,25%
Limbah Pembongkaran	0,81%
Lain-Lain	2,75%
Jumlah	100%

Sumber: Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo, 2013

Komposisi sampah yaitu perbandingan antara komponen jenis masing-masing sampah terhadap jumlah keseluruhan sampah. Berdasarkan pada **Tabel 4.1** komposisi sampah di Kabupaten Sidoarjo terbesar berasal dari sampah organik dengan nilai sampah 65% dan yang

kedua yaitu sampah plastik sebesar 15,5%, sedangkan komposisi sampah terendah yaitu sampah karet sebesar 0,19%. Kabupaten Sidoarjo memiliki 7 TPST, dimana dari tujuh TPST yang telah dibangun oleh Pemerintah Sidoarjo tiga diantaranya yaitu TPST Ngindas, Ngaban, dan Prasung tidak dapat beroperasi lagi. Empat TPST lain yang masih beroperasi terdiri dari TPST Janti, Bhkati Bumi II, Siwalan Panji, dan Kebon Sikep. Adapun permasalahan dari TPST yang masih beroperasi yaitu pada TPST Siwalan Panji, pengolahannya hanya sebatas proses pemilahan. TPST Kebon Sikep terkendala pada proses composting yang belum optimal, dan untuk TPST Bhkati Bumi II dan TPST Janti belum optimalnya proses pengolahan, karena masih terkendala pada kerusakan mesin pengolahan proses briket pada TPST Bhakti Bumi II dan kerusakan mesin conveyor pemilahan pada TPST Janti.

4.2. Karakteristik Kecamatan Sidoarjo

Wilayah pelayanan TPST Bhakti Bumi II yaitu melayani 14 desa atau perumahan dari Kecamatan Sidoarjo. Kecamatan Sidoarjo merupakan salah satu kecamatan dari Kabupaten Sidoarjo yang terletak ibu kota pemerintahan Kabupaten Sidoarjo. Kecamatan Sidoarjo memiliki luas wilayah sebesar 6.256,01 Ha, penggunaan lahan sebagian besar digunakan untuk lahan permukiman dan industri seluas 4.664,75 Ha, dan sisanya sebesar 1.591,26 Ha merupakan area sawah atau tambak. Kecamatan Sidoarjo berbatasan dengan 3 kecamatan menurut Kecamatan Sidoarjo Dalam Angka 2017 yaitu sebagai berikut:

Sebelah Utara : Kecamatan Buduran
 Sebelah Timur : Laut Jawa
 Sebelah Selatan : Kecamatan Candi
 Sebelah Barat : Kecamatan Wonoayu

Jumlah penduduk Kecamatan Sidoarjo menurut BPS berjumlah 206.002 jiwa, data penduduk menurut jenisnya dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

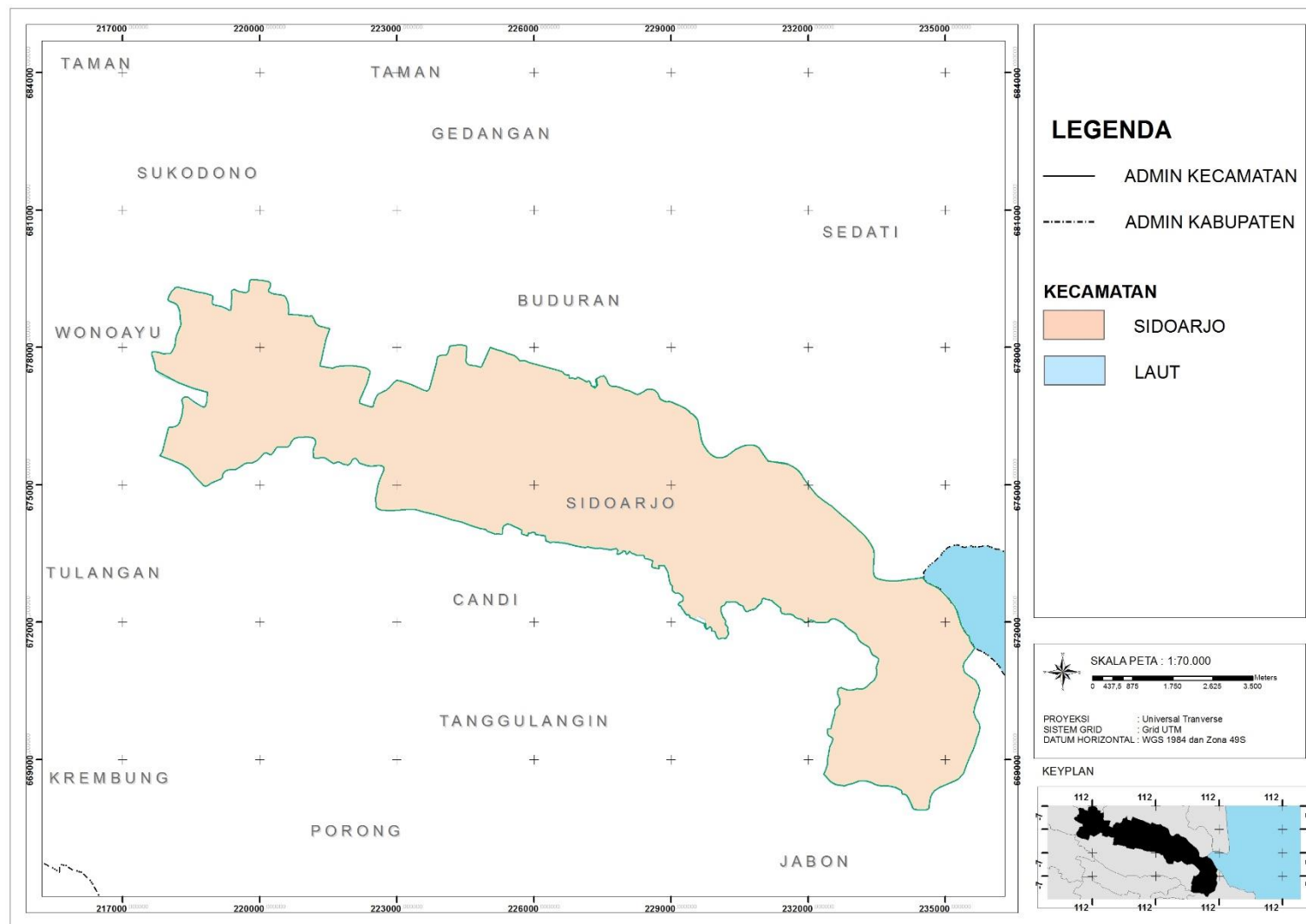
Tabel 4.3
 Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin Kecamatan Sidoarjo 2016

No	Desa	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
1	Lebo	3015	2976	5991
2	Suko	8875	8768	17643
3	Banjarbendo	4829	4807	9636
4	Lemah Putro	7989	8146	13778
5	Sidokare	9619	9587	19206
6	Celep	3313	3519	6832
7	Sekardangan	4371	4373	8744
8	Gebang	3739	3668	7407

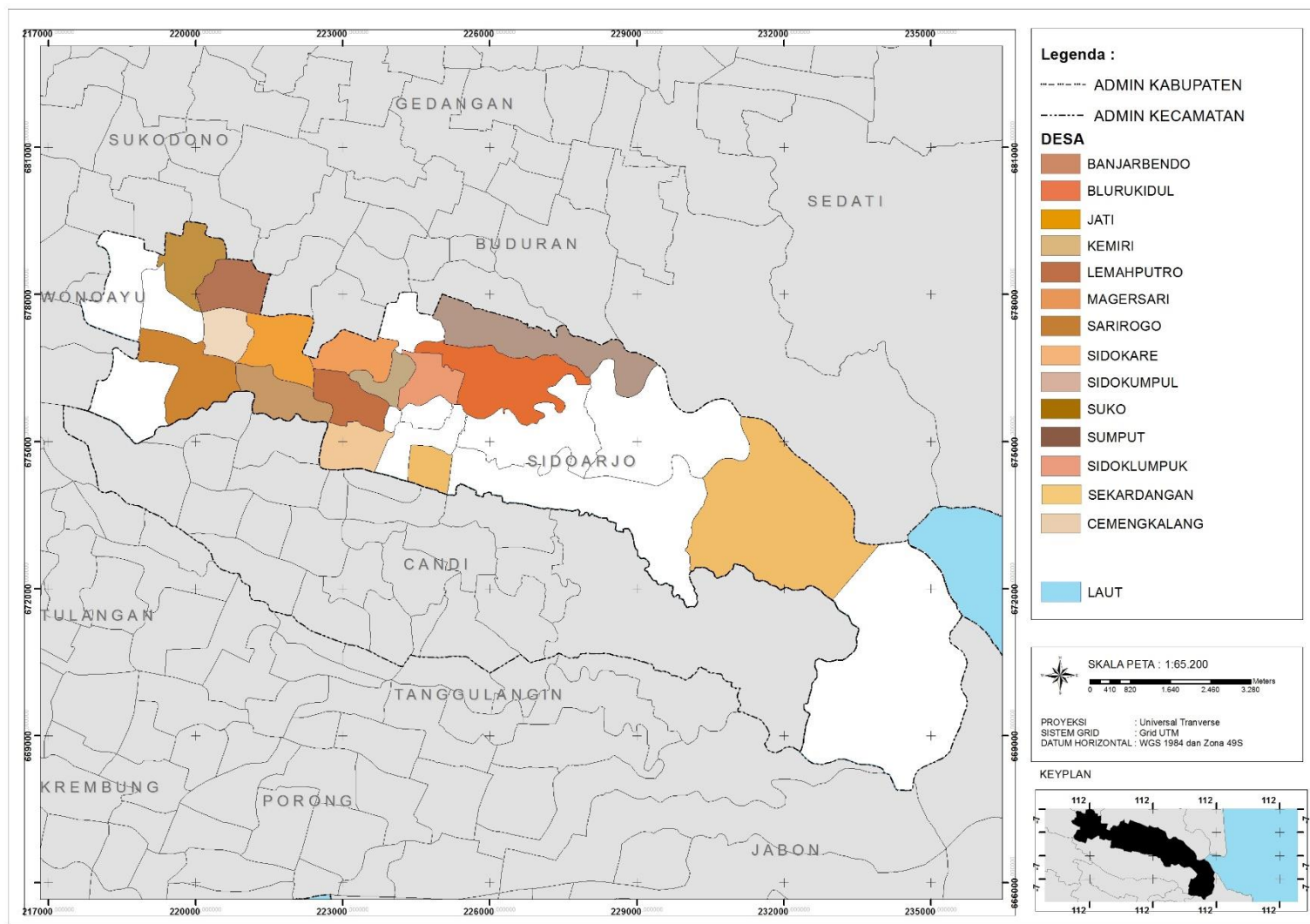
No	Desa	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
9	Rangkah Kidul	2346	2336	4682
10	Bulusidokare	4949	5021	9970
11	Pucanganom	3418	3385	6803
12	Pekauman	1574	1605	3179
13	Sidokumpul	3741	3860	7601
14	Sidoklumpuk	3492	3537	7029
15	Bluru Kidul	10326	10237	20563
16	Pucang	3379	3542	6921
17	Kemiri	4053	3990	8043
18	Magersari	8261	8137	16398
19	Jati	5543	5518	11061
20	Cemengkalang	2005	1908	3913
21	Cemengbakalan	2046	2008	4054
22	Urangagung	3957	3919	7876
23	Sarirogo	2680	2616	5296
24	Sumput	3566	3588	7154

Sumber: BPS Kabupaten Sidoarjo, 2017

Sampah yang dilayani dan masuk di TPST Bhakti Bumi berdasarkan Tabel 4.3 yang ditunjukkan dengan warna kuning, sedangkan warna putih merupakan wilayah yang tidak dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II. Wilayah pelayanan TPST berasal dari Kecamatan Sidoarjo yang terdiri dari 14 desa yaitu Desa Suko, Banjarbendo, Sekardangan, Lemahputro, Sidokare, Sidokumpul, Bluru Kidul, Kemiri, Magersari, Jati, Cemengkalang, Sarirogo, dan Sumput. Total jumlah KK yang dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II ini sebesar 10.873KK.



Gambar 4.1. Peta Administrasi Kecamatan Sidoarjo
Sumber: RTRW Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009



Gambar 4.2 Peta Desa Yang Dilayani Oleh TPST Bhakti Bumi II

4.3. Karakteristik TPST Bhakti Bumi II

TPST Bhakti Bumi II terletak di Desa Banjarbendo Kecamatan Sidoarjo. TPST Bhakti Bumi II atau biasanya disebut dengan TPST Banjarbendo dalam pengelolaannya diserahkan pada pihak CV. Bhakti Bumi dengan penunjukkan langsung dari DKP Sidoarjo. TPST ini dibangun pada tahun 2015 dan mulai beroperasi pada tanggal 28 Februari 2016 dengan luas lahan sebesar 880,48 m². Adapun sarana dan prasarana yang terdapat di TPST Bhakti Bumi II yaitu dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

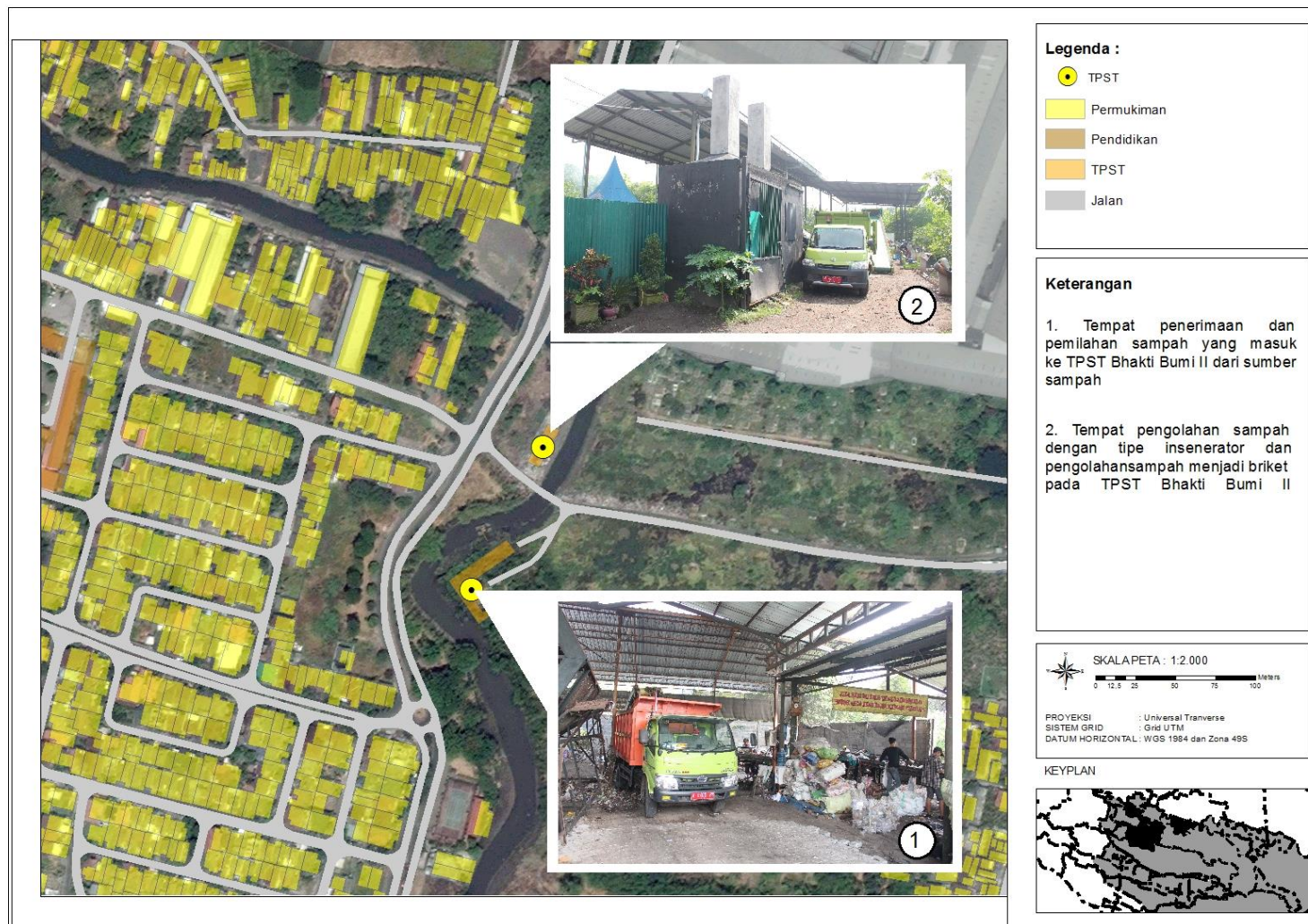
Tabel 4.4

Jumlah Unit Sarana dan Prasarana di TPST Bhakti Bumi II

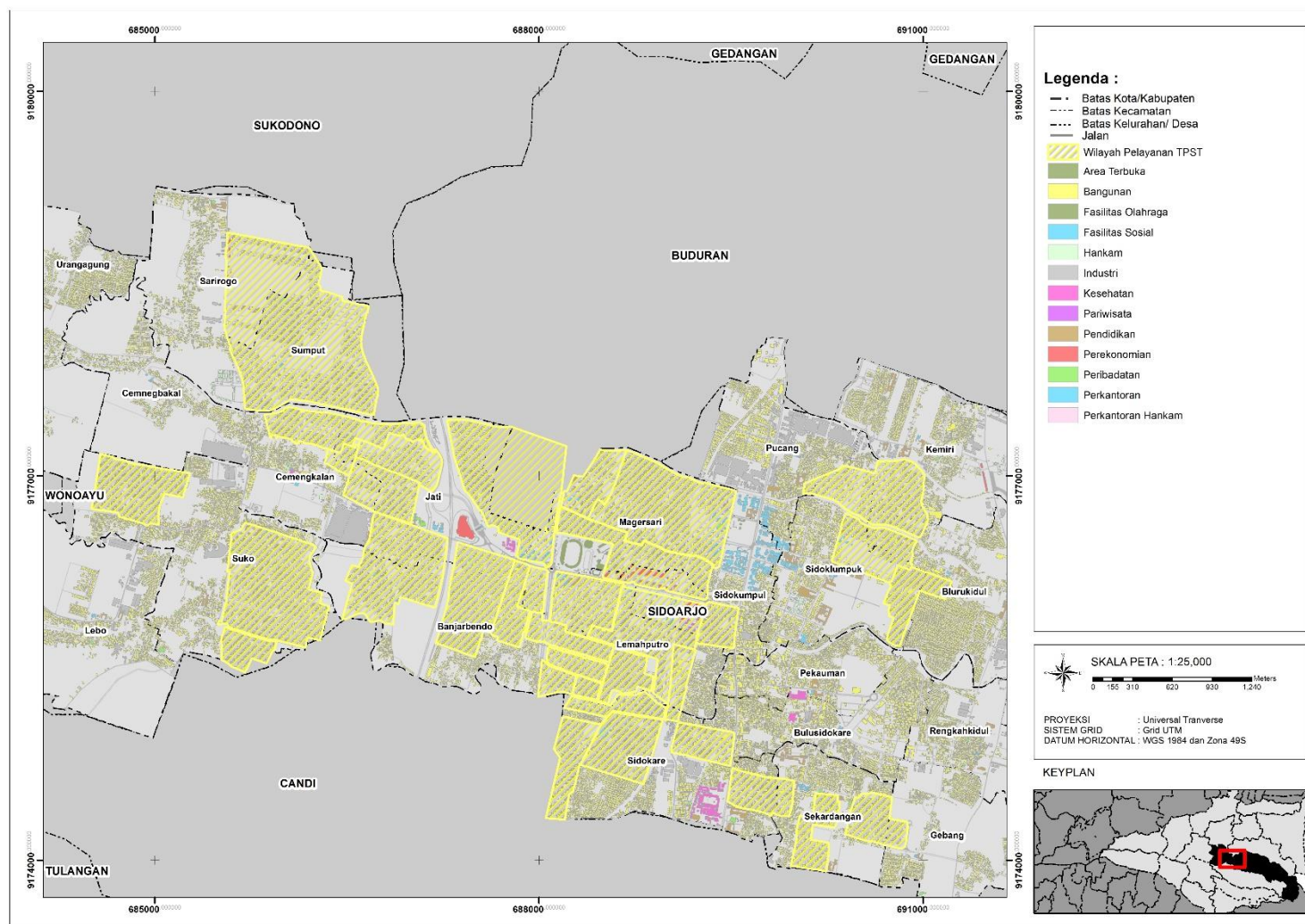
No.	Sarana & Prasarana	Jumlah (unit)	Keterangan
1.	Conveyor	1	Ada
2.	Mesin Pencacah	1	Ada
3.	Blower	1	Ada
4.	Dorkas	2	Ada
5.	Timbangan	2	Ada
6.	Hanggar	1	Ada
7.	Barak kerja	1	Ada
8.	Dryer	1	Ada
10.	Insenerator	1	Ada
11.	Mobil Operasional TPST	1	Ada

Sumber : DKP Kabupaten Sidoarjo, 2016

Sampah yang diangkut ke TPST Bhakti Bumi II ada upaya untuk mereduksi sampah tersebut dengan melakukan pengolahan sampah dengan konsep 3R sesuai dengan program Kepala DKP dan sesuai dengan program target dari Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013, sehingga pemerintah Kabupaten Sidoarjo mengalokasikan dana dalam pembangunan dan kelengkapan sarana dan prasana untuk dapat mengolah sampah. Kelengkapan sarana dan prasarana pengolahan sampah yang ada di TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Tabel 4.4**. Tahapan kegiatan pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II dimulai dari pengumpulan sampah dari sumber sampah yaitu dari permukiman di Kelurahan Sidokare, Lemah Putro, Magersari, Jati, juga desa Suko, Banjarbendo, Sekardangan, Sidokumpul, Bluru Kidul, Kemiri, Cemengkalang, Sarirogo, dan Sumpat. Hingga proses pengolahan sampah menjadi bahan yang memiliki nilai jual yaitu sampah organik yang diolah menjadi briket, sampah anorganik dengan proses insenerator menjadi paving block, dan juga sampah yang langsung dijual seperti sampah plastik, kertas, logam, dan kaca. Wilayah Kecamatan Sidoarjo yang dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.3 Foto Mapping TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo



Gambar 4.4 Peta Wilayah yang Dilayanin oleh TPST Bhakti Bumi II

TPST Bhakti Bumi II terletak pada Desa Banjarbendo, dimana oleh Pemerintah Kabupaten Sidoarjo TPST ini dibangun dua titik yang lokasinya tidak berjauhan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Bangunan pada titik 1 di **Gambar 4.3** merupakan bangunan TPST yang digunakan untuk tempat penerimaan sampah, pemilihan sampah, bangunan kantor TPST, dan tempat penyimpanan sampah hasil *reuse* (pemilihan sampah) yang akan dijual pada pabrik yang membutuhkan. Lahan pada bangunan TPST ini tidak mampu menampung seluruh proses pengolahan sampah karena bangunan hanya mampu untuk menampung mesin conveyor untuk proses pemilahan sampah. Sehingga pemerintah Kabupaten Sidoarjo membangun TPST Bhakti Bumi II sebagai tempat pengolahan sampah yang terdiri dari proses pengolahan sampah organik menjadi briket dan proses insenerator pada titik 2 di **Gambar 4.3**. Bangunan pada titik 2 di TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Bangunan pada titik 2 TPST Bhakti Bumi II

4.3.1. Pewadahan

Penyimpanan/pewadahan sampah adalah tempat sementara, sebelum sampah tersebut terkumpul untuk kemudian diangkat serta dibuang atau dimusnakan. Pewadahan sampah pada daerah yang dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II yang terdiri dari 17 desa, semuanya menggunakan sistem pewadahan individu, dimana pewadahan individu ini mempunyai arti sumber timbulan sampah terdapat tempat sampah, seperti adanya tempat sampah pada setiap rumah. Pewadahan sampah di wilayah pelayanan TPST Bhakti Bumi berupa pewadahan semen, juga pewahan sampah berupa keranjang karet. Contoh pewadahan sampah yang berada di wilayah pelayanan TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7**.



Gambar 4.6 Tempat Sampah Bangunan Semen di Perumahan Kahuripan, Desa Cemengkalang



Gambar 4.7 Tempat Sampah Keranjang Karet di Desa Banjarbendo

4.3.2. Pengumpulan

Pengumpulan sampah pada daerah yang dilayani oleh TPST Bhakti Bumi II menggunakan cara jenis pola individu langsung, dimana dalam pola individu langsung ini adalah pengumpulan dilakukan oleh petugas kebersihan yang mendatangi tiap-tiap bangunan atau sumber sampah dan langsung diangkut untuk dibuang ke TPST (Tempat Pembuangan Sampah Terpadu) tanpa adanya pengumpulan pada TPS atau titik pengumpulan sampah dan proses pemindahan sampah. Pengangkutan sampah ini menggunakan gerobak sampah, 1 unit mobil pick up yang merupakan milik pribadi Perumahan, dan 1 unit armroll truck merupakan milik dari pemerintah. Moda pengangkutan sampah yang melayani daerah wilayah pelayanan TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Tabel 4.5.**

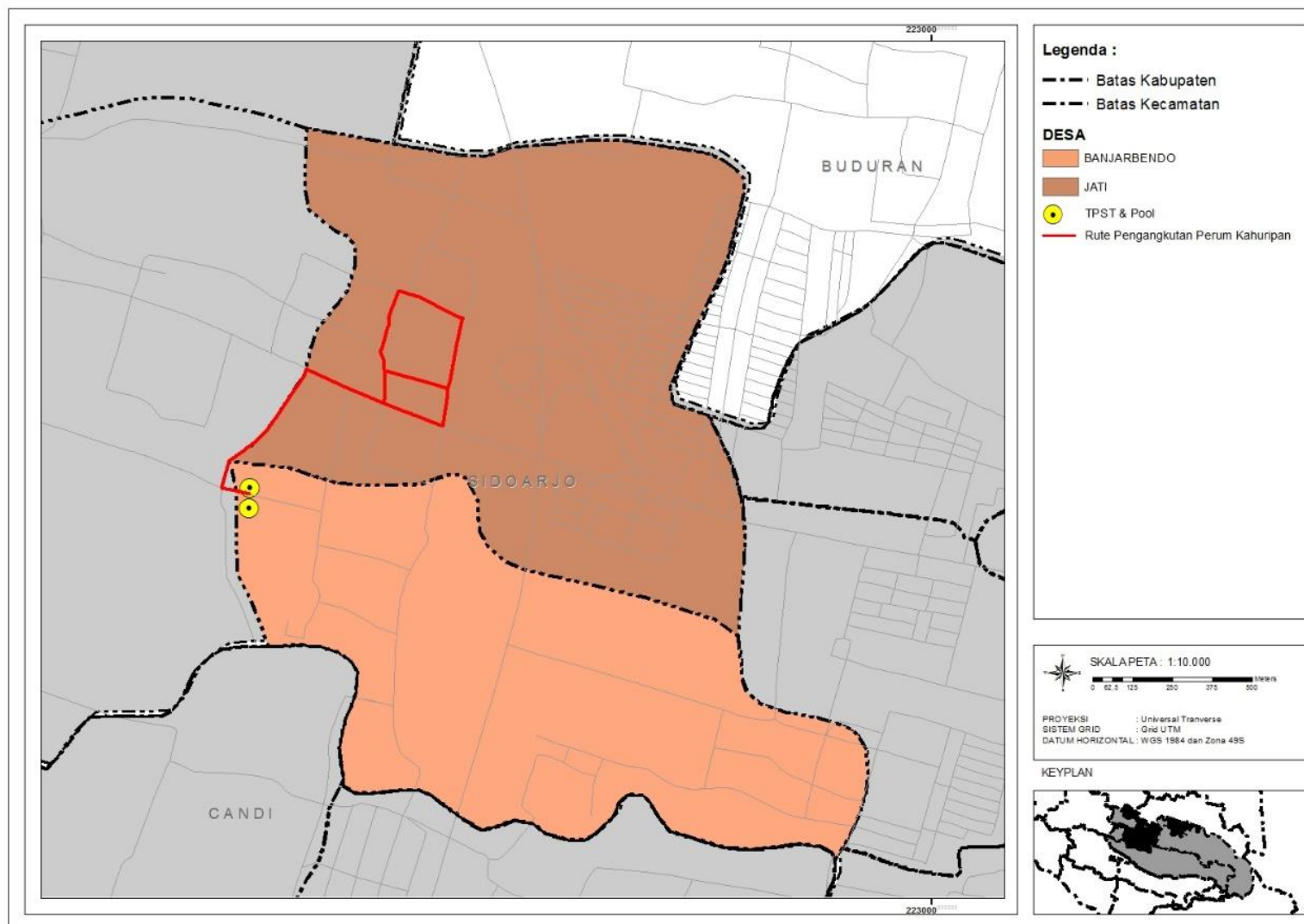
Tabel 4.5

Jumlah Moda Pengangkut dan Daerah yang Dilayani

Jenis Moda	Jumlah (unit)	Desa yang Dilayani	Foto Moda Pengangkutan
Gerobak	140	Suko, Banjarbendo, Lemah Putro, Sidokare, Sidokumpul, Bluru Kidul, Kemiri, Magersari, Jati, Cemengkalang, Sarirogo, Sumput, Jambangan, Sumokali, Tenggulunan, Sepande, Sidodadi	
Pick Up	1	Perumahan Kahuripan Nirwana, Desa Cemengkalang dan Jati	
Armroll Truck	1	Jalan Area Desa Sidokumpul (Jalan Pahlawan, Jalan Gajah Mada, Jalan Sisingamangaraja, Jalan Diponegoro)	

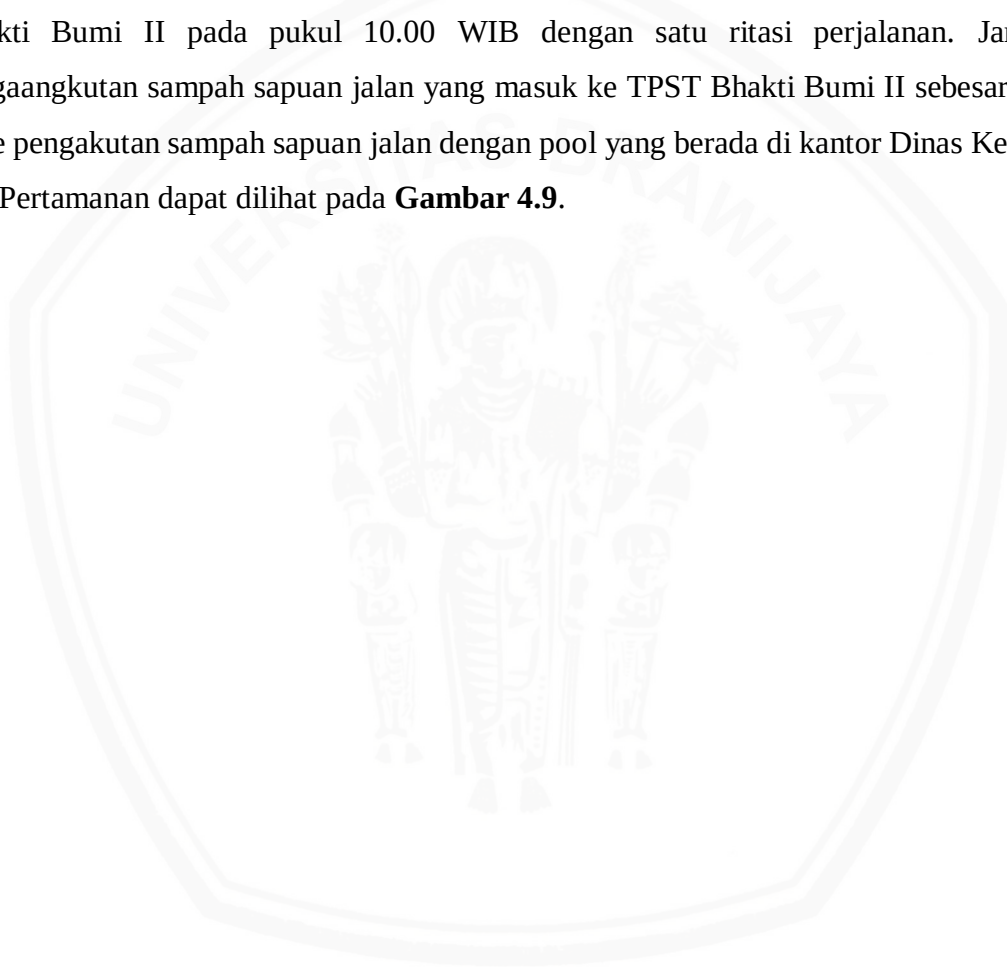
Sumber: Hasil Survei, 2017

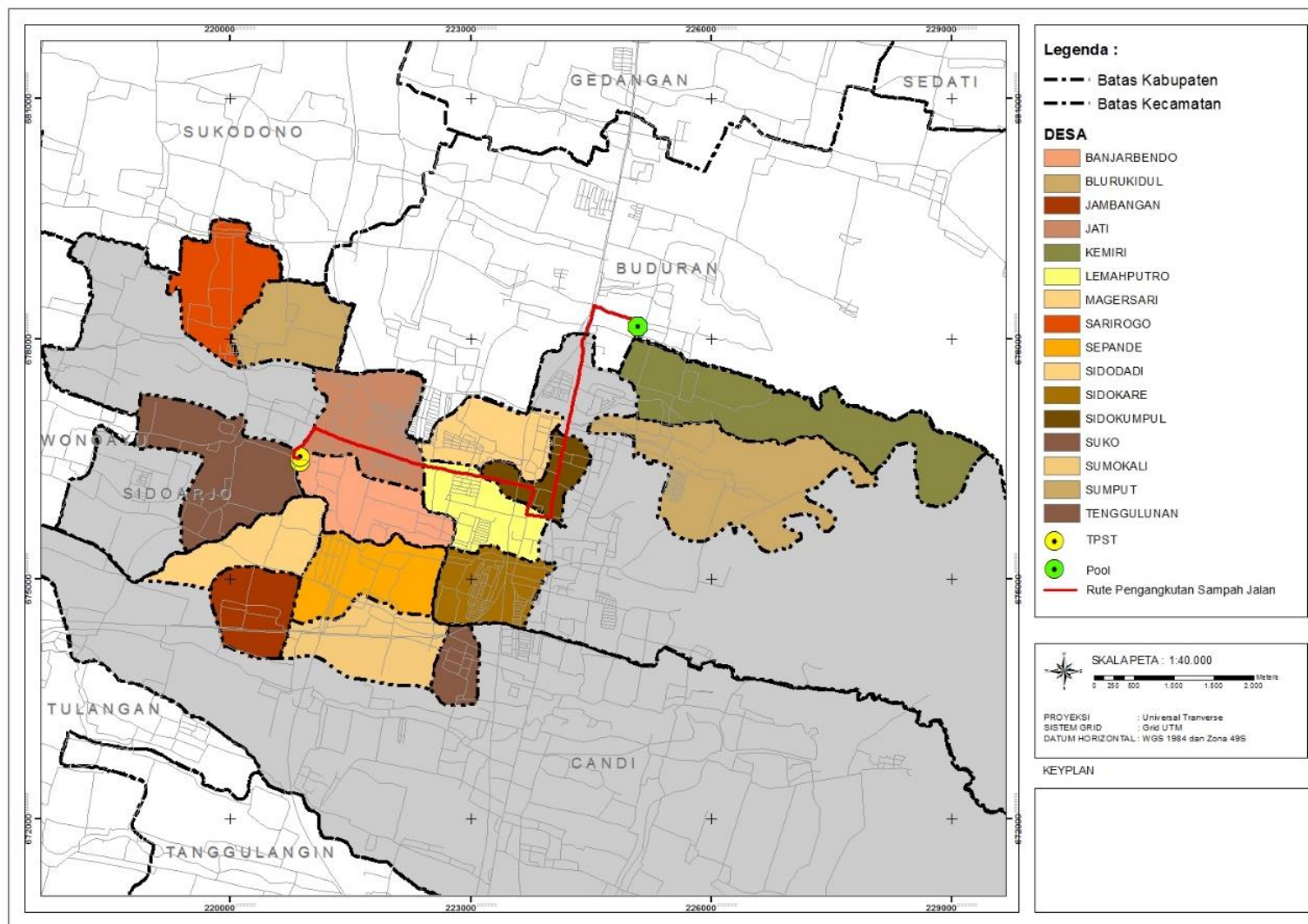
Pelayanan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II mayoritas menggunakan moda pengangkutan gerobak yang disediakan oleh setiap RT, tetapi terdapat satu perumahan yaitu Perumahan Kahuripan Nirwana menggunakan moda pengangkutan pick up yang dapat dilihat pada **Tabel 4.5**. Moda pengangkutan pick up yang digunakan melayani seluruh sampah rumah tangga, sapuan jalan maupun kegiatan komersil yang ada di wilayah perumahan Kahuripan Nirwana. Jarak rute pengangkutan pada wilayah perumahan Kahuripan yaitu sebesar 2,2 km dengan banyak ritasi pengumpulan sampah pada kendaraan pengumpul sebanyak 2 ritasi/hari. Moda pengangkutan sampah pada perumahan Kahuripan masuk ritasi pertama ke TPST Bhakti Bumi II pada jam 07.00 WIB, dan pada ritasi kedua sampah masuk ke TPST pada jam 13.00 WIB. Rute pengangkutan sampah pada perumahan Kahuripan Nirwana dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



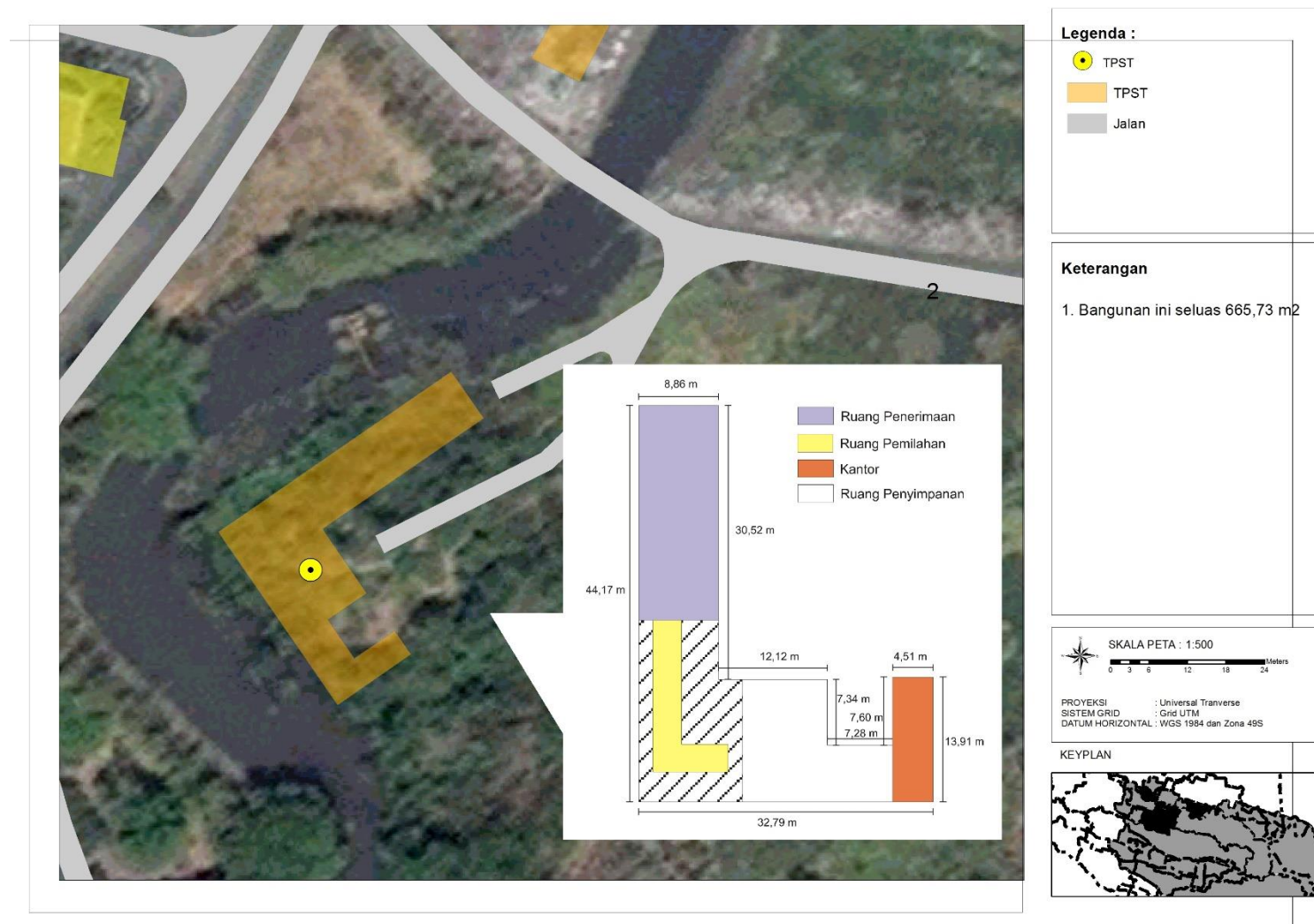
Gambar 4.8 Peta Route Pengangkutan Sampah Perumahan Kahuripan Nirwana

Sumber sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II tidak hanya berasal dari sampah rumah tangga saja, melainkan juga dari sampah sapuan jalan yang melayani jalan utama pada Kecamatan Sidoarjo, lingkup pelayanan sapuan jalan yang dilayani pada TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Tabel 4.8**. Moda pengangkutan diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo dengan jumlah 3 pekerja pegawai dinas dimana 1 pekerja sebagai sopir kendaraan, dan 2 orang sebagai pengumpul sampah yang dikumpulkan oleh pekerja sapuan jalan. Pengkutan sampah sapuan jalan mulai dilakukan pada jam 06.00 WIB dengan pool berada di kantor Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo yang berada di Jalan Siwalanpanji Kecamatan Buduran Sidoarjo dan sampah masuk ke TPST Bhakti Bumi II pada pukul 10.00 WIB dengan satu ritasi perjalanan. Jarak rute pengangkutan sampah sapuan jalan yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II sebesar 7,4 km. Rute pengangkutan sampah sapuan jalan dengan pool yang berada di kantor Dinas Kebersihan dan Pertamanan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.

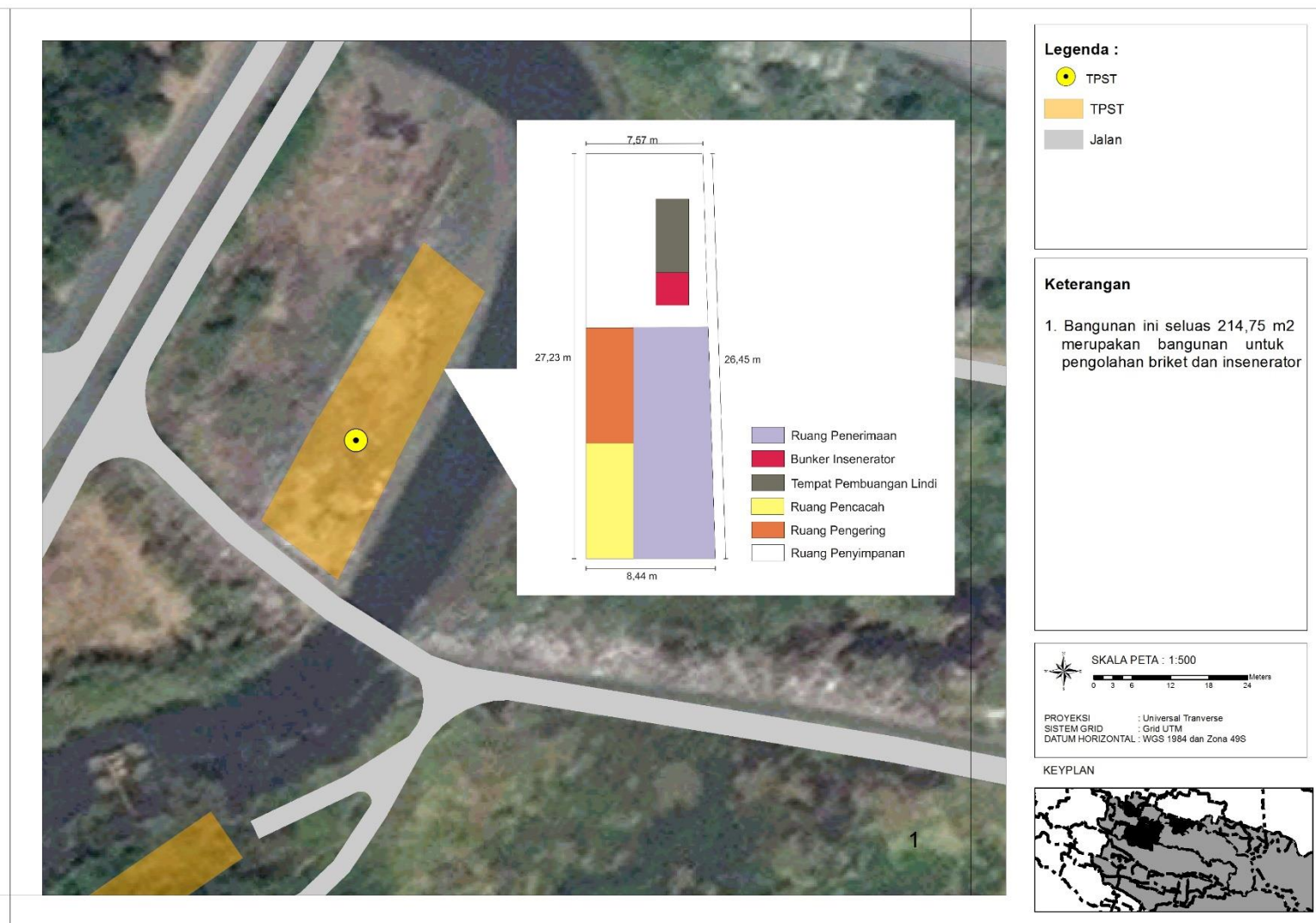




Gambar 4.9 Peta Rute Pengangkutan Sampah Sapuan Jalan dilayani TPST Bhakti Bumi II



Gambar 4.10 Fotomapping Bangunan 1 TPST Bhakti Bumi II



Gambar 4.11 Fotomapping Bangunan 2 TPST Bhakti Bumi II

4.3.3. Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II

Sampah yang masuk ke TPST dari sumber dengan sistem pengangkutan menggunakan gerobak ataupun kendaraan, selanjutnya dilakukan pengolahan sampah untuk mengurangi volume sampah sesuai dengan program Masterplan Persampah Kabupaten Sidoarjo dan RPJMD Kabupaten Sidoarjo Tahun 2016-2021 yaitu dilakukan pengelolaan 3R. Pengelolaan sampah yang dilakukan pada TPST Bhakti Bumi II terdiri dari proses pemilahan seperti siteplan pada **Gambar 4.10**, proses pengolahan sampah organik menjadi briket, daur ulang sampah untuk dijual ke pabrik yang membutuhkan, dan proses pengolahan menggunakan insenerator pada sisa sampah yang tidak dapat didaur ulang seperti siteplan pada **Gambar 4.11**. Para pengeledek rata-rata datang pada pukul 05.30 WIB, 09.00 WIB, dan 15.00 WIB dapat dilihat pada **Gambar 4.12**, gambar tersebut dalam fotomapping yang terdapat pada **Gambar 4.10** dengan warna siteplan abu-abu yaitu ruang penerimaan. Selanjutnya pengeledek memarkirkan gerobak sampah di depan TPST sesuai dengan urutan kedatangan untuk proses pemilahan sampah dengan alat yang disebut conveyor untuk dipilih berdasarkan jenis sampah untuk proses daur ulang yang dapat dijual ke pabrik yang membutuhkan. Berikut merupakan siteplan proses pemilahan yang terdapat pada **Gambar 4.10** yaitu fotomapping dengan warna kuning menunjukkan ruang pemilahan, menurut jenis sampah di TPST Bhakti Bumi II pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.12 Antrian Gerobok untuk Proses Pemilahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II



Gambar 4.13. Proses Pemilahan Sampah Menurut Jenisnya

Pada TPS Terpadu Bhakti Bumi II memiliki luas lahan sebesar 880,48 m², pada aktivitas penampungan memiliki luas lahan sebesar 100 m² dimana digunakan sebagai tempat antrian gerobak untuk selanjutnya dilakukan proses pemilihan. Proses pemilahan di TPST Bhakti Bumi menggunakan alat conveyor yang dalam tenaga energi alat tersebut membutuhkan energi listrik. Proses pemilahan ini juga membutuhkan tenaga kerja yang bertugas untuk memilah sampah sesuai dengan jenisnya. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proses pemilahan sebesar 17 orang pekerja. Luas lahan yang dibutuhkan dalam proses pemilihan sebesar 50 m².

Sampah anorganik yang mempunyai nilai jual seperti, plastik, kertas/karton, logam, kaleng, dan kaca akan diletakkan tempat masing-masing untuk selanjutnya dijual ke pabrik-pabrik yang membutuhkan dapat dilihat pada **Gambar 4.15** merupakan ruang penerimaan yang berwarna abu-abu pada siteplan bangunan 2 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.11**. TPST Bhakti Bumi II saat ini dapat pengolah sampah daur ulang sebesar 32,5 m³, sedangkan sampah organik setelah proses pemilahan oleh para pekerja dilakukan proses pengayakan untuk selanjutnya masuk ke truk pengangkut menuju ruang pengolahan sampah organik untuk dijadikan briket. Sampah organik yang mengalami proses pengolahan untuk dijadikan briket sebesar 45% dari total sampah organik yang masuk di TPST Bhakti Bumi, sedangkan 55% sampah organik diangkut ke TPA Jabon untuk dilakukan proses dijadikan kompos, hal ini dikarenakan lahan di TPST Bhakti Bumi tidak mencukupi untuk dilakukan proses pengolahan dengan sistem kompos di TPST Bhakti Bumi II. Proses pengolahan sampah organik yang dirubah menjadi briket melalui tahapan pencacahan sampah organik dengan mesin pencacah memiliki 5 unit mesin yang berkapasitas 2 m³/jam dan dalam sehari mesin pencacah beroperasi selama 11 jam, sehingga kapasitas mesin pencacah di TPST Bhakti Bumi II yaitu 110m³/hari. Selanjutnya proses pengeringan sampah organik dengan mesin pengering, dari hasil proses pengeringan sebesar 10 kg sampah yang diolah menghasilkan 1 kg sampah organik kering. Sampah organik yang kering untuk menjadi briket dibutuhkan bahan perekat, dalam proses pengolahan sampah organik menjadi briket di TPST Bhakti Bumi II bahan perekat yang digunakan yaitu tepung tapioka dan air. 1 kg perekat untuk menghasilkan briket membutuhkan 10 kg sampah kering, kemudian dilakukan proses pencetakan, dan briket siap untuk dijual kepada pabrik yang membutuhkan sebagai bahan alternatif untuk proses pembakaran. Saat ini sampah organik yang diolah menjadi briket di TPST Bhakti Bumi II sebesar 54 m³/hari. Alat atau mesin yang digunakan dalam pembuatan briket ini dapat dilihat pada **Gambar 4.14** merupakan ruang pencacah dan pengering apabila pada siteplan bangunan 2 ditunjukkan dengan warna orange untuk ruang

pengering dan kuning untuk ruang pencacah yang dapat dilihat pada **Gambar 4.11**. Saat ini untuk mesin pencacah dan pengering mengalami kerusakan dan masih dalam proses perbaikan, sehingga proses pengolahan briket tidak dapat dilakukan, sehingga sampah organik dari TPST Bhkati Bumi II diangkut ke TPA Jabon untuk dilakukan pengolahan sampah selanjutnya.

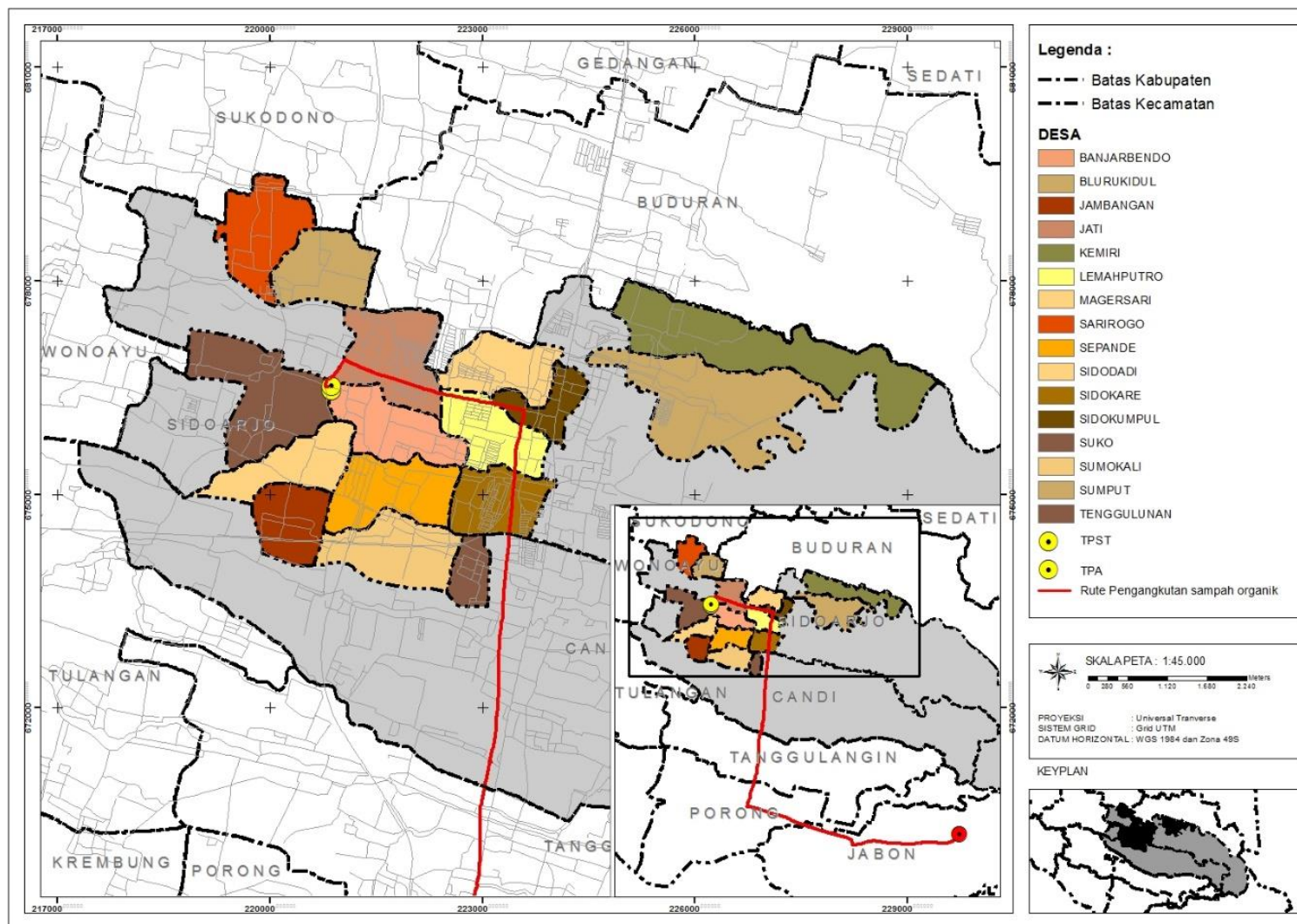


Gambar 4.14 Fasilitas dalam Proses Pengolahan Sampah Organik menjadi Briket



Gambar 4.15 Proses Pemindahan Sampah Reuse untuk di Jual

Pengangkutan hasil sampah organik yang di bawa ke TPA Jabon dilakukan dua kali sehari yaitu pada jam 08.00 WIB dan 14.00 WIB dengan rute pengangkutan dapat dilihat pada **Gambar 4.16**. Proses pemindahan sampah organik yang dimasukkan ke truck sampah untuk diolah ke TPA Jabon dapat dilihat pada **Gambar 4.17**. pada gambar ini dilakukan pada ruang penyimpanan atau bila pada gambar siteplan ditunjukkan dengan warna putih yang dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.16 Peta Rute Pengangkutan Sampah Organik TPST ke TPA Jabon



Gambar 4.17. Proses pemindahan sampah organik untuk dibawa ke TPA

TPS Terpadu Bhakti Bumi kegiatan yang dilakukan dalam mengurangi volume sampah juga melakukan pengolahan sampah dengan cara insenerator. Sampah yang masuk ke insenerator yaitu sampah yang tidak ada manfaat nilai jualnya lagi seperti pampers, kain, sisa sampah plastik, dan sisa sampah kertas. Dari hasil pengolahan sampah menggunakan insenerator menghasilkan produk paving block, dimana produk tersebut memiliki nilai jual. Dalam pengolahan sampah menggunakan metode insenerator membutuhkan 1 orang pekerja yang berguna untuk memindahkan sampah yang akan diolah ke tungku pembakar insenerator juga mencetak hasil abu insenerator ke cetakan paving block. Pengolahan sampah dengan cara insenerator dapat dilihat pada **Gambar 4.18**. Pada gambar siteplan bangunan 2 ditunjukkan dengan warna merah yaitu ruang insenerasi yang dapat dilihat di **Gambar 4.11**.



Gambar 4.18 Alat Insenerator TPST Bhakti Bumi II

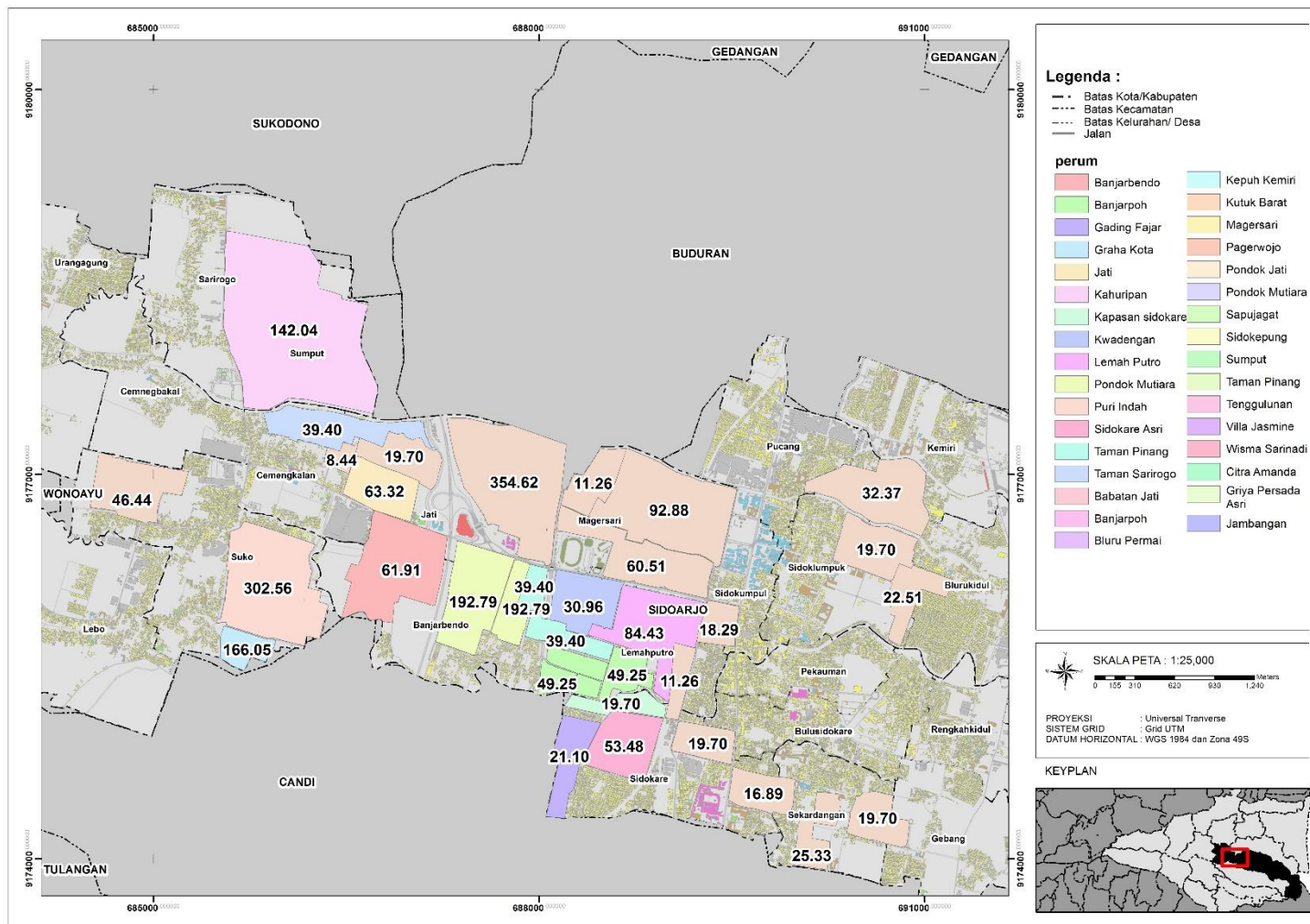


Gambar 4.19 Tempat Penampungan Limbah Insenerator

Proses pengolahan sampah menggunakan alat insenerator terdiri dari beberapa tahap mulai dari memasukkan sampah yang akan diolah oleh seorang pegawai kedalam tengku pembakaran yang berkapasitas 80 ton/hari atau 113,99 m³. Saat ini sampah yang diolah menggunakan metode insenerasi sebesar 22,5 m³. Volume sampah yang diolah saat ini tidak sebanding dengan kapasitas insenerator, dikarenakan sampah yang masuk pada bunker insenerator pada jam 11.00 WIB dan proses insenerator membutuhkan waktu selama 8 jam. Sampah yang masuk ke TPST diatas jam 11.00 WIB tidak bisa diolah pada hari tersebut. Proses pembakaran membutuhkan energi listrik untuk menyalakan mesin dan blower. Insenerator pada TPST Bhakti Bumi II tidak membutuhkan bahan bakar untuk pengoperasian insenerator, dalam proses awal pembakaran menghasilkan api sampah yang dimasukkan dalam tengku berupa sampah kering, kayu, dan ranting kemudian dibakar pada pintu *main bunner*. Hasil pembakaran sampah berupa abu dan cairan. Cairan ini diperoleh karena proses insenerator pada TPST Bhakti Bumi II asap yang hasilkan tidak terlihat dan diolah emisi tersebut menjadi bentuk cairan yang di tampung dalam wadah seperti **Gambar 4.19**, gambar ini terdapat pada gambar sitpelan bangunan 2 merupakan ruang pengunangan lindi atau berwarna coklat yang ditunjukkan pada **Gambar 4.11**. Hasil lain pengolahan insenerator yang lebih bermanfaat yaitu abu yang dapat diolah menjadi paving block dengan mencampurkan semen. Dari hasil 80 ton sampah yang mengalami proses pembakaran menjadi abu membutuhkan 1 sak semen untuk menghasilkan 100 paving block seperti pada **Gambar 4.20**.



Gambar 4.20 Hasil Olahan Insenerator



Gambar 4.21 Peta Volume Timbulan Sampah Wilayah Pelayanan TPST Bhakti Bumi II

4.3.4. Volume dan Komposisi Sampah di TPST Bhakti Bumi II

Timbulan sampah di TPST Bhakti Bumi II merupakan sampah rumah tangga atau sumber sampah didominasi oleh kegiatan rumah tangga yang berasal dari 20 perumahan formal dan 15 desa atau kampung berdasarkan **Gambar 4.20**. TPST Bhakti Bumi II melayani 10.768 KK dengan jumlah pengeledek sampah sebesar 169 orang pengeledek. Setiap pengeledek melayani jumlah KK yang berbeda yang dapat dilihat pada **Tabel 4.6**, dan volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II setiap harinya tidak selalu sesuai dengan jumlah KK yang dilayani oleh pengeledek, dikarenakan aktivitas setiap rumah tangga yang berbeda dan juga pada hari sabtu atau minggu adanya kegiatan kebersihan yang dilakukan oleh warga.

Tabel 4.6

Jumlah KK dan Volume Sampah yang dihasilkan pada Wilayah Pelayanan Berdasarkan Jenis Permukiman

No	Jenis Permukiman	Jumlah KK	Volume Rata-Rata Sampah (m ³)/hari
Perumahan			
1	Puri Indah	1580	302,56
2	Graha Kota	592	166,05
3	Villa Jasmine	358	46,44
4	Pondok Mutiara	988	192,79
5	Taman Pinang	130	39,40
6	Pondok Jati	1895	354,62
7	Sidokare Asri	208	53,48
8	Gading fajar	126	21,11
9	King Safira	150	19,70
10	Magersari	322	92,88
11	Wisma Sarinadi	261	60,51
12	Perum Citra Amanda	93	19,70
13	Bluru Permai	84	22,52
14	Perum Sentosa Mandiri	77	21,11
15	Griya Persada Asri	94	25,33
16	Perum Nevarda	60	11,26
17	Kahuripan Nirwana	1300	142,04
18	Wahyu Taman Sarirogo	153	52,07
19	Perum Orchid	80	19,70
20	Safira Garden	21	9,85
Desa			
1	Kwadengan	150	30,96
2	Lemah Putro	347	84,43
3	Kutuk Barat	32	11,26
4	Tenggulunan	100	19,70
5	Pagerwojo	80	11,26
6	Jambangan	107	16,89
7	Sumput	30	8,44
8	Sapujagat	70	19,70
9	Kepuh Kemiri	212	32,37
10	Banjarpoh	257	49,25
11	Banjarbendo	456	61,92
12	Jati	130	63,33
13	Babatan Jati	85	19,70
14	Kapasan Sidokare	100	19,70
15	Sepande	40	9,85

Volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II didapatkan dari hasil pengamatan dilapangan selama 7 hari dengan menghitung setiap gerobak dan mobil pick up yang masuk ke TPST. Pengamatan pengukuran sampah dilakukan selama 7 hari dimulai pada tanggal 3 Juli 2017- 9 Juli 2017 dengan pengamatan sebanyak 3 kali perhari pada pukul 06.00, 08.00-09.00 WIB dan 14.00-15.00 WIB. Pengamatan diawali pada dari senin dan hari terakhir pengamatan pada hari minggu. Volume sampah dari rumah tangga dihitung dengan mengalikan jumlah ritasi gerobak dengan volume tiap gerobak. Volume yang dapat diangkut oleh gerobak dan mobil berdasarkan hasil pengukuran panjang dan lebar, juga tinggi volume sampah yang ada dalam gerobak dan mobil selama 7 hari. Berikut merupakan bentuk gerobak yang melayani tiap-tiap kelurahan di Kecamatan Sidoarjo pada **Gambar 4.22**.



Gambar 4.22 Gerobak Sampah sebagai alat pengumpulan

Volume maksimal yang dapat diangkut oleh gerobak dapat diketahui dari perhitungan dimensi panjang, lebar, dan tinggi pada setiap gerobak pengangkut sampah yang masuk di TPST Bhakti Bumi II, juga volume dari sampah yang diangkut menggunakan mobil pick up dan armroll truck dihasilkan dari perhitungan panjang lebar dan tinggi dari kendaraan tersebut. Hasil pengukuran volume sampah gerobak dan armroll truck secara keseluruhan dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Ritasi gerobak dalam waktu sehari maksimal sebanyak 3 kali ritasi, sedangkan untuk mobil sebanyak 2 ritasi. Berikut merupakan perhitungan volume sampah gerobak dan kendaraan pengangkut sampah menghasilkan volume sampah yang dihasilkan sumber sampah rumah tangga seperti pada **Tabel 4.7**.

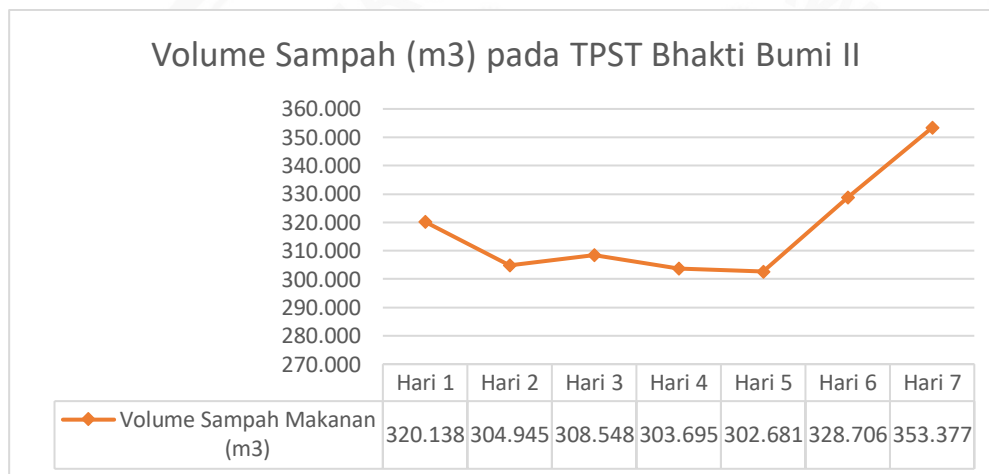
Tabel 4.7

Volume sampah alat angkut gerobak

Hari	Gerobak			Mobil Pick up & Armroll Truck		
	Volume (m ³)	jumlah alat kumpul (rit)	Volume Sampah (m ³)	Volume (m ³)	jumlah alat kumpul (rit)	Volume Sampah (m ³)
1	1,408	206	290,087	10,017	3	30,051
2	1,394	197	274,671	10,091	3	30,274
3	1,394	200	278,808	9,913	3	29,740
4	1,399	196	274,155	9,847	3	29,540
5	1,404	194	272,456	10,075	3	30,225

Hari	Gerobak		Mobil Pick up & Armroll Truck			
	Volume (m ³)	jumlah alat kumpul (rit)	Volume Sampah (m ³)	Volume (m ³)	jumlah alat kumpul (rit)	Volume Sampah (m ³)
6	1,410	211	297,583	10,374	3	31,123
7	1,441	223	321,271	10,702	3	32,106
Rata-rata			287,004	30,437		
Total			2009,031	213,059		

Berdasarkan **Tabel 4.7**, total volume sampah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga sebesar 2.222,090 m³/hari. Dengan volume sampah yang dihasilkan dari gerobak yang masuk di TPST Bhakti Bumi II berasal dari perumahan dan desa sebesar 2009,031m³/hari. Volume sampah dari alat angkut kendaraan yaitu mobil pick up dan armroll truck yang dihasilkan dari perumahan kahuripan nirwana dan sapuan jalan sebesar 213,059 m³/hari. Rata-rata volume sampah harian pada TPST Bhakti Bumi II sebesar 287,004 m³.



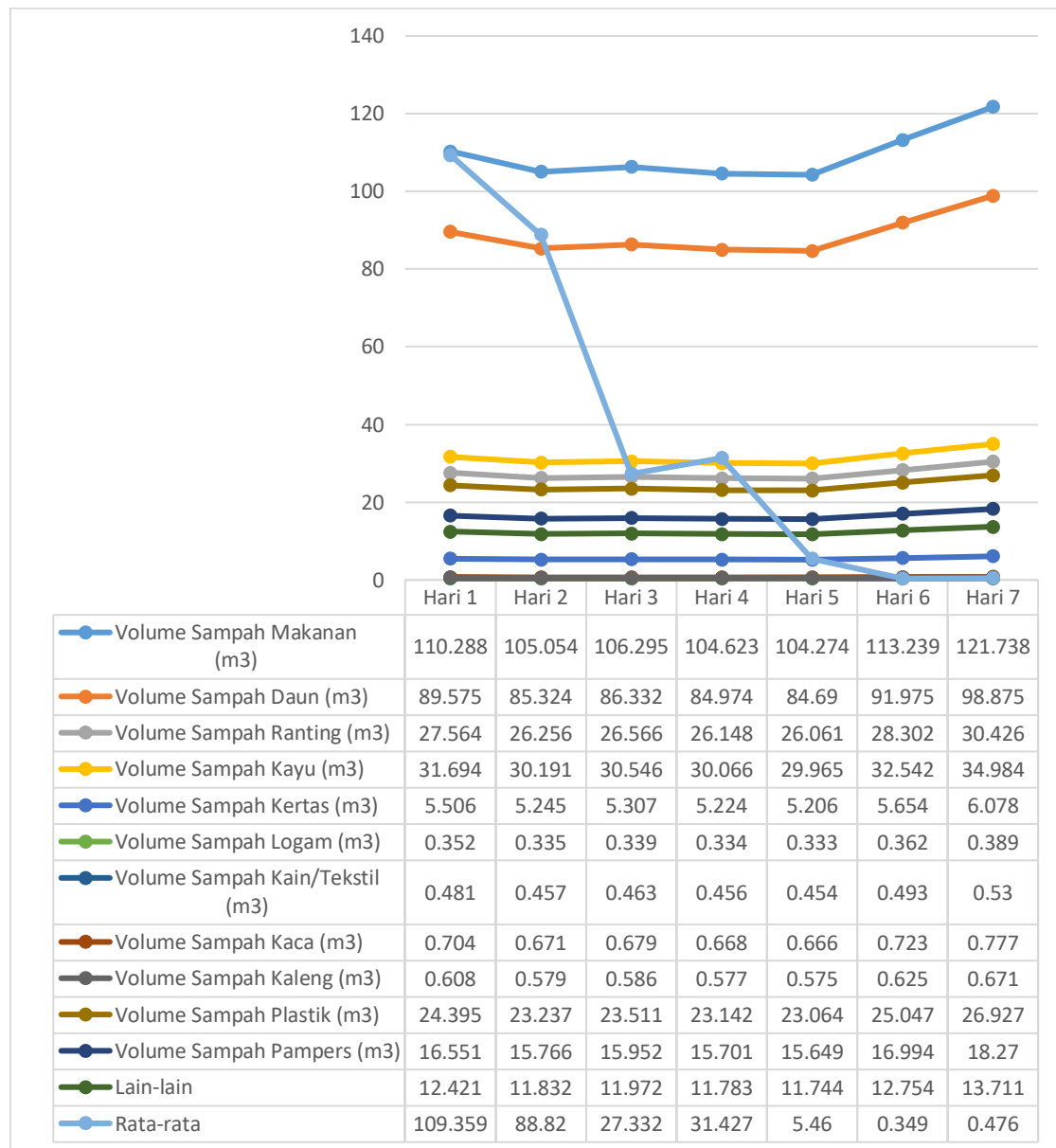
Gambar 4.23 Grafik Hasil Pengamatan Volume Sampah pada TPST Bhakti Bumi II (m³/hari)

Gambar 4.23 menunjukkan hasil pengukuran volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II selama 7 hari yang diangkut oleh para penggeledak sampah, dilakukan pada dua periode yaitu pada waktu *weekday* dan *weekend*. Pada gambar grafik 4.23 dapat dilihat bahwa volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II mengalami fluktuasi dikarenakan setiap orang tidak bisa diprediksi berapa volume sampah yang dibuang. Dalam grafik menunjukkan bahwa pada periode *weekend* cenderung terjadi peningkatan volume sampah. Peningkatan volume sampah dapat terjadi karena beberapa faktor, dalam penelitian ini peningkatan volume sampah pada *weekend* berdasarkan hasil wawancara dengan penggeledak sampah di TPST Bhakti Bumi II dikarenakan adanya kegiatan rutin gotong royong kebersihan yang dilakukan setiap desa dan perumahan pada hari sabtu atau minggu.

Selain adanya kegiatan gotong royong yang dilakukan pada hari weekend juga karena sumber sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II berasal dari perumahan sehingga jika pada weekend banyak kegiatan yang dilakukan di lingkungan perumahan sehingga terjadi peningkatan produksi sampah yang dihasilkan.

4.3.1. Komposisi Sampah TPST Bhakti Bumi II

Berdasarkan komposisi sampah menurut jenis, sampah yang masuk di TPST Bhakti Bumi II memiliki volume sampah yang dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.



Gambar 4.24 Volume Sampah Berdasarkan Jenis Sampah di TPST Bhakti Bumi II

Berdasarkan hasil **Gambar 4.24** dapat dilihat bahwa produksi sampah tertinggi yaitu jenis sampah makanan dengan jumlah sampah makanan yang dihasilkan selama 7 hari adalah 765,510 m³. Dari komponen jenis sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II yaitu

mayoritas merupakan sampah permukiman, karena volume sampah yang tinggi yaitu sampah makanan untuk sampah organik dan sampah anorganik yaitu sampah plastik dan pampers. Selain sampah dari permukiman dapat diketahui bahwa TPST Bhakti Bumi II melayani sampah sapuan jalan sehingga volume sampah organik yang dihasilkan dari sampah sapuan jalan seperti sampah daun, ranting, dan kayu bervolume tinggi. Berat sampah berdasarkan komposisi sampah di TPST Bhakti Bumi II pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8
Berat Sampah Berdasarkan Komposisi di TPST Bhakti Bumi II

Jenis Sampah	Komposisi Sampah	Persentase (%)	Volume Sampah (m ³)	Berat Sampah (kg)
Sampah Organik	Sampah makanan	34,45%	765,510	220727,16
	Sampah daun	27,98%	621,741	179272,74
	Sampah ranting	8,61%	191,322	113453,92
	Sampah kayu	9,90%	219,987	130452,24
Sampah Anorganik	Sampah kertas	1,72%	38,220	3428,71
	Sampah logam	0,11%	2,444	783,10
	Sampah kain/tekstil	0,15%	3,333	219,32
	Sampah kaca	0,22%	4,889	955,38
	Sampah kaleng	0,19%	4,222	378,75
	Sampah plastik	7,62%	169,323	11121,15
	Sampah pampers	5,17%	114,882	55208,87
	lain-lain	3,88%	86,217	41433,35

Komposisi sampah yang masuk di TPST Bhakti Bumi II didominasi oleh sampah organik dengan berat sampah sebesar 643,91 ton atau 85% dari total berat sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II, jumlah sampah organik didominasi dari sampah makanan dengan volume sebesar 765,51 m³ dan dengan berat sebesar 220,73 ton. Untuk berat sampah anorganik yang masuk di TPST Bhakti Bumi II sebesar 113,53 ton atau nilai presentase 15%, volume sampah anorganik yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II didominasi oleh sampah plastik sebesar 169,32 m³ dan dengan berat sampah sebesar 11,12 ton. Dari data komposisi yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II dapat diketahui bahwa aktivitas rumah tangga penggunaan konsumsi wadah plastik masih cukup tinggi dengan persentase 7,62% dari total volume sampah yang masuk di TPST Bhakti Bumi II. Sedangkan sampah daun, ranting, dan pohon diperoleh dari sampah sapuan jalan.

4.4. Analisis Potensi Reduksi Sampah di TPST Bhakti Bumi II

Analisis potensi reduksi yaitu menggunakan metode mass balance dimana dapat diketahui volume sampah yang dapat diolah di TPST Bhakti Bumi II yang dibedakan oleh jenis sampah yaitu sampah organik dan sampah anorganik.

4.4.1. Potensi Reduksi Sampah Organik

Potensi reduksi sampah merupakan volume sampah yang dapat dikurangi dengan cara mengolah sampah organik maupun sampah anorganik (Wahyu, 2017). Potensi pengolahan sampah organik yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II setelah melalui proses pemilahan yang dapat diolah dengan proses komposting ataupun briket. Pengolahan sampah organik menjadi kompos tidak dilakukan di TPST Bhakti Bumi II dikarenakan kurangnya lahan untuk pengolahan kompos. Pengolahan sampah organik yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi menurut Bapak Sugito selaku Ketua CV. Bhakti Bumi sebesar 45% sampah organik diolah menjadi briket, dan sisa sampah organik dari TPST Bhakti Bumi II diangkut ke TPA Jabon untuk proses pengolahan kompos. Berikut pada **Tabel 4.9** hasil pengukuran nilai potensi reduksi total sampah organik yang di TPST Bhakti Bumi II.

Tabel 4.9
Potensi Sampah Organik di TPST Bhakti Bumi II

Jenis Sampah	Volume Sampah (m ³ /hari)	Rf	Potensi Reduksi Sampah (m ³ /hari)	Volume Sampah Sisa (m ³ /hari)	Berat Sampah (ton/hari)
Sampah Makanan	109,36	80%	87,49	21,87	31,5
Sampah Daun	88,82	90%	79,94	8,88	25,6
Sampah Ranting	27,33	90%	24,60	2,73	16,2
Sampah Kayu	31,43	90%	28,28	3,14	18,6

Berdasarkan hasil **Tabel 4.9** jumlah sampah organik yang dapat direduksi sebesar 220,31 m³ yang terdiri dari potensi reduksi sampah makanan sebesar 87,49 m³, sampah daun sebesar 79,94 m³, sampah ranting sebesar 24,6 m³, dan sampah kayu sebesar 28,28 m³. Sisa sampah atau sampah organik yang tidak dapat diolah di TPST Bhakti Bumi sebesar 36,62 m³. Berat sampah organik yang harus diolah sebesar 91,9 ton/hari.

Pengolahan sampah organik pada TPST Bhakti Bumi II sebesar 45% dari sampah organik yang masuk ke TPST dengan menggunakan mesin untuk mengolah sampah organik menjadi briket. Sistem kerja mesin pembuat briket yaitu sampah yang sudah dipilah yang menghasilkan sampah organik masuk dalam mesin pencacah, setelah itu dikeringkan di mesin pengering, lalu masuk ke mesin pembakaran, dan sampah organik berubah menjadi bahan untuk briket. Mesin ini dapat mengolah sampah sebesar 50 ton perharinya. Sampah organik yang dapat diolah dengan mesin berupa sampah daun-daunan, sisa makanan, ranting dan kayu. Pada **Tabel 4.10** menjelaskan potensi reduksi volume sampah organik yang diolah menjadi briket di TPST Bhakti Bumi II.

Tabel 4.10
Potensi Reduksi Sampah Organik yang Diolah menjadi Briket

Jenis Sampah	Volume Sampah (m ³ /hari)	Rf	Potensi Reduksi Sampah (m ³ /hari)	Volume Sampah Sisa (m ³ /hari)	Berat Sampah (ton/hari)
Sampah Makanan	49,21	80%	39,37	9,84	14,2
Sampah Daun	39,97	90%	36,97	4	11,5
Sampah Ranting	12,30	90%	11,07	1,23	7,3
Sampah Kayu	14,14	90%	12,73	1,41	8,3

Sampah organik yang diolah menjadi briket di TPST Bhakti Bumi sebesar 45% dari sampah organik yang masuk, berdasarkan hasil **Tabel 4.10** total volume sampah yang dapat diolah menjadi briket sebesar 115,62 m³, dengan total potensi reduksi sampah organik yang dapat diolah menjadi briket sebesar 99,14 m³. Berat sampah yang diolah menjadi bahan baku briket sebesar 41,3 ton, berat sampah organik masih dapat ditampung oleh mesin karena mesin pembuatan proses briket dapat menampung 50 ton sampah. Sisa sampah organik dari TPST Bhakti Bumi yang diolah ke TPA menjadi kompos yaitu sebesar 141,3 m³ atau sebesar 50,6 ton/hari yaitu 55% sampah organik yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II diangkut ke TPA Jabon untuk dilakukan pengolahan sampah menjadi kompos.

4.4.2. Potensi Reduksi Sampah Anorganik

Sampah anorganik yang masuk TPST Bhakti Bumi II terdiri dari dari sampah kertas, sampah logam, sampah plastik, sampah kain, sampah kaca, sampah kaleng, dan sampah pampers. Sampah anorganik yang dapat diolah menggunakan incenerator yaitu sampah pampers, sampah kain, dan sampah kaleng. Pengolahan sampah anorganik pada TPST Bhakti Bumi II yaitu dengan menjual kembali sampah pada pabrik-pabrik yang membutuhkan sampah. Sampah anorganik yang dapat dimanfaatkan atau dijual kembali terdiri dari sampah kertas, sampah logam, sampah kaca, dan sampah plastik. Untuk mengetahui potensi reduksi sampah anorganik dapat dilakukan dengan menghitung volume sampah tiap jenis dan nilai recovery factor. Berdasarkan dari perhitungan tersebut dapat diperoleh potensi volume sampah yang dapat direduksi dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11
Potensi Reduksi Sampah Anorganik di TPST Bhakti Bumi II

Jenis Sampah	Volume Sampah (m ³ /hari)	Rf	Potensi Reduksi Sampah (m ³ /hari)	Volume Sampah Sisa (m ³ /hari)	Berat Sampah (kg/hari)
Sampah Kertas	5,46	90%	4,91	0,5	489,8
Sampah Plastik	24,19	92%	22,25	1,9	1588,7
Sampah Kaca	0,70	70%	0,49	0,2	136,5
Sampah Logam	0,35	98%	0,34	0,01	111,9
Sampah Kaleng	0,60	95%	0,57	0,03	89,7
Sampah Kain/Tekstil	0,48	90%	0,43	0,05	65,8
Sampah Pampers	16,41	90%	14,77	1,64	480,6

Berdasarkan hasil **Tabel 4.11** potensi sampah anorganik yang dapat dimanfaatkan atau dijual sebesar 43,2 m³ atau 2.963 kg terdiri dari 4,91 m³ sampah kertas, sampah plastik 22,25 m³, sampah kaca 0,49 m³, sampah logam 0,34 m³, sampah kaleng 0,57 m³, sampah kain/tekstil 0,43 m³, dan sampah pempers 14,77 m³. Jenis sampah yang memiliki potensi reduksi sampah terbesar yang dilakukan dengan pemanfaatan kembali yaitu sampah plastik dengan potensi reduksi sebesar 22,25 m³. Untuk total volume sampah anorganik sisa reduksi atau sampah anorganik yang tidak dapat diolah sebesar 4,39 m³. Dari total volume sampah campuran sebesar 163,81 m³ terdapat potensi sampah yang dapat diolah sebesar 103,3 m³ terdiri dari sampah organik sebesar 99,1 m³ dan potensi sampah anorganik sebesar 28 m³. Potensi reduksi sampah yang dapat diolah di TPST Bhakti Bumi II untuk lebih jelasnya dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12

Potensi Reduksi Sampah yang dapat Diolah di TPST Bhakti Bumi II

Jenis Sampah	Volume Total Sampah Campuran (m ³ /hari)	Potensi Sampah yang dapat Diolah (m ³ /hari)	Prosentase Potensi Sampah yang dapat Diolah (%)
Sampah Organik	163,81	99,14	36,02
Sampah Kertas		4,91	1,78
Sampah Plastik		22,25	8,09
Sampah Kaca		0,49	0,18
Sampah Logam		0,34	0,12
Sampah Kaleng		0,57	0,21
Sampah Kain/Tekstil		0,43	0,16
Sampah Pempers		14,77	5,37

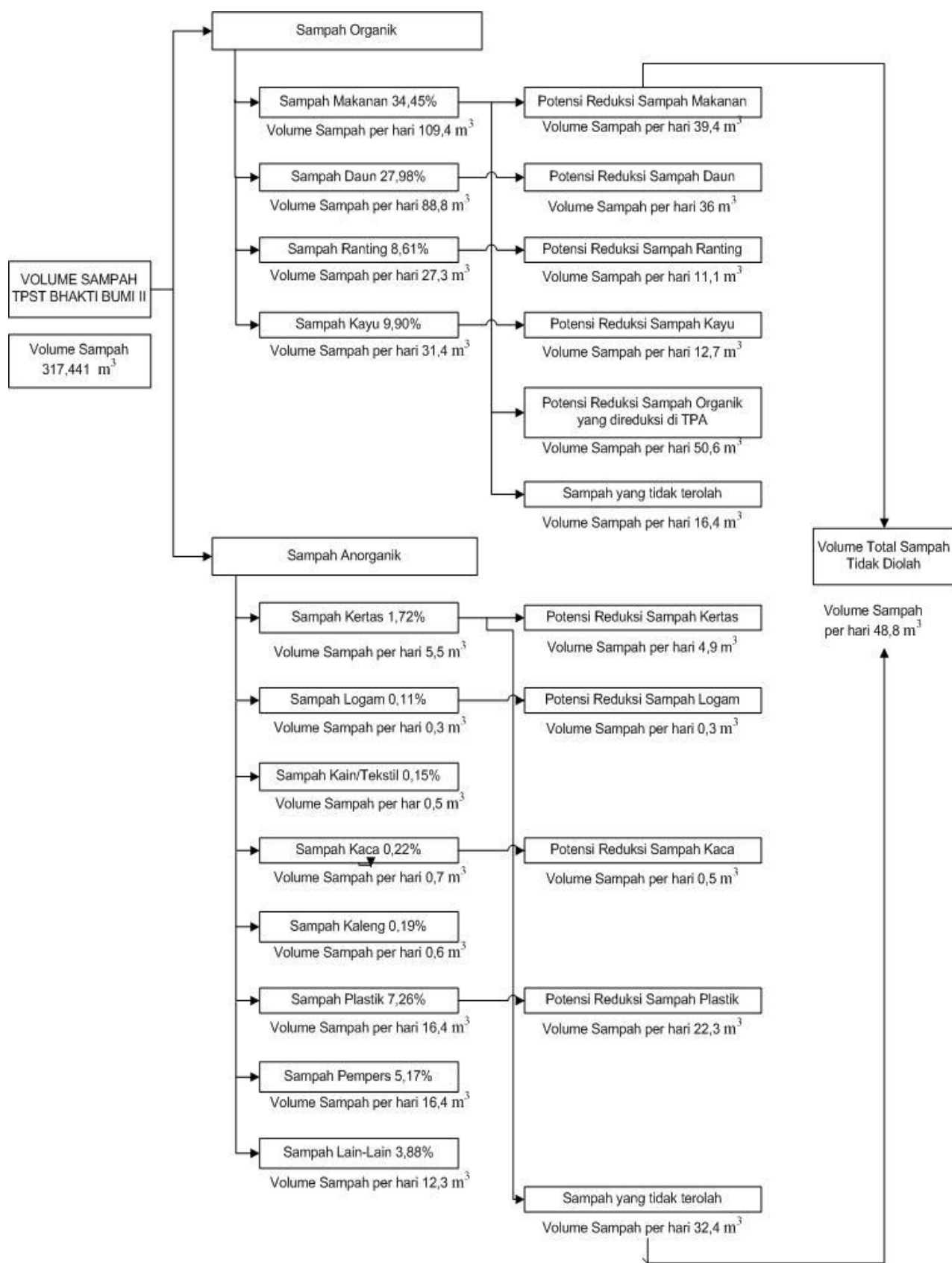
Berdasarkan **Tabel 4.12** dapat diketahui bahwa jumlah sampah yang dapat diolah di TPST Bhakti Bumi II untuk dijadikan briket dan dijual kembali sebesar 163,81 m³ memiliki potensi yang dapat diolah 51,93% terdiri dari potensi sampah organik yang dapat diolah 36,02% dan sampah anorganik 15,91%. Sedangkan sebesar 48,07% sampah organik tidak diolah di TPST Bhakti Bumi II melainkan diolah di TPA Jabon. Data pada **Tabel 4.12** menunjukkan bahwa untuk mengolah sampah anorganik membutuhkan input sampah campuran lebih besar dikarenakan potensi sampah yang dapat diolah kecil yaitu 15,91% terdiri dari 1,78% sampah kertas, 8,09% sampah plastik, 0,18% sampah kaca, 0,12% sampah logam, 0,21% sampah kaleng, 0,16% sampah kain/tekstil, dan 5,37% sampah pempers sedangkan untuk sampah organik membutuhkan input sampah campuran lebih kecil dikarenakan prosentase sampah lebih besar yaitu 36,02%. Berikut merupakan kebutuhan sampah campuran yang diolah berdasarkan tipe pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13

Kebutuhan Sampah Campuran Berdasarkan Tipe Pengolahan di TPST Bhakti Bumi II

Jenis Tipe Pengolahan	Jenis Sampah yang diolah	Kebutuhan Sampah Campuran tiap pengolahan 1 m ³ (m ³)
Tipe Insenerator	Sampah kain, pempers, plastik, kertas	1,9
Tipe <i>Reuse</i> Sampah Anorganik	Sampah plastik, kertas, kaca, kaleng dan logam	5,8
Tipe <i>Recycle</i> Sampah Briket	Sampah makanan, daun, ranting dan kayu	3,1





Gambar 4.25 Mass Balance di TPST Bhakti Bumi II

4.5. Analisis *Mixture Design* TPST Bhakti Bumi II

Target pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II menetapkan target pengurangan sampah dari proses pengolahan 3R sebesar 14% berdasarkan dari Rencana Masterplan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2003-2023. Volume sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II berdasarkan hasil pengukuran di lapangan sebesar 176,13 m³/hari, sehingga target pengurangan sampah dengan proses pengolahan sampah yang dibebankan di TPST Bhakti Bumi II sebesar 22,82 m³/hari. Pengurangan sampah dapat dilakukan dengan tipe pengelolaan sampah insenerator, *reuse* sampah anorganik, dan *recycle* briket. Penentuan tipe pengelolaan sampah yang optimal menggunakan metode *Mixture Design* 10.0 Trial Version berdasarkan tiga aspek yang ditentukan yaitu aspek lahan, emisi lingkungan dan ekonomi. Langkah-langkah dalam penentuan tipe pengelolaan sampah yang terbaik sebagai berikut:

A. Penentuan Nilai Total Kombinasi

Mixture Design 10.0 Trial Version merupakan metode yang diperuntukkan untuk menentukan kombinasi volume sampah terbaik dari tipe pengolahan sampah pada TPST. Kombinasi volume sampah dari ketiga pengolahan harus memiliki nilai total yang sama (Wahyu, 2017). Langkah pertama yang harus dilakukan dalam menggunakan metode *Mixture Design* 10.0 Trial Version yaitu menentukan nilai total dari kombinasi. Penentuan nilai total kombinasi pada TPST Bhakti Bumi II diasumsikan dari target pengurangan volume sampah yang harus diolah di TPST yaitu sebesar 14% dari total volume sampah yang masuk karena tujuan TPST Bhakti Bumi II yaitu mengolah sampah sesuai target dengan tipe pengolahan 3R. Nilai total kombinasi yang digunakan yaitu sebesar 22,82 m³ sesuai dengan target pengurangan sampah dengan proses pengelolaan sampah.

B. Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi

Penentuan nilai batas atas dan batas bawah didasarkan dari volume maksimal dan minimal sampah yang akan dikombinasikan berdasarkan tipe pengolahan (Wahyu, 2017). Tipe pengolahan sampah melalui proses insenerator membutuhkan sampah kain, pempers, plastik, dan kertas. Tipe pengolahan *reuse* yaitu dengan menjual lagi sampah seperti sampah kertas, plastik, kaca, dan logam. Sedangkan tipe pengolahan *recycle* menjadi briket membutuhkan sampah dengan jenis organik seperti sampah makanan, daun, ranting, dan kayu. Berdasarkan analisis potensi reduksi sampah organik dan anorganik didapatkan total volume sampah yang dapat diolah pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14

Volume Sampah yang Dapat Diolah dan Target Pengurangan Sampah TPST Bhakti Bumi II

Jenis Sampah	Tipe Pengolahan	Jenis Sampah yang digunakan	Volume yang diolah saat ini (m ³)/hari	Volume Potensi Reduksi (m ³)/hari	Target Pengolahan Sampah (m ³)/hari
Organik	<i>Recycle</i> briket	Sampah makanan, daun, ranting, dam kayu	54	99,14	617,91
Anorganik	<i>Reuse</i> Sampah Anorganik	Sampah plastik, kertas, kaca, kaleng dan logam	32,5	21,88	
	Insenerator	Sampah kain, pempers, plastik, kertas dan lain-lain	22,5	26,78	
Total Volume			109	147,80	

Berdasarkan hasil perhitungan analisis potensi reduksi pada **Tabel 4.14** diketahui bahwa potensi sampah dan pada kondisi eksisting nilai volume sampah berada dibawah nilai target atau belum memenuhi target 14% pengurangan volume sampah berdasarkan pengolahan sampah Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo 2003-2023, atau dapat diasumsikan bahwa target yaitu 617,91 m³/hari merupakan 100% sebagai batas atas dan juga sebagai nilai optimal dalam memenuhi target.

Tabel 4.15

Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Kombinasi

Tipe Pengolahan	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
<i>Recycle</i>	0	(A) = 100
Insenerator	0	(B) = 100
<i>Reuse</i>		(C) = 100

Sumber: Ozturk et all (2013)

Hasil nilai batas bawah dan batas atas berdasarkan **Tabel 4.15** diketahui bahwa tipe pengolahan memiliki batas bawah 0 dan batas atas 100%, hal tersebut merupakan model ideal yang diterapkan dengan analisis yang digunakan yaitu *simplex lattice* (Ozturk et all, 2013). Setelah penentuan batas atas dan batas bawah dimasukkan dalam aplikasi *Design Expert* untuk menghasilkan sampah dan pembentukan model ketiga tipe aspek. Titik sampel kombinasi pembentukan model para **Tabel 4.16**.

Tabel 4.16

Sampel Permodelan Kombinasi *Mixture Design*

Run/(Urutan Percobaan)	Volume Sampah (%)		
	<i>Recycle</i>	Insenerator	<i>Reuse</i>
1	0	100	0
2	50	50	0
3	33,3333	33,3333	33,3333
4	16,6667	16,6667	66,6667
5	50	50	0
6	100	0	0
7	50	0	50
8	16,6667	66,6667	16,6667
9	0	100	0
10	0	50	50

Run/(Urutan Percobaan)	Volume Sampah (%)		
	<i>Recycle</i>	Insenerator	<i>Reuse</i>
11	66,6667	16,6667	16,6667
12	0	0	100
13	0	0	100
14	100	0	0

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Pada **Tabel 4.16** dapat dilihat bahwa untuk menganalisis kombinasi tipe pengolahan sampah membutuhkan 14 sampel acak, dimana sampel ini diperoleh setelah memasukkan data batas atas dan batas bawah tiap tipe pengolahan yaitu *recycle*, insenerator, dan *reuse* di software *Design Expert* versi 10. Dari 14 sampel acak yang diperoleh dari software *Design Expert* kemudian nilai variabel terikat (y) yang terdiri dari kebutuhan lahan, BCR, dan emisi lingkungan secara manual, karena untuk membentuk model kombinasi setiap variabelnya. Untuk mengetahui nilai ketiga variabel tersebut diperlukan mengetahui kebutuhan sampah campuran setiap kombinasi dari 14 sampel acak. Perhitungan kebutuhan sampah campuran pada setiap tipe kombinasi berdasarkan hasil analisis mass balance pada **Gambar 4.25**. Asumsi perhitungan dari prosentase untuk menjadi volume sampah (m^3/hari) terdapat pada **Lampiran 3**. Dikarenakan dalam perhitungan luas kebutuhan lahan, nilai BCR dan emisi yang digunakan yaitu satuan volume sampah. Dari analisis mass balance untuk menghitung sampah campuran tiap tipe kombinasi di TPST Bhakti Bumi II menggunakan koefisien pada **Tabel 4.17**.

Tabel 4.17

Kebutuhan Sampah Campuran Berdasarkan Tipe Pengolahan di TPST Bhakti Bumi II

Jenis Tipe Pengolahan	Jenis Sampah yang diolah	Kebutuhan Sampah Campuran tiap pengolahan 1 m^3 (m^3)
Tipe Insenerator	Sampah kain, pempers, plastik, kertas	1,9
Tipe <i>Reuse</i> Sampah Anorganik	Sampah plastik, kertas, kaca, kaleng dan logam	5,8
Tipe <i>Recycle</i> Sampah Briket	Sampah makanan, daun, ranting dan kayu	3,1

Dari **Tabel 4.17** dapat diketahui nilai perbandingan koefisien, sehingga dapat dihitung kebutuhan sampah campuran yang di angkut ke TPST Bhakti Bumi II berdasarkan tipe pengolahan kombinasi dengan jumlah sampel kombinasi sebesar 14 sampel, dengan cara mengalikan koefisien dengan nilai kombinasi tiap tipe. Volume sampah campuran dari ketiga tipe pengolahan sampah yang memiliki nilai terbesar menjadi kebutuhan sampah campuran yang harus dibawa ke TPST, hal tersebut dikarenakan sampah campuran yang di bawa ke TPST mengandung potensi sampah yang cukup dari ketiga tipe pengolahan (Wahyu, 2017). Berikut merupakan nilai perhitungan kebutuhan sampah campuran tiap tipe pengolahan sampah pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18

Kebutuhan Sampah Campuran ke TPST Bhkati Bumi II pada 14 sampel

Run# Percobaan ke-	Volume Sampah (m ³ /hari)			Sampah Campuran <i>Recycle</i> (m ³)	Sampah Campuran Insenerator (m ³)	Sampah Campuran <i>Reuse</i> (m ³)	Kebutuhan Sampah Campuran ke TPST (m ³)
	<i>Recycle</i>	Insenerator	<i>Reuse</i>				
1	0,000	42,360	0,000	0,00	13,66	0,00	13,66
2	137,618	21,180	0,000	72,43	6,83	0,00	72,43
3	91,745	14,120	9,520	48,29	4,55	1,64	48,29
4	45,873	7,060	19,040	24,14	2,28	3,28	24,14
5	137,618	21,180	0,000	72,43	6,83	0,00	72,43
6	275,236	0,000	0,000	144,86	0,00	0,00	144,86
7	137,618	0,000	14,280	72,43	0,00	2,46	72,43
8	45,873	28,240	4,760	24,14	9,11	0,82	24,14
9	0,000	42,360	0,000	0,00	13,66	0,00	13,66
10	0,000	21,180	14,280	0,00	6,83	2,46	6,83
11	183,491	7,060	4,760	96,57	2,28	0,82	96,57
12	0,000	0,000	28,560	0,00	0,00	4,92	4,92
13	0,000	0,000	28,560	0,00	0,00	4,92	4,92
14	275,236	0,000	0,000	144,86	0,00	0,00	144,86

4.5.1. Permodelan Aspek Teknis

A. Perhitungan Kebutuhan Lahan

Perhitungan kebutuhan lahan sebagai salah satu variabel terikat untuk membentuk model kombinasi didasarkan pada Permen PU Nomor 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga. Nilai kebutuhan lahan dapat di dapatkan dengan menghitung jumlah sampah campuran yang di angkut dan dihitung menurut tipe-tipe pengolahan di TPST Bhakti Bumi II. Kebutuhan lahan berdasarkan tipe pengolahan sampah yaitu *recycle*, insenerator, dan *reuse* terdiri dari kebutuhan ruang untuk penerimaan, ruang pemilahan, ruang pematangan untuk ruang penyimpanan *reuse*, ruang insenerator, ruang pengeringan dan pencacahan untuk *recycle*. Untuk menghitung kebutuhan lahan menggunakan beberapa asumsi yaitu:

- Tinggi tumpukan sampah pada ruang/bak pemilahan : 0,3 m
- Luas antara pada ruang (m²) : 10
- Kapasitas mesin pengering (m²) : 2
- Tinggi sampah di ruang pengeringan : 0,5 m
- Tinggi bunker insenerator : 5 m

Perhitungan kebutuhan lahan pengolahan sampah berdasarkan tipenya dapat dilakukan setelah mengetahui asumsi-asumsi tersebut, sehingga berikut merupakan rincian kebutuhan lahan menurut tipe-tipe pengolahan:

1. Kebutuhan Ruang Penerimaan

Ruang penerimaan adalah ruang yang digunakan untuk menampung sampah dari masing-masing sumber sampah yang di angkut ke TPST sebelum dilakukan proses pengolahan pemilihan. Nilai acak kombinasi pada percobaan satu diketahui bahwa 91,745 m³ sampah *recycle*, 14,12 m³ sampah insenerator, dan 9,52 m³ sampah *reuse* membutuhkan sampah campuran sebesar 48,29 m³. Pada kombinasi percobaan ke 3 dapat digunakan sebagai contoh perhitungan kebutuhan lahan penerimaan sampah yang masuk ke TPST Bhakti Bumi II sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{48,29}{0,3} \right) = 160,96$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada percobaan ke 3 kmbinasi diperoleh kebutuhan lahan penerimaan sampah untuk menampung sampah di TPST Bhakti Bumi II membutuhkan lahan sebesar 160,96 m², perhitungan tersebut dilakukan hingga pada percobaan ke 14.

2. Kebutuhan Ruang Pemilahan

Ruang pemilahan adalah ruang yang digunakan untuk proses pemilahan sampah berdasarkan jenisnya yang terdiri dari smapah organik dan anorganik. Ruang pemilahan memiliki tinggi maksimal yaitu sebesar 0,3 m dengan jumlah tenaga kerja sebesar 21 tenaga pemilah dan setiap orang membutuhkan area kerja seluas 1 m². Batas waktu operasional pemilihan 7 jam/hari. Pemilahan di TPST Bhakti Bumi telah menggunakan conveyor dengan panjang 25 m dan lebar 0,8 m. Nilai acak kombinasi pada percobaan satu diketahui bahwa 91,745 m³ sampah *recycle*, 14,12 m³ sampah insenerator, dan 9,52 m³ sampah *reuse* membutuhkan sampah campuran sebesar 17,37 m³. Pada kombinasi percobaan ke 3 dapat digunakan sebagai contoh perhitungan kebutuhan lahan pemilahan sampah di TPST Bhakti Bumi II sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{48,29}{0,3} \right) = 160,96$$

$$L \text{ area kerja} = 1 \times 21 = 21$$

$$L \text{ conveyor} = 25 \times 0,8 = 20$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada percobaan ke 3 kombinasi diperoleh kebutuhan lahan pemilihan sampah di TPST Bhakti Bumi II membutuhkan lahan sebesar 201,96 m², perhitungan tersebut dilakukan hingga pada percobaan ke 16.

3. Kebutuhan RuangPengeringan

Ruang pengeringan dibutuhkan untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah melalui penguapan air yang terkandung dalam sampah. Proses pencacahan ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja penguapan pada temperatur kerja 105-120 °C di proses pengeringan sampah untuk dijadikan briket. Kapasitas mesin pencacahan mekanis adalah 2 m³/jam. Perhitungan ruang pengeringan didapatkan dari hasil volume sampah pada proses pencacahan, dengan tinggi sampah pengeringan 0,5 m. Sampah yang telah mengalami reduksi dari proses pengeringan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif bentuk padat atau residu tersebut berupa briket. Nilai acak kombinasi pada percobaan satu diketahui bahwa 91,745 m³ sampah *recycle*, 14,12 m³ sampah insenerator, dan 9,52 m³ sampah *reuse* membutuhkan sampah campuran sebesar 9,35 m³. Pada kombinasi percobaan ke 3 dapat digunakan sebagai contoh perhitungan kebutuhan lahan pengeringan sampah untuk proses pengolahan sampah menjadi briket di TPST Bhakti Bumi II sebagai berikut:

$$V \text{ pencacahan} = \frac{48,29}{2} = 24,14$$

$$L \text{ pengeringan} = \frac{24,14}{0,5} = 48,29$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada percobaan ke 3 kombinasi diperoleh kebutuhan lahan pengeringan sampah di TPST Bhakti Bumi II membutuhkan lahan sebesar 48,29 m², perhitungan tersebut dilakukan hingga pada percobaan ke 16.

4. Kebutuhan Ruang Penyimpanan

Ruang penyimpanan ini digunakan sebagai ruang untuk menyimpan sampah yang sudah dipilah dari sampah organik dan sampah anorganik. Ruang penyimpanan memiliki tinggi maksimal tumpukan sampah sebesar 1 m, dengan asumsi sampah yang terkumpul disimpan selama maksimal satu hari (Wahyu, 2017). Nilai acak kombinasi pada percobaan satu diketahui bahwa 91,745 m³ sampah *recycle*, 14,12 m³ sampah insenerator, dan 9,52 m³ sampah *reuse*. Pada kombinasi percobaan ke 3 dapat digunakan sebagai contoh perhitungan kebutuhan lahan penyimpanan sampah di TPST Bhakti Bumi II sebagai berikut:

$$L \text{ Penyimpanan Recycle} = \frac{24,15}{0,5} = 48,29$$

$$L \text{ Penyimpanan Insenerator} = \frac{4,55}{1} = 4,55$$

$$L \text{ Penyimpanan Reuse} = \frac{1,64}{0,3} = 5,47$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada percobaan ke 3 kombinasi diperoleh kebutuhan lahan penyimpanan sampah di TPST Bhakti Bumi II membutuhkan lahan sebesar 58,31 m², perhitungan tersebut dilakukan hingga pada percobaan ke 16.

5. Kebutuhan Ruang Insenerator

Teknologi insenerator adalah salah satu alat pemusna sampah yang dilakukan dengan proses pembakaran suhu tinggi secara terpadu, sehingga aman bagi lingkungan. Insenerator mampu membakar habis semua sampah menjadi abu. Pembakaran sampah pada TPST Bhakti Bumi II menggunakan pembakaran bertingkat (*double burner with scrubber*) sehingga emisi yang melalui cerobong tidak berbau. Nilai acak kombinasi pada percobaan satu diketahui bahwa 91,745 m³ sampah *recycle*, 14,12 m³ sampah insenerator, dan 9,52 m³ sampah *reuse* membutuhkan sampah campuran untuk *recycle* sebesar 48,29 m³. Pada kombinasi percobaan ke 3 dapat digunakan sebagai contoh perhitungan kebutuhan lahan untuk proses insenerator di TPST Bhakti Bumi II sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{48,29}{5} \right) = 9,66$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada percobaan ke 3 kombinasi diperoleh kebutuhan lahan untuk proses insenerator di TPST Bhakti Bumi II membutuhkan lahan sebesar 9,66 m², perhitungan tersebut dilakukan hingga pada percobaan ke 16.

Tabel 4.19
Perhitungan Kebutuhan Lahan

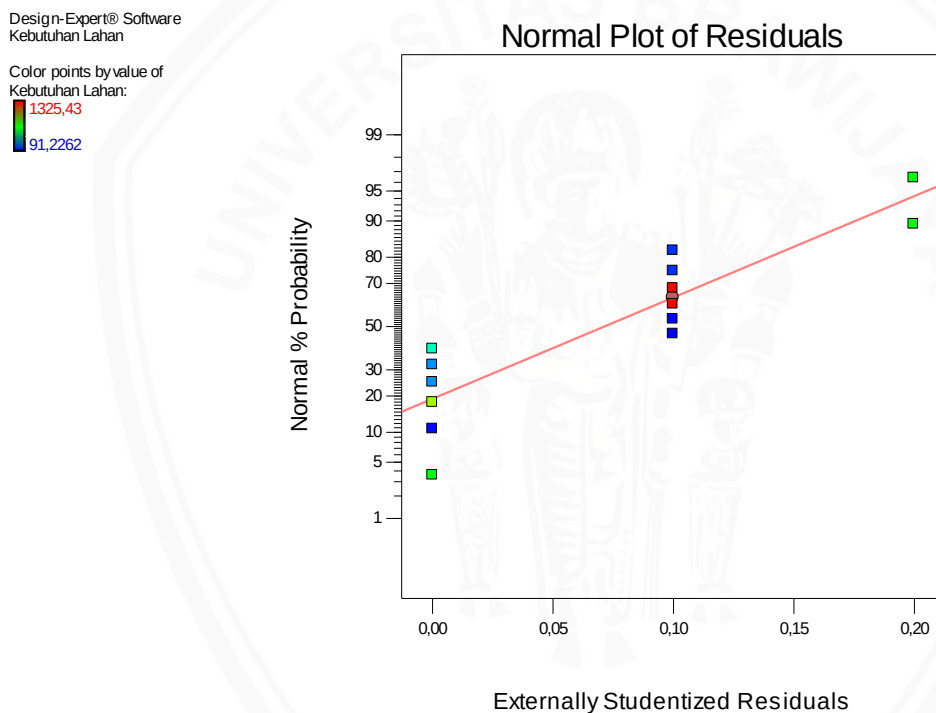
#Run Percobaan ke-	<i>Recycle</i> X_1	Insenerator X_2	<i>Reuse</i> X_3	Kebutuhan Ruang Penerimaan	Kebutuhan Ruang Pemilihan	Kebutuhan Ruang Penyimpanan	Kebutuhan Lahan Pengeringan	Kebutuhan Ruang insenerator	Kebutuhan Total lahan
$m^2 (Y_1)$									
1	0	100	0	45,55	86,55	13,66	0,00	2,73	148,494
2	50	50	0	241,44	282,44	79,26	72,43	14,49	979,772
3	33,3333	33,3333	33,3333	160,96	201,96	58,31	48,29	9,66	672,318
4	16,6667	16,6667	66,6667	80,48	121,48	37,36	24,14	4,83	364,867
5	50	50	0	241,44	282,44	79,26	72,43	14,49	979,772
6	100	0	0	482,87	523,87	144,86	144,86	28,97	1904,88
7	50	0	50	241,44	282,44	80,64	72,43	14,49	981,146
8	16,6667	66,6667	16,6667	80,48	121,48	35,99	24,14	4,83	363,492
9	0	100	0	45,55	86,55	13,66	0,00	2,73	148,494
10	0	50	50	22,77	63,77	15,04	0,00	1,37	102,954
11	66,6667	16,6667	16,6667	321,91	362,91	101,59	96,57	19,31	1288,6
12	0	0	100	16,41	57,41	16,41	0,00	0,98	91,2262
13	0	0	100	16,41	57,41	16,41	0,00	0,98	91,2262
14	100	0	0	482,87	523,87	144,86	144,86	28,97	1904,88

B. Model Tipe Pengolahan terhadap Aspek Teknis

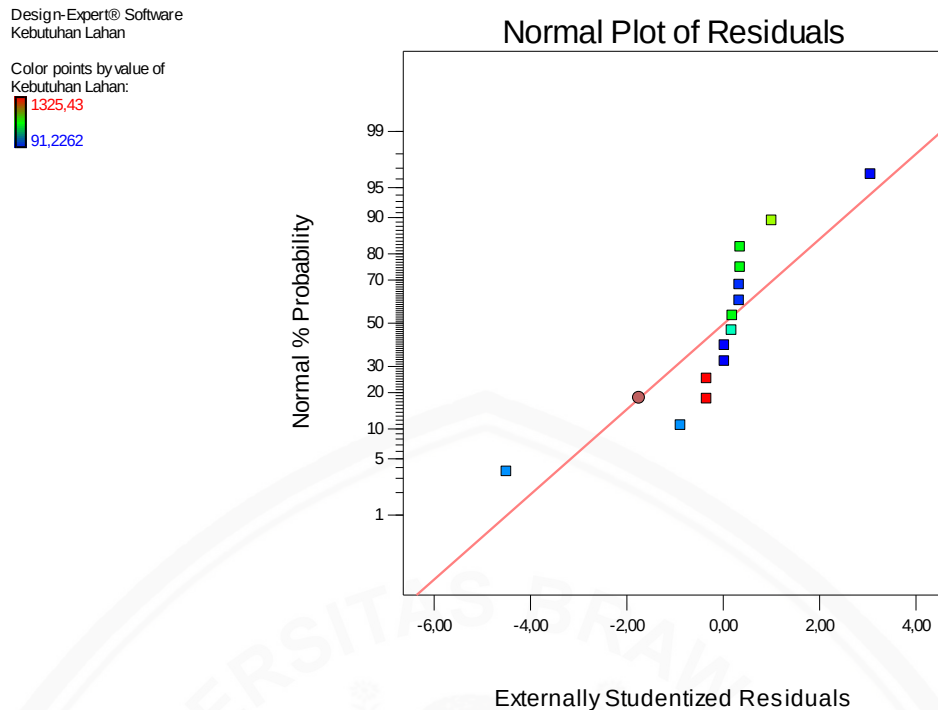
Model tipe pengolahan sampah terhadap variabel aspek teknis yaitu dihitung dari luas kebutuhan lahan untuk pengolahan sampah menggunakan aplikasi *Design Expert Trial* Versi 10. Analisis yang digunakan dalam permodelan tipe pengolahan terhadap variabel kebutuhan lahan menggunakan analisis *Mixture Design*. Hasil analisis di aplikasi *Design Expert Trial* Version 10 sebagai berikut ini:

1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data digunakan untuk mengetahui sebaran data yang menjadi sampel kombinasi apakah data tersebut mengelompok atau menyebar. Untuk melihat sebaran sampel data yang dianalisis dari hasil uji normalitas dapat dilihat pada **Gambar 4.25** dan **Gambar 4.26**



Gambar 4.26 Grafik Normal Probability Special Quartic



Gambar 4.27 Grafik Normal Probability Quadratic

Pada **Gambar 4.26** dan **Gambar 4.27** menggambarkan persebaran data variabel kebutuhan lahan, dimana persebaran titik sampel mengikuti garis diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa persebaran sampel residual terhadap y bersifat normal atau tidak terjadi pengelompokan pada suatu titik tertentu, sedangkan jika persebaran titik membentuk kurva S (*S sharpe curve*) maka persebaran data tidak normal. Berdasarkan hasil uji normalitas menunjukkan bahwa titik sampel dalam grafik *externally studentized residuals* menyebar karena titik-titik sampel memiliki bentuk linier mengikuti garis diagonal sehingga sampel data tersebut normal dan dapat dianalisis lanjut. Analisis selanjutnya yaitu melakukan uji ANOVA dan ada di analisis dalam *Design Expert*.

2. Uji ANOVA

Uji Anova adalah uji berkaitan dengan perbedaan rata-rata varian tiap variabel bebas pada tiap variabel terikat. Pengujian uji anova ini digunakan untuk mengetahui variabel bebas yang digunakan dalam sampel telah signifikan atau tidak terhadap variabel terikat. Dalam sampel ini variabel bebas terdiri dari *recycle*, insenerator, dan *reuse*, sedangkan variabel terikatnya yaitu kebutuhan lahan. Hasil uji ANOVA yang ada di *Design Expert Trial Version 10* memiliki beberapa pengujian data seperti model *statistic review*, dan *analysis of variance*. Berikut merupakan hasil tiap uji Anova kombinasi:

a. Summary Statistic dan Model Selection

Model regresi kombinasi tipe pengolahan sampah terhadap kebutuhan lahan terdapat 6 jenis model regresi yaitu linier, quadratic, special cubic, cubic, special quadratic dan quartic. Dari keenam model regresi dipilih model yang didasarkan dari hasil analisis R-Square tiap model regresi yang terdapat pada **Tabel 4.22**.

Tabel 4.20
Summary Statistic of Model

Source	Sequential Lack of Fit p-value	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
Linear	< 0.0001	0,9968	0,9954	
Quadratic	0,0038	0,9991	0,9981	<u>Suggested</u>
Special Cubic	0,3668	0,9991	0,9931	
Cubic	0,0190	0,9997	0,9882	
Sp Quartic vs Quadratic	0,0265	0,9997	0,9882	<u>Suggested</u>
Quartic vs Cubic		1,0000		Aliased
Quartic vs Sp Quartic		1,0000		Aliased

Pada **Tabel 4.20** dapat dilihat bahwa nilai *probability (P-Value)* yang dapat diterima oleh kombinasi yaitu menggunakan model quadratic dan special quadratic, dimana nilai p-value dibawah nilai 0,05 yaitu nilai p-value model quadratic sebesar 0,0038 dan nilai p-value model special quartic 0,0265. Sedangkan model lainnya memiliki nilai p-value melebihi nilai 0,05, sehingga dalam model selanjutnya yang digunakan kombinasi untuk model *Mixture Design* menggunakan model regresi quadratic dan spesial quartic.

b. Analysis of Variance

Tabel 4.21
Tabel Hasil ANNOVA Quadratic

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	2,476E+006	5	4,952E+005	2929,63	< 0.0001 significant
¹ Linear Mixture	2,471E+006	2	1,235E+006	7308,39	< 0.0001
AB	3809,05	1	3809,05	22,53	0,0015
AC	407,67	1	407,67	2,41	0,1590
BC	924,66	1	924,66	5,47	0,0475

Berdasarkan pada **Tabel 4.21** menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan dalam kombinasi yaitu menggunakan model regresi quadratic tipe penolahan sampah dengan menggunakan 3 tipe yaitu *recycle*, *insenerator*, dan *reuse* terhadap kebutuhan lahan memiliki model yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p-value

dibawah dari 0,05. Pada regresi quadratic terdapat 6 komponen persamaan terdiri dari A, B, C, AB, AC, dan BC. Pada Tabel dapat dilihat bahwa nilai komponen AC tidak signifikan karena nilai p-value sebesar $0,2375 > 0,05$. Sedangkan untuk nilai A, B, C, AB, dan BC memiliki nilai komponen yang signifikan.

Tabel 4.22

Tabel Hasil ANNOVA *Special Quartic*

Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F
Model	2,477E+006	8	3,096E+005	6329,09	< 0.0001 significant
¹ Linear Mixture	2,471E+006	2	1,235E+006	25250,85	< 0.0001
AB	3009,17	1	3009,17	61,51	0,0005
AC	278,17	1	278,17	5,69	0,0628
BC	278,17	1	278,17	5,69	0,0628
A ² BC	522,04	1	522,04	10,67	0,0223
AB ² C	808,77	1	808,77	16,53	0,0097
ABC ²	36,96	1	36,96	0,76	0,4245

Berdasarkan pada **Tabel 4.22** menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan dalam kombinasi yaitu menggunakan model regresi special quartic tipe pengolahan sampah dengan menggunakan 3 tipe yaitu *recycle*, *insenerator*, dan *reuse* terhadap kebutuhan lahan memiliki model yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p-value seluruh komponen persamaan regresi special quartic yang terdiri dari A, B, C, AB, AC, AB, A²BC, dan AB²C, dibawah dari 0,05. Sehingga model yang baik digunakan dalam kombinasi tipe pengolahan terhadap kebutuhan lahan di TPST Bhakti Bumi II menggunakan model regresi special quartic, karena nilai persamaan di model regresi sepecial quartic yaitu semua komponen persamaan memiliki nilai signifikan, sedangkan pada model quadratic terdapat komponen AC yang tidak signifikan

3. Analisis R-square

Analisis R-square digunakan untuk besar pengaruh model regresi linier dalam memprediksi nilai variabel terikat dalam hal ini yaitu kebutuhan lahan pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II. Nilai analisis R-square dalam model yang terpilih yaitu terdiri dari model quadratic dan special quartic sebagai berikut.

Tabel 4.23

Model Summary

Model	R-Square	Adj R-Square	Pred R-Square
Quadratic	0,9995	0,9991	0,9981
Special Quartic	0,9999	0,9997	0,9882

Dari **Tabel 4.23** dapat diketahui bahwa kedua model memiliki nilai 0,9. Hal ini berarti bahwa adanya pengaruh yang tinggi tipe pengolahan sampah dengan kebutuhan lahan di TPST Bhakti Bumi II. Nilai perbedaan jarak Adj R-Square dengan Pred R-Square harus berada di bawah nilai 0,2. Perbedaan jarak nilai R square mengindikasikan kerengangan nilai variabel terikat dengan sampel, hal ini menunjukkan adanya masalah pada model atau data (Wahyu. 2017). Perbedaan jarak pada sampel pada semua model yaitu model quadratic dan special quartic memiliki nilai jarak dibawah 0,2, sehingga model tidak memiliki permasalahan pada data ataupun model.

4. Penyusunan Persamaan Model Kebutuhan Lahan

Berdasarkan hasil analisis ANNOVA dan R-Square model yang digunakandalam pengolahan sampah berdasarkan variabel kebutuhan lahan di TPST Bhakti Bumi II yaitu model regresi *quadratic* dan *special quartic*. Nilai koefisien persamaan regresi kombinasi special quartic terhadap variabel terikat yaitu kebutuhan lahan sebagai berikut ini:

$$Y_{\text{Kebutuhan Lahan}} (m^2) = 13,29 A + 1,45 B + 0,91 C - 0,02 AB - 7,95 AC - 0,01 BC$$

Keterangan:

A : *Recycle* (m^3)

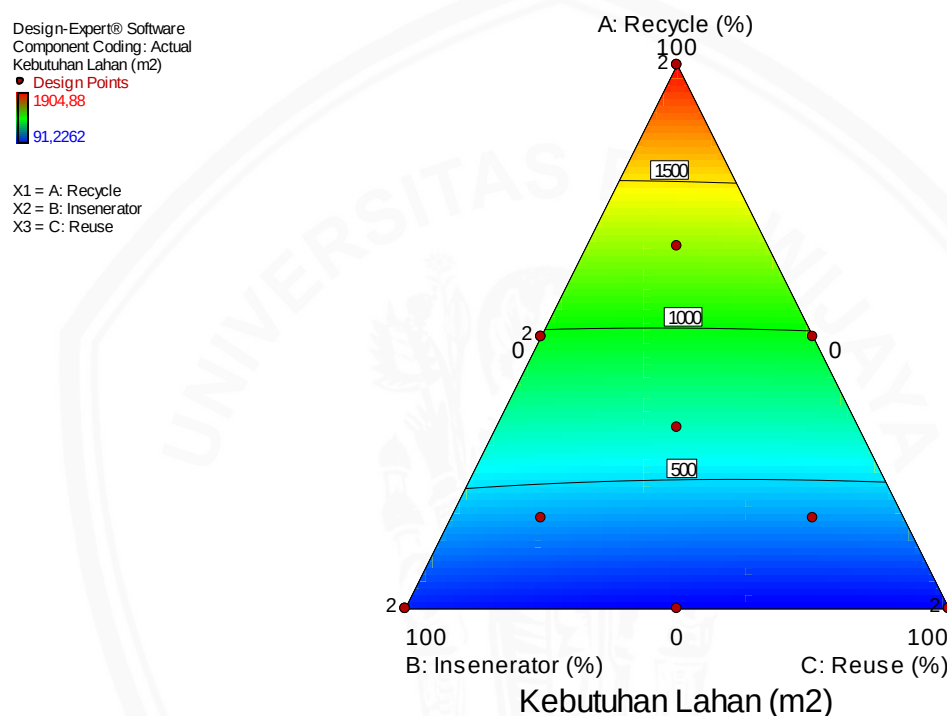
B : *Insenerator* (m^3)

C : *Reuse* (m^3)

Nilai koefisien A, B, dan C dalam model regresi menunjukkan nilai pengaruh masing-masing tipe terhadap kebutuhan lahan. Nilai koefisien tipe pengolahan yang memiliki nilai positif mengartikan bahwa setiap pilihan tipe pengolahan sampah jika diterapkan akan berdampak pada peningkatan kebutuhan lahan pengolahan sampah. Sedangkan nilai koefisien tipe pengolahan sampah yang memiliki nilai negatif menunjukkan pengaruh kombinasi dalam mengurangi kebutuhan lahan pengolahan. Penggunaan dua tipe pengolahan dapat mengurangi kebutuhan lahan pengolahan seperti dapat dilihat pada koefisien AB, AC, dan BC dibandingkan dengan satu atau tiga penggunaan tipe pengolahan, Sedangkan nilai terbesar tipe pengolahan sampah dalam peningkatan kebutuhan lahan yaitu tipe pengolahan dengan kombinasi A yaitu sebesar $13,29 m^2$. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi terbaik dalam efektifitas kebutuhan lahan pengolahan yang membutuhkan lahan kecil yaitu dengan kombinasi tipe pengolahan AC dengan koefisien efektif meminimalisir lahan sebesar $7,95 m^2$.

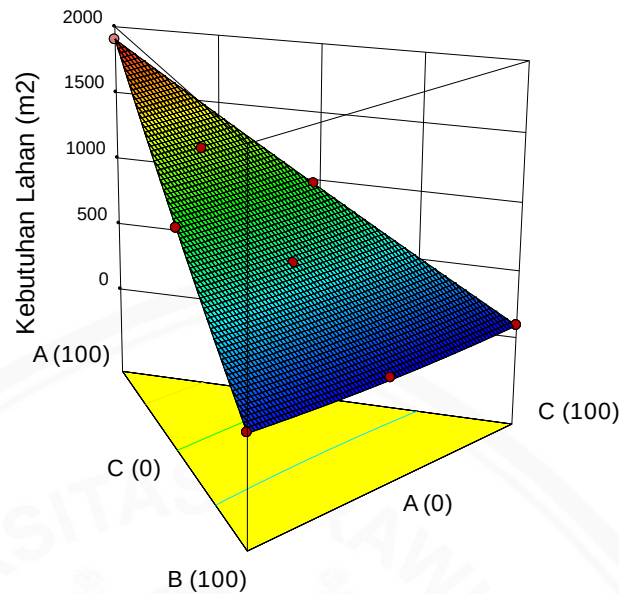
5. Kombinasi Optimal Design di Analisis *Mixture Design*

Berdasarkan dari hasil persamaan model *quadratic* maka dapat dihasilkan nilai prediksi kebutuhan lahan pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II. Nilai prediksi tersebut digambarkan dalam bidang dua dimensi dengan bentuk segitiga disertai dengan kontur warna yang menunjukkan nilai besaran luas kebutuhan lahan pengolahan berdasarkan tipe pengolahan. Titik-titik pada gambar segitiga *Mixture Design* merupakan titik sampel yang digunakan dalam kombinasi. Berikut merupakan hasil nilai kebutuhan lahan tiap tipe pengolahan berdasarkan hasil analisis *Mixture Design* menggunakan software *Design Expert* versi 10 dapat dilihat pada **Gambar. 4.28**.



Gambar 4.28 Countur Plot Kebutuhan Lahan Berdasarkan Tipe Pengolahan Model Qudratic

Design-Expert® Software
 Component Coding: Actual
 Kebutuhan Lahan (m²)
 ● Design points above predicted value
 ○ Design points below predicted value
 1904,88
 91,2262
 X1 = A: Recycle
 X2 = B: Insenerator
 X3 = C: Reuse



Gambar 4.29 Countur Plot 3D Kebutuhan Lahan Tipe Pengolahan

Luas kebutuhan lahan TPST Bhakti Bumi II yang dibutuhkan dalam pengolahan sampah berdasarkan tiga tipe pengolahan sampah digambarkan pada bidang segitiga dua dimensi dan tiga dimensi dimana simbol yang terdapat pada kontur tersebut berwarna biru, hijau, dan merah. Warna biru tua menunjukkan bahwa kebutuhan lahan yang dibutuhkan dalam pengolahan semakin kecil, sedangkan warna merah tua dalam kontur bidang menjelaskan kebutuhan lahan pengolahan semakin besar. Nilai terendah dalam kebutuhan lahan berdasarkan tipe pengolahan sebesar 91,2262 m² dan nilai tertinggi sebesar 1904,88 m². Setiap sisi segitiga menunjukkan volume maksimal sampah yang diolah berdasarkan tipe pengolahan di TPST Bhakti Bumi II. Titik pada sudut kanan yang mewakili tipe pengolahan *reuse*, pada sudut kiri menunjukkan tipe pengolahan insenerator, dan Titik pada sudut atas mewakili tipe pengolahan sampah dengan *recycle*. Potensi maksimal volume sampah 100%.

Dari **Gambar 4.28** dapat dilihat bahwa warna biru yang menunjukkan kecilnya kebutuhan lahan mendekati titik antara insenerator dan *reuse*, dan menjauhi titik *recycle*, dimana pada titik *recycle* kontur model berwarna merah yang menunjukkan bahwa tipe *recycle* membutuhkan kebutuhan lahan pengolahan yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa tipe pengolahan yang lebih dari satu tipe memberikan peluang untuk mendapatkan hasil kebutuhan lahan yang lebih efisien atau membutuhkan kebutuhan lahan yang kecil dibandingkan hanya menggunakan satu tipe pengolahan. Pengolahan sampah pada TPST

Bhakti Bumi II memiliki target pengolahan sebesar 22,82 m³ setiap harinya, dengan luas lahan eksisting TPST sebesar 880 m². Tipe pengolahan dengan tipe *recycle* yang memenuhi target 100% atau dapat mengolah sampah sebesar 22,82 m³ membutuhkan lahan pengolahan sebesar 1904,88 m². Jika menggunakan tipe pengolahan insenerator dengan pengolahan optimal 100% atau 22,82m³ membutuhkan lahan pengolahan 148,494 m², dan penggunaan tipe pengolahan *reuse* dengan pengolahan sampah yang optimal 100% membutuhkan lahan 91,226 m². Berdasarkan hasil analisis yang di *Design Expert* dengan model quadratic diperoleh bahwa penggunaan lahan yang optimal dengan melakukan kombinasi pengolahan tipe pengolahan *recycle*, *reuse* dan meningkatkan pengolahan dengan tipe insenerator, karena apabila pengoptimalan tipe pengolahan menurut persamaan regresi analisis jika hanya menggunakan satu tipe pengolahan sampah akan meningkatkan kebutuhan lahan, berbeda dengan penggunaan ketiga tipe pengolahan akan mengurangi kebutuhan lahan sehingga pengolahan sampah dapat dilakukan dengan penggunaan lahan yang efektif.

4.5.2. Permodelan Aspek Ekonomi

Permodelan aspek ekonomi dalam pengelolaan sampah di TPST Bhakti Bumi II dapat menggunakan metode *benefit cost ratio* dimana metode tersebut untuk mengetahui rasio antara keuntungan dengan biaya yang dikeluarkan dalam pengelolaan sampah melalui tiga tipe pengolahan yaitu *recycle*, insenerator, dan *reuse*. Jika nilai dari perhitungan BCR > 1 maka tipe pengelolaan tersebut dapat dikatakan layak dan dapat dilanjutkan, namun jika nilai dari perhitungan BCR < 1 maka tipe pengelolaan tersebut tidak layak. Untuk menghitung nilai layak atau tidaknya tipe pengolahan sampah dapat menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$BCR = \frac{PV \text{ Benefit}}{PV \text{ Cost}} \quad (4-11)$$

Keterangan :

BCR = *Benefit Cost Ratio*

PV Benefit = Nilai sekarang manfaat

PV Cost = Nilai sekarang biaya

Nilai sekarang (*present value*) dari nilai manfaat dan biaya menggunakan asumsi bahwa periode perencanaan pengolahan tipe *reuse*, *recycle*, dan insenerator di TPST Bhakti Bumi II sampai 20 tahun. Komponen perhitungan biaya dan manfaat untuk menghitung nilai layak tidaknya suatu perencanaan tipe pengolahan sampah sebagai berikut ini.

A. Komponen Manfaat (Benefit)

Nilai komponen sampah diperoleh dari hasil pengolahan sampah seperti penjualan sampah anorganik yaitu sampah plastik, kertas, logam, kaca, dan kaleng. Selain dari hasil penjualan sampah juga dari hasil sampah yang sudah diolah menjadi briket dan juga block paving melalui proses insenerator. Hasil penjualan sampah diperoleh dari volume sampah dikalikan dengan harga jual sampah *reuse* ataupun hasil olahan sampah (Wahyu, 2017). Besar nilai manfaat di TPST Bhakti Bumi II juga dihasilkan dari retribusi penduduk yang dilayani oleh TPST sebesar Rp.5000/KK/Bulan.

Pada proses pengolahan sampah tipe *recycle* dan insenerator memiliki dasar asumsi yang digunakan adalah tipe insenerator volume sampah dibagi dengan kapasitas dari insenerator sebesar 80 ton dan menghasilkan 100 block paving. Sedangkan asumsi yang digunakan perhitungan manfaat pada tipe *recycle* volume sampah 10 kg menghasilkan 1 kg sampah yg sudah dikeringkan. Harga produk olahan sampah organik menjadi briket adalah Rp 4500/kg, dan untuk hasil olahan insenerator memiliki harga Rp 108.500/block paving. Perhitungan besar manfaat dari hasil olahan sampah dapat dilihat pada **Lampiran 6, 7, dan 8**. Sedangkan untuk sampah anorganik hasil pemilahan memiliki harga sebagai berikut:

1. Sampah Plastik : Rp 3500/kg
2. Sampah Kaca : Rp 2500/kg
3. Sampah Kaleng : Rp 1000/kg
4. Sampah Kertas : Rp 1500/kg
5. Sampah Logam : Rp 2200/kg
6. Sampah Briket : Rp 4500/kg

Berdasarkan dasar asumsi volume dan harga produk olah sampah yang digunakan tersebut maka dapat dihitung besar manfaat yang diperoleh dari sampel 14 kombinasi tipe pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II pada **Tabel 4.26**.

Tabel 4.24

Nilai *Benefit* Pengolahan Sampah Berdasarkan 14 Sampel Kombinasi

Percobaan #Run ke-	<i>Recycle</i>	Insenerator	<i>Reuse</i>	Potensi Penjualan Briket	Potensi Penjualan hasil Insenerator	Potensi Penjualan Aorganik Terpilah	Potensi Manfaat Pembayaran warga	Total Manfaat
1	0,000	42,360	0,000	0,00	68826672	0,00	650280000	719106672,02
2	137,618	21,180	0,000	185775740,43	34413336	0,00	650280000	870469076,44
3	91,745	14,120	9,520	123850369,77	22942201	79521840,07	650280000	876594410,90
4	45,873	7,060	19,040	61925370,66	11471135	159043918,70	650280000	882720424,31
5	137,618	21,180	0,000	185775740,43	34413336	0,00	650280000	870469076,44
6	275,236	0,000	0,000	371551480,86	0	0,00	650280000	1021831480,86
7	137,618	0,000	14,280	185775740,43	0	119282879,39	650280000	955338619,82
8	45,873	28,240	4,760	61925370,66	45884471	39761039,32	650280000	797850880,94
9	0,000	42,360	0,000	0,00	68826672	0,00	650280000	719106672,02
10	0,000	21,180	14,280	0,00	34413336	119282879,39	650280000	803976215,40
11	183,491	7,060	4,760	247701111,09	11471135	39761039,32	650280000	949213285,35
12	0,000	0,000	28,560	0,00	0	238565758,77	650280000	888845758,77
13	0,000	0,000	28,560	0,00	0	238565758,77	650280000	888845758,77
14	275,236	0,000	0,000	371551480,86	0	0,00	650280000	1021831480,86

B. Komponen Biaya (Cost)

TPST Bhakti Bumi II dibangun bertujuan untuk mengurangi sampah yang masuk ke TPA Jabon, juga sesuai dengan program Kepada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo yaitu konsep zero waste pada Tahun 2020. TPST Bhakti Bumi II ini dalam mengolah sampah menggunakan pendekatan tipe 3R dengan periode perencanaan selama 20 tahun. Komponen biaya dalam proses pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II terdiri dari biaya investasi dan biaya operasional pengolahan sampah.

1. Biaya Investasi

Modal atau biaya investasi dalam pembangunan TPST Bhakti Bumi II bernilai Rp. 500.000.000 biaya ini digunakan untuk keperluan mesin pengolahan, bangunan TPST berupa gudang, kantor administrasi, dan bangunan yang lain, dan pembebasan lahan.

2. Biaya Operasional

Biaya operasional pengolahan sampah pada TPST Bhakti Bumi II terdiri dari biaya pengangkutan sampah yaitu dump truck untuk sampah jalan dan sampah organik yang diolah di TPA Jabon. Rincian biaya pengangkutan dipengaruhi oleh jarak yang ditempuh kendaraan menuju/dari TPST Bhakti Bumi II. Selain itu juga biaya operasional pengolahan sampah mulai dari biaya listrik, tenaga kerja, alat dan bahan pengolahan. Nilai besaran biaya operasional untuk listrik didasarkan dari tarif dasar listrik dan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Kabupaten Sidoarjo. Rincian biaya operasional tiap tipe pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II pada **Lampiran 9**. Dan rincian biaya operasional sekarang atau menggunakan nilai diskonto 7,75% dapat dilihat pada Lampiran. Berdasarkan hasil perhitungan nilai biaya operasional sekarang maka didapatkan biaya operasional pengolahan pada 14 sampel kombinasi.

Tabel 4.25.

Biaya Operasional 3 Tipe Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II

Percobaan #Run ke-	Prosentase Sampah (%)			Biaya Operasional Pengolahan Sampah (Rp/Tahun)
	<i>Recycle</i>	<i>Insenerator</i>	<i>Reuse</i>	
1	0	100	0	887772020
2	50	50	0	869547986
3	33,3333	33,3333	33,3333	849684370
4	16,6667	16,6667	66,6667	918512973
5	50	50	0	840275949
6	100	0	0	862617154
7	50	0	50	885053429
8	16,6667	66,6667	16,6667	847575802
9	0	100	0	889943535
10	0	50	50	877091713
11	66,6667	16,6667	16,6667	937777321
12	0	0	100	859222905
13	0	0	100	860827771

Percobaan #Run ke-	Prosentase Sampah (%)			Biaya Operasional Pengolahan Sampah (Rp/Tahun)
	<i>Recycle</i>	Insenerator	<i>Reuse</i>	
14	100	0	0	862695975

C. Nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Nilai BCR dihitung untuk mengetahui rasio nilai manfaat pengolahan sampah dengan nilai biaya proyek pada TPST Bhakti Bumi II, dengan mempertimbangkan nilai sekarang pada tiap tahun selama 20 tahun. Perhitungan BCR pengolahan sampah menggunakan tiga tipe pengolahan sampah menggunakan dasar asumsi suku bunga yang digunakan yaitu 7,5%. Perhitungan nilai BCR atau kelayakan suatu proyek dari 14 kombinasidapat dilihat pada **Tabel 4.26**.

Tabel 4.26
Hasil Perhitungan Benefit Cost Ratio

Percobaan #Run ke-	Prosentase Sampah (%)			Biaya Pengolahan Sampah (Rp/tahun)	Manfaat Pengolahan Sampah (Rp/tahun)	BCR (Y_2)
	<i>Recycle</i> (X_1)	Insenerator (X_2)	<i>Reuse</i> (X_3)			
1	0	100	0	7954379325	6067272826	0,762759
2	50	50	0	7800618846	7344353180	0,941509
3	33,3333	33,3333	33,3333	8167739623	7947683624	0,973058
4	16,6667	16,6667	66,6667	8791777321	8003225407	0,910308
5	50	50	0	8082437737	7892147996	0,976456
6	100	0	0	7742141779	8621433534	1,113572
7	50	0	50	7931441927	8060417561	1,016261
8	16,6667	66,6667	16,6667	7615234342	6731656314	0,883972
9	0	100	0	7972700912	6067272826	0,761006
10	0	50	50	7864267052	6783337207	0,862552
11	66,6667	16,6667	16,6667	8376285862	8008736668	0,95612
12	0	0	100	7713503696	7499401589	0,972243
13	0	0	100	7727044329	7499401589	0,970539
14	100	0	0	7742806809	8621433534	1,113477

D. Model Tipe Pengolahan terhadap Aspek Ekonomi

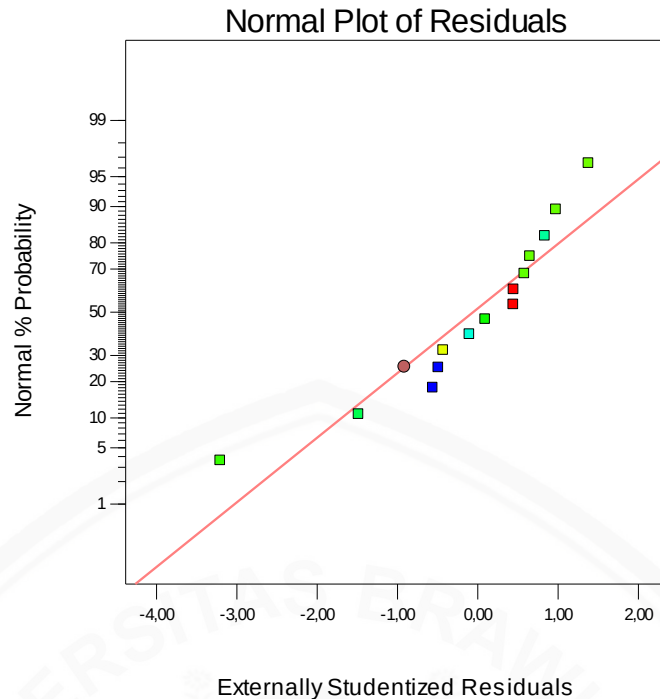
Model tipe pengolahan sampah terhadap variabel aspek teknis yaitu dihitung dari luas kebutuhan lahan untuk pengolahan sampah menggunakan aplikasi *Design Expert Trial Version 10*. Analisis yang digunakan dalam permodelan tipe pengolahan terhadap variabel kebutuhan lahan menggunakan analisis *Mixture Design*. Hasil analisis di aplikasi *Design Expert Trial Version 10* sebagai berikut ini:

1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data digunakan untuk mengetahui sebaran data yang menjadi sampel kombinasi apakah data tersebut mengelompok atau menyebar (Wahyu, 2017). Untuk melihat sebaran sampel data yang dianalisis dari hasil uji normalitas dapat dilihat pada Gambar

Design-Expert® Software
BCR

Color points by value of
BCR:
1,11357
0,761006



Gambar 4.30 Grafik Normal Probability

Pada **Gambar 4.30** menggambarkan persebaran data variabel BCR , dimana persebaran titik sampel mengikuti garis diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa persebaran sampel residual terhadap y bersifat normal atau tidak terjadi pengelompokan pada suatu titik tertentu, sedangkan jika persebaran titik membentuk kurva S (*S sharpe curve*) maka persebaran data tidak normal. Berdasarkan hasil uji normalitas menunjukkan bahwa titik sampel dalam grafik *externally studentized residuals* menyebar karena titik-titik sampel memiliki bentuk linier mengikuti garis diagonal sehingga sampel data tersebut normal dan dapat dianalisis lanjut. Analisis selanjutnya yaitu melakukan uji ANOVA dan ada di analisis dalam *Design Expert* versin 10.

2. Uji ANOVA

Uji Anova adalah uji berkaitan dengan perbedaan rata-rata varian tiap variabel bebas pada tiap variabel terikat. Pengujian uji anova ini digunakan untuk mengetahui variabel bebas yang digunakan dalam sampel telah signifikan atau tidak terhadap variabel terikat. Dalam sampel ini variabel bebas terdiri dari *recycle*, insenerator, dan *reuse*, sedangkan variabel terikatnya yaitu *benefit cost ratio*. Hasil uji ANOVA yang ada di *Design Expert* Trial Version 10 memiliki beberapa pengujian data seperti model statistic review, analysis of variance, dan model selection. Berikut merupakan hasil tiap uji Annova sampel kombinasi:

c. Summary Statistic dan Model Selection

Tabel 4.27

Summary Statistic of Model

Source	Sequential Lack of Fit p-value	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
Linear	< 0.0001	0,0257	0,9162	0,8993 Suggested
Quadratic	0,4981	0,0180	0,9130	0,8674
Special Cubic	0,9616	0,0116	0,9006	0,3239
Cubic	0,1522	0,0114	0,9345	-1,5196 Aliased
Sp Quartic vs Quadratic	0,2517	0,0114	0,9345	-1,5196
Quartic vs Cubic	0,0114		0,9861	Aliased
Quartic vs Sp Quartic	0,0114		0,9861	Aliased

Pada **Tabel 4.27** dapat dilihat bahwa nilai probability (P-Value) yang dapat diterima oleh kombinasi yaitu menggunakan model linier, dimana nilai p-value dibawah nilai 0,05 dan nilai R-square mendekati 1. Sedangkan model lainnya memiliki nilai p-value melebihi nilai 0,05, sehingga dalam model selanjutnya yang digunakan kombinasi untuk model *Mixture Design* menggunakan model regresi linier

Tabel 4.28

Hasil Model ANNOVA Aspek Ekonomi

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	0,13	2	0,067	72,08	< 0.0001	significant
¹ Linear Mixture	0,13	2	0,067	72,08	< 0.0001	

Berdasarkan pada **Tabel 4.28** menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan dalam kombinasi aspek ekonomi yaitu menggunakan model regresi linier pada tipe pengolahan sampah dengan menggunakan 3 tipe yaitu *recycle*, *insenerator*, dan *reuse* terhadap nilai *Benefit Cost Ratio* memiliki model yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p-value dibawah dari 0,05.

3. Analisis R-square

Analisis R-square digunakan untuk besar pengaruh model regresi linier dalam memprediksi nilai variabel terikat dalam hal ini yaitu BCR pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II. Nilai analisis R-square dalam model ini sebesar 0,9291 dengan nilai Pred R-Square sebesar 0,8993 dan nilai Adj R-Square yaitu 0,9162. Nilai tersebut mendekati nilai 1, dan nilai R-Square dengan Adj R-Square memiliki kurang dari 0,2, hal ini berarti bahwa adanya pengaruh yang tinggi tipe pengolahan sampah dengan nilai BCR atau kelayakan ekonomi di TPST Bhakti Bumi II.

4. Penyusunan Persamaan Model Benefit Cost Ratio

Berdasarkan hasil analisis ANNOVA dan R-Square model yang digunakan yaitu model regresi linier. Nilai koefisien persamaan regresi kombinasi linier terhadap variabel terikat yaitu nilai ekonomi sebagai berikut ini:

$$Y_{BCR} = 0,011 A + 7,753 B + 9,556 C$$

Keterangan:

A : *Recycle*

B : *Insenerator*

C : *Reuse*

Nilai koefisien A, B, dan C dalam model regresi menunjukkan nilai pengaruh masing-masing tipe terhadap BCR. Nilai koefisien tipe pengolahan yang memiliki nilai positif mengartikan bahwa setiap pilihan tipe pengolahan sampah jika diterapkan akan berdampak pada peningkatan ekonomi atau sistem pengolahan layak. Nilai terbesar tipe pengolahan sampah yaitu tipe pengolahan secara *reuse* sebesar 9,556 memberi pengaruh terhadap meningkatnya nilai ekonomidan sistem pengolahan yang layak di TPST Bhakti Bumi II.

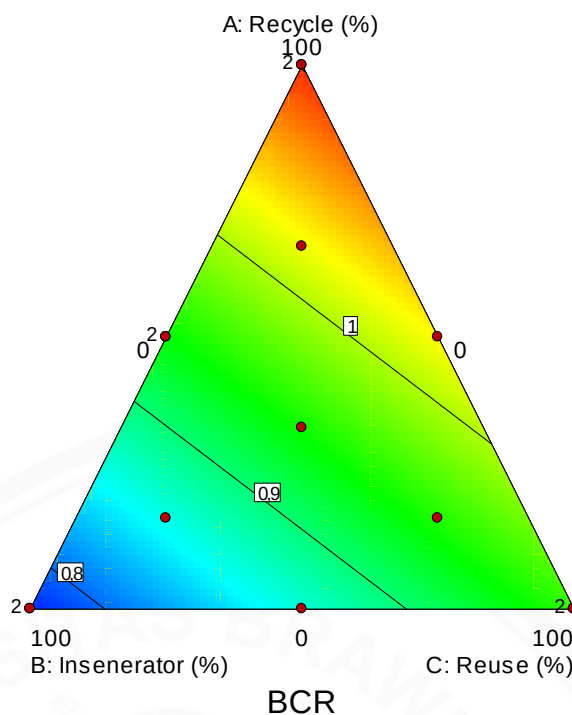
5. Kombinasi Optimal Design di Analisis *Mixture Design*

Seluruh sample kombinasi tipe pengolahan menghasilkan nilai *Benefit Cost Ratio* yang digambarkan dalam bentuk segitiga dua dimensi disertai kontur warna yang menunjukkan tinggi rendahnya nilai dari BCR. Setiap titik menunjukkan nilai BCR dan volume sampah pada setiap kombinasi. Berikut merupakan hasil nilai BCR yang dilakukan dengan analisis *Mixture Design* dari seluruh kemungkinan kombinasi menggunakan software *Design Expert version 10* pada **Gambar 4.31**.

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
BCR

● Design Points
1,11357
0,761006

X1 = A: Recycle
X2 = B: Insenerator
X3 = C: Reuse

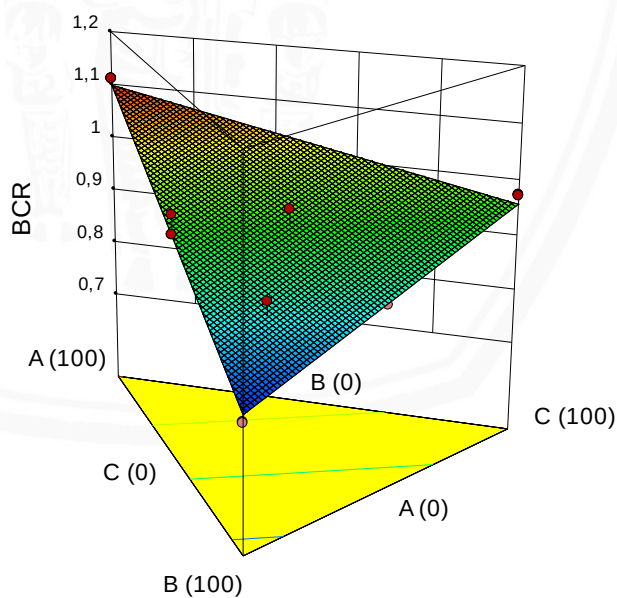


Gambar 4.31 Countur Plot BCR Berdasarkan Tipe Pengolahan

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
BCR

● Design points above predicted value
● Design points below predicted value
1,11357
0,761006

X1 = A: Recycle
X2 = B: Insenerator
X3 = C: Reuse



Gambar 4.32 Countur Plot 3D BCR Tipe Pengolahan

Dapat dilihat pada **Gambar 4.31** kontur warna yang dihasilkan dari analisis *Mixture Design* terdiri dari warna merah, kuning, hijau, dan biru. Warna merah mendeskripsikan bahwa nilai BCR memiliki nilai maksimal dari seluruh kombinasi sebesar 1,11357.

Sedangkan warna biru mendeskripsikan bahwa nilai BCR memiliki nilai minimum yang dapat dihasilkan dari kemungkinan kombinasi dengan besaran 0,761006. Nilai BCR mengalami pola penurunan yang ditandai dengan warna biru ketika kombinasi ketiga tipe pengolahan dengan tipe insenerator yang optimal 100% memiliki nilai BCR yaitu 0,761006, dan nilai BCR meningkat yang ditandai dengan warna merah ketika mendakati tipe pengolahan *recycle* sampah organik menjadi briket dengan kombinasi tipe pengolahan *reuse* memiliki nilai BCR 1,11357. Tipe pengolahan dengan *recycle* dengan mengoptimalkan sampah 100% atau 22,82 m³ menghasilkan nilai BCR sebesar 1,11357. Jika menggunakan tipe pengolahan insenerator dengan mengoptimalkan sampah 100% atau 22,82 m³ menghasilkan nilai BCR sebesar 0,7963, dan penggunaan tipe pengolahan *reuse* dengan mengoptimalkan sampah 100% atau 22,82 m³ menghasilkan nilai BCR sebesar 0,972243. Berdasarkan uji ANNOVA menyimpulkan bahwa kombinasi terhadap BCR menggunakan persamaan regresi linier, dimana dalam permasalahan mengartikan setiap tipe pengolahan yang terdiri dari tipe *recycle*, insenerator, dan *reuse* dapat meningkatkan nilai BCR. Seperti pada **Gambar 4.31** menggambarkan bahwa peningkatan nilai BCR didapatkan dari ketiga tipe pengolahan, akan tetapi warna merah yang menunjukkan nilai BCR tinggi dan aspek ekonomi dikatakan layak condong ke tipe pengolahan *recycle*. Tipe pengolahan *recycle* yaitu pengolahan sampah organik yang diubah menjadi briket memiliki nilai jual setiap kilogram lebih besar, sehingga dalam meningkatkan nilai manfaat juga lebih besar dibandingkan dengan tipe pengolahan *reuse* dan insenerator, hal ini dikarenakan dalam proses pengolahan tipe insenerator melalui proses pembakaran, sehingga terjadinya penyusutan volume sampah yang dihasilkan pada tipe tersebut. Seperti pada tipe pengolahan insenerator 10 kg sampah menghasilkan volume sampah sebesar 1 kg berupa abu, dengan kapasitas tungku pembakaran sebesar 80 ton. Kombinasi optimal dari ketiga tipe pengolahan untuk meningkatkan nilai BCR sehingga aspek ekonomi dalam pengolahan sampah dapat dikatakan layak. Pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II dapat dikatakan layak jika nilai dari $BCR \geq 1$ dalam arti bahwa tidak hanya berorientasi pada keuntungan finansial tetapi fokus pada pengurangan sampah dengan biaya pengolahan yang minimum, namun jika nilai $BCR \leq 1$ atau mendekati 0 maka sistem pengolahan sampah tersebut dikatakan tidak layak atau tidak dapat diterapkan.

4.5.3. Permodelan Aspek Lingkungan

Pengolahan sampah menimbulkan emisi pada lingkungan seperti pada pengolahan sampah dengan proses insenerator juga menimbulkan emisi pada lingkungan berupa gas Karbon Dioksida (CO₂), Belerang Di/Tri Oksida, dan Nitrogen mono/di oksida. Selain dari

proses pengolahan sampah emisi gas juga diperoleh dari kendaraan untuk kegiatan pengangkutan sampah di TPST Bhakti Bumi II. Pada pemodelan aspek lingkungan ini dimana tujuannya untuk mengetahui berapa besar emisi yang ditimbulkan dari proses pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II dengan batasan perhitungan pada emisi gas Karbon Dioksida (CO₂). Berikut merupakan nilai perhitungan emisi gas Karbon Dioksida (CO₂).

1. Emisi Proses Insenerator

Emisi CO₂ pada proses insenerator atau proses pembakaran sampah dengan temperature 700 - 1.200°C. indikator yang digunakan dalam perhitungan nilai emisi CO₂ pada proses insenerator ini yaitu volume sampah insenerator. Perhitungan nilai emisi gas CO₂ pada proses insenerator berdasarkan IPCC tahun 2006 sampah rumah tangga dengan melakukan tahapan

Dari ketiga persamaan dapat dihitung nilai emisi gas CO₂ dengan rumus sebagai berikut.

$$CO_2 Emissions = MSW * \sum_i (WF_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i * TI_i * OM_i) * \frac{44}{12}$$

Keterangan:

MSW : total volume sampah insenerator (Gg/yr)

WF_i : fraksi dari tipe sampah insenerator (Kg/Gg C)

- *kain* : 2,7
- *pempers* : 16,3
- *plastik* : 7,2
- *kertas* : 12,9

dm_i : dry matter content in the component fraction (Kg)

- *kain* : 30
- *pempers* : 60
- *plastik* : 100
- *kertas* : 44
- $dm = \sum_i (WF_i * dm_i)$

CF_i : fraction of carbon in the dry matter (Gg C)

- *kain* : 50
- *pempers* : 70
- *plastik* : 75
- *kertas* : 46

- $CF = \sum_i (WF_i * CF_i)$

FCF_i : fraksi dari bahan bakar (Gg C)

- kain : 20
- *pempers* : 10
- *plastik* : 100
- *kertas* : 1
- $FCF = \sum_i (WF_i * FCF_i)$

OF_i : oksidasi faktor (6 kg/Gg C)

TI_i : tipe insenerator (41 g C/t)

OM_i : mode penggunaan insenerator (50 g C/t)

44/12: konfersi faktor dari C ke CO₂

Contoh perhitungan emisi gas CO₂ dari salah satu nilai kombinasi yaitu kombinasi 91,745 m³ *Recycle*, 14,12 m³ *Insenerator*, dan 9,52 m³ *reuse*.

$$M_i = 0,653$$

$$CO_2 = 0,653 * \sum_i (0,014 * 0,008 * 0,009 * 0,003 * 0,034 * 0,0028 * 0,0034) * \frac{44}{12}$$

$$CO_2 = 0,18003 \text{ Gg}$$

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa nilai emisi gas CO₂ pada salah satu kombinasi bernilai 0,18003 gg/tahun. Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan pada ke 14 sampel kombinasi untuk menentukan hasil nilai emisi gas CO₂ pada proses insenerator di TPST Bhakti Bumi II dapat dilihat pada **Tabel 4.29**.

Tabel 4.29

Perhitungan Nilai Emisi Gas CO₂ pada Proses Insenerator TPST Bhakti Bumi II

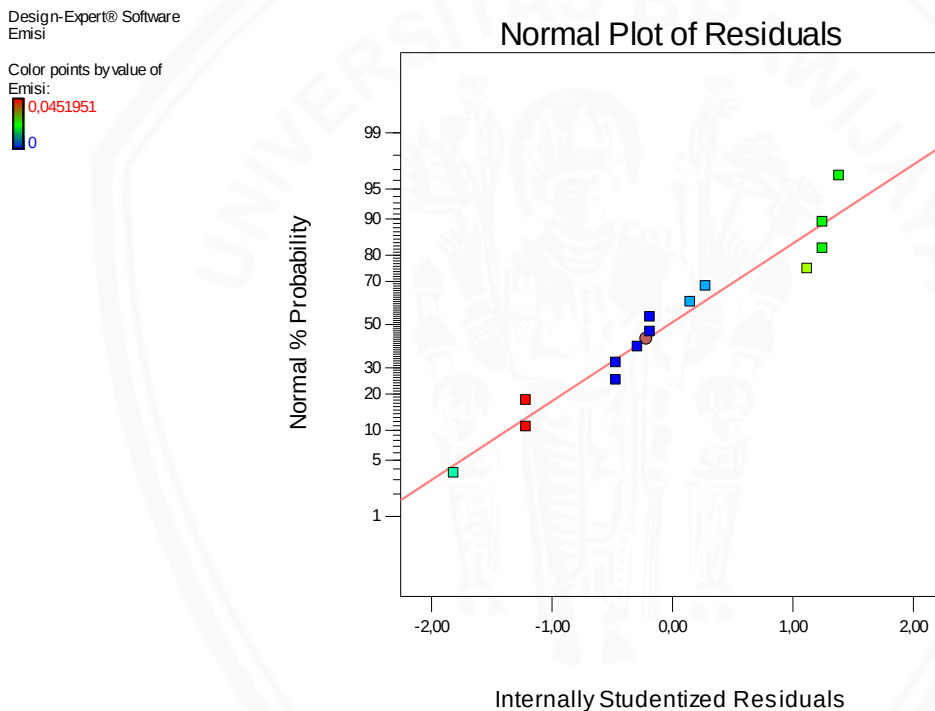
Percobaan #Run ke-	Prosentase sampah (%)			Kebutuhan Sampah Insenerator (m ³)/hari	Total CO ₂ Rq Proses Insenerator (Gg CO ₂ Eq/Tahun)
	<i>Recycle</i>	Insenerator	<i>Reuse</i>		
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)		(Y ₃)
1	0	100	0	13,66	0,0451951
2	50	50	0	79,26	0,0225976
3	33,3333	33,3333	33,3333	54,48	0,015065
4	16,6667	16,6667	66,6667	29,70	0,00753254
5	50	50	0	79,26	0,0225976
6	100	0	0	144,86	0
7	50	0	50	74,89	0
8	16,6667	66,6667	16,6667	34,07	0,0301301
9	0	100	0	13,66	0,0451951
10	0	50	50	9,29	0,0225976
11	66,6667	16,6667	16,6667	99,67	0,00753254
12	0	0	100	4,92	0
13	0	0	100	4,92	0
14	100	0	0	144,86	0

2. Model Tipe Pengolahan terhadap Aspek Emisi Insenerator

Model tipe pengolahan sampah terhadap variabel aspek teknis yaitu dihitung dari luas kebutuhan lahan untuk pengolahan sampah menggunakan aplikasi *Design Expert Trial* Versi 10. Analisis yang digunakan dalam permodelan tipe pengolahan terhadap variabel kebutuhan lahan menggunakan analisis *Mixture Design*. Hasil analisis di aplikasi *Design Expert Trial* Version 10 sebagai berikut ini:

6. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data digunakan untuk mengetahui sebaran data yang menjadi sampel kombinasi apakah data tersebut mengelompok atau menyebar (Wahyu, 2017). Untuk melihat sebaran sampel data yang dianalisis dari hasil uji normalitas dapat dilihat pada **Gambar 4.33**.



Gambar 4.33 Grafik Normal Probability

Pada **Gambar 4.33** menggambarkan persebaran data emisi CO₂, dimana persebaran titik sampel mengikuti garis diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa persebaran sampel residual terhadap y bersifat normal atau tidak terjadi pengelompokan pada suatu titik tertentu, sedangkan jika persebaran titik membentuk kurva S (S sharp curve) maka persebaran data tidak normal. Berdasarkan hasil uji normalitas menunjukkan bahwa titik sampel dalam grafik externally studentized residuals menyebar karena titik-titik sampel memiliki bentuk linier mengikuti garis diagonal sehingga sampel data tersebut normal dan

dapat dianalisis lanjut. Analisis selanjutnya yaitu melakukan uji ANOVA dan ada di analisis dalam *Design Expert* versi 10.

7. Uji ANOVA

Uji Anova adalah uji berkaitan dengan perbedaan rata-rata varian tiap variabel bebas pada tiap variabel terikat. Pengujian uji anova ini digunakan untuk mengetahui variabel bebas yang digunakan dalam sampel telah signifikan atau tidak terhadap variabel terikat. Dalam sampel ini variabel bebas terdiri dari *recycle*, insenerator, dan *reuse*, sedangkan variabel terikatnya yaitu emisi CO₂. Hasil uji ANOVA yang ada di *Design Expert Trial Version 10* memiliki beberapa pengujian data seperti model *statistic review, analysis of variance*, dan *model selection*. Berikut merupakan hasil tiap uji Annova sampel kombinasi:

d. Summary Statistic dan Model Selection

Tabel 4.30

Summary Statistic of Model

Source	Sequential Lack of Fit p-value	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared
<u>Linear</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>1,0000</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	1.0000		
Special Cubic	1.0000		
<u>Cubic</u>	1.0000		Aliased
Sp Quartic vs Quadratic	1.0000		
Quartic vs Cubic	1.0000		Aliased
Quartic vs Sp Quartic	1.0000		Aliased

Pada **Tabel 4.30** dapat dilihat bahwa nilai probability (P-Value) yang dapat diterima oleh kombinasi yaitu menggunakan model liner, dimana nilai p-value dibawah nilai 0,05 dan nilai R-square mendekati 1. Sedangkan model lainnya memiliki nilai p-value melebihi nilai 0,05, sehingga dalam model selanjutnya yang digunakan kombinasi untuk model *Mixture Design* menggunakan model regresi linier.

Tabel 4.31

Hasil Model ANNOVA Aspek Emisi Model Linier

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	0,34	2	0,17	0,34	< 0.0001 significant
¹ Linear Mixture	0,34	2	0,17	0,34	< 0.0001

Berdasarkan pada **Tabel 4.31** menunjukkan bahwa model regresi yang dapat digunakan dalam kombinasi yaitu menggunakan model regresi linier tipe pengolahan sampah dengan menggunakan 3 tipe yaitu *recycle*, insenerator, dan *reuse* terhadap emisi CO₂ memiliki model yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p-value seluruh

komponen persamaan regresi linier yang terdiri dari A, B, dan C dibawah dari 0,05. Analisis R-square

Analisis R-square digunakan untuk besar pengaruh model regresi linier dalam memprediksi nilai variabel terikat dalam hal ini yaitu emisi CO₂ pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II. Nilai analisis R-square dalam model yang terpilih yaitu terdiri dari model linier dan cubic sebagai berikut.

Tabel 4.32

Model Summary

Model	R-Square	Adj R-Square	Pred R-Square
Linier	0,9999	0,9999	0,9999

Dari **Tabel 4.32** dapat diketahui bahwa kedua model memiliki nilai 1. Hal ini berarti bahwa adanya pengaruh yang tinggi tipe pengolahan sampah dengan emisi CO₂ di TPST Bhakti Bumi II. Nilai perbedaan jarak Adj R-Square dengan Pred R-Square harus berada di bawah nilai 0,2. Perbedaan jarak nilai R square mengindikasikan kerengangan nilai variabel terikat dengan sampel, hal ini menunjukkan adanya masalah pada model atau data (Wahyu. 2017). Perbedaan jarak pada sampel pada semua model yaitu model linier, quadratic dan special quartic tidak memiliki jarak, sehingga model tidak memiliki permasalahan pada data ataupun model.

8. Penyusunan Persamaan Model Emisi CO₂

Berdasarkan hasil analisis ANNOVA dan R-Square model yang digunakan yaitu model regresi linier. Nilai koefisien persamaan regresi kombinasi cubic terhadap variabel terikat yaitu nilai emisi CO₂ sebagai berikut ini:

$$Y_{\text{Emisi}} (\text{Gg CO}_2 \text{ Eq}) = 2,026 A + 4,519 B + 2,432 C \text{ (linier)}$$

Keterangan:

A : *Recycle*

B : *Insenerator*

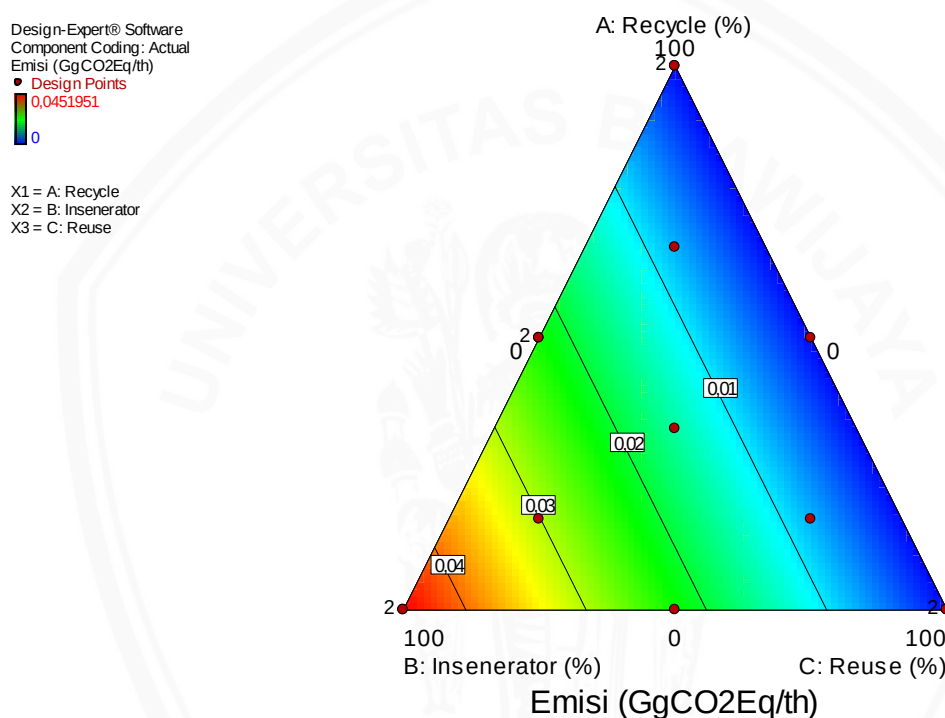
C : *Reuse*

Nilai koefisien tipe pengolahan yang memiliki nilai positif mengartikan bahwa setiap pilihan tipe pengolahan sampah jika diterapkan akan berdampak pada peningkatan emisi untuk proses pengolahan sampah. Sedangkan nilai koefisien tipe pengolahan sampah yang memiliki nilai negatif menunjukkan pengaruh kombinasi dalam mengurangi emisi pada proses pengolahan.. Tipe pengolahan Insenerator dan *recycle* merupakan salah satu sumber emisi dari proses pembakaran sehingga memiliki nilai koefisien yang tinggi, untuk itu

pengolahan menggunakan insenerator dalam penggunaannya dikurangi untuk mengurangi jumlah emisi yang dihasilkan.

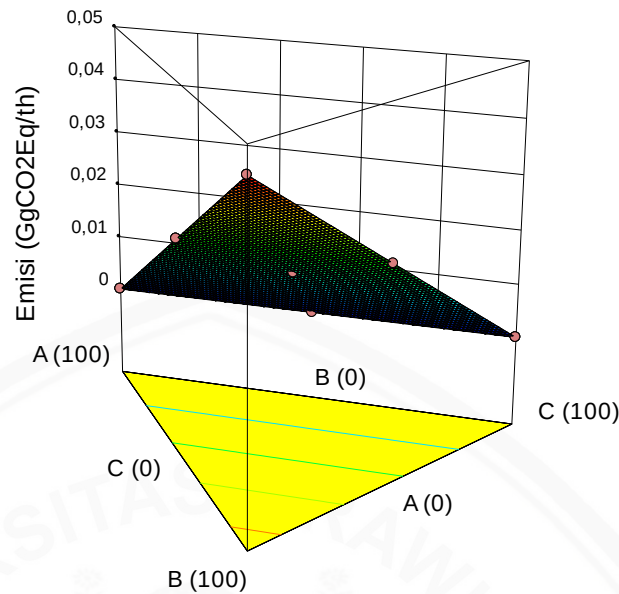
9. Kombinasi Optimal Design di Analisis *Mixture Design*

Seluruh sample kombinasi tipe pengolahan menghasilkan nilai emisi CO₂ yang digambarkan dalam bentuk segitiga dua dimensi disertai kontur warna yang menunjukkan tinggi rendahnya nilai dari emisi. Setiap titik menunjukkan nilai emisi dan volume sampah pada setiap kombinasi. Berikut merupakan hasil nilai emisi yang dilakukan dengan analisis *Mixture Design* dari seluruh kemungkinan kombinasi menggunakan software *Design Expert version 10* pada **Gambar 4.34**.



Gambar 4.34 Countur Plot Emisi Berdasarkan Tipe Pengolahan Model Linier

Design-Expert® Software
 Component Coding: Actual
 Emisi (GgCO₂Eq/th)
 ● Design points above predicted value
 ○ Design points below predicted value
 0,0451951
 0
 X1 = A: Recycle
 X2 = B: Insenerator
 X3 = C: Reuse



Gambar 4.35 Countor Plot 3D Emisi Lingkungan Tipe Pengolahan

Dapat dilihat pada **Gambar 4.34** kontur warna yang dihasilkan dari analisis *Mixture Design* terdiri dari warna merah, kuning, hijau, dan biru. Warna merah mendeskripsikan bahwa nilai emisi memiliki nilai maksimal dari seluruh kombinasi sebesar 0,0451. Sedangkan warna biru mendeskripsikan bahwa nilai emisi memiliki nilai minimum yang dapat dihasilkan dari kemungkinan kombinasi dengan besaran 0. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi volume sampah yang diolah dengan tipe insenerator maka meningkatkan emisi. Tipe pengolahan dengan *recycle* dengan mengoptimalkan pengolahan sampah 100% atau 22,82 m³ menghasilkan emisi sebesar 0. Jika menggunakan tipe pengolahan insenerator dengan mengoptimalkan pengolahan sampah 100% atau 22,82 m³ menghasilkan emisi sebesar 0,04519, dan penggunaan tipe pengolahan *reuse* dengan mengoptimalkan pengolahan sampah 100% atau 22,82 m³ menghasilkan emisi sebesar 0. Berdasarkan hasil parameter emisi udara CO₂ menggunakan kombinasi tipe pengolahan berpengaruh signifikan terhadap berkurangnya emisi udara yang dihasilkan dibandingkan hanya menggunakan satu tipe pengolahan. Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4.34** pengoptimal untuk mengurangi emisi udara dilakukan dengan mengoptimalkan tipe *reuse* sampah anorganik dan tipe pengolahan *recycle*, dan untuk tipe pengolahan insenerator sampah prosentase dibatasi hingga rentang 0,67%. Dengan adanya pembatasan rentang volume sampah yang diolah pada kedua tipe pengolahan tersebut dapat menekan jumlah

emisi udara CO₂ berkisar 0,0003 Gg CO₂Eq/Tahun seperti pada **Gambar 4.35**, dan pada gambar segitiga disimbolkan dengan warna biru. Berdasarkan Permen PU N0 13 PRT/M/2013, pembangunan TPST bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari sampah dan satu diantaranya yaitu pencemaran udara. Dalam peraturan tersebut belum ada target dalam pengurangan emisi udara CO₂ setiap tahunnya. Untuk itu dalam penelitian ini menentukan batasan minimum volume sampah sehingga memperoleh dampak emisi yang rendah. Kombinasi optimal emisi memiliki kesamaan terhadap variabel luas lahan, dimana kedua kombinasi ini menyimpulkan bahwa untuk mengolah sampah secara optimal sesuai dengan target pengurangan sampah di TPST Bhakti Bumi II sebesar 22,82m³ dibutuhkan emisi udara yang minimum dan kebutuhan luas yang minimum. Pembatasan nilai volume dalam proses pengolahan bertujuan untuk mengurangi tingkat emisi udara sesuai dengan aturan Indonesian Climate Change Sektoral Road Map ICSSR yang menyatakan bahwa setiap daerah memiliki target pengurangan dalam mengurangi gas rumah kaca salah satunya pada sektor persampahan. Target pengurangan emisi yang diterapkan pada Pemerintah Indonesia yaitu pengurangan emisi sebesar 26% hingga tahun 2020.

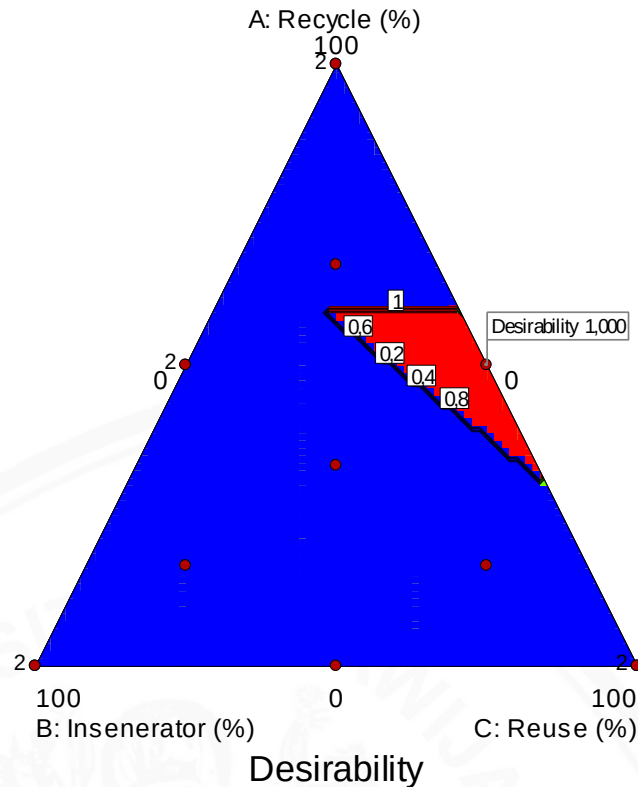
4.6. Rekomendasi Kombinasi Tipe Pengolahan Sampah Berdasarkan 3 Aspek

1. Rekomendasi Komposisi Target Pengolahan

Kriteria tipe pengolahan berdasarkan ketiga aspek yaitu aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan memiliki batasan agar sistem pengolahan dapat berjalan secara optimal. Aspek teknis membutuhkan kombinasi yang memiliki kebutuhan lahan kurang dari 880 m². Pada aspek ekonomi membutuhkan kombinasi dengan nilai BCR ≥ 1 . Selanjutnya kriteria lingkungan memiliki batasan untuk seluruh kombinasi tipe pengolahan harus menghasilkan nilai emisi udara rendah, dimana rentang emisi udara yang dihasilkan secara optimal pada nilai 0 – 0,0451 Gg CO₂ Eq/Tahun sesuai dengan hasil permodelan yang dilakukan di *Design Expert*. Penentuan alternatif untuk menghasilkan sistem pengolahan sampah yang optimal dilakukan dengan *overlay countour plot* dengan metode optimasi dalam analisis *Mixture Design* menggunakan software *Design Expert version 10*. Dari hasil analisis yang dilakukan oleh *Mixture Design* menghasilkan *overlay plot model* dengan 14 kombinasi tipe pengolahan sebagai berikut.

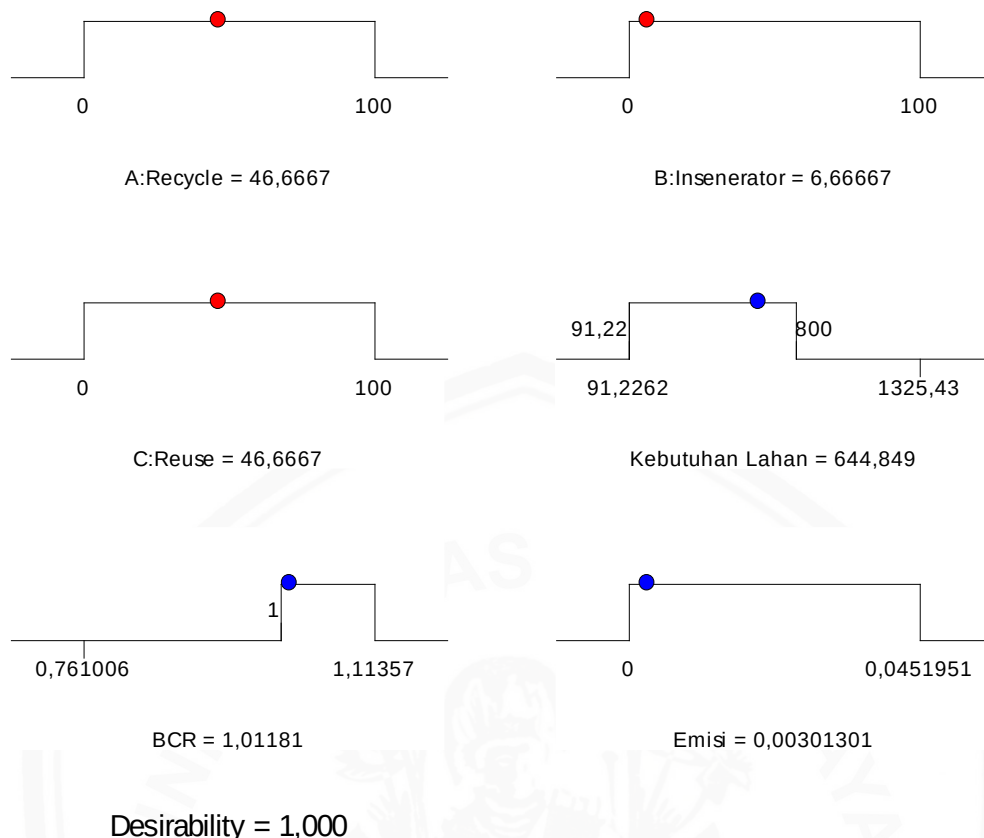
Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
Desirability
● Design Points
1,000
0,000

X1 = A: Recycle
X2 = B: Insenerator
X3 = C: Reuse



Gambar 4.36 Overlay Contour Plot Tipe Pengolahan Berdasarkan Aspek Pengolahan

Berdasarkan hasil overlay pada tipe pengolahan ketiga aspek untuk menghasilkan sistem pengolahan sampah optimal yang dapat diterapkan di TPST Bhakti Bumi II. Dapat dilihat pada **Gambar 4.36** model kombinasi terdapat irisan bidang yang berwarna merah menunjukkan bahwa daerah terbaik sistem pengolahan berdasarkan kombinasi prosentase volume terbaik sampah pada tiap tipe pengolahan yang dapat diolah yang memenuhi kriteria dari ketiga aspek. Sedangkan untuk kontur warna biru pada model dapat disimpulkan bahwa kombinasi pengolahan tidak memenuhi kriteria dari ketiga aspek yaitu aspek teknis, aspek ekonomi, dan aspek lingkungan. Pada **Gambar 4.37** salah satu contoh model kombinasi yang sesuai dengan kriteria, dimana dengan prosentase *recycle* 46,67%, *insenerator* 6,67% dan kombinasi *reuse* 46,67% membutuhkan lahan sebesar 644,849 m², dengan nilai BCR 1,01181 dan menghasilkan emisi 0,00301301. Kombinasi dengan nilai prosentase X₁, X₂, dan X₃ tersebut sesuai dengan kriteria pengolahan sampah yang terbaik di TPST Bhakti Bumi II, dengan nilai kriteria kebutuhan lahan (Y₁) > 880 m², nilai BCR (Y₂) > 1. Dan nilai emisi (Y₃) diambil nilai yang minimal atau yang terkecil menghasilkan emisi CO₂. Dari hasil analisis *overlay* yang dilakukan di Desegin Expert juga menghasilkan kombinasi alternatif optimal yang dapat diterapkan di TPST Bhakti Bumi II yang terdiri dari 46 alternatif kombinasi yang dapat dilihat pad **Tabel 4.33** .



Gambar 4.37 Titik Kombinasi Optimal Tipe Pengolahan Berdasarkan Ketiga Aspek di TPST Bhakti Bumi II

Tabel 4.33
Aternatif Kombinasi Tipe Pengolahan Optimal

No	Kombinasi Tipe Pengolahan (%)			Hasil Optimal pada Aspek		
	Recycle	Insenerator	Reuse	Teknis	Ekonomi	Lingkungan
1.	46,67	6,67	46,67	644,849	1,01181	0,00301
2.	42,56	0,57	56,88	597,89	1,0168	0,00025
3.	58,33	13,33	28,34	786,8	1,01686	0,00602
4.	50,57	12,56	36,88	690,446	1,0069	0,00567
5.	52,5	14,38	33,12	713,76	1,00645	0,00649
6.	46,29	11,82	41,89	637,902	1,00198	0,00534
7.	55,49	7,02	37,49	754,135	1,02411	0,00316
8.	49,52	9,49	40,99	678,772	1,01091	0,00428
9.	58,17	1,30	40,53	790,765	1,0383	0,00058
10.	45,42	6,03	48,55	629,832	1,0113	0,00272
11.	42,68	9,62	47,68	594,525	1,0006	0,00434
12.	49,17	6,42	44,39	675,937	1,0159	0,00290
13.	39,45	1,70	58,85	559,178	1,0102	0,00076
14.	57,32	19,91	22,77	772,276	1,00352	0,00899
15.	40,14	2,44	57,42	567,097	1,00989	0,00110
16.	48,52	2,77	48,71	669,902	1,02155	0,00125
17.	49,18	15,07	36,76	672,397	1,00035	0,00681
18.	45,01	8,25	46,74	623,681	1,00655	0,00372
19.	44,24	3,12	42,64	616,928	1,01466	0,00141
20.	57,69	4,38	36,93	782,324	1,03025	0,00243
21.	58,23	17,75	24,02	784,2	1,00876	0,00802

No	Kombinasi Tipe Pengolahan (%)			Hasil Optimal pada Aspek		
	<i>Recycle</i>	<i>Insenerator</i>	<i>Reuse</i>	Teknis	Ekonomi	Lingkungan
22.	51,04	9,89	39,07	697,319	1,01239	0,00447
23.	45,22	10,54	44,24	625,188	1,00271	0,00476
24.	56,92	8,11	34,97	771,392	1,02422	0,00366
25.	58,72	21,23	20,05	789,617	1,0032	0,00959
26.	50,48	3,89	45,63	693,413	1,02239	0,00175
27.	55,44	11,02	33,54	751,602	1,01681	0,00497
28.	52,97	12,79	34,24	720,109	1,00999	0,00578
30.	46,96	8,66	44,38	647,452	1,00865	0,00391
31.	58,92	5,85	35,23	797,447	1,03121	0,00264
32.	51,27	13,59	35,14	698,755	1,00607	0,00614
33.	54,21	13,50	32,29	735,319	1,01053	0,00610
34.	52,61	6,98	40,41	718,241	1,01995	0,00315
35.	50,31	1,28	48,41	692,935	1,02685	0,00057
36.	48,04	0,65	51,31	665,251	1,02467	0,00029
37.	48,61	4,90	46,49	669,767	1,01783	0,00221
38.	50,62	15,93	33,45	690,01	1,0009	0,00720
39.	53,49	3,11	43,40	731,301	1,02821	0,00140
40.	58,54	10,76	30,70	790,363	1,02179	0,00486
41.	53,67	17,89	28,44	727,315	1,00183	0,00808
42.	56,32	17,45	26,23	760,353	1,00649	0,00788
43.	54,84	10,19	34,57	744,492	1,01741	0,00460
44.	57,42	3,23	39,35	780,225	1,03374	0,00146
45.	58,36	16,28	25,36	786,173	1,01159	0,00735
46.	56,73	1,63	41,64	772,559	1,03561	0,00073

Berdasarkan hasil **Tabel 4.33** volume tipe pengolahan sampah berdasarkan ketiga aspek teknis yang dapat diterapkan di TPST Bhakti Bumi II yang merupakan hasil optimal pengolahan yaitu dilakukan penerapan batasan volume sampah. Warna kuning pada Tabel 4.33 menunjukkan kombinasi terbaik pada setiap aspek. Pada tipe insenerator volume sampah yang diolah memiliki batas untuk nilai minimal 0,57% dan nilai maksimal 58,92%. Nilai kombinasi pada urutan 13 yang terdiri dari 39,45% *recycle*, 1,70% insenerator, dan 58,85 % *reuse* membutuhkan kebutuhan lahan yang rendah atau optimal yaitu sebesar 559,178 m². Untuk pembentukan kombinasi yang memiliki nilai ekonomi atau BCR yang tertinggi atau optimal dengan kombinasi 58,17% *recycle*, 1,30% insenerator, dan 40,53% *reuse* menghasilkan nilai BCR sebesar 1,0383 yaitu kombinasi urutan 9. Untuk nilai kombinasi pada urutan 2 yang terdiri dari 42,56% *recycle*, 0,57% insenerator, dan 56,88% *reuse* akan menghasilkan nilai emisi terendah atau merupakan kombinasi optimal untuk aspek emisi sebesar 0,00025 Gg CO₂Eq/Th. Nilai tersebut jika dinyatakan dalam bentuk volume dapat dilihat pada **Tabel 4.34**.

Tabel 4.34
Kombinasi Pengolahan Terbaik dalam Satuan Persentase

Tipe Pengolahan	Persentase (%)	Volume Sampah (m ³)	Kapasitas (m ³)
<i>Recycle</i>	39,45 – 58,92	46,94 – 70,11	110
<i>Insenerator</i>	0,57 – 19,91	6,78 – 23,69	113,99

Tipe Pengolahan	Persentase (%)	Volume Sampah (m ³)	Kapasitas (m ³)
<i>Reuse</i>	20,05 – 58,85	23,86 – 70,03	Semua sampah dapat di daur ulang

Dari **Tabel 4.34** menyimpulkan bahwa tipe pengolahan dapat dilakukan secara optimal berdasarkan ketiga aspek dengan mengoptimalkan pengolahan sampah organik menjadi briket sebesar 39,45%-58,92%, selanjutnya pada pengolahan sampah anorganik yaitu dengan memanfaatkan sampah daur ulang yang dijual ke pabrik dapat dilakukan di TPST Bhakti Bumi sebesar 20,05%-57,42%, dan sisa sampah yang tidak dapat diolah menggunakan pengolahan sampah dengan insenerator dengan produk olahan berupa paving block sebesar 0,57% - 19,91%. Nilai volume kombinasi sebaiknya dilakukan secara optimal, karena kapasitas mesin pengolah sampah seperti tengku insenerator, dan mesin briket yang ada di TPST Bhakti Bumi II masih memenuhi volume sampah optimal. Nilai optimal tipe pengolahan yang menghasilkan volume sesuai dengan **Tabel 4.34** tersebut jika dilaksanakan di TPST Bhakti Bumi II mampu mengurangi sampah sebesar 163,81 m³ atau volume sampah dapat dikurangi 3,71% dari target Pemerintah Sidoarjo sebesar 14,19%.

Tabel 4.35

Perbandingan Volume Sampah yang dapat diolah Eksisting dengan Model

Tipe Pengolahan	Volume Sampah Eksisting (m ³)	Volume Sampah Model (m ³)	Kapasitas (m ³)	Target (m ³)
<i>Recycle</i>	54	46,94 – 70,11	110	617,9
<i>Insenerator</i>	22,5	6,78 – 23,68	113,99	
<i>Reuse</i>	32,5	23,86 – 70,02	Semua sampah dapat di daur ulang	
Total	109	163,81	223,99	
Prosentase	2,47	3,71		14,19

Nilai volume sampah yang diolah pada TPST Bhakti Bumi II saat ini sebesar 2,47% per tahun atau sebesar 109 m³. Hasil pengoptimalan pengolahan sampah dilihat dari volume sampah yang dapat diolah pada kondisi eksisting dan model dapat dilihat pada **Tabel 4.35**. Kapasitas mesin pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II baik mesin insenerator dan briket masih memenuhi untuk dilakukan pengolahan sampah dengan volume sampah yang optimal. Nilai optimal tipe pengolahan dengan menggunakan metode *Mixture Design* yang menghasilkan nilai 163,81 m³ hal itu juga dapat dikatakan dengan pemilihan nilai optimal untuk tipe pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II dapat mengolah 100% sampah yang masuk ke TPST. Artinya TPST tidak perlu lagi mengangkut sampah ke TPA, sehingga beban TPA dapat berkurang 3,17% dengan dibangunnya TPST. Tetapi besar volume sampah yang diolah di TPST masih dibawah target pemerintah Kabupaten Sidoarjo yaitu 617,9 m³. Nilai volume sampah model tidak dapat dioptimalkan karena jika di optimalkan berdampak pada

buruknya nilai salah satu aspek yang mendukung konsep berkelanjutan. Contoh nilai model volume sampah yang optimal yang dapat dilihat pada **Tabel 4.33** yaitu apabila volume sampah recycle dioptimalkan dengan 58,92%, seperti pada sample kombinasi urutan 31. Maka memiliki nilai yang tinggi pada komponen ekonomi (BCR), tetapi berdampak buruk pada aspek teknis yaitu membutuhkan lahan yang besar, dan besarnya emisi lingkungan yang dihasilkan. Volume sampah insenerator jika dioptimalkan sebesar 19,91% berdampak buruk pada aspek lingkungan yaitu menghasilkan nilai emisi tinggi, juga berdampak pada kebutuhan lahan yang besar pada aspek teknis, yang dapat dilihat pada Tabel 4.33 dengan urutan sampel kombinasi 14.



BAB V

PENUTUP

Bab penutup ini terdiri dari kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam studi “ Optimalisasi Pengolahan Sampah di TPST Bhakti Bumi II Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo“

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II yang memiliki tujuan mengetahui besar potensi reduksi sampah yang dapat diolah di TPST Bhakti Bumi II dan menentukan tipe pengolahan sampah berdasarkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berdasarkan hasil analisis penelitian sebagai berikut:

1. Besar Potensi Reduksi Sampah di TPST Bhakti Bumi II

Besar potensi reduksi dari volume sampah yang dapat diolah di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan hasil perhitungan analisis potensi reduksi sampah 45% sampah organik yang dapat diolah menjadi briket sebesar 41,3 ton/hari, sedangkan sampah anorganik yang dapat di daur ulang kembali di TPST Bhakti Bumi II sebesar 2.963 kg/hari, yang terdiri dari 489,8 kg/hari sampah kertas, 1588,7 kg.hari sampah plastik, 136,5 kg/hari sampah kaca, 111,9 kg/hari sampah logam, 89,7 kg/hari sampah kaleng, 65,8 kg/hari sampah kain, dan 480,6 kg sampah pempers.

Pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II apabila sesuai dengan volume hasil perhitungan potensi reduksi dapat mengolah sampah sebesar 163,81 m³ atau 3,71% dari target pengurangan volume sampah. Target pengurangan sampah sebesar 14% yang harus dilakukan di TPST Bhakti Bumi adalah 617,91 m³. Perhitungan volume sampah untuk menentukan berapa prosentase sampah yang dapat dikurangi dengan adanya dilakukan pengolahan yaitu berdasarkan hasil perhitungan analisis *mass balance*.

2. Model pengolahan Sampah Optimal TPST Bhakti Bumi II berdasarkan Aspek Teknis, Aspek Ekonomi dan Aspek Lingkungan

Optimasi pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II berdasarkan metode mixture design menghasilkan model pengolahan sampah yang optimal yang dapat diterapkan, adapun model sampel kombinasi volume sampah seperti berikut;

- Nilai kombinasi yang terdiri dari 39,45% recycle, 1,70% insenerator, dan 58,85 % reuse membutuhkan kebutuhan lahan yang rendah atau optimal yaitu sebesar 559,178 m².
- Nilai kombinasi yang memiliki nilai ekonomi atau BCR yang tertinggi atau optimal dengan kombinasi 58,17% recycle, 1,30% insenerator, dan 40,53% reuse menghasilkan nilai BCR sebesar 1,0383.
- Nilai kombinasi yang terdiri dari 42,56% recycle, 0,57% insenerator, dan 56,88% reuse akan menghasilkan nilai emisi terendah atau merupakan kombinasi optimal untuk aspek emisi sebesar 0,00025 Gg CO₂Eq/Th.
- Kombinasi pengolahan sampah dapat dilakukan secara optimal pada setiap tipe pengolahan, karena penggunaan model kombinasi yang optimal dapat mengurangi sampah sebesar 163,81 m³ atau volume sampah dapat dikurangkan 3,71%. Hal tersebut melebihi volume sampah yang diolah pada TPST Bhakti Bumi II saat ini sebesar 2,47% per tahun atau sebesar 109 m³. Berikut pada **Tabel 5.1** merupakan kombinasi optimal pada tiap tipe pengolahan:

Tabel 5.1

Kombinasi Optimal Berdasarkan Analisis Mixture Design pada TPST Bhakti Bumi II

Tipe Pengolahan	Persentase (%)	Volume Sampah (m ³)	Kapasitas (m ³)
<i>Recycle</i>	39,45 – 58,92	46,94 – 70,11	110
<i>Insenerator</i>	0,57 – 19,91	6,78 – 23,69	113,99
<i>Reuse</i>	20,05 – 58,85	23,86 – 70,03	Semua sampah dapat di daur ulang

Nilai volume sampah model tidak dapat dioptimalkan karena jika di optimalkan berdampak pada buruknya nilai salah satu aspek yang mendukung konsep berkelanjutan. Contoh nilai model volume sampah yang optimal yang dapat dilihat pada **Tabel 5.1** yaitu apabila volume sampah recycle dioptimalkan dengan 58,92%. Maka memiliki nilai yang tinggi pada komponen ekonomi (BCR), tetapi berdampak buruk pada aspek teknis yaitu membutuhkan lahan yang besar, dan besarnya emisi lingkungan yang dihasilkan.

5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya

Pembahasan pada penelitian ini mengenai optimisasi pengolahan sampah yang dapat diterapkan di TPST Bhakti Bumi II yang dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah potensi reduksi sampah organik maupun anorganik yang dapat dilakukan daur ulang

melalui konsep 3R yang diterapkan di TPST yaitu proses daur ulang sampah, insenerator, dan pembuatan briket. Usulan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- a. Satuan volume, berat jenis, dan nilai RF menggunakan dasar asumsi penelitian sebelumnya sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan langsung.
 - b. Penelitian ini belum mencakupi kajian partisipasi masyarakat, sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat mencakup kajian partisipasi dalam pengolahan sampah di TPST.
 - c. Penelitian ini menggunakan data volume sampah TPST Bhakti Bumi II pada tahun 2017 sehingga nilai model regresi pada penelitian ini hanya dapat diterapkan pada volume sampah dan komposisi sampah pada tahun tersebut. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan asumsi proyeksi timbulan sampah dilihat dari peningkatan jumlah penduduk sehingga dapat menggunakan model *mixture design*.
 - d. Validasi formula optimum sebaiknya dilakukan pada banyak titik yang memiliki nilai desirability 1, sehingga dapat menggambarkan sifat fisik pada daerah optimum secara keseluruhan.
 - e. Metode simplex lattice hanya bisa digunakan untuk kombinasi campuran yang kuantifikasi atau secara fisik ada, misalnya volume sampah, atau bahan lainnya. Metode ini tidak dapat digunakan pada bahan yang abstrak seperti suhu atau tekanan.
 - f. Kombinasi campuran yang digunakan sebagai bilangan proporsi yang merupakan bilangan 0 atau positif dan tidak boleh bilangan negatif.
 - g. Dalam penelitian di TPST Bhakti Bumi II aspek teknis yang dilakukan percobaan kombinasi yaitu aspek kebutuhan lahan, untuk penelitian selanjutnya dapat melihat dari aspek operasional yang terdiri dari pengumpulan, pewadahan, pengangkutan. Selain itu juga dapat melihat dari aspek kelembagaan, aspek peran masyarakat, aspek hukum dan peraturan.
2. Bagi instansi terkait seperti Dinas Kebersihan yaitu sebagai berikut,
 - a. Volume sampah dari penelitian ini hanya berasumsi pada ukuran volume pada alat pengangkut, sehingga diharapkan pemerintah memfasilitasi timbangan pada TPST. adanya timbangan atau proses penimbangan di TPST maka TPST akan mengetahui besaran volume sampah yang diolah setiap tahun dan mempermudah kajian untuk kecukupan lahan TPST pada tahun berikutnya.
 - b. Penerapan pengolahan sampah di TPST Bhakti Bumi II sebaiknya dilakukan secara optimal dikarenakan kapasitas mesin insenerator yang mencukupi dan lahan yang

masih tersedia, dengan pengolahan sampah yang optimal sampah yang masuk ke TPST tidak memberi beban penumpukan sampah di TPA. Untuk menunjang pengoptimalan sampah dapat dilakukan penambahan fasilitas mesin briket dan tenaga kerja.

- c. Penelitian ini dapat digunakan untuk mengevaluasi nilai manfaat ekonomi dan mengontrol emisi dari proses pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Bhakti Bumi II atau fasilitas lain yang memiliki kemiripan karakteristik
3. Bagi masyarakat diharapkan mendukung segala bentuk kebijakan atau program dari pemerintah Kabupaten Sidoarjo dalam upaya untuk mengurangi permasalahan persampahan di Kecamatan Sidoarjo salah satunya yaitu dengan memilah sampah organik ataupun anorganik.



DAFTAR PUSTAKA

- Astari, Shinta Dewi dkk. 2010. *Kajian Model Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI
- Azarini, Bionita. 2017. *Studi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik dengan Metode Insinerasi di TPA Putri Cempo*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI T-13-1990 F tentang *Tata Cara Teknik Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 1994. SNI 19-3241-1994 tentang *Pedoman Pemilihan Lokasi TPA*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 19-2454-2002 tentang *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 19-3242-2008 tentang *Pengelolaan Sampah di Permukiman*. Jakarta
- Budianto, Arif & Syaiful. 2013. *Pengembangan Perangkat Lunak untuk Mencari Nilai Optimal Desain Penukar Kalor Jenis Shell dan Tube*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Chairil Saleh & Hendro Purnomo. 2014. *Analisis Efektifitas Instalasi Pengolahan Limbah Lindi di TPA Supit Urang Kota Malang*. Jurnal Teknik Pengairan. Vol 5;1. 103-109
- Cole, Christine.Mohamed Osmani, Mohamed Quddus & Andrew Wheatley. 2014. *Towards Zero Waste Strategy for an English Local Authority*. Jurnal Resources, Conservation, and Recycling. Vol 89. 64-75
- Cornell, J.A. 1990. *Experiments with Mixture ; Design, Models, and the Analysis of Mixture Data*. John Wiley & Sons. New York.
- Damanhuri E & Tri Padmin. 2004. *Pengelolaan Sampah*. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Dyah Ernawati, Sri Budiastuti, & M. Masykuri. 2012 *Analisis Komposisi, Jumlah dan Pengembangan Strategi Pengelolaan Sampah di Wilayah Pemerintah Kota Semarang Berbasis Analisis SWOT*. Jurnal Ekosains. Vol IV;2. 13-22
- Edo. 2008. *Studi Sistem Pengelolaan Sampah di Kota Mempawah Kabupaten Pontianak*. Universitas Tanjungpura.

- Endah Tri Wahyuni, Sunarto, & Prabang Setyono. 2014. *Optimalisasi Pengelolaan Sampah Melalui Partisipasi Masyarakat dan Kajian Extended Producer Responsibility (EPR) di Kabupaten Magetan*. Jurnal EkoSains. Vol VI;1. 8-23
- Endah Tri Wahyuni, Sunarto, & Prabang Setyono. 2014. *Optimalisasi Pengelolaan Sampah Melalui Partisipasi Masyarakat*. jurnal Ekosains. Vol VI;1
- Gelbert M. Pratihanto D & Suprihatin A. 1996. *Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup dan Wall Chart*. Buku Panduan Pendidikan Lingkungan Hidup, PPPGT/VEDC. Malang.
- Hardianto, 2010. *Evaluasi Teknis dan Finansial UDPK Gadang Kota Malang Untuk Meningkatkan Potensi Reduksi Sampah*. Media Perspektif. Vol 10;2. 60-114
- Hartono, Rudi. 2008. *Penanganan dan Pengolahan Sampah*. Jakarta. Penebar Swadaya
- IPCC. 2006. *Guideline Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. US. IPCC
- Ismari. 1992. *Prinsip Dasar Pengukuran Efektifitas Sistem Pengelolaan Smapah*. Bandung. Institut Teknologi Bandung
- Israwati J.B. Widiadi & Susi Agustina Wilujeng. 2005. *Rencana Peningkatan Teknis Operasional Pengelolaan Persampahan di Kota Bau-Bau*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi I. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. ISBN 979-993020
- Kementerian PU. 2014. *Pedoman Umum Pengelolaan Persamparan 3R Perkoraan*. Jakarta. Kementerian Pekerjaan Umum
- Kuncoro, Sejati. 2009. *Pengolahan Sampah Terpadu dengan Sistem Node, Sub Point, & Center Point*. Yogyakarta. Kanisius
- Masterplan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2013-2033
- Mc.Dougall F.,P. White, M. Franke, and P. Hindle. *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Oxford. Blackwell Science. 2001
- Mindaputra, Eka. 2009. *Penggunaan Algoritma Ant Colony Sistem dalam Traveling Salesman Problem (TSP) pada PT. Eka Jaya Motor*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Munas, Bambang Dwiyanto. 2011. *Model Peningkatan Partisipasi Masyarakat dan Penguatan Sinergi dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jurnal Ekonomi Pembangunan. Vol 12;2. 239-256.
- Mulyadi. 2006. *Manajemen Strategi (Perencanaan dan Manajemen Kinerja)*. Jakarta. Prestasi Pustaka
- Mulya, Ridwan & Silsivester Dian Handy Permana. 2017. *Sistem Penunjang Keputusan*

- untuk Optimasi dalam Proyek Pengembangan Website dengan Menggunakan Algoritma Hungarian. *Jurnal Integrasi*. Vol 9;2. ISSN 2548-9828. 138-142
- Nadiasa, Mayun. Dewa Ketut Sudarsana, & I Nyoman Yasmara. 2009. *Manajemen Pengangkutan Sampah di Kota Amlapura*. *Jurnal Ilmian Teknik Sipil*. Vol 13;2. 120-135
- Najm, Abou. 2002. *An optimisation model for regional integrated solid waste management Model formulations*. UK. American University of Beirut
- Niluh Putu Hariastuti. 2013. *Pemodelan Sistem Normatif Pengelolaan Sampah Kota*. *Jurnal IPTEK*. Vol 17;1
- Ozturk, Ismet.Safa Karaman, Mehmet Baslar, Mustafa Cam, Oznur Caliskan, Osman Sagdic & Hasan Yalcin. 2014. *Aroma, Sugar and Anthocyanin Profile of Fruit and Seed of Mahlab (Prunus mahaleb L); Optimization of Bioactive Compunds Extraction by Simplex Lattice Mixture Design*. *Food Analytical Methods*. Vol 7;4. ISSN 1936-976X. 761-773
- Patel, Natvarial M. Patel Dasharath M. Nitesh N. Pandya. & Pranav D. Jogani. 2007. *Gastroretentive Drug Delivery System of Carbamazepine; Formulation Optimization Using Simplex Lattice Design a Technical Note*. *AAPS PharmSciTech*. Vol 8;1. 1-5
- Purnaini, Rizky. 2011. *Perencanaan Pengelolaan Sampah di Kawasan Selatan Universitas Tanjungpura*. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*. Vol XI;1. 1-18
- Puteri, Rizqi Mahyudin. 2017. *Kajian Permasalahan Pengelolaan Sampah dan Dampak Lingkungan di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir)*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 3;1. 66-74. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru Kalimantan Selatan.
- Putri Nilam Sari. 2016. *Analisis Pengelolaan Sampah Padat di Kecamatan Banuhampu Kabupaten Agam*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*. Vol 10; 2. ISSN 2442-6725. 157-165
- Republik Indonesia. 2008. Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang *Pengelolaan Sampah*
- Republik Indonesia. 2013. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 3 Tahun 2013 tentang *Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta
- Rizaldi, Rizky. 2008. *Pengelolaan Sampah Secara Terpadu di Perumahan Dayu Permai Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia
- Rizkyargo, Muhammad Ziko. Muslim Muin & Yati Muliati. 2016. *Optimasi Pelabuhan di*

- Perairan Cirebon sebagai Alternatif Pengganti Pelabuhan Cilamaya*. Jurnal Teknik Sipil Itenas. Vol 2;4. 1-11
- Safitri. 2012. *Multi Kriteria Terhadap Pemilihan Alternatif Pengolahan Sampah Organik dengan Menggunakan Metode Analytical Network Process*. Bandung. ITB
- Sari, Filosovia Titis & Hardianto. 2011. *Perencanaan Material Recovery Facility Secara Manual di TPA Bulusan Banyuwangi*. Jurnal Spectra. Vol IX;8. 26-35
- SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Pertokoan. Jakarta.
- Sri, Rahmi. 2008. *Evaluasi Pembiayaan dan Sosial Unit Pengelolaan Sampah Kota Depok*., Bekasi
- Sri Wahyono. 2001. *Pengolahan Sampah Organik dan Aspek Sanitasi*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol 2;2.
- Sulistyo, Agung. 2010. *Analisis Pemanfaatan Sampah Organik di Pasar Induk Kramat Jati Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*. Universitas Indonesia. Depok.
- Suseno, Edwin. Kristo Radion Purba, & Rolly Intan. 2016. *Media Pembelajaran Interaktif Pengelolaan Sampah Organik, Anorganik, dan Bahan Beracun Berbahaya Berbasis Flash*. Jurnal Teknik Informatika Petra. Vol 4;1.
- Suryani, Anih Sri. 2014. *Peran Bank Sampah dalam Efektivitas Pengelolaan Sampah Studi Kasus Bank Sampah Malang*. Jurnal Aspirasi. Vol 5;1. 72.
- Suyoto, Bagong. 2008. *Rumah Tangga Peduli Lingkungan*. Prima Media, Jakarta
- Tchobanoglous. 1993. *Integrated Solid Waste Management United States*. Mc Graw-Hill
- Wahyudi. 2012. *Optimasi Formula Produk Ekstrusi Snack Makaroni dari Tepung Sukun (Artocarpus Altilis) dengan Metode Desain Campuran (Mixture Design)*. Institut Pertanian Bogor.
- Vigil S, Tchobanoglous G & Theisen H. 1993. *Integrated Solid Waste Management; Engineering Principles and Management Issue*. McGraw-Hill. New York.
- Vivi, Rahmatul Laili. 2017. *Strategi Peningkatan Operasional TPST di Kabupaten Sidoarjo*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Wahyu, I Made Adigunawan. 2017. *Alternatif Tipe Pengolahan Sampah Optimal pada TPST Kecamatan Sandubaya Kota Mataram*. Universitas Brawijaya.
- Wilson, DC. Velis CA & Rodic L. 2013. *Integrated Sustainable Waste Management Developing Countries*. Waste and Resource Management. Vol 166;2. 52-68.

- Wisnu, Irawan Wardhana. 2007. *Rencana Pengembangan teknik Operasional Sistem Pengelolaan Sampah Kota Juwana*. Jurnal Presipitasi. Vol 3;2. ISSN 1907-187X. 102-110
- Yedlas. 2003. *Economic Insight of Municipal Waste Management in Mumbai*. India
- Yoshiara, Luciane Yuri. Tiago Berveliere Madeira. Fernanda Delazora. Josemeyre Bonifacio Da Silva & Elza Iouko Ida. 2012. *Optimization of Soy Isoflavone Extraction with Different Solvents Using the Simplex-Centroid Mixture Design*. International Journal of Food Science and Nutrition. Vol 63;8. ISSN 1465-3478. 978-986
- Zen, Nur Izzati Mohamad. Siti Salwa Abd Gani. Rosnah Shamsudin & Hamid Reza Fard Masoumi. 2015. *The Use of D-Optimal Mixture Design in Optimizing Development of Okara Tablet Formulation as a Dietary Supplement*. The Scientific World Jornal. Malaysia.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

