

TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN FASILITAS PENGOLAHAN
SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BLACK SOLDIER FLY
(BSF) PADA TPS 3R RAHAYU, TRENGGALEK**

SURYA ADIKARA PUTRA

NRP 03211840000035

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

NIP 19820804 200501 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

Halaman ini sengaja dikosongkan



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN FASILITAS PENGOLAHAN
SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BLACK SOLDIER FLY
(BSF) PADA TPS 3R RAHAYU, TRENGGALEK**

SURYA ADIKARA PUTRA

NRP 03211840000035

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

NIP 19820804 200501 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - RE 184804

**DEVELOPMENT PLANNING ORGANIC WASTE TREATMENT
USING BLACK SOLDIER FLY (BSF) AT TPS 3R RAHAYU,
TRENGGALEK**

SURYA ADIKARA PUTRA

NRP 03211840000035

Advisor

Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

NIP 19820804 200501 1 001

DEPARTEMEN OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN PENGEMBANGAN FASILITAS PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BLACK SOLDIER FLY (BSF) PADA TPS 3R RAHAYU, TRENGGALEK

TUGAS AKHIR

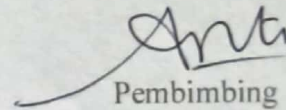
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **SURYA ADIKARA PUTRA**

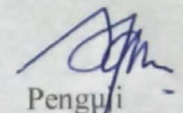
NRP. 03211840000035

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

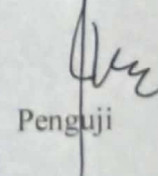
1. Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.


Pembimbing

2. Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.


Penguji

3. Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.


Penguji



Halaman ini sengaja dikosongkan

APPROVAL SHEET

DEVELOPMENT PLANNING ORGANIC WASTE TREATMENT USING BLACK SOLDIER FLY (BSF) AT TPS 3R RAHAYU, TRENGGALEK

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining an undergraduate degree at
Undergraduate Study Program of Environmental Engineering
Departement of Environmental Engineering
Faculty of Civil Planning and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: SURYA ADIKARA PUTRA

NRP. 03211840000035

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.



Advisor

2. Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.



Examiner

3. Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.



Examiner

SURABAYA

July, 2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama mahasiswa /NRP : Surya Adikara Putra / 03211840000035
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing / NIP : Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D. /
19820804 200501 1 001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul “Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

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

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.
NIP. 19820804 200501 1 001

Surabaya, 15 Juli 2022

Mahasiswa,



Surya Adikara Putra
NRP. 03211840000035

Halaman ini sengaja dikosongkan

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Nama of student /NRP : Surya Adikara Putra / 03211840000035
Department : Environmental Engineering
Advisor / NIP : Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D. /
19820804 200501 1 001

hereby declare that the Final Project with the title of “Development Planning Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (BSF) at TPS 3R Rahayu, Trenggalek” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 15 Juli 2022

Acknowledged
Advisor

Student



Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.
NIP. 19820804 200501 1 001



Surya Adikara Putra
NRP. 03211840000035

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN PENGEMBANGAN FASILITAS PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BLACK SOLDIER FLY (BSF) PADA TPS RAHAYU, TRENGGALEK

Nama Mahasiswa / NRP : Surya Adikara Putra / 0321184000035
Departemen : Teknik Lingkungan FTSPK – ITS
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

Abstrak

Peningkatan jumlah sampah dari tahun ke tahun harus diringi dengan pengelolaan sampah yang baik, salah satunya dengan pengolahan di TPS 3R. TPS 3R Rahayu adalah salah satu yang paling aktif beroperasi di Kabupaten Trenggalek. Selama pengoperasiannya terdapat beberapa permasalahan, yaitu belum optimalnya pengolahan timbulan sampah organik dan kurangnya pemasukan dana dari iuran pelanggan yang menyebabkan kurangnya upah pekerja. Maka dilakukan perencanaan pengembangan proses komposting sampah organik menggunakan larva BSF. Perencanaan diawali kegiatan sampling data timbulan sampah menggunakan *load count analysis* dan penentuan densitas serta komposisi sampah. Diketahui timbulan sampah rata-rata TPS 3R adalah 632,67 kg/hari dengan nilai densitas sampah campuran sebesar 205,2 kg/m³ dan didominasi sampah organik dengan persentase 84 %. Selanjutnya dilakukan penentuan *recovery factor* dan analisis *mass balance* dari data hasil *pilot test* budidaya larva. Berdasarkan analisis *mass balance*, dari jumlah sampah masuk 632,67 kg/hari (100%) akan berpotensi dihasilkan kompos sebanyak 152,8 kg/hari (28,94 %), produk larva 274,63 kg/hari (51,97%), sampah lapak 34,37 kg/hari (5,43%), dan residu yang dibuang ke TPA 140,06 kg/hari (22,14%). Data dari *mass balance* kemudian menjadi acuan dalam perencanaan. Pada skenario desain terpilih, kapasitas sampah yang dikelola TPS 3R sebanyak 909,31 kg/hari. Untuk mencapai hal tersebut TPS 3R membutuhkan dana investasi awal sebesar Rp 25.161.570, dana operasional Rp. 411.827.472/tahun, dana pemeliharaan Rp. 3.319.356/tahun, serta dapat menghasilkan potensi pendapatan sebesar Rp. 948.320.367 /tahun. Besarnya potensi pendapatan mengakibatkan dana iuran dari pelanggan dapat diturunkan sampai Rp 0 dengan pertimbangan tertentu. Hasil analisis BCR dan NPV juga menunjukkan bahwa rencana pengembangan layak dijalankan. Hal ini didukung adanya partisipasi masyarakat serta potensi pasar kompos dan larva yang luas.

Kata Kunci: TPS 3R, BSF, Sampah Organik, Komposting

Halaman ini sengaja dikosongkan

DEVELOPMENT PLANNING ORGANIC WASTE TREATMENT USING BLACK SOLDIER FLY (BSF) AT TPS 3R RAHAYU, TRENGGALEK

Student Name / NRP : Surya Adikara Putra / 03211840000035
Department : Teknik Lingkungan FTSPK – ITS
Advisor : Arseto Yekti Bagastyo S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

Abstract

The increase in the amount of waste from year to year must be accompanied by good waste management, one of which is processing at 3R TPS. TPS 3R Rahayu is one of the most actively operating in Trenggalek Regency. During its operation, there were several problems, namely the not optimal processing of organic waste generation and the lack of income from customer contributions which led to a lack of worker wages. So planning the development of organic waste composting process using BSF larvae. Planning begins with sampling data on waste generation using load count analysis and determining the density and composition of waste. It is known that the average waste generation at 3R TPS is 632.67 kg/day with a mixed waste density value of 205.2 kg/m³ and is dominated by organic waste with a percentage of 84%. Subsequently, the recovery factor and the mass balance analysis were determined from the data from the pilot test for larval cultivation. Based on the mass balance analysis, the amount of incoming waste is 632.67 kg/day (100%) it will potentially produce compost as much as 152.8 kg/day (28.94 %), larval product 274.63 kg/day (51.97%) , 34.37 kg/day (5.43%) of valuable waste, and 140.06 kg/day (22.14%) of residue disposed to landfill. Data from the mass balance then becomes a reference in planning. In the selected design scenario, the capacity of waste managed by TPS 3R is 909.31 kg/day. To achieve this, TPS 3R requires an initial investment of Rp. 25,161,570, operational funds of Rp. 411,827,472/year, maintenance fund Rp. 3,319,356/year, and can generate a potential income of Rp. 948,320,367/year. The amount of potential income causes the contribution fund from customers to be reduced to Rp. 0 with certain considerations. The results of the BCR and NPV analysis also show that the development plan is feasible. This is supported by the participation of the community as well as the potential for a broad market for compost and larvae.

Keywords: *TPS 3R, BSF, Organic Waste, Composting*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS Rahayu, Trenggalek” dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat, bimbingan dan nasehat dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir terutama kepada:

1. Orang tua yang telah menjadi motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik serta memberikan dorongan dan selalu mendoakan.
2. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan koordinator tugas akhir yang telah membimbing dan memberi saran dengan penuh kesabaran kepada penulis.
3. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D. dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam pembuatan Tugas Akhir.
4. Teman-teman kelompok bimbingan Tugas Akhir yaitu Wahyu dan Adit yang telah bekerja sama dan saling mendukung dalam penyusunan dan pengambilan data lapangan selama pengerjaan laporan Tugas Akhir.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2018 yang setia menemani pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki kekurangan. Maka dari itu penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun, agar laporan ini dapat bermanfaat dan lebih baik kedepannya.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
APPROVAL SHEET.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
STATEMENT OF ORIGINALITY	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pengelolaan Sampah.....	3
2.1.1 Timbulan Sampah	4
2.1.2 Komposisi Sampah.....	5
2.2 TPS 3R.....	6
2.3 Pengolahan Sampah Organik.....	6
2.4 Proyeksi Penduduk	9
2.4.1 Aritmatika	9
2.4.2 Geometri.....	10
2.4.3 <i>Least square</i>	10
2.5 <i>Benefits-cost Analysis</i> (BCA)	11
2.5.1 <i>Benefit Cost Ratio</i>	11
2.5.2 <i>Net present value</i> (NPV)	11
2.6 Gambaran Umum Wilayah Studi.....	12
2.6.1 Kecamatan Karanganyar	12
2.6.2 TPS 3R Rahayu	12
BAB 3 METODE PERENCANAAN	15

3.1 Kerangka Perencanaan	15
3.2 Pelaksanaan Perencanaan	17
3.2.1 Ide Perencanaan	17
3.2.2 Studi Literatur	17
3.2.3 Pengumpulan Data	17
3.2.4 Perencanaan dan Analisis Data	20
3.2.5 Kesimpulan dan Saran	24
BAB 4 PEMBAHASAN	25
4.1 Kondisi Pengelolaan TPS 3R Rahayu	25
4.1.1 Pewadahan Sampah di Sumber	25
4.1.2 Fasilitas Pengumpulan	25
4.1.3 Fasilitas Pemilahan	26
4.1.4 Fasilitas Komposting	26
4.2 Analisis Timbulan Sampah TPS 3R	27
4.3 Analisis Densitas Sampah TPS 3R	28
4.4 Analisis Komposisi Sampah TPS 3R	29
4.5 Potensi Daur Ulang Sampah Organik	29
4.6 Area Pelayanan	34
4.7 Proyeksi Penduduk Terlayani	34
4.8 Proyeksi Timbulan Sampah	35
4.9 Skenario Desain 1	36
4.10 Skenario Desain 2	38
4.11 Skenario Desain 3	40
4.12 Skenario Desain Terpilih	42
4.13 Rencana Pengembangan Proses Komposting	43
4.13.1 Area <i>Tipping floor</i> dan Pemilahan	43
4.13.2 Komposting BSF	43
4.13.3 Komposting Bata Berongga	58
4.13.4 Layout Lahan Komposting	61
4.14 Fasilitas Pendukung	61
4.15 Kebutuhan Tenaga Kerja	62
4.15.1 Tenaga Pengumpulan Sampah	62
4.15.2 Tenaga Pemilahan dan Pengemasan Sampah Lapak	62
4.15.3 Tenaga Pengolahan Komposting	65
4.15.4 Manager dan Administrasi	68

4.15.5 Petugas Pemasaran	68
4.15.6 Kebutuhan Tenaga Kerja TPS 3R Rahayu.....	69
4.16 Standar Operasional Prosedur.....	69
4.17 Analisis Finansial.....	70
4.17.1 Biaya Investasi	71
4.17.2 Biaya Operasional & Produksi Kompos	71
4.17.3 Potensi Pendapatan.....	75
4.17.4 <i>Cost Benefit</i> Analysis	77
4.18 Analisis Kelembagaan	80
4.18.1 Partisipasi Masyarakat	80
4.18.2 Potensi Pasar	81
4.18.3 Organisasi.....	82
BAB 5 KESIMPULAN & SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN	89
Lampiran 1. Perhitungan Timbulan Sampah.....	89
Lampiran 2. Perhitungan Densitas dan Komposisi Sampah.....	90
Lampiran 3. Proyeksi Penduduk.....	92
Lampiran 4. Pengadaan Alat Baru TPS 3R Rahayu.....	97
Lampiran 5. Area Pelayanan TPS 3R.....	99
Lampiran 6. Dokumentasi Pengambilan Data.....	99
Lampiran 7. Form Asistensi	103
Lampiran 8. Berita Acara	104
Lampiran 9. Gambar Teknik	105

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidup Lalat BSF.....	8
Gambar 2.2 Lokasi TPS 3R Rahayu.....	13
Gambar 2.3 Kondisi TPS 3R Rahayu Kecamatan Karang 13	13
Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan	17
Gambar 4.1 Pewadahan Sampah di Masyarakat	25
Gambar 4.2 Pengumpulan Sampah Tiap Rumah	26
Gambar 4.3 Mesin Pencacahan Sampah Organik	27
Gambar 4.4 Blok Bangunan Bata Berongga Untuk Pengomposan.....	27
Gambar 4.5 Pengukuran Angkutan Gerobak Roda Tiga.....	28
Gambar 4.6 Mass Balance Pengolahan Sampah	33
Gambar 4.7 Alur Sampah Skenario 1	36
Gambar 4.8 Alur Sampah Skenario 2.....	38
Gambar 4.9 Alur Proses Pengolahan Sampah BSF.....	44
Gambar 4.10 Mesin Pencacah K100	44
Gambar 4.11 Rancangan Rak Kontainer	47
Gambar 4.12 Penyusunan Kontainer dan Jenis Kontainer Pengolahan Sampah.....	47
Gambar 4.13 Rancangan Rak Tempat Penetasan.....	49
Gambar 4.14 Proses Penetasan Telur BSF	49
Gambar 4.15 Contoh Penempatan <i>Eggies</i>	51
Gambar 4.16 Contoh Pemasangan <i>Love cage</i>	51
Gambar 4.17 Rancangan Tempat Pupasi.....	53
Gambar 4.18 Proses pemanenan larva BSF	54
Gambar 4.19 Mesin Shieve Kapasitas 500 kg/jam.....	55
Gambar 4.20 Pengayak Sampah K200	58
Gambar 4.21 Struktur Bata Berongga	60
Gambar 4.22 Edukasi Proses Komposting pada Murid SMK.....	81
Gambar 4.23 Kunjungan ke Peternak Lele di Kecamatan Gondang, Trenggalek.....	82

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Pewadahan Sampah	4
Tabel 2.2 Persentase Sampah Kecamatan Karanganyar	5
Tabel 2.3 Pemilahan Sampah di TPS 3R Rahayu	14
Tabel 4.1 Komposisi Sampah TPS 3R Rahayu	29
Tabel 4.2 Pilot Test Budidaya	30
Tabel 4.3 Observasi Proses Pemilahan dan Pencacahan Komposting Bata Berongga	30
Tabel 4.4 Proyeksi Penduduk Daerah Layanan	34
Tabel 4.5 Laju Pertumbuhan Domestik Bruto dan Penduduk Kabupaten Trenggalek Tahun 2019	35
Tabel 4.6 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 1	36
Tabel 4.7 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 2	39
Tabel 4.8 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 3	41
Tabel 4.9 Spesifikasi Mesin Pencacah	45
Tabel 4.10 Jadwal Input Sampah	46
Tabel 4.11 Jadwal Pemanenan Telur Pada Unit Penetasan	48
Tabel 4.12 Jadwal Panen Telur pada <i>Love Cage</i>	50
Tabel 4.13 Jadwal Pemindahan Ruang Pupasi	52
Tabel 4.14 Spesifikasi Oven WRH-100D	57
Tabel 4.15 Spesifikasi Mesin Pengayak	59
Tabel 4.16 Jadwal Pengolahan Komposting Bata Berongga	60
Tabel 4.17 Kebutuhan Petugas Pemilahan	63
Tabel 4.18 Jumlah Sampah Terpilah	63
Tabel 4.19 Kebutuhan Petugas Pengemasan	64
Tabel 4.20 Total Kebutuhan Petugas Area Pemilahan & Pengemasan	64
Tabel 4.20 Kebutuhan Tenaga Kerja TPS 3R Rahayu	69
Tabel 4.21 Biaya Pembangunan TPS 3R Rahayu	71
Tabel 4.22 Total Biaya Investasi TPS 3R Rahayu	71
Tabel 4.23 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Alat	74
Tabel 4.24 Harga Satuan Produk	75
Tabel 4.25 Potensi Pemasukan Dana TPS 3R Rahayu	76
Tabel 4.26 Komponen Manfaat dan Biaya	77

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan semua hasil kegiatan manusia dan hewan umumnya berbentuk padat yang dibuang karena tidak diinginkan lagi (Tchobanoglous, 1993). Jumlah timbunan sampah dipengaruhi oleh peningkatan populasi penduduk yang mengakibatkan peningkatan jumlah sampah dari tahun ke tahun. Selain itu laju urbanisasi dan peningkatan aktivitas manusia turut menjadi faktor peningkatan timbunan sampah (Prajiati *et al.*, 2017). Saat ini sampah menjadi permasalahan sosial yang umumnya terjadi pada hampir seluruh daerah, salah satunya adalah Kabupaten Trenggalek.

Berdasarkan neraca massa pengelolaan sampah Kabupaten Trenggalek tahun 2020, jumlah sampah tidak terkelola sebanyak 2.621,75 ton atau 19,63% dari total timbunan sampah. Angka ini jauh meningkat dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 883,41 ton atau sekitar 6,64%. Peningkatan jumlah sampah yang tidak terolah ini harus diiringi dengan pengelolaan sampah yang baik. Salah satu upaya pengelolaan yang dilakukan pemerintah Kabupaten Trenggalek adalah reduksi sampah melalui pembatasan timbunan, dan pemanfaatan kembali serta daur ulang melalui fasilitas TPS 3R. Unit TPS 3R yang terdistribusi di Kabupaten Trenggalek dinilai dapat menjadi solusi untuk mengurangi laju timbunan sampah. Pernyataan ini didukung berdasarkan penelitian Warmadewanthi (2015), bahwa rata-rata TPS 3R mampu mendaur ulang 63,8% sampah masuk. Nilai ini lebih besar dari pada nilai recovery sampah pada TPS yaitu sebesar 3,4%.

Menurut data Dinas PKPLH Trenggalek tercatat ada 3 TPS 3R yang beroperasi di wilayah Kabupaten Trenggalek, yaitu TPS 3R Rahayu, TPS 3R Karanganyar, dan TPS 3R Sawung Galing. Namun diantara ketiga TPS 3R tersebut, TPS 3R Rahayu merupakan yang paling aktif. TPS 3R Rahayu berlokasi di Jl. Karanganyar-panggung, Desa Karanganyar dan melayani wilayah Kecamatan Karanganyar dengan total pelanggan 250 KK. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara, terdapat beberapa permasalahan yang muncul selama pengoperasian TPS 3R Rahayu. Masalah tersebut antara lain belum optimalnya pengolahan timbunan sampah organik dan kurangnya pemasukan dana dari iuran pelanggan yang menyebabkan kurangnya upah pekerja. Saat ini upaya reduksi sampah organik yang dilakukan adalah pengomposan alami menggunakan metode bata berongga. Namun dalam penerapannya, teknik komposting ini membutuhkan waktu sekitar 1,5 – 2 bulan dengan proses pemantauan dan proses pembalikan kompos untuk aerasi setiap satu minggu sekali. Lamanya pematangan kompos menyebabkan jumlah sampah organik yang terolah kurang dari 40% dari total timbulannya. Hal ini menyebabkan jumlah sampah organik yang diangkut ke TPA lebih besar. Disisi lain kurangnya pemasukan untuk operasional juga merupakan masalah besar bagi TPS 3R Rahayu. Petugas sampah hanya diberi upah sebesar Rp 800.000/bulan. Jumlah ini jauh dibawah UMR Kabupaten Trenggalek dan dirasa terlalu kecil, sehingga petugas sering mengajukan untuk berhenti. Maka dari itu perlu dilakukan pengembangan proses komposting untuk mengoptimalkan kinerja TPS 3R agar dapat meningkatkan reduksi sampah dan menghasilkan sumber pendapatan baru. Dalam perancangannya, pemanfaatan larva BSF (Black Soldier Fly) menjadi fokus utama dalam desain, yang diintegrasikan dengan metode komposting bata berongga sebagai penunjang dalam pengolahan residu. Komposting menggunakan larva BSF dipilih karena memiliki nilai jual produk yang tinggi, proses yang cepat, dan mampu mengurangi timbunan sampah yang diangkut menuju TPA. Sehingga diharapkan dapat tercipta sistem pengelolaan sampah

yang berkelanjutan, praktis, tidak mencemari lingkungan, dapat diterima oleh masyarakat dan berpotensi menghasilkan keuntungan ekonomi (Rahim *et al.*, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, rumusan masalah dari perencanaan ini yaitu:

1. Bagaimana evaluasi eksisting pengolahan sampah organik di TPS 3R Rahayu?
2. Bagaimana identifikasi timbulan dan komposisi sampah yang ada di TPS 3R Rahayu?
3. Bagaimana rencana pengembangan proses komposting TPS 3R Rahayu dari segi aspek teknik dan finansial?

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Mengevaluasi kondisi eksisting sampah organik TPS 3R Rahayu
2. Mengidentifikasi timbulan dan komposisi sampah di TPS 3R Rahayu
3. Merencanakan desain pengolahan komposting TPS 3R Rahayu dengan pendekatan aspek teknis dan finansial

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil perencanaan ini berupa:

1. Rekomendasi untuk meningkatkan reduksi sampah organik melalui perancangan unit komposting BSF
2. Rancangan desain unit komposting BSF apabila pelayanan dan sistem penanganan sampah berjalan optimal
3. Estimasi biaya inventasi dan operasional untuk alternatif proses komposting BSF

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup perencanaan ini meliputi:

1. Perencanaan dilakukan pada bulan Januari – Juli 2022
2. Lokasi studi bertempat pada TPS 3R Rahayu Desa Karang, Kecamatan Karang, Kabupaten Trenggalek.
3. Jenis data yang digunakan berupa data primer yang didapat dari hasil wawancara dan pengamatan langsung serta data sekunder dari dokumen Dinas PKPLH (Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup) Kabupaten Trenggalek.
4. Jenis sampah yang diteliti berupa sampah rumah tangga
5. Aspek teknis perencanaan yang dikaji sampai pada *detail engineering design*. Sedangkan aspek finansial yang dikaji meliputi biaya investasi, biaya operasional, dan nilai keuntungan dari pengolahan sampah.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelolaan Sampah

Sampah dapat berupa bahan padat buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran, industri, dan sumber lainnya. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, jenis sampah terdiri dari:

- 1) Sampah rumah tangga
Merupakan jenis sampah yang berasal dari hasil kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, namun tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.
- 2) Sampah sejenis sampah rumah tangga
Sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan atau fasilitas lainnya.
- 3) Sampah spesifik
Merupakan sampah yang mengandung limbah B3, sampah yang timbul akibat bencana, puing bongkaran bangunan, sampah yang secara teknologi belum dapat diolah dan atau sampah yang timbul secara tidak periodik

Sampah wajib dikelola sesuai standar yang berlaku untuk menghindari adanya tumpukan sampah yang nantinya akan mencemari lingkungan. Pengelolaan sampah merupakan suatu upaya untuk menekan dampak negatif yang mungkin terjadi dan memanfaatkannya menjadi hal lain (Sahil, 2016). Dalam penerapannya pengelolaan sampah bukan hanya dari aspek teknis saja, namun dapat menyangkut tentang perubahan sikap masyarakat berkelanjutan demi terwujudnya lingkungan yang bersih (Suryani, 2017). Terdapat beberapa poin penting dalam rangkaian proses pengelolaan sampah yang ideal, yaitu:

1. Pemilahan.

Pemilahan merupakan upaya pengelompokan dan pemisahan sampah berdasarkan jenis dan sifatnya. Umumnya pemilahan juga memperhatikan nilai jual sampah. Sampah yang memiliki sumber energi tinggi dan sampah yang memiliki *resource* bernilai tinggi akan dipilah untuk dimanfaatkan kembali. Umumnya pemilahan sampah dibagi menjadi 5 jenis sampah antara lain sampah yang mengandung B3, sampah mudah terurai, sampah yang dapat di daur ulang, sampah yang dapat digunakan kembali, dan sampah lainnya.

2. Pewadahan

Pewadahan merupakan penampungan timbulan sampah dari sumber. Pewadahan meliputi pewadahan individual dan pewadahan komunal. Pewadahan individual umumnya disediakan pada setiap rumah untuk menampung sampah, sedangkan pewadahan komunal umumnya berupa kontainer dan TPS yang berfungsi menampung berbagai sampah baik organik dan anorganik dari berbagai sumber. Berdasarkan Permen PU No. 3 tahun 2013, pewadahan individual harus memenuhi syarat kepad air dan udara, mudah dibersihkan, terjangkau secara biaya, ringan dan mudah untuk diangkat, memiliki bentuk estetis, memiliki tutup, dan mudah didapatkan. Karakteristik pewadahan sampah harus sesuai dengan peruntukan jenis sampah. Kontainer harus memiliki bentuk, sifat, bahan, dan volume yang sesuai dengan tujuan awal penampungan sampah. Berikut ini karakteristik Kontainer sampah berdasarkan SNI 19-2454-2002.

Tabel 2.1 Karakteristik Pewadahan Sampah

No	Karakteristik	Pewadahan Komunal	Pewadahan Individual
1	Volume	<ul style="list-style-type: none"> • 10 – 40 L untuk Permukiman dan toko kecil • 100-500 L untuk kantor, toko besar, hotel, rumah makan 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 – 40 L untuk Pinggir jalan dan taman • 100 – 1000 L Permukiman dan pasar
2	Sifat	Ringan dan mudah dipindahkan	Ringan dan mudah dipindahkan
3	Bahan	Logam, plastik, <i>fiberglass</i> , kayu, bambu, rotan	Logam, plastik, <i>fiberglass</i> , kayu, bambu, rotan
4	Bentuk	Kotak, silinder, kontainer, bin (tong) yang tertutup, kantong plastik	Kotak, silinder, kontainer, bin (tong) yang tertutup,

3. Pengumpulan

Berdasarkan SNI 19-2452-2002 pengumpulan sampah adalah aktivitas penanganan yang tidak hanya mengumpulkan sampah dari kontainer individual dan atau kontainer komunal, melainkan juga mengangkutnya ke tempat terminal tertentu, baik dengan pengangkutan langsung maupun tidak langsung. Terdapat 5 pola pengumpulan sampah, yaitu pola individual tidak langsung dari rumah ke rumah, pola individual langsung dengan truk untuk jalan dan fasilitas umum, pola komunal langsung untuk pasar dan daerah komersial, pola komunal tidak langsung untuk permukiman padat, dan pola penyapuan jalan.

4. Pengangkutan

Pengangkutan adalah kegiatan membawa sampah menuju tempat pembuangan akhir. berdasarkan SNI No.19-2454-2002, pola pengangkutan sampah dibagi menjadi *Hauled Container System* (HCS) dan *Stationary Container System* (SCS). HCS umumnya diterapkan pada pengumpulan sampah dengan membawa kontainer. Sedangkan SCS umumnya diterapkan untuk kontainer kecil dengan sistem pengisian terus menerus hingga kontainer truk penuh.

5. Daur ulang

Daur ulang adalah pemanfaatan sampah kembali sampah untuk keperluan lainnya. Sampah yang bisa di daur ulang umumnya berupa plastik bekas, logam, kertas, dan lain lain. Berdasarkan SNI 19-2454-2002, daur ulang sampah anorganik harus disesuaikan dengan jenis sampah, sedangkan sampah organik dapat didaur ulang menjadi pakan ternak maupun menjadi kompos melewati proses komposting. Proses komposting dapat dilakukan secara alami maupun menggunakan mikroorganisme, seperti cacing dan larva *Black Soldier Fly* (BSF).

2.1.1 Timbulan Sampah

Timbulan sampah adalah jumlah sampah yang dihasilkan masyarakat dalam satuan volume maupun berat per kapita, perhari, perluas bangunan atau sepanjang jalan. Terdapat

beberapa metode untuk menghitung timbunan sampah, antara lain metode *load count analysis*, *weight-volume analysis*, *material balance analysis*, dan metode berdasarkan SNI (Damanhuri, 2010).

a. *Load count analysis*

Pengukuran ini didasarkan pada jumlah berat atau volume sampah yang masuk ke TPS. Sampah dalam gerobak yang masuk diukur selama 8 hari berturut-turut. Kemudian dari jumlah sampah yang masuk akan diketahui satuan timbunan sampah per-ekivalensi penduduk.

b. *Weigth-volume analysis*

Pengukuran ini berfokus menghitung berat dan volume kendaraan pengangkut sampah pada jembatan timbang. Hasil yang didapat berupa informasi detail berat sampah dan densitas sampah dari daerah layanan

c. *Material balance analysis*

Metode ini menitik beratkan pada perhitungan aliran sampah masuk, aliran sampah yang hilang dalam proses, dan aliran sampah yang ditimbun dari sebuah *boundary system*.

d. Pengukuran Berdasarkan SNI 19- 3964-1995 dan SNI M 36-1991-03

Perhitungan timbunan sampah dilakukan pada setiap sumber sampah yang menjadi sampel (rumah maupun non rumah) selama 8 hari berturut turut dengan penentuan jumlah sampel secara random-proporsional.

Data timbunan sampah yang diperoleh kemudian menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan sampah selanjutnya. Kriteria unit pengolahan harus mempertimbangkan volume sampah yang masuk dari sumber. Maka dari itu diperlukan nilai densitas dari sampah berdasarkan hasil pengukuran. Pengukuran densitas berdasarkan SNI M-36-1991-03 dilakukan dengan cara menimbang sampah dalam 0,2 - 1 m³ volume. Besaran densitas sampah akan bergantung pada jenis sarana pengumpul dan pengangkut (Damanhuri dan Padmi, 2010). Diketahui untuk sampah pada Kontainer rumah tangga nilai densitasnya berkisar pada 0,01 – 0,20 ton/m³, untuk sampah pada gerobak berkisar pada 0,2 – 0,25 ton/m³, untuk sampah pada truk terbuka berkisar antara 0,3 – 0,4 ton/m³.

Timbunan sampah penting untuk menentukan jumlah sampah yang harus dikelola. Jumlah ini kemudian dapat menjadi dasar perencanaan pengelolaan sampah. Besaran timbunan sampah pada masing masing wilayah memiliki nilai yang berbeda. Berdasarkan SNI-3242-2008 untuk klasifikasi kota besar dan kota sedang berat sampah berkisar antara 0,70-0,80 kg/orang/hari dengan volume berkisar antara 2,75-3,25 L/orang/hari, sedangkan untuk Kota Kecil berat sampah berkisar antara 0,70-0,80 kg/orang/hari dengan volume sampah berkisar antara 2,50-2,75 L/orang/hari.

2.1.2 Komposisi Sampah

Perhitungan komposisi sampah dibutuhkan untuk menentukan peralatan dan unit pengolahan sampah (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Persentase komposisi sampah Kecamatan Karangan berdasarkan pada hasil pengukuran sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persentase Sampah Kecamatan Karangan

Jenis Sampah	Persentase (%)
Plastik	9,93
Kertas	4,75
Kain	0,86
Kayu	1,61

Jenis Sampah	Persentase (%)
Karet/ Kulit	0,45
Kaca	0,50
Logam	0,60
Daun & Sampah Makanan	81,30

Sumber : (Puspasari & Mussadun, 2016)

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa sampah yang paling dominan adalah sampah daun dan sampah makanan. Sampah yang masuk ke TPS 3R masing masing memiliki nilai *recovery factor*. Nilai ini adalah persentase komponen sampah untuk di daur ulang (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Sehingga potensi reduksi sampah dapat ditentukan berdasarkan material balance yang meperhitungkan *recovery factor* jenis sampah (Trihadiningrum, 2006).

2.2 TPS 3R

Pengelolaan sampah pada TPS 3R merupakan pengelolaan persampahan skala komunal yang melibatkan peran aktif masyarakat dan pemerintah pada suatu kawasan (Dirjen Cipta Karya, 2017). Penanganan sampah TPS 3R menekankan pada upaya pengurangan (*Reduce*), pemanfaatan kembali (*Reuse*) dan pengolahan kembali (*Recycle*). Pada prinsipnya TPS 3R dilakukan untuk mengurangi sampah dari sumbernya untuk mengurangi beban sampah yang diterima TPA. Saat ini proses pengolahan sampah pada TPS 3R adalah dengan memilah sampah antara sampah anorganik dan organik. Sampah organik terpilah akan diolah menjadi pupuk kompos maupun produk lainnya yang bernilai ekonomis. Sedangkan residu sampah anorganik akan diangkut ke TPA.

Berdasarkan petunjuk teknis TPS 3R, penyelenggaraan TPS 3R diperlukan perencanaan yang menyeluruh dari tahap persiapan hingga penerapan. Umumnya TPS 3R memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Melayani 400 KK atau 1600 – 2000 jiwa yang setara 4 – 6 m³ per hari
- Terdapat proses pemilahan dari timbulan input sampah yang tercampur
- Memiliki luas minimal 200 m²
- Pengumpulan sampah dari sumber dilakukan menggunakan gerobak manual maupun gerobak motor yang berkapasitas 1 m³ dengan 3 kali ritasi per hari.
- Memiliki unit pencurahan untuk jenis sampah yang tercampur, unit pemilahan sampah, unit pengolahan untuk sampah organik, dan unit pengolahan/penampungan sampah anorganik.

2.3 Pengolahan Sampah Organik

Pengomposan adalah dekomposisi sampah organik secara terkendali secara biologis pada sampah padat dalam kondisi anaerobik (tanpa O₂) atau kondisi aerobik (Ekawandani & Kusuma, 2018). Tujuan pengomposan dilakukan untuk merubah bahan organik yang *biodegradable* menjadi bahan yang lebih stabil, sehingga dapat mengurangi volume dan massanya. Proses pengomposan dapat dilakukan dengan cara konvensional ataupun menggunakan *Effective Microorganismm* (EM4).

Pengomposan merupakan salah satu teknik pengolahan limbah padat yang berpotensi untuk dikembangkan mengingat besarnya persentase sampah organik pada kota-kota besar di Indonesia. Karena sumber sampah terbesar merupakan sampah domestik maka pengomposan sampah organik lebih efisien jika dilakukan sedekat mungkin dengan sumbernya seperti dalam skala kawasan permukiman (RT/RW). Pengomposan sampah dalam skala kawasan dapat mereduksi timbulan sampah organik dengan lebih efektif dan

dapat mengurangi biaya angkut serta biaya pembuangan sampah ke TPA. Selain itu pengomposan menghadirkan beberapa manfaat, antara lain manfaat ekonomi dari hasil penjualan produksi kompos, serta manfaat terbukanya lapangan pekerjaan untuk masyarakat sekitar (Subandriyo, 2012).

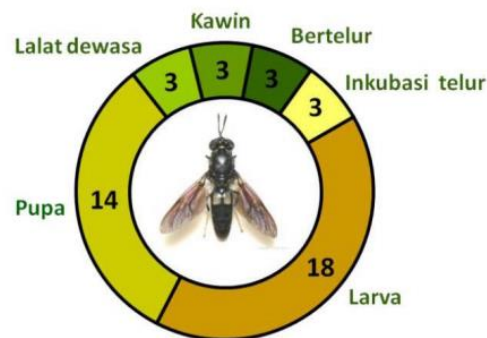
Dalam praktiknya komposting secara aerob menghasilkan panas, sehingga mikroorganisme lain tidak hidup karena suhu kompos lebih tinggi daripada suhu rata-rata. Pembuatan kompos terdiri dari 2 tahapan, yaitu pematangan awal kompos (belum stabil) yang membutuhkan waktu hingga 3 minggu dan proses maturasi kompos yang membutuhkan waktu sekitar 4-6 minggu. Menurut Damanhuri (2016), pembuatan kompos dipengaruhi oleh faktor faktor berikut:

- a. Jenis Bahan yang Dikompos
Bahan yang dikompos mempengaruhi kecepatan dan kemudahan penguraian. Semakin banyak jumlah kandungan kayu atau bahan lain yang mengandung lignin, maka akan semakin sulit untuk diurai.
- b. Ukuran Bahan
Ukuran bahan mempengaruhi luas kontak bakteri dengan sampah. Ukuran untuk kompos biasanya berkisar antara 25 – 75 mm (Dirjen Cipta Karya, 2017).
- c. Kandungan C, N, dan P
Perbandingan C/N yang baik untuk bahan kompos adalah 25-30 dan nilai C/N kompos pada fase akhir adalah 12 – 15. Unsur P juga merupakan unsur penting untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam kompos. Nilai C/P optimum untuk stabilisasi adalah 100 : 1 (Dirjen Cipta Karya, 2017).
- d. Temperatur
Suhu mempengaruhi kecepatan pengomposan. Suhu optimum yang sesuai untuk pengomposan berkisar pada 50°-55° C (Dirjen Cipta Karya, 2017). Sementara suhu yang terlalu tinggi (60°-70° C) tidak baik untuk proses kompos karena dapat membunuh mikroorganisme pengurai.
- e. Mikroorganisme
Mikroorganisme yang dibutuhkan sebenarnya sudah terdapat pada sampah. Namun jumlah mikroorganisme ini dapat ditingkatkan dengan resirkulasi lindi dan resirkulasi kompos yang telah matang pada timbunan kompos baru.
- f. pH
pH berperan penting dalam pengomposan, terutama pada pertumbuhan mikroorganisme. pH yang kecil akan menyebabkan kematian pada beberapa jenis mikroorganisme. Pada awal proses komposting pH berkisar 5-7, kemudian akan turun menjadi < 5 akibat terbentuknya asam organik (Dirjen Cipta Karya, 2017). Namun hal ini dapat dihindari dengan pembalikan rutin serta penambahan kapur maupun abu untuk menstabilkan pH.
- g. Kandungan Air
Kandungan air penting untuk proses aerobik. Kadar air optimum yang dibutuhkan dalam bahan kompos berkisar sebesar 50 - 65% (Dirjen Cipta Karya, 2017). Maka dari itu perlu dilakukan pembalikan dan penyiraman untuk menjaga kadar air dalam bahan kompos.

2.3 Pengolahan Black Soldier Fly (BSF)

Black Soldier Fly (BSF) adalah salah satu pengolahan sampah organik yang ekonomis dengan memanfaatkan larva *Hermetia illuciens L.* Metode BSF bermanfaat dalam mengkonversi sampah organik dan menurunkan polusi lingkungan yang disebabkan hewan dan manusia dalam waktu singkat (Wangko, 2014). Pemanfaatan maggot BSF secara umum digunakan sebagai nutrisi ternak karena kandungan lemak dan protein yang tinggi (Bosch *et al.*, 2014). Budidaya maggot menjadi peluang bisnis seiring meningkatnya harga pakan ternak serta permintaan sumber protein di pasar (FAO, 2013).

BSF merupakan jenis lalat yang termasuk dalam keluarga *Stratiomyidae* dan dapat ditemukan pada wilayah tropis dan sub tropis (Harlystiarini, 2017). Masa hidup lalat BSF berlangsung selama 38-41 hari yang dimulai dari tahap telur, larva, prepupa, pupa, dan lalat dewasa. Lalat dewasa akan menghasilkan setidaknya 500 butir telur per ekor lalat. Telur tersebut kemudian akan menetas menjadi larva dalam waktu sekitar 4,5 hari. Lalat betina akan meletakkan telur berdekatan dengan bahan organik yang membusuk dan memasukkannya dalam rongga kecil yang terlindungi. Betina tersebut kemudian akan mati setelah bertelur. Telur yang telah diletakkan akan menetas menjadi larva yang akan segera mencari makan sampah organik di sekitarnya. Berikut ini gambaran fase pertumbuhan lalat BSF.



Gambar 2.1 Siklus Hidup Lalat BSF
(Sumber: Wardhana, 2016)

Pada kondisi yang ideal, pertumbuhan larva akan berlangsung selama 14 - 16 hari. namun pada kondisi tidak menguntungkan, larva akan beradaptasi dengan lingkungan dengan memperpanjang siklus hidupnya. Maka penyesuaian nutrisi dan kondisi media perlu diperhatikan, agar perkembangan larva dapat optimum dan larva dapat menyimpan cadangan lemak serta protein. Faktor faktor yang mempengaruhi perkembangan siklus hidup larva BSF antara lain:

a. Suhu

Suhu berperan dalam siklus hidup larva. Suhu optimum untuk pertumbuhan larva adalah 30°C. Suhu yang lebih hangat (>30°C) akan menyebabkan lalat lebih aktif. Tetapi suhu yang terlalu tinggi (diatas 36°C) akan menyebabkan pupa tidak dapat berkembang menjadi lalat dewasa. Sedangkan suhu yang lebih dingin (27°C) akan menyebabkan perkembangan larva empat hari lebih lambat (Tomberlin *et al.* Wardhana, 2016). Suhu juga berpengaruh pada inkubasi telur. Suhu hangat akan memicu penetasan telur menjadi lebih awal dibandingkan suhu rendah (Wardhana, 2016)

- b. Pemberian air
Makanan yang menjadi tempat pertumbuhan larva harus cukup lembab dengan kandungan air antara 60% - 90% agar mudah untuk dicerna oleh larva. Selain kandungan air pada makanan, pemberian air pada fase lalat dewasa dapat memperpanjang lama hidup lalat dan meningkatkan produksi telur (Rachmawati *et al.* dalam Wardhana, 2016).
- c. Nutrisi dalam media
Bahan makanan yang diberikan akan berpengaruh pada kualitas larva. Larva akan tumbuh dengan baik apabila makanan yang diberikan kaya akan lemak dan protein.
- d. Ukuran partikel
Ukuran partikel mempengaruhi lama penyerapan nutrisi oleh larva. Karena larva tidak memiliki bagian mulut tipe penguyah, maka makanan larva harus disesuaikan menjadi bagian-bagian kecil atau bahkan berbentuk seperti bubur untuk mempermudah penyerapan.
- e. Intensitas cahaya
Intensitas cahaya akan berpengaruh pada aktivitas perkawinan lalat dewasa (Zhang *et al.* dan Gobbi *et al.* dalam Wardhana, 2016). Lalat dewasa membutuhkan penerangan tinggi tetapi masih dibawah matahari untuk merangsang terjadinya perkawinan antar lalat BSF (Wardhana, 2016).

Pemanfaatan larva BSF dalam pengolahan sampah organik memiliki manfaat secara langsung maupun tidak langsung. Larva lalat BSF dapat secara efektif mengurai sampah organik karena larva BSF termasuk golongan detritivora. Dibandingkan dengan jenis larva lainnya, larva BSF ini tidak menimbulkan bau yang menyengat dalam proses penguraian sampah, sehingga pengolahan ini dapat dilakukan pada kawasan pemukiman (Wardhana, 2016). Larva BSF mampu mengurangi volume sampah organik perkotaan hingga 68% dan sampah tanaman hingga 66,53% (Wardhana, 2016). Kemampuan ini berkaitan dengan kandungan bakteri pada pencernaannya (Dong *et al.* dan Yu *et al.* dalam Wardhana, 2016). Larva BSF juga memiliki keistimewaan yaitu bukan merupakan perantara penyakit, serta dapat mengurangi populasi lalat *M. domestica* (Tomberlin *et al.* dalam Wardhana, 2016).

2.4 Proyeksi Penduduk

Kebutuhan akan pelayanan sampah sebagai sanitasi semakin lama semakin meningkat sesuai dengan jumlah penduduk dimasa yang akan datang. Pada suatu perencanaan sistem penyediaan pengelolaan sampah, diperlukan data proyeksi penduduk pada tahun perencanaan. Proyeksi jumlah penduduk data yang digunakan adalah berdasarkan data sekunder dari BPS maupun jurnal terkait. Menurut Mangkoedihardjo (1985), dalam perhitungan proyeksi penduduk, terdapat tiga metode yang dapat digunakan, yaitu metode aritmatik, geometrik, dan metode *least square*. Metode yang dipilih berdasarkan nilai koefisien korelasi yang mendekati 1.

2.4.1 Aritmatika

Metode ini sesuai untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu naik secara konstan dan dalam kurun waktu yang pendek. Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatika dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o + r(dn)$$

Keterangan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun periode

- Po = jumlah penduduk pada awal proyeksi
 r = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun
 dn = kurun waktu proyeksi

Perhitungan koefisien korelasi (r) dengan metode aritmatika menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}}$$

2.4.2 Geometri

Proyeksi dengan metoda ini menganggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda dengan pertambahan penduduk. Metode ini tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun. Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode Geometri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_0 + (1 + r)^{dn}$$

Keterangan :

- Po = Jumlah Penduduk mula-mula
 Pn = Penduduk tahun n
 dn = kurun waktu
 r = rata-rata persentase tambahan penduduk pertahun

Perhitungan koefisien korelasi (r) dengan metode aritmatika menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}}$$

2.4.3 Least square

Metode ini digunakan untuk garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Dalam persamaan ini data yang dipakai jumlahnya harus ganjil. Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode *least square* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = a + (b \cdot t)$$

Keterangan :

- t = tambahan tahun terhitung dari tahun dasar
 a = $\{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum y \cdot x)\} / \{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}$
 b = $\{n(\sum y \cdot x) - (\sum x)(\sum y)\} / \{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}$

Perhitungan koefisien korelasi (r) dengan metode aritmatika menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2]x[n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}}$$

2.5 Benefits-cost Analysis (BCA)

Benefit-Cost Analysis (BCA) adalah metode pengukuran untuk mengetahui nilai sebuah kegiatan seluruh kegiatan (Chaerul & Rahayu, 2019). BCA umumnya digunakan untuk pengambilan keputusan perusahaan, memeriksa kelayakan investasi, dan menilai kebijakan lingkungan (Shively, 2012). Di luar negeri penggunaan BCA cukup umum pengelolaan sampah, seperti untuk identifikasi pola pembiayaan dan pengolahan sampah pada negara negara di Asia (Aleluia & Ferrão, 2017) dan analisis skenario dari pengelolaan sampah Romania (Ghinea & Gavrilescu, 2016). Penggunaan BCA memiliki kelebihan terutama dalam tahap awal memulai suatu proyek. Hal ini karena analisis BCA memerlukan data kualitatif dan kuantitatif untuk mendukung analisis. BCA juga memungkinkan adanya perbandingan antara nilai investasi dalam proyek, sehingga lebih mudah dievaluasi (Shively, 2012). Namun disisi lain terdapat beberapa kesulitan penerapan BCA, antara lain sulitnya menentukan nilai manfaat dan biaya yang tidak berwujud. Hal ini sering terjadi dalam proyek dengan dampak lingkungan (Shively, 2012). Dalam penerapannya analisis BCA dapat dilakukan dengan menghitung nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Net Present Value* (NPV) (Kusuma dan Mayasti, 2014).

2.5.1 Benefit Cost Ratio

Perhitungan BCR menunjukkan perbandingan nilai *benefit* dan *cost*. Nilai BCR dihitung melalui persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Net value} &= \text{Net benefit} - \text{Net cost} \\ \text{BCR} &= \frac{\text{Net benefit}}{\text{Net cost}} \end{aligned}$$

Kelayakan nilai usaha diukur sebagai berikut:

- Jika B/C lebih kecil dari 1, maka suatu kegiatan usaha dinilai tidak layak secara finansial dan ekonomi.
- Jika B/C sama dengan 1, maka nilai *benefit* sama dengan *cost* sehingga pertimbangan lain untuk melaksanakan proyek.
- Jika B/C lebih besar dari 1, maka suatu kegiatan usaha dinilai menguntungkan dan layak dilaksanakan.

2.5.2 Net present value (NPV)

NPV merupakan analisis yang menentukan selisih antara nilai *Present value* (PV) *cost* dan *Present value* (PV) *benefit* (Potts, 2002). Perhitungan NPV dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{NPV} = \text{PV benefit} - \text{PV cost}$$

Kelayakan nilai usaha diukur sebagai berikut:

- Jika nilai NPV lebih kecil dari 0, maka *benefit* tidak mencukupi *cost* yang dikeluarkan. Sehingga kegiatan usaha tidak layak dijalankan.
- Jika nilai NPV sama dengan 0, maka nilai *benefit* mencukupi *cost*. Namun untuk menjalankan kegiatan usaha perlu dilakukan pertimbangan lain.

- Jika nilai NPV lebih besar dari 0, maka nilai *benefit* lebih besar dari *cost*. Sehingga suatu kegiatan usaha layak untuk dijalankan

2.6 Gambaran Umum Wilayah Studi

2.6.1 Kecamatan Karang

Wilayah lokasi studi adalah TPS 3R Rahayu yang berada pada Kecamatan Karang, Kabupaten Trenggalek. Kecamatan Karang merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Menurut segi geografis, Kecamatan Karang terletak diantara 111°64'-111°69' Bujur Timur dan 8°04'-8°09' Lintang Selatan. Kecamatan Karang berada pada ketinggian 60 m dari permukaan laut dengan batas-batas daerah meliputi :

Timur : Kecamatan Trenggalek

Barat : Kecamatan Suruh

Utara : Kecamatan Tugu

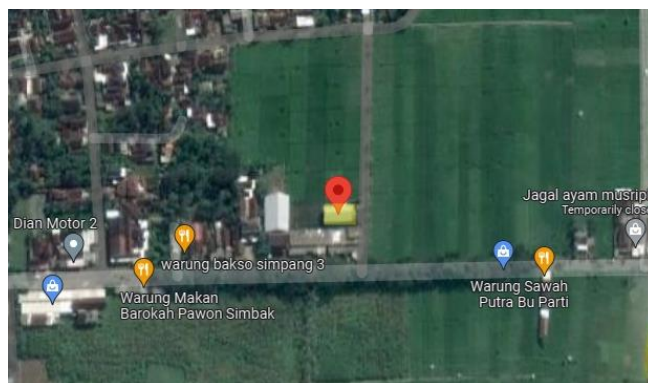
Selatan : Kecamatan Gandusari

Kecamatan Karang memiliki luas sebesar $\pm 50,92 \text{ km}^2$ atau sebesar 4,04 % dari total wilayah Kabupaten Trenggalek dengan jumlah penduduk mencapai 49903 orang (Trenggalek dalam Angka, 2021). Kecamatan ini terdiri 12 desa, yaitu Sukowetan, Jatiprahu, Sumberingin, Kedungsigit, Jati, Kayen, Karang, Kerjo, Salamrejo, Buluagung, Sumber dan Ngentrong. Berdasarkan topografinya desa-desa tersebut merupakan daerah dataran.

2.6.2 TPS 3R Rahayu

Teknik operasional pengelolaan sampah terdiri dari kegiatan pengumpulan sampah hingga pembuangan akhir yang sifatnya terpadu dengan melakukan pemilahan (SNI 19-2452-2002, 2002). Pemerintah Kabupaten Trenggalek telah melakukan upaya dalam mendukung penerapan pengelolaan sampah dengan sistem 3R, yaitu dari pengadaan fasilitas seperti tempat sampah terpilah, tempat pengomposan, dan pengadaan alat angkut berupa motor gerobak roda tiga.

TPS 3R Rahayu merupakan salah satu TPS 3R yang paling aktif di Kabupaten Trenggalek yang berlokasi di Jl. Karang-Panggul, Desa Karang, Kecamatan Karang, Kabupaten Trenggalek. Titik koordinat TPS 3R ini adalah -8.079535, 111.667297. TPS 3R Rahayu berdiri dan mulai beroperasi sejak tahun 2019 dengan alokasi anggaran dana sebesar Rp 500.000,00. Kegiatan pembangunan TPS 3R ini dilaksanakan oleh Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Rahayu bersumber dari Dana Alokasi Khusus (DAK) bidang sanitasi penugasan dari Dinas PKPLH Trenggalek.



Gambar 2.2 Lokasi TPS 3R Rahayu
(Sumber: *Google Earth*)



Gambar 2.3 Kondisi TPS 3R Rahayu Kecamatan Karangn

Berdasarkan Keputusan Kepala Desa Karangn Nomor 470/12/406.06.2003/2019 pemelihara dan pemanfaat TPS 3R bernama “Bima Rahayu Abadi”. Ketua pengelola kelompok ini adalah Mas Khoirur Roziq yang juga merupakan warga di Desa Karangn. Susunan pengurus terdiri dari ketua, sekretaris, bendahara, seksi iuran pengguna, seksi pengoperasian dan pemeliharaan, dan seksi penyuluhan kesehatan. Namun praktiknya hanya ketua pengelola yang aktif dalam mengelola TPS 3R.

Luas lahan TPS 3R Rahayu berdasarkan *As-Built Drawing* sekitar 875 m² (25 x 35 m) yang terdiri dari fasilitas kantor, halaman dan parkir, landasan kontainer (residu), hanggar. Dibawah hanggar ini terdiri dari fasilitas toilet, gudang alat, gudang lapak, gudang kompos, area pengayakan, pengemasan, dan pencacahan pengomposan. Namun untuk bangunan masih sekitar 450 m² (15 x 30 m), sehingga lahan kosong sisanya masih potensi untuk pengembangan kedepannya.

TPS 3R Rahayu melayani wilayah Kecamatan Karangn. Total pelanggan yang telah terdata sekitar 250 KK, yang terdiri dari rumah tangga dan sejenis rumah tangga (toko, warung, instansi). Ketua pengelola yaitu Bapak Roziq menuturkan biaya langganan yaitu sebesar Rp 15.000 - Rp 30.000 per bulan. Sampah dari sumber diangkut menggunakan alat transportasi berupa gerobak motor roda 3 untuk menangani daerah pelayanan. Pengangkutan dilakukan dari rumah ke rumah oleh petugas sampah setiap 6 hari dalam seminggu. Kemudian residu timbulan sampah pada TPS 3R akan diangkut menuju TPA setiap 2 kali dalam seminggu oleh petugas PKPLH menggunakan *dumptruck*.

Sampah yang diambil dari sumber masih belum terpilah sesuai jenisnya. Karakteristik sampah jenis rumah tangga yang diangkut memiliki kadar air yang cukup tinggi. Hal ini karena sebagian besar berupa sampah makan dan sayur yang bercampur dengan jenis sampah lainnya. Sehingga hal ini menyulitkan petugas dalam pengambilan dan

pengolahan sampah berikutnya. Pengolahan dengan cara pemilahan ini dapat mengelompokkan sampah yang masih layak atau dapat dijual kepada penjual barang rongsokan, sampah layak kompos (Gambar 2.3) dan sampah layak buang (residu), berikut adalah pembagiannya :

Tabel 2.3 Pemilahan Sampah di TPS 3R Rahayu

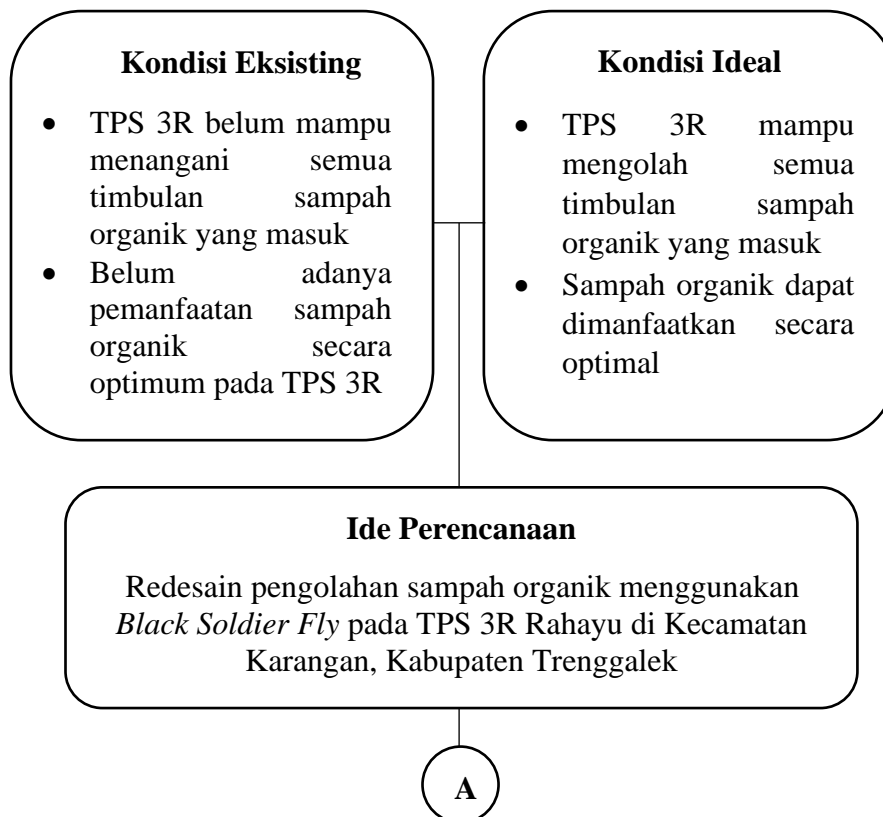
LayakBuang	Layak Jual				Layak Kompos
Plastik	Plastik	Kaca	Kertas	Logam	Organik
Food pack plastik	Botol Plastik	Botol Kaca	Kardus	Besi	Sisa Makanan
Food pack Gabus	GelasPlastik		Duplex	Kaleng	Sisa Sayuran
Plastik Bening	Plastik Keras (Emberan)				Sampah Buah
Tisu					
Plastik kemasan & kresek					
Residu					

BAB 3 METODE PERENCANAAN

Metode penelitian adalah sebuah langkah teknis terstruktur sebagai acuan dalam perencanaan, mulai dari pengabilan data, analisis, dan pembahasan. Penyusunan metode dilakukan untuk mengarahkan perencanaan agar tidak menyimpang dari tujuan awal. Metode yang disusun meliputi masalah awal, pengambilan data lapangan, perencanaan, analisis teknis, analisis finansial, dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil perencanaan. Perencanaan dilakukan berdasarkan data sekunder dan data primer yang diambil melalui percobaan serta perhitungan yang dilakukan pada TPS 3R Rahayu, Kecamatan Karang, Kabupaten Trenggalek. Hasil akhir perencanaan yang ingin dicapai adalah terciptanya rancangan pengelolaan sampah organik menggunakan metode BSF serta potensi manfaat yang akan dihasilkan melalui pemanfaatan BSF.

3.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan gambaran tahapan perencanaan yang disusun secara urut. Penyusunan kerangka perencanaan bertujuan untuk memberikan gambaran umum terkait perencanaan serta memudahkan pelaksanaan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Perencanaan dilakukan berdasarkan pada studi literatur, baik dari jurnal, buku teks, maupun percobaan yan telah dilakukan sebelumnya. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1 .



A

Rumusan Masalah

1. Bagaimana evaluasi eksisting pengolahan sampah organik di TPS 3R Rahayu?
2. Bagaimana identifikasi timbulan dan komposisi sampah yang ada di TPS 3R Rahayu?
3. Bagaimana rencana desain ulang proses komposting TPS 3R Rahayu dari segi aspek teknik dan finansial?

Tujuan

1. Mengevaluasi kondisi eksisting sampah organik TPS 3R Rahayu
2. Mengidentifikasi timbulan dan komposisi sampah di TPS 3R Rahayu
3. Merencanakan desain pengolahan komposting TPS 3R Rahayu dengan pendekatan aspek teknis dan finansial

Pengumpulan Data

Data Primer

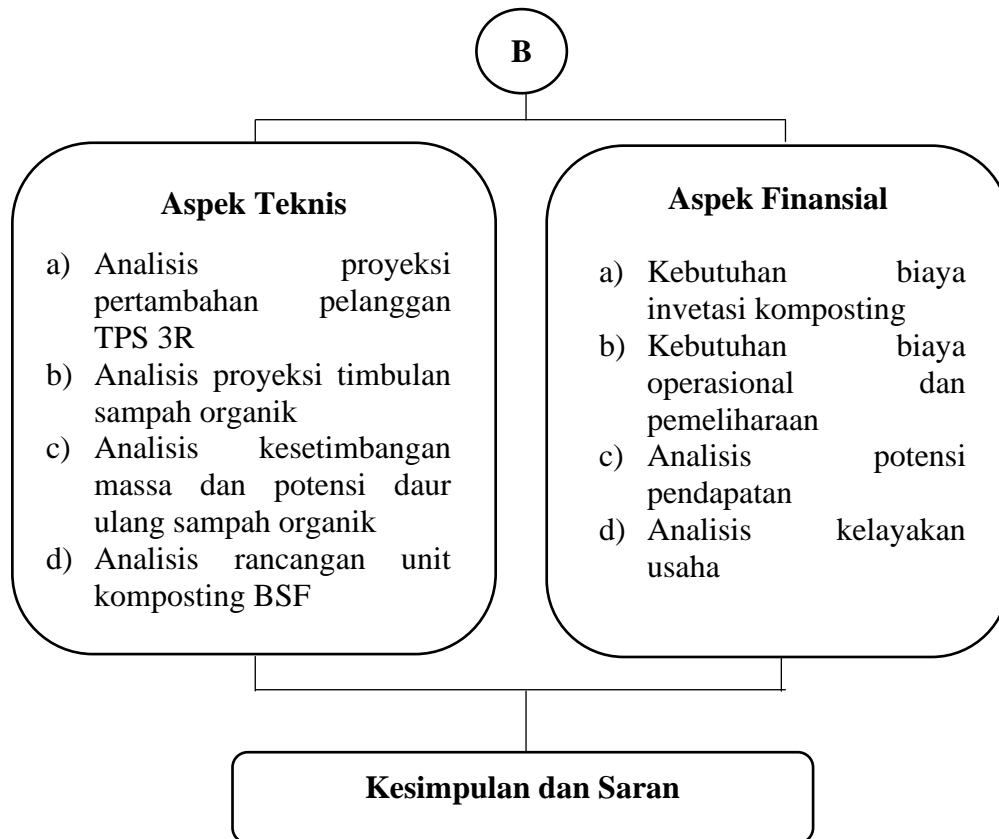
- a) Timbulan sampah
- b) Densitas sampah
- c) *Recovery factor* sampah organik
- d) Komposisi sampah
- e) Daerah pelayanan TPS 3R
- f) Kondisi eksisting sarana prasarana dan operasional TPS 3R

Data Sekunder

- a) Kondisi wilayah
- b) Peraturan terkait pengelolaan sampah
- c) Data *As-Built Drawing* TPS 3R Rahayu
- d) Data Kependudukan

Perencanaan & Analisis Data

B



Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan

3.2 Pelaksanaan Perencanaan

3.2.1 Ide Perencanaan

Lamanya pematangan kompos pada TPS 3R menyebabkan jumlah sampah organik yang dikelola kurang optimal. Padahal timbulan sampah terbesar berasal dari sampah organik. Hal ini menyebabkan sampah organik menumpuk dan volume sampah yang diangkut ke TPA lebih besar. Tindakan ini akan membebani pengolahan di TPA dan meningkatkan produksi gas rumah kaca serta lindi. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan pengomposan untuk TPS 3R Rahayu.

3.2.2 Studi Literatur

Perencanaan dilakukan berdasarkan studi literatur tentang pemanfaatan larva BSF. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan data pendukung untuk mengetahui kemampuan larva BSF dalam mereduksi sampah organik biodegradable. Sumber literatur yang digunakan berasal dari jurnal penelitian, buku, laporan tugas akhir/tesis/disertasi, serta kebijakan/peraturan yang berkaitan tentang pengelolaan sampah organik dan larva BSF. Data yang didapat kemudian dihimpun dan menjadi acuan dalam analisis perencanaan hingga penarikan kesimpulan.

3.2.3 Pengumpulan Data

Penghimpunan data dilakukan dengan mengumpulkan 2 jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil dengan terjun dilapangan melalui proses wawancara dan observasi.

a) Timbulan sampah

Timbulan sampah dipengaruhi oleh lokasi dan perilaku konsumsi masyarakat (Hapsari & Herumurti, 2017). Selain itu jumlah penduduk layanan juga sangat mempengaruhi volume sampah yang masuk. Perhitungan timbulan sampah dilakukan menggunakan metode *Load-count analysis*/Analisis Penghitungan Beban. Metode ini dapat menghitung jumlah masing-masing volume sampah yang masuk ke TPS 3R berdasarkan volume, berat, jenis angkutan dan sumber sampah. Kemudian dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak yang mengumpulkan sampah tersebut, akan diperoleh satuan timbulan sampah (Damanhuri dan Padmi, 2010). Perhitungan timbulan sampah dengan *Load-count analysis* dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Timbulan sampah (kg/orang/hari)} = \frac{\text{Berat sampah gerobak} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ritasi}} \right) \times \text{frekuensi ritasi}}{\text{penduduk dilayani}} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\text{Rata-rata timbulan (kg/orang/hari)} = \frac{\text{timbulan hari 1} + \text{timbulan hari 2} + \dots + \text{timbulan hari n}}{n} \dots\dots\dots (3.2)$$

b) Densitas sampah

Penentuan densitas sampah sangat penting sebagai parameter terintegrasi dalam perencanaan pengeloaan sampah TPS 3R (Hapsari & Herumurti, 2017). Pengukuran densitas sampah dilakukan dengan membagi berat sampah dalam satu kontainer alat angkut dengan volume sampah pada alat angkut. Pengukuran dilakukan selama 3 hari (1 hari *weekend* dan 2 hari *weekdays*) menggunakan metode random sampling. Perhitungan densitas menggunakan rumus berikut.

$$\text{Densitas sampah (kg/ m}^3\text{)} = \frac{\text{Berat sampah (kg)}}{\text{Volume kontainer (m}^3\text{)}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Densitas rata-rata (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Densitas 1} + \dots + \text{Densitas n}}{n} \dots\dots\dots (3.4)$$

c) Komposisi sampah

Penentuan komposisi sampah dilakukan melalui proses pemilahan. Sampah yang masuk dipilah menjadi beberapa jenis, antara lain sampah makanan, sampah kebun plastik, kertas, kaca, kain, kayu, karet, B3, dan sampah residu. Penentuan komposisi sampah dilakukan selama 3 hari. Tahap pelaksanaan pemilahan dilaksanakan dengan langkah berikut:

1. Sampah pada alat angkut dicampur merata mungkin
2. Volume sampah dibagi menjadi 4 bagian
3. Seperempat bagian tersebut dicampur kembali hingga rata hingga diperoleh berat sampah sebanyak 100 kg
4. Sampah dipilah menurut jenisnya
5. Sampah yang terpilah ditimbang dan dicatat beratnya menurut jenisnya masing masing

Persentase komposisi sampah ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentasi komposisi (\%)} = \frac{\text{berat sampah tiap jenis (kg)} \times 100\%}{\text{total berat sampah (kg)}} \dots\dots\dots (3.5)$$

Komposisi sampah yang akan menjadi dasar perencanaan unit komposting adalah sampah yang dapat dikomposkan, sehingga sampah jenis tersebut dihitung kembali densitasnya menggunakan persamaan 3.3. Pengukuran densitas dilakukan melalui metode sampling menggunakan box dengan volume 50 L .

d) *Recovery factor* sampah organik

Penentuan nilai *recovery factor* sampah organik dilakukan dengan memperhatikan kualitas sampah organik yang dapat dimanfaatkan. Sampah organik yang terpilah dibagi menjadi 2 klasifikasi. Pertama adalah sampah organik yang cocok sebagai media BSF dan kedua adalah sampah organik yang tidak cocok menjadi media BSF namun masih bisa dimanfaatkan sebagai kompos melalui proses komposting bata berongga. Jenis sampah yang cocok untuk BSF kemudian dicacah menjadi media tumbuh BSF. Namun sisa sampah yang tidak dapat dikonsumsi seluruhnya oleh BSF akan dicacah kembali bersama sampah kebun untuk masuk ke proses komposting bata berongga. Sedangkan sampah yang tidak memenuhi kriteria menjadi media BSF akan langsung dicacah untuk masuk ke proses pematangan kompos. Namun sampah kebun atau sampah makanan yang tidak tercacah akan dibuang dan tidak dimanfaatkan. Jumlah sampah organik yang tidak termanfaatkan inilah yang menjadi dasar penentuan nilai *recovery factor*. Perhitungan nilai *recovery factor* sampah organik dilaksanakan selama 3 hari menggunakan rumus berikut:

$$\text{Recovery factor sampah} = \frac{\text{Berat sampah termanfaatkan (kg)} \times 100\%}{\text{Berat total sampah (kg)}} \dots\dots\dots (3.6)$$

e) Sarana prasarana TPS 3R

Kondisi eksisting sarana dan prasarana TPS 3R diketahui melalui observasi secara langsung dan wawancara terhadap pengurus TPS 3R. Data yang dihimpun berupa gambaran umum pengelolaan sampah TPS 3R, fasilitas pengolahan sampah yang beroperasi, dan detail ukuran/spesifikasi masing masing fasilitas.

3.2.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil dari catatan dokumen yang dimiliki oleh pihak pihak terkait.

a) Kondisi wilayah

Data kondisi wilayah didapatkan dari data yang dihimpun oleh instansi terkait seperti Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman, dan Lingkungan Hidup (PKPLH) Kabupaten Trenggalek dan Badan Pusat Statistik. Data wilayah yang dibutuhkan berupa data luas wilayah layanan, peta wilayah, dan kondisi geografi.

b) Peraturan terkait pengelolaan sampah

Data terkait peraturan serta penerapan pengelolaan sampah di Kabupaten Trenggalek digunakan sebagai acuan untuk mengetahui pola pengelolaan yang saat ini berjalan. Data tersebut didapat dari dokumen pelayanan sampah pada TPS dan TPA yang dihimpun oleh Dinas PKPLH Kabupaten Trenggalek.

c) Data *As-Built Drawing* TPS 3R Rahayu

Data *As-Built Drawing* menjelaskan ukuran rinci luas TPS 3R Rahayu beserta denah setiap fasilitasnya. Pada data tersebut juga menjelaskan luas area pemilahan, area pencacahan, area timbunan sampah sementara, gudang, dan area komposting.

d) Data Kependudukan

Data kependudukan digunakan dalam menentukan proyeksi pertumbuhan penduduk sebagai acuan dalam pengembangan unit pengolahan sampah dimasa depan. Data yang digunakan berupa hasil analisis proyeksi penduduk oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Trenggalek.

3.2.4 Perencanaan dan Analisis Data

Data yang didapat kemudian dianalisis dan selanjutnya menjadi dasar perencanaan untuk memenuhi tujuan tugas akhir.

3.2.4.1 Aspek Teknis

Analisis aspek teknis dilakukan melalui tahap sebagai berikut :

a) Memproyeksi penambahan penduduk layanan TPS 3R.

Proyeksi pertumbuhan penduduk digunakan untuk memprediksi pertumbuhan timbulan sampah dari penduduk terlayani. Tahapan penentuan proyeksi sebagai berikut:

1. Penentuan periode perencanaan

Periode perencanaan yang digunakan adalah 10 tahun mulai dari tahun 2022, sehingga diharapkan unit komposting dapat menampung timbulan hingga 10 tahun kedepan. Pembangunan unit ini dibagi menjadi tahap perencanaan (tahun 2022), tahap konstruksi (tahun 2023), dan tahap operasi (tahun 2023-2032).

2. Perhitungan proyeksi penduduk

Perhitungan proyeksi dilakukan menggunakan metode aritmatika, metode geometrik, dan metode *least square*. Data penduduk yang didapat kemudian dihitung menggunakan masing masing metode. Jenis metode yang menghasilkan nilai korelasi (R^2) paling mendekati angka 1 maka dianggap paling sesuai karena memiliki nilai deviasi yang kecil.

b) Analisis proyeksi timbulan sampah organik.

Prediksi timbulan sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan sektor industri, pertumbuhan sektor pertanian, dan pertumbuhan penduduk. Data dari masing masing faktor didapatkan dari data Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek. Data tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan 3.7.

$$Cs = \frac{1 + \frac{Ci + Cp + Cqn}{3}}{1 + p} \dots\dots\dots (Tchobanoglous, 2002) (3.7)$$

Keterangan :

- Cs = laju pertumbuhan Kecamatan Karanganyu
- Ci = laju pertumbuhan sektor industri
- Cp = laju pertumbuhan sektor pertanian
- Cqn = laju pertumbuhan sektor ekonomi

Nilai Cs yang didapat digunakan untuk menentukan laju timbulan. Perhitungan laju timbulan dihitung menggunakan persamaan 3.8.

$$Q_n = Q_t(1 + C_s)^n \dots\dots\dots (Tchobanoglous,2002) (3.8)$$

Keterangan :

- Q_n = timbulan tahun-n
- Q_t = timbulan tahun awal
- N = selisih tahun-n dan tahun awal

Nilai laju timbulan sampah pada tahun perencanaan akan menjadi acuan timbulan sampah organik yang akan masuk ke TPS 3R. Proyeksi timbulan sampah organik dihitung berdasarkan penambahan penduduk hasil proyeksi dan laju timbulan sampah pada masing masing orang. Selain itu parameter yang perlu diperhatikan dalam analisis timbulan sampah organik adalah tingkat pengumpulan sampah dan potensi reduksi sampah di sumber.

c) Skenario timbulan sampah

Skenario timbulan sampah dibutuhkan untuk memprediksi jumlah timbulan sampah yang akan dikelola pada masa yang akan datang. Berikut 3 skenario yang dijabarkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Skenario Timbulan Sampah

No	Parameter	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	Pelayanan sampah yang dikelola TPS 3R	Tidak ada peningkatan	Tidak ada peningkatan	Peningkatan jumlah pelanggan 40% dari persentase cakupan penduduk sebelumnya
2	Upaya reduksi sampah di sumber	0%	Bertahap naik dari 0% ke 10%	Bertahap naik dari 0% ke 10%
3	Bangunan TPS 3R	Modifikasi bangunan sesuai lahan eksisting	Modifikasi bangunan sesuai lahan eksisting	Perluasan lahan sesuai kapasitas pengolahan

Penjelasan masing masing parameter diatas adalah sebagai berikut.

- Pelayanan Pengumpulan Sampah

Persentase pelayanan merupakan persentase jumlah sampah yang dikumpulkan oleh petugas. Data persentase tersebut didapatkan dari hasil observasi lapangan dan wawancara. Skenario pertama didasarkan kondisi eksisting pengelolaan sampah pada TPS 3R Rahayu. Pada skenario ini pemerintah tidak melakukan perubahan sistem persampahan dan tidak ada upaya reduksi sampah, sehingga diasumsikan pelayanan tetap konstan sesuai data pelanggan sebelumnya. Pada skenario kedua, telah ada perubahan sistem pengelolaan sampah secara bertahap menuju kondisi ideal berdasarkan Permen PU No. 3 Tahun 2013. Skenario kedua menggambarkan kondisi TPS 3R yang telah membatasi jumlah sampah yang masuk dan mengurangi pelayanan. Pada skenario ketiga ditargetkan terjadi peningkatan jumlah pelanggan mencapai 40% dari persentase cakupan penduduk

eksisting. Semula jumlah pelayanan 11,13% diharapkan meningkat menjadi 15,6%. Peningkatan pelanggan ini berdasarkan hasil wawancara pengelola TPS 3R Rahayu yang mengacu tren kenaikan pelanggan selama satu tahun terakhir.

- Upaya Reduksi sampah di sumber

Reduksi sampah di sumber merupakan upaya untuk mengurangi jumlah sampah yang diangkut ke TPS 3R. Idealnya dari tahun ke tahun upaya reduksi yang dilakukan masyarakat semakin meningkat. Penentuan skenario tingkat reduksi sampah pada masyarakat ditentukan pada hasil observasi. Berdasarkan hal tersebut diketahui upaya pengurangan sampah pada tahun 2021 adalah 0%. Maka dari itu pada skenario pertama digambarkan kondisi eksisting dimana budaya masyarakat sekitar tidak melakukan upaya pengurangan sampah yang diangkut ke TPS 3R Rahayu. Pada skenario kedua diasumsikan masyarakat akan mulai bergerak untuk mengurangi jumlah sampahnya secara bertahap dari 0% menjadi 10%. Sedangkan pada skenario ketiga diasumsikan bahwa masyarakat juga melakukan upaya pengurangan sampah yang diangkut ke TPS 3R Rahayu seiring dengan meningkatnya jumlah kesadaran masyarakat.

- Bangunan TPS 3R

Bangunan TPS 3R merupakan elemen penting dalam skenario desain. Perubahan timbulan sampah yang masuk akan mempengaruhi kapasitas TPS 3R. Pada skenario pertama akan dilakukan modifikasi tata letak unit proses berdasarkan lahan eksisting. Hal ini dilakukan karena akan dilakukan pengembangan pada area komposting namun dengan tingkat pelayanan yang tetap. Pada skenario kedua akan dilakukan pula modifikasi tata letak unit proses berdasarkan lahan eksisting. Hal ini karena diasumsikan jumlah sampah yang masuk akan berkurang sesuai upaya reduksi sampah di sumber. Pada skenario ketiga akan dilakukan perluasan bangunan sesuai peningkatan timbulan sampah yang masuk ke TPS 3R.

d) Analisis *mass balance*

Analisis *mass balance* dilakukan untuk menentukan jumlah sampah organik yang dapat digunakan sebagai media BSF dan luas yang dibutuhkan untuk penimbunan residu. Analisis *mass balance* dihitung berdasarkan data timbulan sampah dan komposisi sampah. Analisis *mass balance* dilakukan dengan tahap berikut:

- Menghitung nilai *recovery factor* sampah organik. Penentuan ini dilakukan dengan menghitung jumlah sampah organik yang bisa didaur ulang menjadi kompos dibagi total berat sampah. Nilai *recovery factor* dihitung menggunakan persamaan 3.6.
- Menghitung persentase jumlah sampah organik yang dapat digunakan untuk media BSF. Sampah organik dipilah berdasarkan karakternya menjadi 2 jenis, yaitu sampah yang dapat menjadi media BSF dan yang tidak. Sampah yang tidak bisa menjadi media BSF akan diproses melalui metode komposting bata berongga. Sedangkan sampah yang bisa dimanfaatkan menjadi media BSF akan dihitung persentasenya.
- Menghitung jumlah sampah organik yang dapat didaur ulang menjadi media BSF. Perhitungan dilakukan dengan persamaan:
Berat sampah organik daur ulang (kg) = *Recovery factor* x berat sampah organik yang masuk TPS 3R (3.9)

e) Analisis rancangan unit komposting BSF

Rancangan unit komposting BSF disusun melalui tahap tahap berikut:

- Menentukan skenario timbunan sampah
Berdasarkan ketiga skenario timbunan sampah yang telah ditentukan, akan dipilih satu skenario yang dianggap paling sesuai dan realistis dengan pengeolaan sampah pada TPS 3R Rahayu berdasarkan kondisi saat ini. Skenario terpilih akan digunakan sebagai data perencanaan fasilitas BSF.
- Membuat *Detail Engineering Design* (DED) Komposting
Penyusunan DED dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek, antara lain biaya, efisiensi pengelolaan sampah, akses mobilitas pekerja, dan kemudahan operasional.
- Membuat layout, gambar tampak, dan gambar potongan
Layout disusun berdasarkan ukuran eksisting TPS 3R Rahayu yang didapat dari dokumen *As-Built Drawing*. Layout ini menggambarkan tata letak fasilitas BSF serta fasilitas lainnya. Selain itu disusun juga gambar potongan dan gambar tampak sebagai detail rancangan.
- Membuat *Standar Operating Procedure* (SOP)
Standar Operating Procedure disusun sebagai pedoman pekerja dalam pengolahan komposting dan perawatan Larva BSF hingga dapat dimanfaatkan. Isi dalam SOP membahas tentang alur proses pengolahan sampah.

3.2.4.2 Aspek Finansial

Aspek finansial yang dianalisis dalam perencanaan terdiri dari :

a) Kebutuhan biaya investasi

Analisis biaya inventasi meliputi biaya pengadaan sarana prasarana komposting menggunakan larva BSF. Sarana prasarana yang dimaksud antara lain unit penetasan, unit pertumbuhan larva, unit perkembangbiakan, dan unit pemanenan.

b) Kebutuhan biaya operasional dan pemeliharaan

Analisis biaya operasional meliputi biaya perawatan alat pencacah sampah, gaji pekerja, biaya air, dan biaya bahan bakar

c) Analisis keuntungan dari metode komposting larva BSF

Analisis keuntungan dilakukan menggunakan metode *Benefit-Cost Analysis* . Aspek yang dihitung adalah potensi keuntungan dari penjualan larva BSF dan penjualan kompos kasgot dari pengolahan sampah organik. Penggunaan analisis BCA pada pengelolaan sampah bergantung pada jumlah input sampah. Peningkatan dan penurunan dari input sampah berpengaruh terhadap peningkatan pendapatan. Nilai BCR didapatkan dari perbandingan nilai *Present value* (PV) *benefit* dan *cost*. Apabila nilai $BCR > 1$, maka kegiatan atau proyek usaha dinilai layak untuk dijalankan. Nilai NPV didapatkan dari pengurangan nilai PV *benefit* dan PV *cost* tanpa memperhatikan manfaat dan biaya tidak langsung. Apabila nilai $NPV > 1$, maka usaha layak dijalankan.

$$BCR = \frac{PV \text{ benefit}}{PV \text{ cost}} \dots\dots\dots (Potts, 2002) (3.10)$$

$$NPV = PV \text{ benefit} - PV \text{ cost} \dots\dots\dots (Chaerul \& Rahayu, 2019) (3.11)$$

3.2.5 Kesimpulan dan Saran

Hasil dari analisis data dan perencanaan dapat ditarik kesimpulan. Kesimpulan tersebut merupakan ringkasan dari hasil perencanaan dan rekomendasi penyempurnaan fasilitas BSF untuk dikembangkan pada tahap selanjutnya dimasa mendatang.

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Pengelolaan TPS 3R Rahayu

4.1.1 Pewadahan Sampah di Sumber

Jenis Kontainer sampah yang digunakan berupa tempat cat bekas bervolume 20 L berbahan plastik (Gambar 4.1). Jenis kontainer ini telah sesuai dengan SNI 19-2454-2002 karena memenuhi kriteria yaitu tidak mudah rusak, kedap air, mudah dikosongkan, dan terjangkau oleh masyarakat. Namun kontainer yang dimiliki masyarakat hanya ada satu jenis, sehingga semua jenis sampah tercampur menjadi satu. Hal ini tentu akan menyulitkan proses pemilahan selanjutnya di TPS 3R. Akibatnya jumlah sampah terpilah tidak akan optimal.



Gambar 4.1 Pewadahan Sampah di Masyarakat

4.1.2 Fasilitas Pengumpulan

Pengangkutan sampah adalah kegiatan pengambilan sampah dari sumber menuju TPS 3R untuk pemilahan. Pengangkutan sampah di TPS 3R dilakukan menggunakan alat transportasi berupa gerobak motor roda 3 untuk menangani daerah pelayanan (Gambar 4.2). Pengangkutan dilakukan dari rumah ke rumah oleh petugas sampah setiap 6 hari dalam seminggu, yaitu hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Sabtu, dan Minggu. Pengambilan sampah dilakukan tiap jam operasional TPS 3R, yaitu mulai pukul 07.00 hingga pukul 14.00. Jumlah alat angkut sebanyak 1 buah yang melayani 3 daerah pelayanan. Pengumpulan dilakukan rata-rata sebanyak 2 kali ritasi setiap harinya. Residu timbulan sampah pada TPS 3R akan diangkut menuju TPA oleh petugas PKPLH menggunakan *dumptruck* saat kontainer armroll di TPS 3R penuh.



Gambar 4.2 Pengumpulan Sampah Tiap Rumah

4.1.3 Fasilitas Pemilahan

Pemilahan sampah adalah kegiatan untuk mengolah sampah agar lebih memiliki nilai ekonomis dan mereduksi timbunan sampah. Pemilahan ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengolah sampah. Area pemilahan berada bersebelahan dengan landasan kontainer residu dan parkir kendaraan pengumpul atau *dropping area*. Pada area ini terdapat alat berupa mesin pencacah yang digunakan untuk mencacah sampah organik serta menghaluskan hasil kompos yang masih kasar. Berdasarkan *As-Built Drawing* area pemilahan memiliki ukuran 5 x 5 m atau sekitar 25 m². Area ini berada bersebelahan dengan landasan kontainer residu dan parkir kendaraan pengumpul atau *dropping area*.

Proses pemilahan hanya dilakukan oleh 2 orang petugas. Petugas pemilahan juga bertugas membantu *dropping* sampah dari alat angkut. Sampah yang terpilah kemudian dikemas dalam karung dan dipindahkan ke gudang lapak. Selain itu pada kondisi eksisting petugas juga turut mengelola proses komposting sampah organik. Pengelolaan sampah organik ini terdiri dari proses pencacahan, pengayakan, pematangan kompos, dan pengemasan kompos. Karena banyaknya beban kerja yang diterima petugas mengakibatkan proses pemilahan dan proses komposting tidak optimal, sehingga produksi kompos dan penjualan sampah lapak sedikit. Selain itu, fasilitas untuk pemilahan juga tidak memadai. Lahan yang digunakan untuk pemilahan cukup sempit dan tidak tersedia wadah untuk setiap jenis sampah. Saat pemilahan petugas juga tidak memiliki sarung tangan latex dan garpu sampah. Maka dari itu perlu dilakukan desain ulang denah dan pengadaan alat penunjang untuk pemilahan.

4.1.4 Fasilitas Komposting

Metode pengomposan yang dilakukan di TPS 3R Rahayu menggunakan metode bata berongga. Hal ini didasarkan pada bangunan komposting yang didesain dengan bata berongga. Sampah organik yang digunakan untuk pengomposan seperti sampah buah, sayur, sampah, sisa makanan, dan daun-daun. Proses pengomposan ini dilakukan setelah pencacahan sampah organik menggunakan mesin pencacah.



Gambar 4.3 Mesin Pencacahan Sampah Organik

Berdasarkan *As-Built Drawing* area komposting memiliki ukuran 10 x 10 m atau sekitar 100 m². Area komposting ini berupa bangunan bata berongga yang dibuat per blok-blok. Setiap bloknya dari tampak atas memiliki ukuran panjang 1,25 meter dan lebar 0,8 meter. Ketinggian bangunan ini 1 meter dan ketebalan untuk komposting 0,2 m, sedangkan ruang bagian bawah ketinggiannya 0,2 meter. Untuk diameter lubang di bagian bawah berukuran 8 cm, tetapi saat operasional diberi alas dari bekas karung untuk meminimalisir sampah yang jatuh ke rongga bawah. Sehingga untuk menambah masukan udara digunakan pipa PVC berlubang yang dipasang secara vertikal. Sekitar 4 pipa PVC berlubang ini dipasang di tiap blok area komposting.

Berdasarkan jumlahnya terdapat 8 blok bangunan bata berongga untuk proses komposting. Tetapi sebagian besar bangunan ini digunakan sebagai tempat botol plastik sampah hasil pilahan yang akan dijual ke pengepul dan sebagian atau sekitar 3 blok digunakan proses komposting. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pengelola TPS 3R Rahayu, proses komposting yang selama ini dijalankan kurang efektif dan membutuhkan waktu yang lama.



Gambar 4.4 Blok Bangunan Bata Berongga Untuk Pengomposan

4.2 Analisis Timbulan Sampah TPS 3R

Pengukuran jumlah timbulan sampah dapat dilakukan dengan pengukuran berat atau volume sampah atau kedua-duanya (Kementrian PU, 2013). Pada observasi ini akan dihitung jumlah sampah masuk berdasarkan metode *Load-count analysis*/Analisis Penghitungan Beban. Metode ini dapat menghitung jumlah masing-masing volume sampah yang masuk ke TPS 3R berdasarkan volume, berat, jenis angkutan dan sumber sampah. Kemudian

dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak yang mengumpulkan sampah tersebut, sehingga akan diperoleh satuan timbulan sampah (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Pengukuran volume sampah terkelola didasarkan pada ukuran kendaraan pengumpul yaitu gerobak motor roda tiga yang dimodifikasi volume muatannya (Gambar 4.1). Sampling dilakukan dengan mengambil sampah yang diangkat dan ditimbang. Sampah yang diambil dari 1 gerobak roda tiga merupakan representasi jumlah sampah dari 1 kali ritasi untuk satu daerah pelayanan. Dalam satu kali ritasi terdapat kira-kira 85 KK yang dilayani. Maka berat sampah dalam alat angkut dapat menunjukkan jumlah timbulan sampah dari masing-masing orang dengan membagi berat sampah total pada alat angkut dengan jumlah penduduk yang dilayani. Perhitungan lengkap timbulan sampah dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Diketahui berat timbulan sampah per orang 0,506 kg/orang/hari. Berdasarkan SNI 04-1993-03 nilai timbulan ini berada pada rentang timbulan sampah untuk sampah kota besar yakni 3 – 4,5 liter/orang/hari atau 0,4 - 0,6 kg/orang/hari. Timbulan sampah per orang ini tergolong cukup besar untuk daerah pedesaan. Hal ini karena jenis sampah yang didominasi sampah basah yang berasal dari sebagian pelanggan TPS 3R yang merupakan pemilik warung makan. Timbulan sampah ini kemudian menjadi acuan desain untuk menghitung jumlah timbulan sampah organik.



Gambar 4.5 Pengukuran Angkutan Gerobak Roda Tiga

4.3 Analisis Densitas Sampah TPS 3R

Pada umumnya densitas sampah pada gerobak memiliki nilai 0,2 – 0,25 ton/m² (Damanhuri dan Padmi, 2010). Namun densitas sampah pada setiap tempat memiliki nilai yang berbeda-beda bergantung pada jenis sampah dan jenis pemadatan sampah. Nilai densitas dihitung menggunakan Persamaan 3.3. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, rata-rata nilai densitas sampah campuran pada gerobak roda tiga bernilai 205,11 kg/m³ dan nilai densitas sampah organik adalah 360 kg/m³. Perhitungan lengkap nilai densitas dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Nilai densitas sampah rumah tangga Kabupaten Trenggalek memiliki nilai 210 kg/m³ (Widodo dan Trhadiningrum, 2007). Apabila dibandingkan maka nilai densitas sampah campuran ini hanya memiliki sedikit perbedaan. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh ukuran gerobak dan faktor kompaksi. Diperolehnya nilai densitas sampah, maka dapat diketahui nilai volume timbulan sampah total yang masuk adalah 4,63 m³, sedangkan volume timbulan sampah organik adalah 2,2 m³.

4.4 Analisis Komposisi Sampah TPS 3R

Analisis komposisi sampah perkotaan menjadi sangat penting dalam strategi pengolahan sampah. Menurut Damanhuri (1989), dengan mengetahui komposisi sampah dapat ditentukan cara pengolahan yang tepat dan yang paling efisien sehingga dapat diterapkan proses pengolahannya. Komposisi sampah ini dibutuhkan untuk menentukan jenis pengolahan sampah yang akan digunakan. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui peningkatan timbulan sampah per komposisi dari masing-masing elemen publik dalam masyarakat.

Komposisi sampah mengalami perubahan setiap tahunnya. Perubahan tersebut diakibatkan adanya pola hidup masyarakat, pertumbuhan ekonomi, dan sebagainya. Perubahan komposisi sampah tersebut juga memberikan dampak terhadap strategi pengelolaan sampah perkotaan. Penentuan persentase komposisi sampah kali ini dilakukan menggunakan metode kuadran sampling. Hasil analisis persentase komposisi sampah dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Sampah TPS 3R Rahayu

Jenis Sampah	Rata-rata berat (kg)	Persentase
Sampah Makanan	56,87	56,87%
Kebun	26,67	26,67%
Plastik		
- Botol Plastik	0,40	0,40%
- Gelas Plastik	0,23	0,23%
- Plastik Padat Bukan Kemasan (Emberan)	3,17	3,17%
- Kresek Plastik / Plastik Sekali Pakai	3,93	3,93%
- Plastik PP Kemasan	2,93	2,93%
Kertas		
- Kardus	0,80	0,80%
- Duplex	0,20	0,20%
Kaca (Botol Kaca)	0,33	0,33%
Kain	2,10	2,10%
Karet	0,50	0,50%
Kayu	1,17	1,17%
Logam Campuran	0,30	0,30%
Residu	0,40	0,40%

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa komposisi sampah yang paling banyak adalah jenis sampah yang dapat dikomposkan yaitu sampah makanan dan sampah kebun dengan persentase mencapai 84% dari total timbulan sampah yang masuk.

4.5 Potensi Daur Ulang Sampah Organik

Potensi daur ulang sampah organik dalam perencanaan dapat dilihat dari nilai *recovery factor*. Nilai *recovery factor* sampah organik dihitung berdasarkan berat sampah

organik yang dapat dimanfaatkan kembali. Nilai *recovery factor* ditentukan dengan membandingkan nilai *recovery factor* dari literatur dengan pengamatan langsung dilapangan. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, jumlah sampah organik yang bisa didaur ulang menjadi kompos ada sebanyak 56,9 kg (sampah makanan) dan 26,7 kg (sampah kebun) dari total berat sampel sampah organik 100 kg, sedangkan sisanya merupakan sampah kayu yang sulit dikomposkan.

Sampah yang dapat dikomposkan direncanakan akan dipilah untuk mengetahui jumlah sampah yang dapat diolah menjadi media BSF. Diketahui persentase rata-rata sampah yang dapat digunakan sebagai media BSF adalah 60 % dari total timbunan sampah organik. Kemudian nilai persentase inilah yang menjadi acuan dalam desain komposting BSF. Sedangkan 40% sampah organik lainnya akan masuk kedalam proses komposting bata berongga.

Sampah organik yang masuk kriteria sebagai media BSF menghasilkan residu yang tidak dapat dicerna oleh larva. Sisa residu tidak tercerna ini selanjutnya dicacah kembali dan kemudian masuk ke proses komposting bata berongga. Berdasarkan pilot test budidaya yang telah dilakukan, rata-rata jumlah residu media BSF yang tidak tercerna sebesar 13,37 % dari total media yang digunakan (Tabel 4.2). Pengolahan sampah organik menggunakan bata berongga juga menghasilkan residu saat memasuki proses pencacahan dan penyaringan. Residu tersebut berasal dari sampah yang tidak tercacah. Hasil dari proses penyaringan diketahui bahwa rata-rata jumlah sampah yang tidak termanfaatkan sebesar 28% (Tabel 4.3).

Tabel 4.2 Pilot Test Budidaya

Bulan	Jumlah Sampah Masuk (Kg)	Hasil Larva (Kg)	Produk Sampingan Kasgot (Kg)	Media Tidak Tercerna (Kg)	Persentase Media Tidak Tercerna
Agu-21	157,5	59	75	23,5	15%
Sep-21	180	68	88	24	13%
Okt-21	202	76	102	24	12%
Rata-rata				23,83	13,37%

Tabel 4.3 Observasi Proses Pemilahan dan Pencacahan Komposting Bata Berongga

Pengukuran	Tanggal	Jumlah Sampah Organik (Kg)	Hasil Pencacahan (Kg)	Sampah Tidak Tercacah (Kg)	Sampah Tidak Termanfaatkan (%)
1	28-Jul-21	45	32	13	29%
2	10-Agu-21	34	25	9	26%
Rata-rata				11	28%

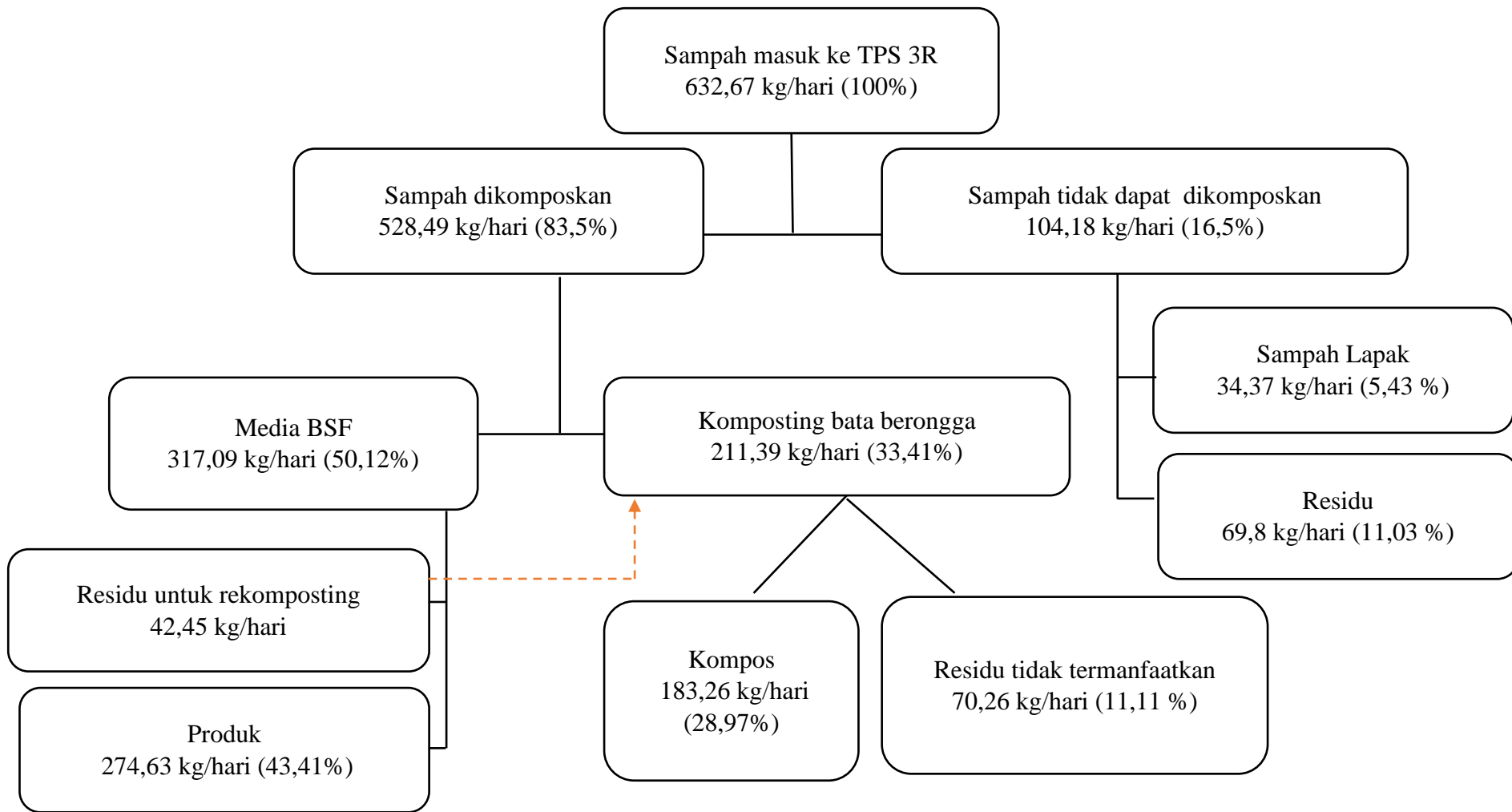
Berdasarkan seluruh proses pengolahan sampah yang masuk ke TPS 3R dilakukan analisis besaran potensi daur ulang sampah yang terkumpul melalui analisis mass balance sebagai berikut.

Perhitungan untuk jenis sampah dikomposkan :

Berat sampah masuk	=	632,67	kg/hari
Persentase sampah organik	=	% sampah makanan + % sampah kebun	
	=	56,87% + 26,67%	
	=	84%	
Berat sampah organik	=	% sampah organik x berat sampah masuk	
	=	84% x 632,67 kg/hari	
	=	528,49	kg/hari
Berat sampah untuk media BSF	=	% sampah untuk media x berat sampah organik	
	=	59 % x 528,49 kg/hari	
	=	317,1	kg/hari
Sampah tidak menjadi media BSF	=	% sampah tidak dimanfaatkan menjadi media x berat sampah organik	
	=	41% x 528,49 kg/hari	
	=	211,4	kg/hari
% Residu akhir media pengolahan BSF	=	13,39%	
Berat residu akhir media pengolahan BSF	=	% residu akhir media x berat sampah media	
	=	13,39% x 317,09 kg/hari	
	=	42,46	kg/hari
Berat produk	=	Berat media – berat residu	
	=	317,1 kg/hari - 42,46 kg/hari	
	=	274,63	kg/hari
Residu dari media BSF akan dicacah ulang menggunakan mesin untuk rekomposting dengan metode bata berongga, sehingga berat me			
Berat sampah komposting bata berongga	=	Residu media BSF + Sampah organik yang tidak bisa jadi media BSF	
	=	42,46 kg/hari + 211,4 kg/hari	
	=	253,85 kg/hari	
% residu pencacahan bahan komposting bata berongga	=	28%	
Berat residu pencacahan bahan komposting bata berongga	=	% residu pencacahan bahan media x berat sampah dicacah untuk komposting bata berongga	
	=	28% x 253,85 kg/hari	
	=	70,2	kg/hari
Berat produk kompos	=	253,85,09 kg/hari - 70,2 kg/hari	
	=	183,58	kg/hari

Perhitungan Untuk Jenis Sampah Tidak Dikomposkan :

Berat sampah masuk	=	632,667	kg/hari
Persentase sampah lapak	=	%botol plastik + %gelas plastik + %plastik keras (emberan) + %kardus + %duplex + %botol kaca + %logam campuran	
	=	0,4% + 0,23% + 3,17% + 0,8% + 0,2% + 0,33% + 0,3%	
	=	5,43%	
Berat sampah lapak	=	5,43% x 632,667	kg/hari
	=	34,37	kg/hari
Berat residu	=	632,667 kg/hari - 528,49 kg/hari - 34,37 kg/hari	
	=	69,8	kg/hari



Gambar 4.6 Mass Balance Pengolahan Sampah

Maka menggunakan Persamaan 3.6 nilai *recovery factor* sampah Organik (sampah makanan & sampah kebun) diketahui sebesar 89%. Berdasarkan Tchobanoglous (1993), nilai *recovery factor* untuk sampah sisa makanan dan sampah kebun berkisar antara 60-95%. Maka ditetapkan nilai *recovery factor* sampah makanan & kebun sebesar 89% dapat digunakan.

4.6 Area Pelayanan

Berdasarkan data pelanggan, TPS 3R Rahayu melayani sebagian wilayah Kecamatan Karanganyai yaitu pada Desa Karanganyai dan Desa Kedungsigit dengan jumlah total masyarakat yang dilayani mencapai 250 KK. Jika dibandingkan dengan data jumlah penduduk, angka persen pelayanan pada TPS 3R Rahayu mencapai 9% pada Desa Karanganyai dan 2% pada Desa Kedungsigit. Masyarakat lain yang tidak menjadi pelanggan TPS 3R memilih membuang sendiri sampahnya langsung pada TPS setempat atau menimbun dan membakar sampahnya. Karena sampah yang dibuang didominasi oleh sampah organik, masyarakat cenderung tidak tertarik membayar petugas sampah untuk mengangkut sampahnya dan memilih menimbun sendiri sampahnya. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi adalah ketersediaan lahan yang dimiliki sebagian masyarakat pada Desa Karanganyai dan Desa Kedungsigit masih cukup luas untuk menimbun atau membakar sampah. Akibatnya penambahan pelanggan pada daerah layanan TPS 3R cenderung sedikit dan hanya didominasi oleh masyarakat yang tinggal disekitar perumahan yang notabene memiliki lahan sempit untuk menimbun atau membakar sampah. Namun berdasarkan wawancara dengan pengelola TPS 3R jika dilihat dari tren peningkatan pelanggan, ditargetkan pada tahun 2032 terjadi penambahan jumlah pelanggan sebanyak 40 % dari persentase cakupan penduduk dengan proyeksi penambahan pelanggan sebanyak 1 KK perbulan.

4.7 Proyeksi Penduduk Terlayani

Proyeksi penduduk terlayani dilakukan dengan memproyeksikan pertumbuhan penduduk sesuai umur perencanaan hingga tahun 2032. Data penduduk yang digunakan selama 8 tahun terakhir yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik. Data tersebut kemudian diproyeksikan menggunakan metode aritmatika, metode geometrik, dan metode *least square*. Metode proyeksi yang digunakan ditentukan berdasarkan nilai korelasi (R^2) yang mendekati angka 1 dan memiliki standar deviasi terkecil. Berdasarkan perhitungan pada **Lampiran 3** diketahui bahwa metode proyeksi penduduk terpilih untuk Desa Karanganyai dan Desa Kedungsigit adalah metode *least square*. Hasil dari proyeksi dapat dilihat pada Tabel 4.4. Pada tahun 2032 diproyeksikan pertumbuhan penduduk Desa Karanganyai mengalami penambahan menjadi 7149 jiwa dan penduduk Desa Kedungsigit mengalami penambahan menjadi 3661 jiwa.

Tabel 4.4 Proyeksi Penduduk Daerah Layanan

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	
	Desa Karanganyai	Desa Kedungsigit
2022	6626	4094
2032	6673	4051

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	
	Desa Karangan	Desa Kedungsigit
2024	6721	4007
2025	6816	3964
2026	6864	3921
2027	6911	3877
2028	6959	3834
2029	7006	3791
2030	7054	3747
2031	7101	3704
2032	7149	3661

4.8 Proyeksi Timbulan Sampah

Proyeksi timbulan sampah digunakan untuk memperkirakan besarnya timbulan sampah yang akan dikelola dimasa depan. Jumlah timbulan ini dipengaruhi oleh beberapa aspek antara lain pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan sektor industri, pertumbuhan sektor pertanian, dan kependudukan. Data tersebut tercantum dalam Kabupaten Trenggalek Dalam Angka (2020) yang disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Laju Pertumbuhan Domestik Bruto dan Penduduk Kabupaten Trenggalek Tahun 2019

Parameter	Nilai
Pertumbuhan Sektor Pertanian (Cp)	0,48%
Pertumbuhan Sektor Industri (Ci)	9,29%
Pertumbuhan Sektor Ekonomi (Cqn)	5,08%
Pertumbuhan Penduduk (p)	0,81%

(Sumber : Kabupaten Trenggalek Dalam Angka, 2020)

Laju pertumbuhan daerah layanan (Cs) kemudian diketahui melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$Cs = \frac{1 + \frac{Ci + Cp + Cqn}{3}}{1 + p}$$

$$Cs = \frac{1 + \frac{9,29\% + 0,48\% + 5,08\%}{3}}{1 + 0,81\%}$$

$$Cs = 1,04\%$$

Diketahui laju pertumbuhan daerah pelayanan (Cs) sebesar 1,04%. Nilai tersebut merupakan hasil perhitungan dari pertumbuhan domestik bruto Kabupaten Trenggalek tahun 2019 karena mencerminkan pertumbuhan daerah pelayanan sebelum adanya pandemi Covid-19. Selanjutnya nilai Cs digunakan untuk menentukan laju timbulan sampah (Qn)

melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$Q_n = Q_t(1 + C_s)^n$$

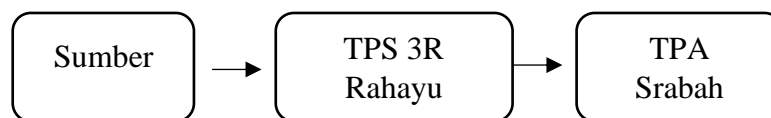
$$Q_n = 0,506 (1 + 1,04\%)^{10}$$

$$Q_n = 0,56 \text{ kg/orang/hari}$$

Diketahui estimasi timbulan sampah pada tahun 2032 adalah 0,56 kg/orang/hari. Nilai ini yang kemudian menjadi dasar dalam penentuan *mass balance* pada setiap skenario yang telah direncanakan.

4.9 Skenario Desain 1

Skenario 1 merupakan kondisi dimana jumlah pelanggan dan kapasitas pengolahan sampah pada TPS 3R tidak mengalami perubahan dari kondisi eksisting saat ini. Dalam skenario ini pemerintah tidak melakukan pembaruan dalam infrastruktur serta fasilitas persampahan dan tidak ada perubahan kebijakan terhadap pengelolaan sampah di Kabupaten Trenggalek. Selain itu partisipasi masyarakat dalam pemilahan dan reduksi sampah disumber diasumsikan 0%. Karena tidak ada upaya reduksi, maka seluruh sampah dari sumber akan langsung disalurkan ke TPS 3R Rahayu (Gambar 4.6). Menggunakan skenario 1, fasilitas yang ada di TPS 3R Rahayu tidak ada penambahan. Hanya terdapat modifikasi bangunan sesuai lahan eksisting untuk optimalisasi proses komposting.



Gambar 4.7 Alur Sampah Skenario 1

Jumlah pelanggan yang dilayani pada skenario 1 tetap konstan yaitu 250 KK dengan jumlah rata-rata sampah yang masuk sebanyak 632 kg/hari. Berdasarkan data kependudukan, jumlah masyarakat yang dilayani ini hanya mencapai 12 % dari total penduduk Desa Karang dan Desa Kedungsigit. Sedangkan masyarakat lainnya lebih memilih membakar sampah atau membuang sendiri sampahnya pada TPS sekitar. Berdasarkan jumlah pelanggan yang konstan tersebut kemudian dapat diproyeksikan timbulan sampah berdasarkan proyeksi jumlah pelanggan, data densitas sampah, dan data laju timbulan sampah. Proyeksi timbulan sampah dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 1

Tahun	Jumlah Penduduk Dilayani	Laju Timbulan Sampah (kg/orang/hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2022	1200	0,506	607,360	2,961
2023	1200	0,511	613,677	2,992
2024	1200	0,517	620,059	3,023

Tahun	Jumlah Penduduk Dilayani	Laju Timbulan Sampah (kg/orang/hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2025	1200	0,522	626,507	3,054
2026	1200	0,528	633,023	3,086
2027	1200	0,533	639,607	3,118
2028	1200	0,539	646,258	3,151
2029	1200	0,544	652,980	3,184
2030	1200	0,550	659,770	3,217
2031	1200	0,556	666,632	3,250
2032	1200	0,561	673,565	3,284

Tabel diatas menunjukkan bahwa dengan jumlah pelanggan yang tetap, terdapat penambahan jumlah timbulan sampah yang dipengaruhi meningkatnya laju timbulan sampah dari tahun ke tahun. Meskipun demikian, peningkatan volume sampah yang diolah tidak signifikan. Hanya terdapat penambahan volume sebesar 0,32 m³/hari pada akhir tahun rencana. Timbulan ini kemudian dihitung melalui tahap *preliminary design* untuk menentukan kebutuhan lahan sebagai berikut.

Jumlah Sampah Masuk = 673,565 kg/hari
 Jumlah Sampah Organik = 562,6514 kg/hari

***Preliminary design* BSF**

Jumlah Sampah Untuk Media BSF = 337,5908 kg/hari
 Volume Sampah Media BSF = jumlah sampah : densitas
 = 337,59 kg/hari : 205,12 m³/hari
 = 0,938 m³/hari
 Lama Pengolahan BSF = 7 hari
 Volume Sampah BSF yang Dikelola = lama pengolahan x volume sampah per hari
 = 7 hari x 0,938 m³/hari
 = 6,564 m³
 Volume Kontainer Plastik = 30 L
 Kebutuhan Kontainer Plastik = vol sampah dikelola : vol kontainer plastik
 = 6,564 m³ : 30 L
 = 219 kontainer
 Jumlah Kontainer Dalam Rak = 20 kontainer/rak
 Kebutuhan Rak = jumlah kontainer dibutuhkan / jumlah kontainer dalam rak
 = 219 : 20
 = 11 Rak
 Luas Lahan Untuk 1 Rak = 1,1 m²
 Kebutuhan Lahan Total Untuk Rak = 12,03 m²

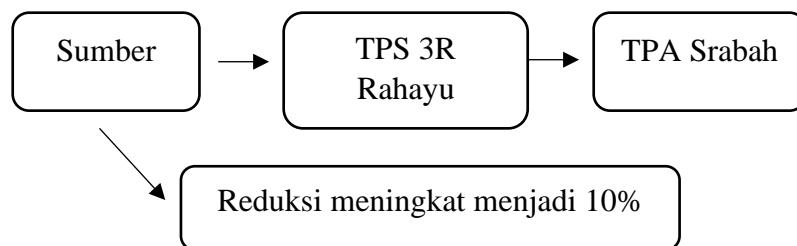
Preliminary design Bata Berongga

Jumlah Sampah Untuk Komposting Bata Berongga	=	225,0605	kg/hari
Lama Pengolahan Bata Berongga	=	30	hari
Berat Sampah Dikelola	=	jumlah sampah perhari x lama pengolahan	
	=	225,0605 kg/hari x 30 hari	
	=	6751,816	kg
Volume Sampah yang Dikelola	=	berat sampah / densitas sampah organik	
	=	6751,816 kg : 360 kg/m ³	
	=	18,75505	m ³
Volume Struktur Bata Berongga	=	4,375	m ³
Kebutuhan Bata Berongga	=	volume sampah / volume struktur bata berongga	
	=	18,75505 m ³ : 4,375 m ³	
	=	4	m
Luas Lahan Untuk 1 Bata Berongga	=	4,375	m ²
Luas Lahan Total	=	luas lahan 1 struktur x jumlah struktur	
	=	4,375 m ² x 4	
	=	18,75	m ²

Berdasarkan *preliminary design* diatas, kebutuhan lahan hanya sebesar 31 m². Luas lahan ini masih tersedia, karena ketersediaan lahan untuk komposting berdasarkan data *As Built Drawing* sebesar 100 m², sehingga tidak perlu dilakukan perluasan lahan.

4.10 Skenario Desain 2

Skenario 2 merupakan kondisi dimana kapasitas pengelolaan sampah dan jumlah pelanggan tidak mengalami peningkatan. Selain itu pada skenario ini diharapkan pada tahun akhir operasi masyarakat terjadi reduksi sumber secara bertahap dari 0% menjadi 10% dengan rasio peningkatan sebesar 1% setiap tahunnya. Peningkatan reduksi sampah diasumsikan berasal dari munculnya kesadaran masyarakat untuk melakukan pemilahan. Melalui upaya reduksi tersebut, jumlah timbulan sampah tidak sepenuhnya masuk ke TPS 3R. Alur perpindahan sampah dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.8 Alur Sampah Skenario 2

Jumlah pelanggan yang dilayani pada skenario 2 tetap konstan dengan jumlah rata-rata sampah yang masuk sebanyak 632 kg/hari. Berat sampah yang masuk diproyeksikan mengalami reduksi 1% pertahun, sehingga besar timbulan sampah dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 2

Tahun	Jumlah Penduduk Dilayani	Laju Timbulan Sampah Setelah Reduksi (kg/orang/hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2022	1200	0,506	607,4	2,961
2023	1200	0,506	607,5	2,962
2024	1200	0,506	607,7	2,963
2025	1200	0,506	607,7	2,963
2026	1200	0,506	607,7	2,963
2027	1200	0,506	607,6	2,962
2028	1200	0,506	607,5	2,962
2029	1200	0,506	607,3	2,961
2030	1200	0,506	606,9	2,959
2031	1200	0,506	606,6	2,958
2032	1200	0,505	606,2	2,955

Tabel diatas menunjukkan terdapat penurunan jumlah timbulan sampah yang dipengaruhi meningkatnya reduksi laju timbulan sampah dari tahun ke tahun. Meskipun demikian, penurunan volume sampah tidak signifikan, hanya terdapat pengurangan volume sebesar 0,006 m³/hari. Timbulan ini kemudian dihitung melalui tahap *preliminary design* untuk menentukan kebutuhan lahan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sampah Masuk} &= 606,209 && \text{kg/hari} \\ \text{Jumlah Sampah Organik} &= 506,3862 && \text{kg/hari} \end{aligned}$$

***Preliminary design* BSF**

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sampah Untuk Media BSF} &= 303,8317 && \text{kg/hari} \\ \text{Volume Sampah Media BSF} &= \text{jumlah sampah / densitas} \\ &= 303,8317 \text{ kg/hari} : 360 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,843977 && \text{m}^3/\text{hari} \\ \text{Lama Pengolahan BSF} &= 7 && \text{hari} \\ \text{Volume Sampah BSF yang Dikelola} &= \text{lama pengolahan x volume sampah per hari} \\ &= 7 \text{ hari} \times 0,843977 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 5,907839 && \text{m}^3 \\ \text{Volume Kontainer Plastik} &= 30 && \text{L} \\ \text{Kebutuhan Kontainer Plastik} &= \text{volume sampah dikelola / volume kontainer plastik} \\ &= 5,907839 \text{ m}^3 : 30 \text{ L} \\ &= 197 && \text{Kontainer} \\ \text{Jumlah Kontainer Dalam Rak} &= 20 && \text{Kontainer/rak} \\ \text{Kebutuhan Rak} &= \text{jumlah kontainer dibutuhkan / jumlah kontainer dalam rak} \\ &= 197 : 20 \\ &= 10 && \text{Rak} \\ \text{Luas Lahan Untuk 1 Rak} &= 1,1 && \text{m}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan Lahan Total Untuk Rak	=	10,83104	m ²
<i>Preliminary design Bata Berongga</i>			
Jumlah Sampah Untuk Komposting Bata Berongga	=	202,5545	kg/hari
Lama Pengolahan Bata Berongga	=	30	hari
Berat Sampah Dikelola	=	jumlah sampah perhari x lama pengolahan	
	=	202,5545 kg/hari x 30 hari	
	=	6076,635	kg
Volume Sampah yang Dikelola	=	berat sampah / densitas sampah organik	
	=	6076,635 kg : 360 kg/m ³	
	=	16,87954	m ³
Volume Struktur Bata Berongga	=	4,375	m ³
Kebutuhan Bata Berongga	=	volume sampah / volume struktur bata berongga	
	=	16,87954 m ³ : 4,375 m ³	
	=	4	
Luas Lahan Untuk 1 Bata Berongga	=	4,375	m ²
Luas Lahan Total	=	luas lahan 1 struktur x jumlah struktur	
	=	4,375 m ² x 4	
	=	16,87954	m ²

Berdasarkan *preliminary design* diatas, kebutuhan lahan hanya sebesar 27,6 m². Luas lahan ini masih tersedia, karena ketersediaan lahan untuk komposting berdasarkan data *As Built Drawing* sebesar 100 m², sehingga tidak perlu dilakukan perluasan lahan.

4.11 Skenario Desain 3

Skenario 3 merupakan kondisi dimana target penambahan pelanggan yang diharapkan pengelola TPS 3R tercapai. Pengelola mengharapkan terjadi peningkatan jumlah pelanggan 40% dari persentase cakupan penduduk sebelumnya. Hal ini berarti persentase masyarakat terlayani ditargetkan mencapai 16% dari total penduduk Desa Karang dan Desa Kedungsigit. Untuk mencapai target tersebut, diproyeksikan terjadi penambahan pelanggan sebanyak 1 KK perbulan, sehingga pada akhir tahun rencana jumlah pelanggan mencapai 360 KK.

Pada skenario ini diasumsikan upaya reduksi yang dilakukan masyarakat 0%. Karena tidak ada upaya reduksi, maka seluruh sampah dari sumber akan langsung disalurkan ke TPS 3R Rahayu (Gambar 4.6). Jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPS 3R di tunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 3

Tahun	Jumlah Penduduk Dilayani (orang)	Laju Timbulan Sampah Setelah Reduksi (kg/orang/hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2022	1200	0,506	607,36	2,961
2023	1260	0,506	637,9168	3,110
2024	1320	0,506	668,4234	3,259
2025	1380	0,506	698,869	3,407
2026	1440	0,506	729,2426	3,555
2027	1500	0,506	759,5327	3,703
2028	1560	0,506	789,7278	3,850
2029	1620	0,506	819,8158	3,997
2030	1680	0,506	849,7844	4,143
2031	1740	0,506	879,6211	4,288
2032	1800	0,505	909,3129	4,433

Tabel diatas menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah sampah yang masuk ke TPS 3R. Jumlah sampah pada akhir tahun rencana nilainya hampir dua kali lipat jumlah timbulan sampah pada tahun 2022 dengan total selisih pertambahan timbulan sebesar 1,47 m³/hari. Timbulan ini kemudian dihitung melalui tahap *preliminary design* untuk menentukan kebutuhan lahan sebagai berikut.

Jumlah Sampah Masuk = 909,313 kg/hari
 Jumlah Sampah Organik = 759,5793 kg/hari

***Preliminary design* BSF**

Jumlah Sampah Untuk Media BSF = 455,7476 kg/hari
 Volume Sampah Media BSF = jumlah sampah / densitas
 = 455,7476 kg/hari : 360 kg/m³
 = 1,265966 m³/hari
 Lama Pengolahan BSF = 7 hari
 Volume Sampah BSF yang Dikelola = lama pengolahan x volume sampah per hari
 = 7 hari x 1,265966 m³/hari
 = 8,861759 m³
 Volume Kontainer Plastik = 30 L
 Kebutuhan Kontainer Plastik = volume sampah dikelola / volume Kontainer plastik
 = 8,861759 m³ / 30 L
 = 295 Kontainer
 Jumlah Kontainer Dalam Rak = 20 Kontainer/rak
 Kebutuhan Rak = jumlah Kontainer dibutuhkan / jumlah Kontainer dalam rak
 = 295 : 20
 = 15 rak

Luas Lahan Untuk 1 Rak	=	1,1	m ²
Kebutuhan Lahan Total Untuk Rak	=	16,24656	m ²
<i>Preliminary design Bata Berongga</i>			
Jumlah Sampah Untuk Komposting Bata Berongga	=	303,8317	kg/hari
Lama Pengolahan Bata Berongga	=	30	hari
Berat Sampah Dikelola	=	jumlah sampah perhari x lama pengolahan	
	=	303,8317 kg/hari : 30 hari	
	=	9114,952	kg
Volume Sampah yang Dikelola	=	berat sampah / densitas sampah organik	
	=	9114,952 kg : 360 kg/m ³	
	=	25,31931	m ³
Volume Struktur Bata Berongga	=	4,375	m ³
Kebutuhan Bata Berongga	=	volume sampah / volume struktur bata berongga	
	=	25,31931 m ³ : 4,375 m ³	
	=	6	
Luas Lahan Untuk 1 Bata Berongga	=	4,375	m ²
Luas Lahan Total	=	luas lahan 1 struktur x jumlah struktur	
	=	4,375 m ² x 4	
	=	25,31931	m ²

Berdasarkan *preliminary design* diatas, kebutuhan lahan hanya sebesar 41,55 m². Luas lahan ini masih tersedia, karena ketersediaan lahan untuk komposting berdasarkan data *As Built Drawing* sebesar 100 m², sehingga tidak perlu dilakukan perluasan lahan. Meskipun demikian tetap akan dilakukan modifikasi lahan untuk menyesuaikan letak unit pengolahan dan jarak aman untuk operasional.

4.12 Skenario Desain Terpilih

Skenario yang dianggap paling realistis akan digunakan sebagai dasar perencanaan unit pengolahan di TPS 3R. Pertimbangan skenario dilakukan dengan mengobservasi budaya masyarakat sekitar dan tren kenaikan pelanggan. Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa skenario yang dianggap mungkin terjadi adalah skenario 3. Karena hasil observasi menunjukkan selama ini bahwa budaya masyarakat sekitar belum melakukan upaya reduksi maupun pemilahan sampah. Perilaku ini disebabkan karena kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pemilahan serta tidak adanya pewadahan dan alat angkut untuk sampah terpilah. Meskipun demikian Dinas PKPLH Kabupaten Trenggalek telah mengupayakan peningkatan pelayanan dengan menambah fasilitas persampahan dan meningkatkan upaya edukasi pada masyarakat akan pentingnya mengurangi jumlah sampah, sehingga diharapkan akan muncul kesadaran untuk mereduksi jumlah sampah secara bertahap hingga mencapai 10% pada akhir tahun rencana.

Jika dilihat dari sisi pelanggan TPS 3R, fluktuasi jumlah pelanggan selalu berubah dari bulan ke bulan, sehingga jika dirata-rata target pertumbuhan pelanggan 1 KK/bulan masih realistis dan dapat mewujudkan harapan jumlah pelanggan TPS 3R pada akhir tahun

rencana. Selain itu berdasarkan hasil *preliminary design*, jumlah lahan untuk komposting masih dapat menampung sampah organik, sehingga timbunan sampah yang dihasilkan pada skenario 3 di akhir tahun perencanaan dapat digunakan untuk dasar rencana redesain unit komposting TPS 3R.

4.13 Rencana Pengembangan Proses Komposting

4.13.1 Area *Tipping floor* dan Pemilahan

Area ini berfungsi sebagai tempat penerimaan sampah dari alat angkut. Fungsi utama dari area ini adalah sebagai fasilitas sebelum memilah sampah, karena sampah tidak semuanya dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar kompos. Kapasitas dari area *tipping floor* mempertimbangkan jumlah sampah yang masuk. Perhitungan kebutuhan luas *tipping floor* dilakukan dengan perumusan matematis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume sampah masuk} &= \frac{\text{Berat sampah}}{\text{Densitas sampah}} \\ &= \frac{632,67 \text{ kg}}{205,11 \text{ kg/m}^3} \\ &= 3,08 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

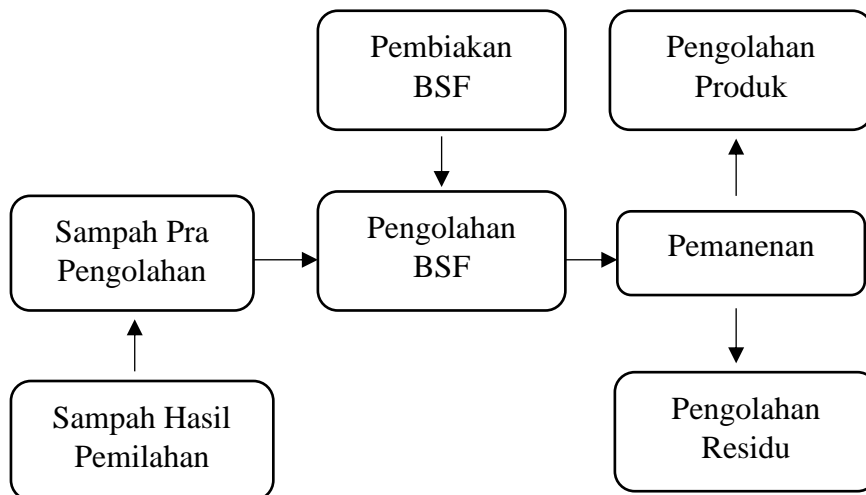
$$\begin{aligned} \text{Luas minimal} &= \frac{\text{Volume sampah}}{\text{Tinggi sampah maksimum}} \\ &= \frac{3,08 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} \\ &= 3,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total } \textit{tipping floor} &= (100\% + \text{free board } (\%)) \times \text{luas minimal} \\ &= (100\% + 25\%) \times 3,08 \text{ m}^2 \\ &= 3,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa kebutuhan untuk area *tipping floor* seluas 3,8 m². Luas lahan eksisting yang direncanakan pada TPS 3R adalah 25 m², sehingga luas sisa lahan dapat digunakan untuk lahan pemilahan. Maka luas lahan pemilahan direncanakan adalah 21,2 m².

4.13.2 Komposting BSF

Komposting menggunakan BSF adalah fasilitas pengolahan sampah organik menggunakan larva. Prinsip pengolahan ini memanfaatkan sifat larva dalam mengkonsumsi sampah makanan sehingga volume sampah bisa direduksi. Komposting BSF memiliki kelebihan dalam efektifitas pengolahan. Efektifitas waktu proses dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah larva yang digunakan. Terdapat empat unit utama dalam proses komposting BSF antara lain unit perkembangbiakan larva, unit pra pengolahan sampah, unit pengolahan sampah, unit pemanenan produk, dan unit pasca pengolahan (Dortmans, 2017). Alur proses pengolahan komposting ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.9 Alur Proses Pengolahan Sampah BSF

Pada alur proses diatas diketahui bahwa dari pemanenan dihasilkan produk berupa larva dan pupuk kasgot serta residu hasil olahan. Larva direncanakan akan dikembangbiakan kembali menjadi lalat lalat dewasa hingga menghasilkan telur, sedangkan residu sampah organik yang tidak terolah akan diproses kembali menuju proses komposting bata berongga.

a. Unit Pra Pengolahan Sampah

Lahan untuk unit pra pengolahan sampah berguna untuk mengontrol sampah yang masuk agar sesuai dengan kriteria media yang dibutuhkan. Pada tahap pra pengolahan sampah diseleksi agar tidak mengandung bahan beracun dan disesuaikan ukurannya supaya dapat dicerna oleh larva. Ukuran sampah 1-2 cm dapat membantu mulut larva mempercepat penghancuran gumpalan sampah dan meningkatkan luas permukaan sampah yang merupakan tempat pertumbuhan bakteri yang berasosiasi dengan larva BSF. Sampah dicacah menggunakan mesin *chopper* untuk memperkecil ukuran partikel menjadi 1-2 cm agar mudah dicerna oleh larva. Pada proses ini juga dilakukan penyesuaian kadar air dalam media sampah dengan rentang yang diijinkan adalah 70-80% (Dortmans, 2017). Pada lahan pencacahan terdapat mesin pencacah K100 yang memiliki ukuran 100 cm x 70 cm x 95 cm (Gambar 4.13). Lahan pencacahan direncanakan memiliki ukuran 3 x 2,5 m. Spesifikasi alat pencacah dapat dilihat pada Tabel 4.9.



Gambar 4.10 Mesin Pencacah K100

Tabel 4.9 Spesifikasi Mesin Pencacah

Spesifikasi	Nilai
Kapasitas	1000 Kg / jam
Dimensi mesin	1000 mm x 700 mm x 950 mm
Bahan Material	Pelat Besi Plattezer
Bahan Material Rangka	Besi Siku 40/40
Tebal Bahan Material Tabung	Plat Eser 2 mm & 3mm
Diameter tabung	30cm
Penggerak	Motor
Daya (Power)	5,5 PK
Sumber energi	Solar

Hasil cacahan sampah organik akan memiliki densitas yang lebih besar dari sebelumnya. Densitas sampah organik yang telah dicacah akan mengalami peningkatan rata-rata 20,44% (Jones *et al.*, 2000). Peningkatan ini akan mengurangi volume sampah organik dengan nilai berat yang sama, sehingga pencacahan Waktu yang dibutuhkan untuk proses pencacahan dihitung menggunakan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$\text{waktu pencacahan} = \frac{\text{massa sampah untuk media}}{\text{kapasitas pencacahan}} = \frac{455,75 \text{ kg/hari}}{1000 \text{ kg/jam}} = 27,3 \text{ menit}$$

Setelah proses pencacahan, kemudian dihitung kembali nilai densitas akhir menggunakan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{akhir}} &= \rho_{\text{awal}} \times \frac{100 + \% \text{ peningkatan densitas}}{\text{kapasitas pencacahan}} \\ &= 360 \text{ kg/m}^3 \times \frac{100 + 20,44}{100} \\ &= 433,58 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil densitas sampah yang telah tercacah, maka didapatkan volume sampah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume sampah} &= \frac{\text{massa sampah media}}{\text{densitas}} \\ &= \frac{455,75 \text{ kg/hari}}{433,58 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1,05 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

b. Unit Pengolahan Sampah BSF

Pengolahan sampah dilakukan dengan mencampur larva BSF bersama media yang telah diolah sebelumnya. Larva akan mereduksi volume sampah dan menghasilkan residu berupa pupuk kasgot dan media yang tidak tercerna. Berdasarkan perhitungan proyeksi, timbulan sampah pada akhir tahun rencana sebesar 455,75 kg/hari. Untuk mengolah timbulan ini jumlah perbandingan kebutuhan larva dihitung dengan perbandingan sebanyak 10.000 larva dalam satu kontainer berukuran 0,24 m³ dapat mengolah 15 kg sampah organik

selama 12 hari dengan pemberian input sampah masing masing 5 kg/hari pada hari ke 1, 5, dan 8 (Dortmans, 2017). Namun kontainer yang digunakan dalam perencanaan berukuran 0,27 m³ dengan p x l x t sebesar 64 x 43,5 x 22 cm untuk menambah safety factor (Gambar 4.14). Maka kebutuhan kontainer dan larva untuk pengolahan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kontainer} &= \frac{\text{jumlah sampah}}{\text{sampah per kontainer}} \\ &= \frac{455,75 \text{ kg/hari}}{5 \text{ kg/wadah}} \\ &= 92 \text{ kontainer/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah larva} = 10.000 \text{ larva / kontainer}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan larva} &= 10.000 \frac{\text{larva}}{\text{kontainer}} \times 92 \frac{\text{kontainer}}{\text{hari}} \\ &= 920.000 \text{ larva/hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui jumlah kontainer yang dibutuhkan sebanyak 92 kontainer per hari dan membutuhkan 920.000 larva/hari. Proses *input* sampah kedalam kontainer dilakukan pada hari 1, 5, dan 8 dan kurun waktu 12 hari. Hal ini dimaksudkan agar pengolahan berjalan optimal. Input sampah ke dalam kontainer dibuat jadwal berdasarkan batch pengolahan untuk mempermudah petugas (Tabel 4.10).

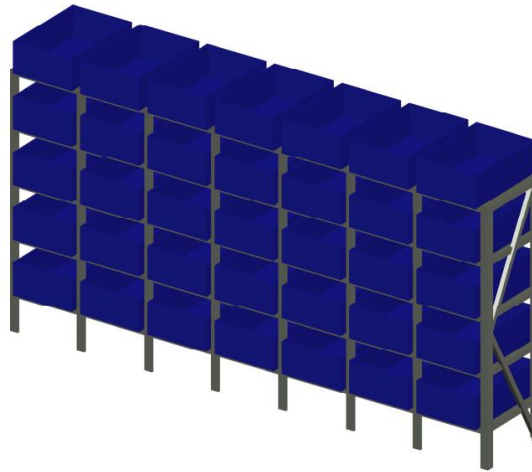
Tabel 4.10 Jadwal Input Sampah

Hari	Tahap 1		Tahap 2		Tahap 3	
	Jumlah Kontainer	Batch	Jumlah Kontainer	Batch	Jumlah Kontainer	Batch
1	31	a	31	i	31	f
2	31	b	31	j	31	g
3	31	c	31	k	31	h
4	31	d	31	l	31	i
5	31	e	31	a	31	j
6	31	f	31	b	31	k
7	31	g	31	c	31	l
8	31	h	31	d	31	a
9	31	i	31	e	31	b
10	31	j	31	f	31	c
11	31	k	31	g	31	d
12	31	l	31	h	31	e

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa jumlah kontainer yang akan menampung volume sampah ada sebanyak 372 kontainer. Untuk memaksimalkan pemakaian lahan, maka direncanakan kontainer disusun dalam rak bertingkat. Setiap rak terdiri dari 5 tingkat dan masing masing tingkat dapat menampung 7 kontainer. Kebutuhan lahan untuk rak dihitung sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan rak} = \frac{\text{Jumlah kontainer}}{\text{jumlah kontainer dalam rak}} = \frac{372}{35} = 11 \text{ rak}$$

Dimensi rak yang digunakan adalah 350 x 60 x 175 cm dengan jarak antar rak sebesar 50 cm dan lebar jalan 75 cm.



Gambar 4.11 Rancangan Rak Kontainer



Gambar 4.12 Penyusunan Kontainer dan Jenis Kontainer Pengolahan Sampah

c. Unit Perkembangbiakan Larva

Unit perkembangbiakan larva merupakan serangkaian unit yang berfungsi menyediakan stok telur larva baru agar proses komposting berjalan terus menerus. Pada unit ini populasi lalat di kontrol menyesuaikan volume sampah yang akan diolah. Rangkaian unit ini terdiri dari tempat penetasan telur, tempat perkawinan lalat dewasa (*love cage*), dan tempat pupasi.

1. Tempat Penetasan Telur

Unit penetasan memiliki fungsi utama menetasakan telur hingga menjadi larva yang berumur ± 5 hari. Jumlah larva yang dibutuhkan untuk pengolahan sampah adalah 920.000 larva/hari. Untuk memenuhi jumlah larva tersebut dibutuhkan jumlah telur yang memadai dengan mempertimbangkan tingkat keberhasilan penetasan telur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dortmans (2017), tingkat keberhasilan telur larva menetas adalah 70% dan tingkat keberhasilan larva yang bisa bertahan hidup setelah menetas adalah 70%. Maka jumlah telur yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan larva dihitung sebagai berikut.

Kebutuhan larva bertahan hidup = 920.000 larva/hari

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan larva untuk menetas} &= \frac{100}{70} \times \text{kebutuhan larva bertahan hidup} \\
&= \frac{100}{70} \times 920.000 \text{ larva/hari} \\
&= 1.314.286 \text{ larva/hari} \\
\text{Kebutuhan telur untuk larva} &= \frac{100}{70} \times \text{kebutuhan telur larva menetas} \\
&= \frac{100}{70} \times 1314286 \text{ telur/hari} \\
&= 1.877.551 \text{ telur/hari}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa telur yang dibutuhkan untuk pengolahan sampah adalah 1.877.551 telur/hari. Untuk menampung penetasan seluruh telur, digunakan jenis kontainer yang sama dengan jenis kontainer untuk pengolahan komposting larva BSF. Jumlah kontainer menyesuaikan daya tampung telur. Setiap telur diketahui memiliki berat 25 µg (Dortmans, 2017). Berdasarkan pilot test yang telah dilakukan, kontainer berukuran 53 x 38 x 22,5 cm dapat menampung telur sebanyak 3 gram hingga larva berumur 5 hari. Namun pada perencanaan ini jenis kontainer yang digunakan sama dengan kontainer pengolahan sampah BSF, yaitu berukuran 64 x 43.5 x 22 cm untuk lebih mengoptimalkan pertumbuhan larva dan mempermudah penyusunan dalam rak (Gambar 4.14). Maka jumlah kontainer dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah telur} &= \frac{\text{Daya Tampung Telur } (\frac{g}{\text{kontainer}})}{\text{Massa rata rata satuan telur}} \\
&= \frac{3 \frac{g}{\text{kontainer}}}{25 \mu\text{g}} \\
&= 120000 \text{ telur/kontainer} \\
\text{Jumlah kontainer} &= \frac{\text{kebutuhan jumlah telur}}{\text{kapasitas tampung telur per kontainer}} \\
&= \frac{1877551 \text{ telur}}{120000 \frac{\text{telur}}{\text{kontainer}}} \\
&= 16 \text{ kontainer}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui jumlah kontainer yang dibutuhkan dalam satu hari adalah 16 kontainer. Karena dalam perkembangannya dibutuhkan waktu hingga larva berumur 5 hari, maka diatur waktu panen telur sebagai berikut (Tabel 4.11). Selama proses penetasan dibutuhkan dedak sebagai sumber nutrisi pertama untuk larva. Setidaknya diperlukan 1,5 kg dedak untuk masing-masing kontainer, sehingga kebutuhan dedak untuk seluruh kontainer adalah 24 kg.

Tabel 4.11 Jadwal Pemanenan Telur Pada Unit Penetasan

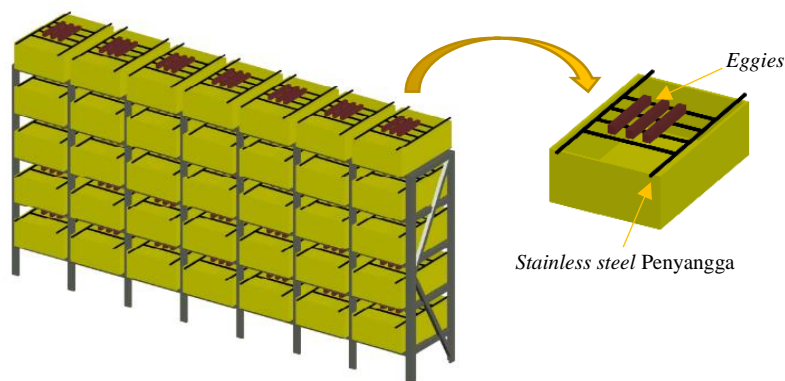
Hari	Jumlah Kontainer	Batch
1	16	I
2	16	II
3	16	III

Hari	Jumlah Kontainer	Batch
4	16	IV
5	16	V
6	16	VI
7	16	VII
8	16	VIII
9	16	IX

Berdasarkan tabel diatas maka diketahui jumlah kontainer total adalah 144 kontainer. Untuk memaksimalkan penggunaan lahan, kontainer disusun dalam rak. Setiap rak terdiri dari 5 tingkat dan masing masing tingkat dapat menampung 7 kontainer, sehingga satu rak dapat menampung 35 kontainer. Kebutuhan lahan untuk rak dihitung sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan rak} = \frac{\text{Jumlah kontainer}}{\text{jumlah kontainer dalam rak}} = \frac{144}{35} = 4 \text{ rak}$$

Dimensi rak yang digunakan adalah 350 x 55 x 30 cm dengan jarak antar rak sebesar 50 cm dan lebar jalan 100 cm.



Gambar 4.13 Rancangan Rak Tempat Penetasan



Gambar 4.14 Proses Penetasan Telur BSF
(Sumber: Dortmans, 2017)

2. Tempat Perkawinan (*love cage*)

Love cage merupakan tempat bagi lalat dewasa melakukan perkawinan hingga

bertelur. Pada fase hidup ini lalat tidak membutuhkan makan, melainkan hanya memerlukan air dan berkembangbiak hingga akhirnya mati. Dalam *love cage* diletakkan *eggies* yang berfungsi sebagai wadah lalat meletakkan telurnya, atraktan yang berfungsi untuk memancing lalat bertelur pada *eggies*, dan kain basah untuk tempat lalat dewasa minum dan menjaga kelembapan kandang.

Eggies yang akan digunakan terbuat dari bahan triplek berukuran panjang 25-30 cm dan lebar 3-5 cm. Triplek kemudian disusun bertumpuk dengan jarak antar tumpukan 2 mm sebanyak 3-4 lapisan (Gambar 4.17). Jumlah *eggies* dalam *love cage* direncanakan sebanyak 9 buah yang disusun menyilang dan bertingkat diatas atraktan.

Proses perkawinan akan berlangsung selama 1 minggu dan setiap lalat betina akan menghasilkan telur sebanyak rata-rata 350 buah (Dortmans, 2017). Telur tersebut akan dipanen 3 kali pada hari ke 3, 5, dan 7. Jika diasumsikan presentase lalat betina yang melakukan *mating* sebesar 80%, maka jumlah lalat yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan lalat betina} &= \frac{\text{kebutuhan total telur}}{\text{produksi telur per betina} \times \text{persentase mating}} \\ &= \frac{1.877.551 \text{ telur}}{350 \text{ telur} \times 70\%} \\ &= 7.664 \text{ lalat} \end{aligned}$$

Jika diasumsikan jumlah lalat betina dan lalat jantan 1:1, maka total jumlah lalat sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lalat} &= \text{jumlah lalat betina} + \text{jumlah lalat jantan} \\ &= 7664 + 7664 \\ &= 15.328 \text{ lalat} \end{aligned}$$

Ukuran *love cage* 70 x 70 x 140 cm bisa menampung 6000 - 10.000 ekor lalat (Dortmans, 2017). Maka untuk menampung 15.328 lalat maka dibutuhkan volume *love cage* setidaknya 1,6 kali lebih besar yaitu 80 x 80 x 170 cm. Bahan dari *love cage* yang digunakan berupa jaring kasa berukuran 1 mm yang dibentuk menjadi sebuah kotak kandang yang mudah untuk dipindah (Gambar 4.18). Untuk mempermudah operasional, setiap *love cage* akan ditentukan masa pemakaian dan pemanenan seperti pada Tabel 4.12. Apabila masa pemakaian *love cage* telah selesai, maka lalat yang sudah mati akan dibersihkan dan lalat baru akan disuplai dari ruang pupasi. Masing masing *love cage* direncanakan memproduksi 1.877.551 telur. Pada setiap *love cage* akan diletakkan atraktan untuk menarik lalat bertelur. Jenis atraktan dapat berupa sampah buah atau sampah makanan yang dapat difermentasikan seperti tapai. Pada setiap *love cage* akan diletakkan 500 gram atraktan, sehingga dibutuhkan 3,5 kg atraktan untuk memenuhi kebutuhan 7 *love cage*.

Tabel 4.12 Jadwal Panen Telur pada *Love Cage*

Hari	Pemasangan Lalat <i>Love cage</i>	<i>Love cage</i>		
		Panen Tahap 1	Panen Tahap 2	Panen Tahap 3
1	I	VI	IV	II
2	II	VII	V	III
3	III	I	VI	IV

Hari	Pemasangan Lalat <i>Love cage</i>	<i>Love cage</i>		
		Panen Tahap 1	Panen Tahap 2	Panen Tahap 3
4	IV	II	VII	V
5	V	III	I	VI
6	VI	IV	II	VII
7	VII	V	III	I



Gambar 4.15 Contoh Penempatan *Eggies*



Gambar 4.16 Contoh Pemasangan *Love cage*

3. Tempat Pupasi

Ruang pupasi adalah tempat larva sebelum menjadi lalat. Tahap pupasi merupakan kondisi dimana larva berhenti beraktifitas dan menjadi kaku. Tempat pupasi harus memiliki kondisi lingkungan yang tidak mengalami banyak perubahan, hangat, kering, dan gelap. Selama proses pupasi, tidak semua pupa dapat berubah menjadi lalat. Hanya 80% dari keseluruhan pupa yang bisa berkembang menjadi lalat dewasa dan fase ini berlangsung selama 21 hari (Dortmans, 2017). Untuk mengatasi perbedaan waktu *mating* lalat dan suplai lalat baru untuk *love cage*, maka digunakan jadwal pemindahan ruang pupasi. Direncanakan terdapat 3 ruang pupasi untuk masing masing *love cage* dengan jadwal sebagai berikut.

Tabel 4.13 Jadwal Pemindahan Ruang Pupasi

Hari	<i>Love cage</i>	Penggunaan Ruang Pupasi					
		Minggu 1		Minggu 2		Minggu 3	
		Pemasangan	Pemindahan	Pemasangan	Pemindahan	Pemasangan	Pemindahan
1	a	a1	a2	a2	a3	a3	a1
2	b	b1	b2	b2	b3	b3	b1
3	c	c1	c2	c2	c3	c3	c1
4	d	d1	d2	d2	d3	d3	d1
5	e	e1	e2	e2	e3	e3	e1
6	f	f1	f2	f2	f3	f3	f1
7	h	h1	h2	h2	h3	h3	h1

Jenis kontainer yang digunakan sama dengan jenis kontainer untuk pengolahan BSF namun dengan ukuran yang lebih kecil, yaitu 570 x 380 x 165 mm. Berdasarkan percobaan yang dilakukan Dortmans (2017), ukuran kontainer 640 x 435 x 220 mm dapat menampung sekitar 15.000 pre pupa. Menggunakan perbandingan tersebut, maka ukuran kontainer 570 x 380 x 165 mm dapat menampung sekitar 8.752 prepupa. Jumlah kontainer yang dibutuhkan ditentukan melalui perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kontainer} &= \frac{\text{Jumlah kebutuhan lalat per love cage}}{\text{kapasitas per kontainer} \times \% \text{perubahan pupa}} \\ &= \frac{15328}{8752 \times 80\%} \\ &= 2,2 \approx 3 \text{ kontainer} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui untuk setiap *love cage* membutuhkan 3 kontainer. Kontainer ini disusun dalam rak yang berjenis sama dengan rak pertumbuhan larva dan rak penetasan telur dengan kapasitas 35 kontainer. Maka dibutuhkan 1 rak untuk menampung 21 kontainer ruang pupasi. Kemudian hanya kontainer yang memasuki masa pemindahan yang akan dimasukkan ke dalam *love cage* untuk menyuplai lalat baru. Sedangkan sisa kontainer lainnya akan tetap diletakkan dalam rak.



Gambar 4.17 Rancangan Tempat Pupasi
(Sumber: Hanata.co.id)

d. Unit Pemanenan Produk

Unit pemanenan produk dilakukan dengan mengambil larva sebelum masuk kedalam fase pupasi. Proses pengambilan larva menggunakan alat saring untuk memisahkan antara larva dan residu yang tersisa. Larva dipanen saat memasuki umur 12 hari. Pemisahan dilakukan menggunakan mesin ayakan dengan celah berukuran 3 mm. Selama proses pengayakan larva akan tetap berada diatas saringan, sedangkan sisa residu lainnya akan jatuh ke kontainer dibawahnya. Terdapat 93 kontainer yang harus diayak setiap harinya. Pada masing masing kontainer berisikan 10.000 larva dan 15 kg media sampah organik. Berdasarkan hasil *pilot test* yang telah dilakukan, persentase reduksi media sampah organik adalah sebesar 86,6%. Sehingga berat larva dan residu dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Massa residu} &= \text{Massa dalam kontainer} \times (1 - \% \text{reduksi}) \\ &= 15 \text{ kg/kontainer} \times (1 - 86,6\%) \\ &= 2,01 \text{ kg/kontainer} \end{aligned}$$

$$\text{Massa larva} = \text{Massa dalam kontainer} - \text{massa residu}$$

$$= 15 \text{ kg/kontainer} - 2,01 \text{ kg/kontainer}$$

$$= 12,99 \text{ kg/kontainer}$$

Proses pengayakan direncanakan menggunakan mesin shieve dengan kapasitas 500 kg/jam dan berukuran 2,13 x 0,89 x 1,16 m (Gambar 4.21). Waktu yang dibutuhkan untuk operasional mesin shieve dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Massa total} = \text{jumlah kontainer} \times \text{massa per kontainer}$$

$$= 93 \times 15 \text{ kg}$$

$$= 1395 \text{ kg}$$

$$\text{Waktu operasional} = \frac{\text{massa total}}{\text{kapasitas mesin}} = \frac{1395 \text{ kg}}{500 \text{ kg/jam}} = 2,79 \text{ jam/hari}$$

Larva yang telah terpisah kemudian dipindahkan ke unit pengolahan produk. Larva diletakkan pada kontainer khusus untuk langsung dijual atau diolah menjadi larva kering, sedangkan residu media akan dipisahkan kembali antara pupuk kasgot dan sampah tidak tercerna. Sampah tidak tercerna tersebut kemudian disalurkan ke proses komposting bata berongga. Lahan untuk pemanenan produk mempertimbangkan lebar untuk mesin shieve, lebar jalan, dan lahan untuk operasional. Luas lahan dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Panjang lahan} = (\text{panjang mesin} + 2 \times 0,5 \text{ m})$$

$$= 2,13 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$= 3,13 \text{ m}$$

$$\text{Lebar lahan} = (\text{lebar mesin} + 2 \times 0,5 \text{ m}) + (\text{lebar petugas} \times (1 + 10\%))$$

$$= (0,89 + 1) + (1 \times 1,1)$$

$$= 2,99 \text{ m}$$

$$\text{Luas lahan} = \text{Panjang lahan} \times \text{Lebar lahan}$$

$$= 3,13 \text{ m} \times 2,99 \text{ m}$$

$$= 9,36 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dibutuhkan lahan seluas 9,36 m² untuk lahan pemanenan.



Gambar 4.18 Proses pemanenan larva BSF
(Sumber: Dortmans, 2017)



Gambar 4.19 Mesin Shieve Kapasitas 500 kg/jam

2. Unit Pengolahan Produk

Produk hasil panen diolah sesuai kebutuhan pasar. Terdapat 2 jenis produk yang dihasilkan, yaitu pupuk kasgot dan larva. Pupuk kasgot yang kualitasnya sudah sesuai untuk dipasarkan akan langsung dikemas dalam kontainer karung plastik sebelum dijual. Namun jika belum sesuai pupuk kasgot akan kembali di saring dan dicacah kembali. Larva dapat dijual langsung pada konsumen ataupun dikeringkan melalui proses pemanasan terlebih dahulu. Berdasarkan hasil survei, masyarakat di sekitar TPS 3R Rahayu sebagian besar lebih meminati produk larva basah untuk pakan burung, ayam, dan lele. Namun untuk memperluas pasar dilakukan proses lanjutan berupa pemanasan untuk mengubah larva menjadi produk kering.

Larva yang dihasilkan sebagian digunakan kembali untuk memulai siklus hidup larva baru melalui proses perkawinan. Jumlah larva yang dihasilkan dari tahap pemanenan adalah 920.000 larva/hari dan kebutuhan larva untuk menghasilkan telur kembali adalah 15.328 larva, sehingga jumlah larva yang dapat dijual adalah 904.672 larva. Pada tahap pengolahan produk diasumsikan seluruh produk larva akan memasuki proses pengolahan menjadi larva kering. Proses pengeringan diawali dengan membunuh larva menggunakan air mendidih bersuhu 105°C selama 1 menit. Proses ini bertujuan untuk membunuh larva secara efektif dan memicu larva agar mengosongkan isi perutnya (Dortmans, 2017). Selanjutnya larva kemudian ditiriskan dan masuk ke proses pemanasan dalam oven dengan suhu 60°C . Larva yang kering kemudian dimasukkan dalam kontainer plastik vakum. Lama proses pengeringan dihitung sebagai berikut.

Jumlah larva	= 904.672 larva
Volume tubuh larva	= $0,49\text{ cm}^3$ (Dortmans, 2017)
Volume total	= $904.672\text{ larva} \times 0,49\text{ cm}^3$ = 443 liter
Volume panci perebusan	= 93 liter
Perbandingan air & larva	= 1:3
Volume air	= $1/3 \times 93\text{ liter} = 31\text{ liter}$
Kapasitas larva per panci	= 62 liter
Jumlah perebusan	= $443\text{ liter} : 62\text{ liter}$ = $7,12 \approx 8$ kali

$$\begin{aligned} \text{Lama pemanasan air (gas elpiji)} &= 1,85 \text{ menit/liter} \\ \text{Lama pemanasan air total} &= 1,85 \text{ menit/liter} \times 62 \text{ liter} \\ &= 114,7 \text{ menit} \end{aligned}$$

Setelah air mendidih, larva dicelupkan selama 1 menit. Air mendidih ini akan digunakan untuk 4 kali perebusan larva. Sehingga dibutuhkan pemanasan air hingga mendidih sebanyak 2 batch untuk merebus 8 kali.

$$\begin{aligned} \text{Lama perebusan} &= 1 \text{ menit} \\ \text{Waktu dibutuhkan (t)} &= 2 \times (t_{\text{pemanasan air}} + 4 \times t_{\text{perebusan}}) \\ &= 2 \times (114,7 \text{ menit} + 4 \times 1 \text{ menit}) \\ &= 237,4 \text{ menit} \\ &= 3,96 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa waktu untuk perebusan adalah 4 jam.



Gambar 4.20 Panci Perebusan Larva



Gambar 4.21 Kompor Gas

Setelah proses perebusan, larva akan masuk ke proses pengeringan menggunakan oven. Pengeringan akan dilakukan selama 120 menit dengan suhu 75°C . Perhitungan total waktu proses pengeringan dan jenis oven yang digunakan dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah larva} &= 904.672 \text{ larva} \\ \text{Berat rata-rata larva} &= 0,101 \text{ gram} \\ \text{Berat total larva} &= 904.672 \text{ larva} \times 0,101 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$= 91.37 \text{ kg}$$

Berdasarkan berat larva, direncanakan jenis oven yang digunakan adalah oven WRH-100D dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.14. Maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas oven} &= \text{jumlah tray} \times \left(\frac{\text{Vol tray}}{\text{Vol larva}} \times \text{massa larva} \right) \\ &= 15 \times \left(\frac{78 \times 54 \times 3}{2,5 (0,25^2) \times 3,14} \times 0,101 \text{ gram} \right) \\ &= 39,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu operasional} &= \frac{\text{Massa larva}}{\text{Kapasitas oven}} \times \text{lama pengeringan} \\ &= \frac{91,37 \text{ kg}}{39,02} \times 2 \text{ jam} \\ &= 4,7 \text{ jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, pengeringan akan dilakukan sebanyak 3 kali. Proses pengeringan akan dilakukan setelah proses perebusan batch pertama selesai. Sedangkan pengeringan dan perebusan batch selanjutnya akan dilakukan bersamaan, sehingga waktu total yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Waktu operasional total} &= \text{lama perebusan batch 1} + \text{lama pengeringan total} \\ &= 2 \text{ jam} + 4,7 \text{ jam} \\ &= 6,7 \text{ jam} \end{aligned}$$

Maka diketahui waktu total proses pengolahan produk adalah 6,7 jam.



Gambar 4.22 Oven WRH-100D

Tabel 4.14 Spesifikasi Oven WRH-100D

Spesifikasi	Nilai
Power supply	220V / 50Hz / 60Hz
Running Current	5.0A
Maximum Power	2.2Kw
Capacity	20~100 kg / batch

Spesifikasi	Nilai
Machine Dimension(L*W*H)	1180 x 680 x 1800 mm
Tray Size(L*W*H)	780 x 540 x 30 mm
Tray Number	15 pcs (normal)

Larva yang telah mengalami proses pengeringan akan mengalami penyusutan berat sebesar 25% (Purnamasari, 2019). Maka total berat larva yang semula 91.37 kg akan menghasilkan produk larva kering sebesar 68,53 kg.

4.13.3 Komposting Bata Berongga

a. Unit Pencacahan Sampah

Pencacahan sampah dilakukan menggunakan mesin pencacah K100 yang telah ada sebelumnya (Gambar 4.13). Sampah dicacah dilahan yang sama dengan proses pencacahan sampah untuk komposting BSF. Dalam tahap ini sampah disesuaikan ukurannya menjadi lebih kecil dengan ukuran 1-2 cm agar proses pembusukan berjalan lebih efektif.

b. Unit Pengayakan Sampah

Pengayakan menggunakan mesin pengayak yang telah ada sebelumnya dengan dimensi 2,2 m x 0,6 m x 1,1 m dan berkapasitas 200-300 kg/jam. Mesin ini berfungsi memisahkan sampah organik yang telah dicacah sesuai ukurannya. Luas lahan yang digunakan untuk unit pengayakan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lahan} &= (\text{panjang penyaring} + 2 \times 0,5 \text{ m}) \times (\text{lebar} + 2 \times 0,5) \\
 &= (2,2 + 1) \times (0,6 + 1) \\
 &= 5,12 \text{ m}^2 \approx 6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diketahui lama pengayakan adalah kebutuhan lahan untuk pengayakan sampah sebesar 6 m² dengan detail ukuran 2,5 m x 1,5 m.



Gambar 4.20 Pengayak Sampah K200

Tabel 4.15 Spesifikasi Mesin Pengayak

Spesifikasi	Nilai
Kapasitas	200 kg / Jam
Dimensi mesin	2,2 m x 0,6 m x 1,1 m
Penggerak	Elektro Motor (Motor Listrik)
Energi	Listrik
Tegangan Listrik	220 Volt 1 phase
Bahan Material Rangka	Siku 50 x 50 x 5

c. Unit Pematangan Kompos

Pematangan kompos dilakukan dengan menimbun sampah yang telah dicacah dalam struktur bata berongga (Gambar 2.7). Dalam struktur ini udara dapat masuk kedalam sampah secara lebih efisien lewat pipa berpori dan lubang pori disekitar dinding. Pada bagian bawah bata berongga juga terdapat lubang yang memiliki fungsi utama sebagai tempat saluran pembuangan air dari dalam tumpukan sampah. Sampah yang ada dalam struktur bata berongga akan dikomposkan selama 30 hari dengan monitoring setiap hari. Pada fase ini sampah juga harus dibalik untuk menjaga agar suhu stabil dan kondisi pengomposan tetap aerobik. Untuk mempercepat proses komposting ditambahkan bioaktivator berupa EM4. Berdasarkan *As-Built Drawing*, pada kondisi eksisting luas area komposting berukuran 10 x 10 m dan terdiri dari 8 blok komposting bata berongga. Setiap bloknya memiliki ukuran panjang 3,5 m, lebar 1,25 m, dan tinggi 1 m. Jumlah struktur bata berongga yang dibutuhkan diketahui melalui perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Sampah Masuk} &= \text{Sampah organik yang tidak bisa jadi media BSF} + \\
 &\quad \text{residu media BSF} - \text{sampah tidak tercacah} \\
 &= 211,39 \text{ kg/hari} + 42,46 \text{ kg/hari} - 58,51 \text{ kg/hari} \\
 &= 195,34 \text{ kg/hari} \\
 \text{Waktu Pematangan} &= 30 \text{ hari} \\
 \text{Jumlah Sampah Yang} &= \text{jumlah sampah masuk} \times \text{waktu pematangan} \\
 \text{Diolah} &= 195,34 \text{ kg/hari} \times 30 \text{ hari} \\
 &= 5860,2 \text{ kg} \\
 \text{Volume Sampah Organik} &= \text{jumlah sampah diolah} / \text{densitas sampah organik} \\
 &= 5860,2 \text{ kg} : 433,58 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 13,52 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kebutuhan struktur bata berongga

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Bata Berongga} &= 3,5 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\
 &= 4,375 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume terisi} &= 4,375 \times 80\% \\
 &= 3,5 \text{ m}^3 \\
 \text{Kebutuhan Struktur Bata} &= \text{volume sampah organik} / \text{volume terisi} \\
 \text{Berongga} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 13,52 \text{ m}^3 / 3,5 \text{ m}^3 \\
 &= 4 \quad \text{(dibulatkan)} \\
 \text{Jarak Antar Struktur} &= 50 \quad \text{cm} \\
 \text{Kebutuhan Lahan} &= \text{panjang struktur} \times ((n \times \text{lebar struktur}) + ((n-1) \times \text{jarak antar struktur})) \\
 &= 3,5 \text{ m} \times ((4 \times 1,25 \text{ m}) + ((4-1) \times 0,5 \text{ m})) \\
 &= 18,8 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diketahui kebutuhan lahan untuk struktur komposting bata berongga adalah 18,8 m². Jadwal pengisian dan pemanenan dari komposting bata berongga ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.16 Jadwal Pengolahan Komposting Bata Berongga

Minggu	Struktur Bata Berongga			
	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Keterangan

- : Pengisian Bahan Kompos
- : Pemanenan Hasil Kompos



Gambar 4.21 Struktur Bata Berongga

d. Lahan Penyimpanan Kompos

Area penyimpanan digunakan untuk menyimpan kompos yang telah diproses dan

siap untuk dijual. Selain untuk penyimpanan, area ini juga berfungsi sebagai tempat pengemasan kompos ke dalam karung khusus. Rencana kebutuhan lahan dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah produksi kompos} &= 195,34 \text{ kg/hari} \\
 &= 1367,38 \text{ kg/minggu} \\
 \text{Densitas sampah} &= 433,58 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Volume sampah} &= \frac{\text{Berat sampah hasil komposting}}{\text{Densitas sampah}} \\
 &= \frac{1367,38 \text{ kg}}{433,58 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 3,15 \text{ m}^3 \\
 \text{Ketinggian tumpukan} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Kebutuhan lahan} &= \frac{\text{volume sampah}}{\text{ketinggian tumpukan}} \times (1 + 25\%) \\
 &= \frac{3,15 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m}} \times (1 + 25\%) \\
 &= 4,93 \text{ m}^2 \approx 5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan luas area yang digunakan seluas 5 m^2 dengan ukuran $2,5 \times 2 \text{ m}$ untuk menampung hasil kompos sementara dengan batas waktu penyimpanan kompos maksimal 7 hari.

4.13.4 Layout Lahan Komposting

Desain masing masing unit yang telah dirancang kemudian digambar menggunakan Autocad untuk menentukan letak dan ukuran detail dari denah TPS 3R Rahayu (**Lampiran 6**).

4.14 Fasilitas Pendukung

Terdapat beberapa fasilitas pendukung pada TPS 3R Rahayu sebagai penunjang jalannya proses pengolahan sampah.

a. Gudang Alat

Gudang dimanfaatkan untuk menyimpan peralatan yang digunakan selama proses pengolahan sampah seperti gerobak dorong, garpu sampah, dan sekop. Selain itu gudang juga dapat digunakan untuk menyimpan beberapa bahan seperti EM4 yang berguna untuk proses komposting. Gudang memiliki ukuran $3 \times 2,5 \text{ m}$ dengan kebutuhan lahan $7,5 \text{ m}^2$.

b. Toilet

Terdapat 1 toilet yang ada di TPS 3R Rahayu. Toilet berukuran $2,5 \times 2 \text{ m}$ dengan kebutuhan lahan 5 m^2 . Kebutuhan air untuk toilet disuplai oleh sumur dengan mesin pompa dan air buangan domestik yang dihasilkan akan disalurkan pada *septic tank*.

c. Kantor

Terdapat 1 ruang kantor yang ada di TPS 3R Rahayu sebagai tempat melakukan pekerjaan administratif dan pengarsipan data. Ruang kantor memiliki ukuran 5 x 5 m dengan kebutuhan lahan seluar 25 m².

d. Tempat parkir

Lahan parkir yang tersedia berfungsi untuk memarkir kendaraan petugas sampah dan alat angkut sampah. Lahan parkir yang tersedia memiliki luas 50 m².

4.15 Kebutuhan Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja meningkat seiring bertambahnya sampah yang masuk ke TPS 3R. Selain itu komposisi sampah, jenis pengolahan sampah, dan recovery sampah akan mempengaruhi banyaknya jam kerja petugas sehingga menyebabkan meningkatnya kebutuhan pekerja. Pada analisis ini akan ditentukan kebutuhan pekerja untuk 10 tahun kedepan.

4.15.1 Tenaga Pengumpulan Sampah

Pengumpulan sampah pada daerah layanan dilakukan menggunakan gerobak motor roda 3, dengan rata-rata pengumpulan 2 kali ritasi/hari. Jumlah jam kerja efektif untuk pengumpulan sampah 2 ritasi dalam 1 hari adalah 4 jam. Maka untuk melakukan 1 kali ritasi membutuhkan waktu 2 jam. Berdasarkan hasil proyeksi, jumlah pelanggan akan bertambah sebanyak 120 KK pada tahun 2032 dari yang semula hanya 250 KK. Jumlah ini adalah 1/3 bagian dari jumlah saat ini, sehingga diasumsikan jumlah ritasi akan bertambah 1 kali. Maka waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 3 ritasi dalam sehari adalah 6 jam.

Pada kondisi eksisting, petugas pengumpul pada TPS 3R Rahayu berjumlah 2 orang untuk melayani 2 ritasi/hari. Satu petugas sampah berperan sebagai supir dan satu orang lainnya sebagai pengumpul sampah ke gerobak. Namun karena jumlah ritasi bertambah, maka direncanakan petugas sampah ditambah 1 orang untuk meringankan beban pekerjaan. Pekerja tambahan ini akan membantu saat pembongkaran sampah dari alat angkut atau bergantian dalam menjalankan tugas sebagai petugas pengumpul sampah dilapangan.

4.15.2 Tenaga Pemilahan dan Pengemasan Sampah Lapak

Pemilahan adalah proses penting untuk mengolah sampah secara lebih lanjut. Jumlah tenaga untuk proses pemilahan bergantung pada jumlah sampah dan kecepatan pemilahan. Selain bekerja sebagai pemilah sampah, petugas juga berperan dalam pengemasan sampah yang telah terpilah. Perhitungan kebutuhan tenaga pemilahan dan pengemasan untuk tahun 2032 dilakukan sebagai dengan perhitungan kerja sebagai berikut.

Berat total sampah masuk	= 909,3 kg/hari
Kecepatan pemilahan	= 91,15 kg/jam (Pradiptyas, 2018)
Lama pemilahan	= 909,3 kg/hari : 91,15 kg/jam = 9,98 jam
Jam kerja	= 7 jam/orang/hari

Jumlah pekerja pemilah = 9,98 jam : 7 jam/hari
 = 1,43

Menggunakan cara yang sama kebutuhan petugas pemilah disajikan sebagai berikut.

Tabel 4.17 Kebutuhan Petugas Pemilahan

Tahun	Timbulan Sampah (kg/Hari)	Kebutuhan Petugas Pemilahan (Orang/Hari)
2022	607,36	0,952
2023	637,9167675	1,000
2024	668,4233649	1,048
2025	698,8689951	1,095
2026	729,2425746	1,143
2027	759,5327284	1,190
2028	789,7277842	1,238
2029	819,8157665	1,285
2030	849,7843914	1,332
2031	879,6210603	1,379
2032	909,3128542	1,425

Perhitungan tenaga pengemasan dilakukan berdasarkan timbulan sampah yang bisa dijual kembali ke pengepul sampah. Jenis sampah tersebut antara lain sampah plastik, logam, dan kertas/karton (Tabel 4.18). Jumlah kebutuhan tenaga pengemasan sampah plastik dihitung sebagai berikut.

Tabel 4.18 Jumlah Sampah Terpilah

Tahun	Berat Sampah Dikemas (kg/hari)		
	Kertas	Plastik	Logam
2022	6,1	64,8	1,8
2023	6,4	68,0	1,9
2024	6,7	71,3	2,0
2025	7,0	74,5	2,1
2026	7,3	77,8	2,2
2027	7,6	81,0	2,3
2028	7,9	84,2	2,4
2029	8,2	87,4	2,5
2030	8,5	90,6	2,5
2031	8,8	93,8	2,6
2032	9,1	97,0	2,7

Berat sampah plastik = 64,8 kg/hari

Kapasitas karung = 25 kg plastik/karung ; 35 kg kertas/karung ; 50 kg logam/karung

Waktu yang dibutuhkan = 10 menit/karung

Jam kerja = 7 jam/hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pengemas plastik} &= \frac{64,8 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 10 \frac{\text{menit}}{\text{karung}}}{25 \frac{\text{kg}}{\text{karung}} \times 7 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\ &= 0,0617 \text{ orang/ hari} \end{aligned}$$

Menggunakan cara yang sama, kebutuhan tenaga pengemas untuk setiap jenis sampah disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.19 Kebutuhan Petugas Pengemasan

Tahun	Kebutuhan Tenaga Pengemas (Orang/Hari)			Total (Orang/Hari)
	Kertas	Plastik	Logam	
2022	0,004132	0,0617	0,000868	0,066699
2023	0,00434	0,0648	0,000911	0,070055
2024	0,004547	0,0679	0,000955	0,073405
2025	0,004754	0,071	0,000998	0,076749
2026	0,004961	0,0741	0,001042	0,080084
2027	0,005167	0,0772	0,001085	0,083411
2028	0,005372	0,0802	0,001128	0,086727
2029	0,005577	0,0833	0,001171	0,090031
2030	0,005781	0,0863	0,001214	0,093322
2031	0,005984	0,0894	0,001257	0,096599
2032	0,006186	0,0924	0,001299	0,099859

Tabel 4.20 Total Kebutuhan Petugas Area Pemilahan & Pengemasan

Tahun	Kebutuhan Petugas Pemilahan (orang/hari)	Kebutuhan Petugas Pengemasan (orang/hari)	Total kebutuhan (orang/hari)
2022	0,952	0,0667	1,019
2023	1,000	0,0701	1,070
2024	1,048	0,0734	1,121
2025	1,095	0,0767	1,172
2026	1,143	0,0801	1,223
2027	1,190	0,0834	1,274
2028	1,238	0,0867	1,324
2029	1,285	0,09	1,375
2030	1,332	0,0933	1,425
2031	1,379	0,0966	1,475
2032	1,425	0,0999	1,525

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa kebutuhan tenaga untuk pemilahan pada tahun 2032 adalah sebanyak 2 orang untuk menangani timbulan sampah per harinya.

4.15.3 Tenaga Pengolahan Komposting

Terdapat 2 jenis komposting yang direncanakan untuk mengolah sampah, yaitu komposting bata berongga dan komposting menggunakan larva BSF. Untuk mengelola seluruh proses dibutuhkan tenaga kerja yang bertugas mengolah dan memastikan kompos serta produk lainnya sesuai dengan yang diharapkan. Dalam kegiatan komposting terdapat 3 bagian proses yang membutuhkan peran petugas, yaitu pertama adalah pra pengolahan, pengemasan dan pengolahan produk, kedua adalah proses komposting BSF, dan ketiga adalah proses komposting bata berongga.

a. Pra Pengolahan Sampah & Pengemasan Kompos

Petugas pada pra pengolahan sampah dan pengemasan kompos memiliki peran penting dalam menyeleksi sampah yang masuk ke proses komposting dan memastikan kualitas dari hasil kompos sebelum dijual pada konsumen. Dalam tahap pra pengolahan petugas memiliki peran dalam mengawasi kualitas sampah kebun & sampah makanan. Sampah dipastikan tidak mengandung senyawa kimia beracun dan bahan berbahaya lainnya. Proses seleksi dilakukan tepat sebelum sampah dicacah. Proses pencacahan sampah menggunakan mesin K100. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, untuk mencacah timbulan sampah 455,75 kg/hari membutuhkan waktu selama 27,3 menit. Sampah tercacah kemudian dipindah pada proses selanjutnya menggunakan gerobak dorong.

Untuk proses pengemasan, petugas memiliki peran dalam menyimpan dan mengemas produk kompos. Berdasarkan pada perhitungan sebelumnya, jumlah kompos yang dihasilkan sebesar 195,34 kg/hari dengan volume 3,15 m³/hari. Lama pengemasan yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut.

Berat kompos	= 195,34 kg/hari
Kapasitas karung	= 50 kg
Kecepatan	= 20 menit/karung
Lama kerja	= $\frac{195,34 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{50 \text{ kg}} \times 20 \text{ menit /karung} = 78 \text{ menit}$
Total waktu pengolahan	= $t_{\text{pra pengolahan}} + t_{\text{pengemasan kompos}}$ = 27,3 menit + 78 menit = 1,75 jam
Waktu kerja petugas	= 7 jam/hari
Jumlah tenaga kerja	= $\frac{1,75 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}}$ = 0,25 \approx 1 orang

Maka diketahui bahwa jumlah kebutuhan tenaga pekerja untuk pra pengolahan sampah dan pengemasan kompos membutuhkan 1 petugas.

b. Pengolahan Produk Larva

Untuk proses pengolahan produk, petugas berperan dalam mengolah larva menjadi larva kering melalui proses perebusan dan pemanasan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, lama perebusan memakan waktu 4 jam dan pengeringan larva membutuhkan waktu 4,7 jam. Maka jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$\text{Waktu kerja petugas} = 7 \text{ jam/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja perebusan} &= \frac{4 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}} \\ &= 0,57 \approx 1 \text{ orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja pengeringan} &= \frac{4,7 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}} \\ &= 0,67 \approx 1 \text{ orang} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa jumlah kebutuhan tenaga pekerja untuk pengolahan produk larva membutuhkan 2 petugas.

c. Proses Komposting BSF

Komposting menggunakan larva BSF terdiri dari beberapa sub proses. Beberapa sub proses ini terdiri dari pengolahan sampah dengan larva BSF pada kontainer pembesaran, proses pada unit penetasan telur, proses perkembangbiakan larva pada *love cage*, proses pupasi larva, dan proses pemanenan larva dari sisa residu. Petugas akan bertanggungjawab dalam mengelola dan mengawasi setiap proses. Kebutuhan petugas ditentukan dengan menghitung lama pekerjaan dan waktu kerja efektif petugas sebagai berikut.

1 Pengolahan Sampah BSF

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kontainer} &= 93 \text{ kontainer/hari} \\ \text{Waktu Input Sampah} &= 3 \text{ menit/kontainer} \\ \text{Waktu Dibutuhkan} &= 93 \frac{\text{kontainer}}{\text{hari}} \times 3 \frac{\text{menit}}{\text{kontainer}} \\ &= 279 \text{ menit} \end{aligned}$$

2 Penetasan Telur

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kontainer} &= 16 \text{ kontainer/hari} \\ \text{Waktu Pemanenan Larva Kecil} &= 5 \text{ menit/kontainer} \\ \text{Waktu Dibutuhkan} &= 16 \frac{\text{kontainer}}{\text{hari}} \times 5 \frac{\text{menit}}{\text{kontainer}} \\ &= 80 \text{ menit} \end{aligned}$$

3 Pembiakan Larva

a. Peletakkan Calon Lalat Baru

$$\begin{aligned} \text{Waktu Peletakan Pupa Lalat} &= 5 \text{ menit} \\ \text{Jumlah Love cage} &= 1 \\ \text{Waktu Dibutuhkan} &= 5 \text{ menit} \times 1 \\ &= 5 \text{ menit} \end{aligned}$$

b. Pembersihan Lalat Lama

$$\text{Waktu Pembersihan} = 5 \text{ menit}$$

Jumlah Lovecage	=	3
	=	5 menit x 3
Waktu Dibutuhkan	=	15 menit
c. Pemanenan Telur		
Waktu Pemanenan Telur Pada	=	4 menit
<i>Eggies</i>		
Jumlah <i>Love cage</i>	=	3
Jumlah <i>Eggies</i>	=	9 <i>Eggies /love cage</i>
Waktu Dibutuhkan	=	4 menit x 3 x 9
	=	108 menit
4 Proses Pupasi		
a. Pemasangan Pre Pupa		
Waktu Pemasangan Prepupa	=	5 menit
Jumlah Ruang Pupasi	=	1
Waktu Dibutuhkan	=	5 menit x 1
	=	5 menit
b. Pemindahan Pupa		
Waktu Pemindahan Pupa	=	5 menit
Jumlah Ruang Pupasi	=	1
Waktu Dibutuhkan	=	5 menit x 1
	=	5 menit
5 Proses Panen Larva		
Waktu Dibutuhkan	=	2,79 jam
	=	167 menit

Berdasarkan beban waktu kerja diatas, maka jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu pengolahan} &= t_{\text{pengolahan BSF}} + t_{\text{penetasan}} + t_{\text{pembiasaan larva}} + t_{\text{pupasi}} + t_{\text{panen}} \\
 &= 279 \text{ menit} + 80 \text{ menit} + (5 \text{ menit} + 15 \text{ menit} + 108 \text{ menit}) + \\
 &\quad (5 \text{ menit} + 5 \text{ menit}) + 167 \text{ menit} \\
 &= 661 \text{ menit} \\
 &= 11 \text{ jam} \\
 \text{Waktu kerja petugas} &= 7 \text{ jam/hari} \\
 \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{11 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}} \\
 &= 1,57 \approx 2 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah pekerja untuk mengelola proses komposting BSF pada TPS 3R Rahayu adalah sebanyak 2 orang.

c. Proses Komposting Bata Berongga

Komposting bata berongga terdiri dari beberapa sub proses. Beberapa sub proses ini terdiri proses pengayakan dan proses pematangan kompos. Petugas akan bertanggungjawab

dalam mengelola dan memastikan kualitas kompos yang dihasilkan. Kebutuhan petugas ditentukan dengan menghitung lama pekerjaan dan waktu kerja efektif petugas sebagai berikut.

1	Pengayakan Sampah		
	Jumlah Sampah Komposting	=	292,45 kg/hari
	Kapasitas Pengayakan	=	200 kg/jam
	Waktu Dibutuhkan	=	$\frac{292,45 \text{ kg/hari}}{200 \text{ kg/jam}}$
		=	1,46 jam
		=	87,60 menit
2	Pematangan Kompos		
	Lama Pembalikan Kompos	=	1 jam
	Pemanenan Kompos	=	3 jam
	Waktu Dibutuhkan	=	1 jam + 3 jam
		=	4 jam
		=	240 menit

Berdasarkan beban waktu kerja diatas, maka jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu pengolahan} &= t_{\text{pengayakan}} + t_{\text{pematangan kompos}} \\
 &= 87,6 \text{ menit} + 240 \text{ menit} \\
 &= 327,6 \text{ menit} \\
 &= 5,46 \text{ jam} \\
 \text{Waktu kerja petugas} &= 7 \text{ jam/hari} \\
 \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{5,46 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}} \\
 &= 0,78 \approx 1 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah pekerja untuk mengelola proses komposting BSF pada TPS 3R Rahayu adalah sebanyak 1 orang.

4.15.4 Manager dan Administrasi

Dalam menjalankan operasional TPS 3R, diperlukan sosok yang dapat mengawasi kinerja petugas sampah dan mengatur administrasi serta pencatatan pengolahan sampah. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan adalah 2 orang, satu orang bertugas sebagai manager/ketua dalam mengawasi serta turut mengatur proses dilapangan, dan satu orang lagi bertugas dalam mencatat keperluan administrasi serta mengatur keuangan untuk keperluan di lapangan.

4.15.5 Petugas Pemasaran

Untuk menjaga hasil produksi dan penjualan stabil, maka dibutuhkan petugas

pemasaran. Tugas pokok yang dijalankan berupa mengurus penjualan produk dengan mitra serta memperluas pasar untuk menjual produk. Selain itu petugas juga memiliki kewajiban dalam mencatat dan mengevaluasi hasil penjualan setiap bulan. Metode pemasaran dapat dilakukan secara online maupun offline. Penjualan secara online dilakukan melalui *e-commerce*, sedangkan penjualan offline dilakukan dengan mengunjungi dan mensosialisasikan produk kepada calon mitra terdekat. Maka dari itu dibutuhkan petugas pemasaran sebanyak 2 orang.

4.15.6 Kebutuhan Tenaga Kerja TPS 3R Rahayu

Total kebutuhan tenaga kerja pada TPS 3R Rahayu didapatkan dari penjumlahan hasil analisis kebutuhan tenaga kerja pada setiap ranah kerja. Berdasarkan perbandingan jumlah rencana kebutuhan pekerja dengan tenaga kerja pada kondisi eksisting maka dapat diketahui selisih kebutuhan tenaga kerja. Selisih kebutuhan tenaga kerja disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.20 Kebutuhan Tenaga Kerja TPS 3R Rahayu

Pekerjaan	Jumlah Eksisting	Jumlah Kebutuhan
Manajer & Administrasi	1	2
Pengumpul Sampah	2	3
Petugas Pemilahan Sampah dan Pengemasan Sampah Lapak	2	2
Petugas Pemasaran	-	2
Petugas Pra Pengolahan dan Pengemasan Kompos	-	1
Pengolahan Produk Larva	-	2
Petugas Proses Komposting BSF	-	2
Petugas Proses Komposting Bata berongga	-	1
Total	5	15

Maka dari tabel diatas diketahui bahwa kebutuhan jumlah pekerja tambahan adalah sebanyak 10 orang untuk mengelola seluruh proses komposting.

4.16 Standar Operasional Prosedur

Standar Operasional Prosedur (SOP) digunakan sebagai acuan dalam pengolahan sampah yang masuk ke TPS 3R. SOP wajib diketahui oleh seluruh petugas agar penanganan sampah dapat dijalankan dengan benar.

a. SOP Operasional

SOP operasional merupakan sebuah prosedur untuk menerangkan standar pengolahan sampah pada TPS 3R Rahayu.

1. Pengumpulan sampah dimulai pada pukul 08.00 oleh petugas sampah. Sampah dikumpulkan menggunakan gerobak motor roda 3 dengan jalur ritasi yang telah ditentukan.
2. Sampah yang masuk ke TPS 3R akan dibongkar pada *tipping floor*. Kemudian sampah akan diratakan di area pemilahan untuk dipilah sesuai jenisnya
3. Gerobak motor yang telah dibongkar akan kembali mengumpulkan sampah pada daerah layanan
4. Sampah pada area pemilahan akan dipisahkan seperti plastik, kertas, logam, dan kaca. Sampah tersebut disimpan pada gudang lapak sebelum dijual. Untuk sampah kebun dan sampah makanan dipisahkan untuk masuk ke proses komposting. Sedangkan sampah karet/kulit, kain, dan residu dipindahkan ke kontainer armroll.
5. Sampah organik dipindahkan ke area peletakan sementara sampah organik untuk dipilah antara sampah untuk media BSF dan untuk komposting bata berongga.
6. Sampah organik yang telah dipisahkan akan dicacah menggunakan mesin pencacah K100.
7. Sampah media BSF tercacah dipindahkan ke kontainer pengolahan BSF. Sedangkan sampah organik untuk komposting dipindahkan ke struktur bata berongga.
8. Sampah media BSF akan diinput pada kontainer sebanyak 3 kali seminggu sesuai jadwal yang telah ditentukan.
9. Sampah kompos pada bata berongga akan dilakukan pembalikan selama 2 hari sekali untuk memastikan kualitas kompos agar stabil.
10. Pada area lapak sampah plastik terpilah akan dilakukan pemilahan tahap kedua untuk memisahkan sesuai jenis plastiknya.

b. SOP Petugas

SOP petugas merupakan sebuah prosedur untuk menerangkan kewajiban dan hak petugas selama bekerja.

1. Petugas datang ke TPS 3R pukul 07.30 WIB
2. Manager melakukan pengarahan sebelum memulai pekerjaan dihari tersebut.
3. Selama bekerja petugas wajib menggunakan peralatan APD seperti sepatu boots, masker, dan sarung tangan.
4. Waktu istirahat kerja berlaku antara pukul 12.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB
5. Pukul 15.30 WIB para pekerja menyelesaikan pekerjaannya dan pulang.

4.17 Analisis Finansial

Analisis biaya berguna untuk mengetahui kelayakan dari rencana pengembangan fasilitas komposting TPS 3R Rahayu yang akan dilaksanakan. Biaya yang dianalisis dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu biaya investasi, biaya operasional, dan potensi pendapatan dari penjualan produk.

4.17.1 Biaya Investasi

Rencana anggaran biaya untuk biaya investasi awal meliputi biaya konstruksi dan pengadaan alat. Karena status bangunan merupakan hibah dari dinas PKPLH kepada pengelola TPS 3R Rahayu untuk dijalankan dengan swadaya masyarakat, maka dana konstruksi pembangunan awal tidak dilakukan perhitungan. Sehingga tahap konstruksi yang direncanakan merupakan tahap penyesuaian untuk pengembangan fasilitas komposting. Tahap konstruksi yang dilakukan adalah tahap pembongkaran sebagian struktur bata berongga sesuai rencana redesign denah sebelumnya. Direncanakan pembangunan dilakukan pada tahun 2022 dan biaya pembongkaran serta pembangunan mengacu pada HSPK Kabupaten Trenggalek Tahun 2018. Diketahui total kebutuhan biaya tahap konstruksi adalah Rp 25.161.570,03. Berikut adalah rincian biaya konstruksi fasilitas pada TPS 3R Rahayu.

Tabel 4.21 Biaya Pembangunan TPS 3R Rahayu

RAB Pengembangan TPS 3R				
Sumber : Proyek				
Basis : HSPK Kabupaten Trenggalek 2018				
Pekerjaan	Biaya	Satuan	Jumlah	Sub Total
Pembongkaran fasilitas struktur bata berongga				
Pembongkaran Dinding Tembok Bata Merah	Rp 469.660,00	m ²	47,24	Rp 22.186.738,40
Pekerjaan Pembuangan Tanah Sejauh 150 m	Rp 40.620,00	m ²	47,24	Rp 1.918.888,80
Pekerjaan Plesteran Cam 1 Pc ; 2 Psr (Tebal 1,5 cm)	Rp 48.660,96	m ²	21,7	Rp 1.055.942,83
Total				Rp 25.161.570,03

Untuk biaya pengadaan alat diketahui sebesar Rp 201.014.060. Biaya ini merupakan biaya pengadaan alat baru dan bahan produksi kompos yang belum tersedia di TPS 3R Rahayu. Detail pengadaan alat dapat dilihat pada **Lampiran 4** . Maka total biaya investasi untuk pengembangan fasilitas komposting TPS 3R Rahayu adalah sebesar Rp. 254.440.890,03.

Tabel 4.22 Total Biaya Investasi TPS 3R Rahayu

Pekerjaan	Biaya
Pengembangan Fasilitas Komposting TPS 3R	Rp 25.161.570,03
Pengadaan Alat Baru TPS 3R	Rp 229.279.320
Total	Rp 254.440.890,03

4.17.2 Biaya Operasional & Produksi Kompos

Biaya operasional merupakan biaya yang dibutuhkan selama keseluruhan proses pengolahan sampah di TPS 3R. Biaya ini meliputi upah petugas dan biaya operasional

pengolahan sampah (pemeliharaan mesin dan kendaraan angkut). Upah petugas mengacu pada Upah Minimum Regional (UMR) sesuai yang ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 188/803/KPTS/013/2021 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2022. Seluruh petugas sampah diberi upah sebesar Rp 1.945.000, kecuali manager, petugas administrasi, dan petugas pemasaran yang diberi upah sebesar Rp 2.500.000. Hal ini karena tanggung jawab dan beban kerja yang diterima lebih besar dari pekerja lainnya. Sedangkan untuk perhitungan biaya operasional pengolahan sampah didasarkan pada asumsi sebagai berikut.

Dasar Asumsi:

- Biaya listrik = Rp. 1.444,70/ kWh
- Daya pompa air = 0,15 kw
- Daya lampu TPS 3R = 0,2 kw
- Daya mesin pengayak sampah tercacah = 0,2 kw
- Daya mesin shieve larva = 0,37 kw
- Biaya solar mesin pencacah K100 = 21 liter/jam
- Biaya bensin alat angkut = 25 km/liter

Perhitungan kebutuhan biaya listrik terdiri atas :

1. Biaya listrik pompa air = 0,15 kw x Rp 1.444,70 per kWh x 2 jam x 30 hari
= Rp 13.001
2. Biaya listrik lampu = 2 x (0,2 kw x Rp 1.444,70 per kWh x 12 jam x 30 hari)
= Rp 208.032
3. Biaya listrik pengayak kompos = 0,2 kw x Rp 1.444,70 per kWh x 1,5 jam x 30 hari
= Rp 13.002
4. Biaya listrik mesin shieve = 0,37 kw x Rp 1.444,70 per kWh x 2,79 jam x 30 hari
= Rp 44.740
5. Biaya listrik mesin oven = 0,37 kw x Rp 1.444,70 per kWh x 4,7 jam x 30 hari
= Rp 75.369

Perhitungan kebutuhan biaya operasional alat terdiri atas :

1. Kebutuhan biaya pengangkutan
 - = $\frac{\text{panjang total ritasi (km/hari)}}{25 \text{ km/liter}} \times \text{Rp } 7640/\text{liter (pertalite)} \times 30 \text{ hari}$
 - = $\frac{54 \text{ km/hari}}{25 \text{ km/liter}} \times \text{Rp } 7640 / \text{liter} \times 30 \text{ hari}$
 - = Rp 495.072
2. Kebutuhan biaya pencacahan
 - = Lama pencacahan (jam/hari) x 21 liter/jam x Rp 5150/liter (Solar) x 30 hari
 - = 0,455 jam x 21 liter/jam x Rp 5150/liter x30 hari
 - = Rp 1.476.247
3. Kebutuhan biaya gas (Tabung 3 kg)
 - = lama perebusan (jam) x Rp 18.000/6,5 jam x 30 hari
 - = 4,7 jam x Rp 18.000/6,5 jam x 30 hari
 - = Rp 390.461
4. Kebutuhan *maintenance* alat angkut
 - = 3% per tahun dari biaya investasi x Rp 32.880.000 : 12 bulan
 - = Rp 82.200 /bulan
5. Kebutuhan *maintenance* alat pencacah
 - = 3% per tahun dari biaya investasi x Rp 16.000.000 : 12 bulan
 - = Rp 40.000/bulan
6. Kebutuhan *maintenance* alat pengayak
 - = 3% per tahun dari biaya investasi x Rp 9.000.000 : 12 bulan
 - = Rp 22500/bulan
7. Kebutuhan *maintenance* alat shieve
 - = 3% per tahun dari biaya investasi x Rp 15.000.000 : 12 bulan
 - = Rp 37.500/bulan
8. Kebutuhan *maintenance* oven
 - = 3% per tahun dari biaya investasi x Rp 37.765.260 : 12 bulan
 - = Rp 94.413/bulan

Detail total biaya operasional dan pemeliharaan alat disajikan pada Tabel 4.23 dengan total biaya sebesar Rp 414.013.872.

Tabel 4.23 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Alat

No	Jenis	Jumlah	Satuan	Biaya Satuan / Bulan	Biaya /Bulan	Biaya /Tahun
1	Gaji Manajer	1	Orang	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000
2	Gaji Petugas Administrasi	1	Orang	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000
3	Gaji Petugas Pengumpul Sampah	3	Orang	Rp 1.945.000	Rp 5.835.000	Rp 70.020.000
4	Gaji Petugas Pemilahan Sampah & Pengemasan Sampah Lapak	2	Orang	Rp 1.945.000	Rp 3.890.000	Rp 46.680.000
5	Gaji Petugas Pemasaran	2	Orang	Rp 2.500.000	Rp 5.000.000	Rp 60.000.000
6	Gaji Petugas Pra Pengolahan & Pengemasan Kompos	1	Orang	Rp 1.945.000	Rp 1.945.000	Rp 23.340.000
7	Gaji Petugas Pengolahan Produk Larva	2	Orang	Rp 1.945.000	Rp 3.890.000	Rp 46.680.000
8	Gaji Petugas Komposting BSF	2	Orang	Rp 1.945.000	Rp 3.890.000	Rp 46.680.000
9	Gaji Petugas Komposting Bata Berongga	1	Orang	Rp 1.945.000	Rp 1.945.000	Rp 23.340.000
10	Biaya Listrik Pompa Air	1	Unit	Rp 13.001	Rp 13.001	Rp 156.012
11	Biaya Listrik Lampu	2	Unit	Rp 208.032	Rp 416.064	Rp 4.992.768
12	Biaya Listrik Mesin Pengayak	1	Unit	Rp 13.002	Rp 13.002	Rp 156.024
13	Biaya Listrik Mesin Shieve	1	Unit	Rp 44.740	Rp 44.740	Rp 536.880
14	Biaya Listrik Mesin Oven	1	Unit	Rp 75.369	Rp 75.369	Rp 904.428
15	Biaya Pengangkutan Sampah	1	Unit	Rp 495.072	Rp 495.072	Rp 5.940.864
16	Biaya Pencacahan Sampah	1	Unit	Rp 1.476.247	Rp 1.476.247	Rp 17.714.964
17	Biaya Gas (Tabung 3 Kg)	1	Unit	Rp 390.461	Rp 390.461	Rp 4.685.532
18	Biaya <i>Maintenance</i> Alat Angkut	1	Unit	Rp 82.200	Rp 82.200	Rp 986.400
19	Biaya <i>Maintenance</i> Alat Pencacah	1	Unit	Rp 40.000	Rp 40.000	Rp 480.000

No	Jenis	Jumlah	Satuan	Biaya Satuan / Bulan	Biaya /Bulan	Biaya /Tahun
20	Biaya <i>Maintenance</i> Alat Pengayak	1	Unit	Rp 22.500	Rp 22.500	Rp 270.000
21	Biaya <i>Maintenance</i> Alat Shieve	1	Unit	Rp 37.500	Rp 37.500	Rp 450.000
22	Biaya <i>Maintenance</i> Oven	1	Unit	Rp 94.413	Rp 94.413	Rp 1.132.956
Total					Rp 34.501.156	Rp 414.013.872

4.17.3 Potensi Pendapatan

Potensi pendapatan dihitung dari hasil penjualan produk lapak, produk kompos, dan produk larva kering. Tidak semua jenis jenis sampah dapat dijual pada pengepul setempat, sehingga harga sampah lapak didasarkan pada kesepakatan antara pengurus TPS 3R dan pengepul sampah (Tabel 4.24). Sedangkan harga produk larva dan kompos didasarkan pada harga kompos di sekitar Kabupaten Trenggalek dan harga pasaran produk larva di Jawa Timur. Jumlah proyeksi pendapatan dari penjualan sampah lapak dan hasil komposting dihitung dari peningkatan jumlah sampah yang masuk. Proyeksi pendapatan disajikan dalam Tabel 4.25. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa pendapatan pada tahun 2032 adalah Rp 923.906.368 /tahun.

Tabel 4.24 Harga Satuan Produk

Jenis	Harga (Rp/kg)
Botol Plastik	Rp 1.400
Gelas Plastik	Rp 3.600
Plastik Keras (Emberan)	Rp 400
Kardus	Rp 1.200
Duplex	Rp 300
Kaca (Botol Kaca)	Rp 350
Logam Campuran	Rp 2.700
Larva Kering BSF	Rp 20.000
Kompos	Rp 1.000

Tabel 4.25 Potensi Pemasukan Dana TPS 3R Rahayu

Pemasukan	Tahun ke-										
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)	(Rp /tahun)
Penjualan Botol Plastik	Rp1.224.438	Rp1.286.040	Rp1.347.542	Rp1.408.920	Rp1.470.153	Rp1.531.218	Rp1.592.091	Rp1.652.749	Rp1.713.165	Rp1.773.316	Rp1.833.175
Penjualan gelas plastik	Rp1.836.657	Rp1.929.060	Rp2.021.312	Rp2.113.380	Rp2.205.230	Rp2.296.827	Rp2.388.137	Rp2.479.123	Rp2.569.748	Rp2.659.974	Rp2.749.762
Penjualan plastik keras (Emberan)	Rp2.769.562	Rp2.908.900	Rp3.048.011	Rp3.186.843	Rp3.325.346	Rp3.463.469	Rp3.601.159	Rp3.738.360	Rp3.875.017	Rp4.011.072	Rp4.146.467
Penjualan kardus	Rp2.099.036	Rp2.204.640	Rp2.310.071	Rp2.415.291	Rp2.520.262	Rp2.624.945	Rp2.729.299	Rp2.833.283	Rp2.936.855	Rp3.039.970	Rp3.142.585
Penjualan duplex	Rp131.190	Rp137.790	Rp144.379	Rp150.956	Rp157.516	Rp164.059	Rp170.581	Rp177.080	Rp183.553	Rp189.998	Rp196.412
Penjualan botol kaca	Rp255.091	Rp267.925	Rp280.738	Rp293.525	Rp306.282	Rp319.004	Rp331.686	Rp344.323	Rp356.909	Rp369.441	Rp381.911
Penjualan logam campuran	Rp1.771.062	Rp1.860.165	Rp1.949.123	Rp2.037.902	Rp2.126.471	Rp2.214.797	Rp2.302.846	Rp2.390.583	Rp2.477.971	Rp2.564.975	Rp2.651.556
Penjualan larva kering	Rp493.416.000	Rp518.240.154	Rp543.023.549	Rp567.757.416	Rp592.432.749	Rp617.040.307	Rp641.570.608	Rp666.013.923	Rp690.360.273	Rp714.599.422	Rp738.720.876
Penjualan kompos	Rp70.322.400	Rp73.860.376	Rp77.392.544	Rp80.917.652	Rp84.434.418	Rp87.941.525	Rp91.437.620	Rp94.921.319	Rp98.391.198	Rp101.845.798	Rp105.283.625
Iuran Pelanggan	Rp43.200.000	Rp45.360.000	Rp47.520.000	Rp49.680.000	Rp51.840.000	Rp54.000.000	Rp56.160.000	Rp58.320.000	Rp60.480.000	Rp62.640.000	Rp64.800.000
Total Pendapatan	Rp617.025.435	Rp648.055.052	Rp679.037.268	Rp709.961.884	Rp740.818.427	Rp771.596.151	Rp802.284.027	Rp832.870.742	Rp863.344.690	Rp893.693.967	Rp923.906.369

4.17.4 Cost Benefit Analysis

Cost benefit analisis pada perencanaan pengembangan TPS 3R Rahayu dilakukan dengan 2 metode, yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Net present value* (NPV). Metode BCR dilakukan dengan membandingkan nilai manfaat (*benefit*) dan *cost* (biaya) dari kegiatan. Sedangkan metode NPV dilakukan dengan mengurangi pendapatan dengan biaya investasi, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.

4.17.4.1 Benefit Cost Ratio

Nilai *Benefit Cost Ratio* dihitung dari nilai *benefit* dan nilai *cost*. Nilai manfaat (*benefit*) terdiri dari manfaat langsung dan manfaat tidak langsung, sedangkan nilai biaya (*cost*) terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen nilai manfaat dan biaya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.26 Komponen Manfaat dan Biaya

Nilai	Komponen	Kode
Manfaat Langsung	Hasil penjualan kompos	B1
	Hasil penjualan produk larva kering	B2
	Hasil penjualan sampah lapak	B3
	Iuran Pelanggan	B4
	Pengurangan biaya sampah yang diangkut ke TPA	B5
Manfaat tidak langsung	Pengurangan gas CO ₂ akibat pengangkutan sampah ke TPA	B6
Biaya langsung	Biaya konstruksi	C1
	Biaya pengadaan alat	C2
	Biaya operasional	C3
	Biaya pemeliharaan	C4
Biaya Tidak Langsung	Biaya akibat Pencemaran	C5

Masing masing komponen diatas kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai *Net cost* dan *Net benefit*.

a. *Net benefit*

Nilai dari *net benefit* merupakan hasil penjumlahan dari hasil penjualan kompos (B1), hasil penjualan produk larva kering (B2), hasil penjualan sampah lapak (B3), Iuran Pelanggan (B4), pengurangan sampah yang diangkut ke TPA (B5), dan pengurangan gas CO₂ akibat pengangkutan ke TPA (B6). Manfaat dari pengurangan sampah dihitung melalui persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah sampah} &= 909,3 \text{ kg/hari} \\
 \text{Densitas sampah campuran} &= 205,11 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{Vol sampah masuk} &= \frac{909,3 \text{ kg/hari}}{205,11 \text{ kg/m}^3} = 4,43 \text{ m}^3 \\
 \text{Vol Sampah tak termanfaatkan} &= (\% \text{sampah karet} + \% \text{sampah kayu} + \% \text{sampah kain} \\
 &+ \% \text{residu}) \times \text{Vol sampah} \\
 &= (0,5\% + 1,167\% + 2,1\%) \times 4,43 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,167 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Persentase sampah organik	= (% sampah makanan + % sampah kebun) x jumlah sampah = (56,867% + 26,667%) x 909,3 kg/hari = 759,57 kg/hari
Jumlah residu kompos	= % residu kompos x jumlah sampah organik = 11,07% x 759,57 kg/hari = 84,08 kg/hari
Densitas sampah residu	= 433,58 kg/m ³
Vol sampah residu kompos	= $\frac{84,08 \text{ kg/hari}}{433,58 \text{ kg/m}^3} = 0,194 \text{ m}^3/\text{hari}$
Vol sampah diangkut ke TPA	= 0,167 m ³ + 0,194 m ³ /hari = 0,361 m ³ /hari
Selisih Vol sampah	= 4,43 m ³ /hari - 0,361 m ³ /hari = 4,069 m ³ /hari
Biaya angkut kontainer (6 m ³)	= Rp 100.000
Pengurangan biaya	= $\frac{4,069 \text{ m}^3/\text{hari}}{6 \text{ m}^3} \times \text{Rp } 100.000$ = Rp 67.816 /hari = Rp 24.414.000/tahun

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui manfaat pengurangan biaya pengangkutan sebesar Rp 24.414.000/tahun. Sedangkan untuk menentukan nilai manfaat dari pengurangan gas CO₂ akibat pengangkutan ke TPA oleh truk armroll dihitung menggunakan persamaan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010 sebagai berikut.

Konsumsi energi	= (jarak x konsumsi bahan bakar x pengurangan jumlah pengangkutan) x nilai kalor = (13 km x 0,53 liter/km x 20/bulan) x 36 x 10 ⁻⁶ TJ/L = 0,005 TJ/bulan = 0,06 TJ/tahun
Emisi CO ₂	= konsumsi energi (TJ/tahun) x Faktor emisi BBM Solar (kg/TJ) = 0,06 TJ/tahun x 74.100 kg/TJ = 4.446 kg/tahun = 4,446 ton/tahun

Nilai emisi tersebut kemudian dikonversikan menjadi harga emisi dengan pendekatan harga berdasarkan USEPA (2016), untuk 1 ton CO₂ pada 2032 adalah 16,8 USD. Maka diketahui manfaat tidak langsung pengurangan CO₂ adalah 74,69 USD/tahun atau Rp 1.142.307/tahun. Maka selanjutnya seluruh nilai *benefit* dihitung melalui persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Net benefit} &= B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 \\
 &= \text{Rp } 105.283.624/\text{tahun} + \text{Rp } 738.720.876/\text{tahun} + \text{Rp } 15.101.867/\text{tahun} + \\
 &\quad \text{Rp } 64.800.000/\text{tahun} + \text{Rp } 24.414.000/\text{tahun} + \text{Rp } 1.142.307/\text{tahun} \\
 &= \text{Rp } 949.462.674 /\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan nilai *net benefit* adalah Rp 949.462.674 /tahun.

b. *Net cost*

Nilai dari *net cost* merupakan hasil penjumlahan dari biaya konstruksi (C1), biaya pengadaan alat (C2), biaya operasional (C3), biaya pemeliharaan (C4), dan biaya akibat pencemaran (C5). Karena kegiatan komposting pada TPS 3R dilakukan pada fasilitas tertutup dan tidak menimbulkan pencemaran, maka biaya tambahan untuk menangani pencemaran diasumsikan Rp 0. Maka selanjutnya seluruh nilai *benefit* dihitung melalui persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Net cost} &= C1 + C2 + C3 + C4 + C5 \\ &= \text{Rp } 25.161.570 + \text{Rp } 229.279.320/\text{tahun} + \text{Rp } 411.827.472 /\text{tahun} + \text{Rp} \\ &\quad 3.319.356 /\text{tahun} + \text{Rp } 0 /\text{tahun} \\ &= \text{Rp } 669.587.718 /\text{tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan nilai *net cost* adalah Rp 669.587.718/tahun. Total biaya *net benefit* dan *net cost* kemudian dihitung menjadi nilai *Present value* (PV) untuk mendapatkan nilai biaya saat ini. Perhitungan dilakukan berdasarkan nilai suku bunga sebesar 9 % selama 10 tahun beroperasinya TPS 3R. Maka biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{PV Net cost} &= A (P/A; 9\%; 10) \\ &= \text{Rp } 669.587.718 \times 6,418 \\ &= \text{Rp.}4.297.413.974 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PV Net benefit} &= A (P A; 9\%; 10) \\ &= \text{Rp } 949.462.674 \times (6,418) \\ &= \text{Rp. } 6.093.651.447 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai PV *net cost* dan PV *net benefit*, maka dengan menggunakan Persamaan 3.10 diketahui nilai BCR sebesar 1,42. Hal ini menunjukkan bahwa total manfaat lebih besar dari pada total biaya yang dikeluarkan, sehingga rencana pengembangan pengolahan sampah organik menggunakan fasilitas komposting BSF layak untuk dilaksanakan.

4.17.4.2 *Net present value* (NPV)

Analisa NPV dilakukan untuk melihat kelayakan finansial dalam rencana pengembangan fasilitas TPS 3R. Penentuan nilai NPV didapat dari selisih antara PV nilai manfaat dan PV nilai *cost*. Analisa NPV hanya memperhatikan nilai manfaat dan *cost* secara langsung. Sehingga untuk aspek manfaat atau *cost* tidak langsung dapat diabaikan untuk menentukan besar keuntungan yang didapat oleh TPS 3R. Jika nilai NPV < 0 maka kelayakan finansial dan ekonomi rencana pengembangan tidak layak dijalankan. Jika nilai NPV = 0 berarti besar manfaat yang didapat cukup untuk membayar *cost* selama umur proyek berjalan, namun masih membutuhkan pertimbangan lain. Jika nilai NPV > 0 maka total manfaat yang diterima lebih besar dari pada nilai *cost*, sehingga proyek dianggap menguntungkan. Analisa NPV dihitung melalui persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Net benefit} &= B1 + B2 + B3 + B4 + B5 \\ &= \text{Rp } 105.283.624/\text{tahun} + \text{Rp } 738.720.876/\text{tahun} + 15.101.867/\text{tahun} + \text{Rp} \\ &\quad 64.800.000/\text{tahun} + \text{Rp } 24.414.000/\text{tahun} \\ &= \text{Rp. } 948.320.367 /\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PV Net benefit} &= A (P A; 9\%; 10) \\ &= \text{Rp. } 948.320.367 \times (6,418) \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 6.086.320.121$$

$$\begin{aligned} \text{Net cost} &= C1 + C2 + C3 + C4 \\ &= \text{Rp } 25.161.570/\text{tahun} + \text{Rp } 229.279.320/\text{tahun} + \text{Rp } 411.827.472 /\text{tahun} + \\ &\text{Rp } 3.319.356 /\text{tahun} \\ &= \text{Rp } 669.587.718 /\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PV Net cost} &= A (P/A; 9\%; 10) \\ &= \text{Rp } 669.587.718 \times 6,418 \\ &= \text{Rp.}4.297.413.974 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{Pv net benefit} - \text{PV net cost} \\ &= \text{Rp. } 6.086.320.121 - \text{Rp.}4.297.413.974 \\ &= \text{Rp. } 1.788.906.147 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa nilai NPV > 0. Hal ini berarti pengembangan TPS 3R menguntungkan dan layak secara finansial. Karena potensi pendapatan dari hasil perhitungan sangat besar, maka biaya iuran dari pelanggan dapat diturunkan sampai Rp 0. Tentunya hal ini harus mempertimbangkan kemampuan pelayan TPS 3R, tingkat penjualan produk larva kering dan sampah lapak, serta biaya rencana perluasan lahan apabila terjadi peningkatan jumlah sampah masuk signifikan.

4.18 Analisis Kelembagaan

Sampah adalah masalah yang memerlukan penanganan yang baik. Apabila penanganan sampah tidak dijalankan sebagaimana mestinya, maka akan memberikan dampak terhadap masyarakat maupun lingkungan. Sehingga dalam hal ini aspek kelembagaan merupakan faktor penting untuk keberlangsungan operasional TPS 3R Rahayu. Terdapat 3 unsur yang memberikan pengaruh besar dalam kelembagaan, yaitu partisipasi masyarakat, potensi pasar, dan organisasi.

4.18.1 Partisipasi Masyarakat

Partisipasi masyarakat adalah hal yang paling penting dalam pengelolaan sampah. Tingkat partisipasi masyarakat bergantung pada besarnya pemahaman serta kemauan masyarakat untuk menciptakan lingkungan yang bersih. Maka dari itu, pihak-pihak yang berkepentingan juga perlu turut serta memberikan pemahaman terhadap masyarakat akan manfaat partisipasi dalam menjaga lingkungan sebagai upaya mengantisipasi kerusakan. Semakin tingginya tingkat pemahaman masyarakat, maka semakin tinggi pula kemampuan masyarakat untuk ikut berkontribusi (Yuliastuti *et al.*, 2013). Ada 3 syarat yang perlu dipenuhi agar masyarakat dapat berpartisipasi dalam pembangunan, yaitu adanya kesempatan, adanya kemampuan untuk memanfaatkan kesempatan, dan adanya kemauan (Slamet, 2003).

Kemauan masyarakat adalah kunci dalam pengelolaan sampah. Kemauan masyarakat dapat tercermin dari keterlibatannya dalam penanganan sampah di sumber. Bentuk keterlibatan yang dilakukan dapat bersifat langsung seperti melakukan pemilahan di sumber, melakukan reduksi sampah, dan membersihkan sampah di jalan. Sedangkan bentuk partisipasi tidak langsung dapat berupa mengeluarkan gagasan atau terlibat dalam masalah keuangan seperti membayar petugas pengangkutan sampah.

Berdasarkan data pelanggan, jumlah pelanggan TPS 3R Rahayu mengalami kenaikan. Namun selama bulan Maret-Mei jumlah pelanggan stagnan dan tidak bertambah.

Ketua pengelola TPS 3R Rahayu menuturkan bahwa hal ini disebabkan naiknya iuran yang ditetapkan TP3R Rahayu yang awalnya Rp. 15.000 mejadi Rp. 20.000. Naiknya biaya pengangkutan ini disebabkan kurangnya biaya operasional untuk *maintenance* kendaraan angkut dan gaji petugas. Tentunya hal ini juga berdampak pada kemampuan pelanggan. Namun hal ini dapat diatasi apabila TPS 3R memiliki sumber dana baru.

Adanya pengembangan komposting menggunakan larva BSF, potensi pendapatan yang dihasilkan sangat besar. Sehingga biaya iuran pelanggan dapat diturunkan. Penurunan biaya ini akan menaikkan kembali jumlah pelanggan dan jumlah sampah yang dikelola akan lebih banyak lagi. Terlebih lagi berdasarkan hasil survei dan wawancara yang telah dilakukan, masyarakat sekitar turut mendukung adanya pengolahan sampah organik menggunakan larva BSF. Hal ini dibuktikan dari survei yang telah dilakukan, ada 5 pemasok sampah organik (toko buah dan warung) yang bersedia menyuplai kebutuhan sampah di TPS 3R Rahayu. Selain itu TPS 3R Rahayu juga turut serta terlibat dalam daur ulang sampah organik Sekolah Menengah Kejuruan setempat untuk mendukung program Adiwiyata.



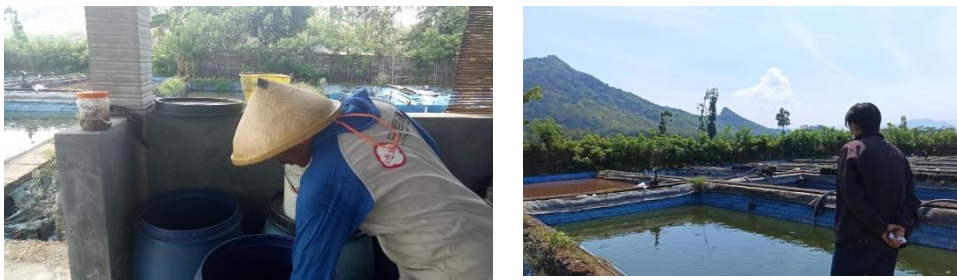
Gambar 4.22 Edukasi Proses Komposting pada Murid SMK

4.18.2 Potensi Pasar

Pertumbuhan penduduk setiap tahunnya akan mempengaruhi jumlah kebutuhan pangan yang akan berdampak pada peningkatan jumlah kebutuhan sumber protein. Hal ini menyebabkan produsen dipacu untuk memenuhinya. Semakin tingginya kebutuhan protein maka kebutuhan akan pakan hewan ternak juga akan mengalami kenaikan. Saat ini produksi pakan didominasi oleh industri dan ketergantungan akan pur dan pelet sangat tinggi, sehingga akan beresiko bagi peternak apabila ada kenaikan harga.

Secara umum larva BSF memiliki nutrisi yang baik untuk hewan ternak, karena memiliki kandungan lemak 29-32%, protein 40-50%, dan bertekstur kenyal (Bosch *et al.*, 2014). Selain itu larva BSF juga memiliki kandungan antimikroba dan anti jamur, sehingga dapat menjaga daya tahan tubuh unggas dari penyakit bakterial dan jamur. Keunggulan BSF ini dapat menjadi peluang untuk mengantisipasi meningkatnya harga dan permintaan pakan ternak dipasaran. Larva BSF juga memiliki harga jual yang relatif lebih murah dari pakan ternak biasa. Jika dibandingkan untuk harga larva kering adalah Rp. 10.000, sedangkan harga pelet ikan adalah Rp. 13.000/kg dan harga pur Rp. 11.000/kg.

Pertumbuhan produksi hewan ternak di Kabupaten Trenggalek mengalami peningkatan. Pada tahun 2020 produksi untuk unggas ayam kampung mengalami peningkatan 11,8%, jenis ayam petelur mengalami peningkatan 10,95%, jenis ayam pedaging mengalami peningkatan 3%, dan itik mengalami peningkatan 9,34% (Kabupaten Trenggalek Dalam Angka, 2021). Disisi lain produksi ikan budidaya air tawar di Kabupaten Trenggalek mencapai 4075,08 ton/tahun (Kabupaten Trenggalek Dalam Angka, 2021). Menurut data tersebut dapat disimpulkan bahwa pangsa pasar pakan ternak di Kabupaten Trenggalek cukup besar. Sedangkan berdasarkan hasil wawancara dengan peternak lele dan pengujian produk larva kering dengan beberapa peternak di Kabupaten Trenggalek, didapatkan respon positif yaitu peternak tertarik untuk menjadikan larva kering sebagai tambahan pakan ternak mereka sebagai sumber nutrisi. Peternak juga bersedia membeli larva kering dalam jumlah besar apabila dapat diproduksi secara stabil setiap harinya.



Gambar 4.23 Kunjungan ke Peternak Lele di Kecamatan Gondang, Trenggalek

4.18.3 Organisasi

Untuk menjalankan pengelolaan sampah di TPS 3R Rahayu dibentuklah Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) diluar struktur kerja TPS 3R. Kelompok ini bertanggung jawab atas program pengembangan dan pengelolaan sanitasi (DAK). Tugas utama kelompok swadaya adalah mengkoordinasi perencanaan kegiatan pelaksanaan swakelola pemeliharaan dan memimpin pelaksanaan tugas tim yang telah dibentuk dan kegiatan rapat yang diperlukan dalam rangka koordinasi. Struktur kelompok KSM terdiri dari ketua yang merangkap sebagai ketua dalam struktur kerja, seksi iuran pengguna, seksi pengoperasian dan pemeliharaan, dan seksi penyuluhan kesehatan. Rincian tugas adalah sebagai berikut.

- | | | |
|------------------------------------|---|---|
| Ketua | : | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengkoordinasikan perencanaan kegiatan pelaksanaan swakelola pemeliharaan 2. Memimpin pelaksanaan tugas tim yang telah dibentuk dan kegiatan rapat yang diperlukan. |
| Seksi Iuran Pengguna | : | <ol style="list-style-type: none"> 1. Membicarakan besaran iuran pemanfaat sarana 2. mengumpulkan iuran, membuat perencanaan belanja, membukukan dan melaporkan keuangan secara rutin |
| Seksi Pengoperasian & Pemeliharaan | : | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengoperasikan dan memelihara sarana fisik sanitasi lingkungan 2. Mengembangkan mutu pelayanan dan jumlah sarana pengguna |
| Seksi Penyuluhan Kesehatan | : | <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan kampanye tentang kesehatan rumah tangga dan lingkungan 2. Mengedukasi masyarakat akan pentingnya reduksi dan pengolahan sampah |

BAB 5

KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengelolaan eksisting sampah pada TPS 3R Rahayu terdiri dari pewadahan, pengumpulan, pemilahan, dan komposting. Sedangkan sisa sampah tidak terpilah dan residu akan diangkut ke TPA 1-2 hari sekali.
 - a. Pewadahan
Jenis wadah yang digunakan telah sesuai yaitu tidak mudah rusak, kedap air, mudah dikosongkan, dan terjangkau oleh masyarakat. Namun pembuangan sampah masih tercampur pada 1 wadah, sehingga belum sepenuhnya memenuhi SNI 19-2452-2002.
 - b. Pengumpulan
Pengumpulan dilaksanakan sesuai jadwal oleh 2 orang petugas menggunakan gerobak motor roda tiga untuk melayani 3 daerah layanan.
 - c. Pemilahan
Proses pemilahan yang dilakukan dinilai kurang maksimal. Hal ini karena 2 orang petugas pemilahan juga merangkap sebagai petugas komposting. Selain itu fasilitas pemilahan dan alat penunjang pemilahan juga tidak tersedia.
 - d. Komposting
Komposting menggunakan metode bata berongga. Pengolahan kompos yang dijalankan kurang efektif. Karena proses pematangan kompos membutuhkan waktu yang lama dan tidak ada petugas khusus untuk mengelola proses komposting.
2. Timbulan sampah rata-rata TPS 3R Rahayu adalah 632,67 kg/hari dengan nilai densitas sampah campuran sebesar 205,2 kg/m³. Timbulan sampah didominasi oleh sampah organik dengan persentase 84 % dengan densitas sampah organik 360 kg/m³. Dari timbulan sampah organik, terdapat 59% sampah yang dapat menjadi media BSF dan 41% sampah untuk komposting bata berongga.
3. Proyeksi menunjukkan bahwa kapasitas sampah yang dapat dikelola TPS 3R Rahayu pada akhir tahun rencana adalah 909,31 kg/hari, dengan hasil analisis sebagai berikut:
 - a. Analisis mass balance pada rencana pengembangan TPS 3R menunjukkan dari jumlah sampah masuk 632,67 kg/hari (100%) akan berpotensi dihasilkan kompos sebanyak 152,8 kg/hari (28,94 %), produk larva 274,63 kg/hari (51,97%), sampah lapak 34,37 kg/hari (5,43%), dan residu yang dibuang ke TPA 140,06 kg/hari (22,14%). Untuk melaksanakan pengembangan, TPS 3R membutuhkan dana investasi awal sebesar Rp 25.161.570, dana operasional Rp. 411.827.472/tahun, dan dana pemeliharaan Rp. 3.319.356/tahun. Disisi lain TPS 3R Rahayu akan menghasilkan potensi pendapatan sebesar Rp. 948.320.367 /tahun. Sehingga dana iuran dari pelanggan dapat diturunkan sampai Rp 0 dengan beberapa pertimbangan tertentu.
 - b. Analisis kelembagaan dan analisis finansial menunjukkan rencana pengembangan TPS 3R Rahayu dinilai baik untuk dilaksanakan. Hal ini karena rencana pengembangan dapat meningkatkan partisipasi masyarakat, memiliki

potensi keuntungan secara ekonomi, dan dapat bertahan dengan pengelolaan organisasi yang baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, saran yang diberikan berupa:

1. Perlu dilakukan sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat untuk turut serta melakukan reduksi sampah di sumber dengan mengurangi pemakaian kemasan sekali pakai, mengurangi penggunaan kertas, dan mendaur ulang sampah organik sebagai pupuk kompos.
2. Menerapkan pemilahan sampah di sumber menggunakan jenis wadah sesuai jenis sampah berdasarkan Permen PU No.3 tahun 2013. Hal ini turut memudahkan proses pemilahan di TPS 3R nantinya.
3. Diperlukan manajemen pengelolaan yang baik serta dukungan dari dinas PKPLH serta masyarakat untuk memastikan keberlangsungan TPS 3R. Dukungan dari Dinas PKPLH memberikan dampak besar terutama dalam mengedukasi masyarakat agar sadar pentingnya pengolahan sampah yang benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, H., Ainun, S. and Halomoan, N. (2018) 'Angkut Dan Sumber Sampah Di Tpa Jalupang Kabupaten Karawang] [Studi Of Waste Density Based On Conveyance And Sources Of Waste In Jalupang Landfill Of Karawang District] pengelola TPA Jalupang yaitu bentuk timbunan sampah yang tidak terasering yang TPA', *Jurnal Teknik Lingkungan*, 24(April), pp. 21–31.
- Alizahatie, H. (2019) 'Budidaya Black Soldier Fly Dengan Memanfaatkan Limbah Rumah Tangga Sebagai Alternatif Pakan Ikan Air Tawar Dan Unggas', *Litbang Pertanian Kota Blitar*, 1(1), pp. 1–30.
- Aleluia J, Ferrão P. (2017). Assessing the *costs* of municipal solid waste treatment technologies in developing Asian countries. *Waste Management*. 69:592-608.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek. (2021). Kabupaten Trenggalek Dalam Angka 2021. Trenggalek: Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek. (2020). Kabupaten Trenggalek Dalam Angka 2020. Trenggalek: Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek.
- Bosch G, Zhang S, Dennis Gabo, Wouter Hh. (2014). Protein Quality Of Insects As Potential Ingredients For Dog And Cat Foods. *J Nutr Sci*. 3:1-4.
- Chaerul, M. and Rahayu, S. A. (2019) 'Cost Benefit Analysis dalam Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah: Studi Kasus Kota Pekanbaru', *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(3), pp. 710–722. doi: 10.29244/jpsl.9.3.710-722.
- Damanhuri, E., Padmi, T., Azhar, N., Meilany, L.T. (1989). *Pengkajian Timbulan Sampah Indonesia*. Pus.Lit.Bang.Pemukian Despt PU-LPM ITB
- Departemen Pekerjaan Umum. (2020) 'Rencana Program Infrastruktur Jangka Menengah Kabupaten Trenggalek Tahun 2016-2020', Bidang Cipta Karya, Kabupaten Trenggalek.
- Dermawan, D., Lahming, L. and S. Mandra, M. A. (2018) 'Kajian Strategi Pengelolaan Sampah', *UNM Environmental Journals*, 1(3), p. 86. doi: 10.26858/uej.v1i3.8074.
- Diclaro, J. W. and Kaufman, P. E. (2018) 'Black soldier fly - *Hermetia illucens*', *University Islam Indonesia*, (2009), pp. 1–5. Available at: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/black_soldier_fly.htm.
- Dortmans, B. *et al.* (2017) *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF): Panduan Langkah-Langkah Lengkap*. Available at: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/Buku_Panduan_BSF_LR.pdf.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997. Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Ekawandani, N. and Kusuma, A. A. (2018) 'Pengomposan Sampah Organik (Kubis dan

- Kulit Pisang) Dengan Menggunakan EM4', *Jurnal TEDC*, 12(1), pp. 38–43.
- FAO. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ghinea C, Gavrilescu M. (2016). *Costs analysis of municipal solid waste management scenarios: IASI-Romania Case Study*. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 24:185-199.
- Hapsari, D. S. A. and Herumurti, W. (2017) 'Laju Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Sukolilo Surabaya', *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). doi: 10.12962/j23373539.v6i2.24623.
- Harahap, E.M.(2020) 'Biokonversi Sampah Organik Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Studi Kasus di TPS Pasar Astana Anyar', *Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung*.
- Harlystiarini. (2017). *Pemanfaatan Tepung Larva Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Pengganti Tepung Ikan pada Ransum Puyuh Petelur (*Cortunix cortunix japonica*)*. Ilmu Nutrisi dan Pakan : Institut Pertanian Bogor.
- Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. Lembaran Negara RI Tahun 2008 Nomor 69. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Iman, A. M. (2018) 'Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Kecamatan Medan Johor Kota Medan'.
- Ismedi (2007) 'Evaluasi sistem pembuangan akhir sampah di TPA Ngadirojo kota Wonogiri', 2001(978).
- Jones, B. M., & Tomberlin, J. K. (2019). *Impact of Larval Competition on Life-History Traits of the Black Soldier Fly (*Diptera: Stratiomyidae*)*. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 505-510.
- KEMENPUPR (2019) 'CK-Spesifikasi Teknis Persampahan-Lampiran A-Spesifikasi Teknis Sektor Persampahaan', *Sibima Konstruksi*, (10), pp. 1–17. Available at: <http://sibima.pu.go.id/mod/resource/view.php?id=2813>.
- Kusuma, P. T., dan Mayasti, N. K. I., (2014), "Analisa Kelayakan Finansial Pengembangan Usaha Produksi Komoditas Lokal: Mie Berbasis Jagung", *Jurnal AGRITECH*, Vol. 34 (2).
- Maula, A. (2020) 'Perencanaan Sistem Pengelolaan Sampah Dengan Partisipasi Masyarakat Di Gampong Serambi Indah, Kecamatan Langsa Barat, Kota Langsa', *Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry*.
- Pradiptyas, D. Pandebesie, E. (2017). Optimization of Material Recovery Facility in Manyar Subdistrict, Gresik. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 8 (2) : 1-6.
- Prajati, G., Padmi, T. and Rahardyan, D. B. (2017) 'Projection of Big Cities Waste Management and Cost Based on Economic and Demographic Factors in Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 97(1). doi: 10.1088/1755-1315/97/1/012014.

- Purnamasari, L., Sucipto, I., Muhlison, W., & Pratiwi, N. (2019). *Komposisi Nutrien Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucent) Dengan Media Tumbuh, Suhu dan Waktu Pengeringan yang Berbeda*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner* (pp. 687-692)
- Puspasari, G. R. and Mussadun (2016) 'Peran Kelembagaan Dalam Pengelolaan Persampahan', *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 12(4), pp. 385–399.
- Potts, D., (2002), *Project Planning and Analysis for Development*, UK : Lynne Rienner Publisher
- Rahim,I.R., Nakayama, H and Shimaoka, T.(2013). *Cost Analysis of Municipal Solid Waste Management in Major Indonesian Cities*. *Journal of Japanese Society of Civil Engineers, Division. G (Environmental Research)* 68: 79– 89.
- Sahil, J., Al Muhdar, M.H.I., Rohman, F. and Syamsuri, I., (2016). Sistem pengelolaan dan upaya penanggulangan sampah di Kelurahan Dufa-Dufa Kota Ternate. *BIOEDUKASI*, 4(2).
- Sheet, E. P. A. F. (2016) 'Social Cost of Carbon', *Higher Education Whisperer*, (December), pp. 1–5. Available at: <http://scholar.aci.info/view/1488df20b53381d035a/15355485d8a00150002>.
- Shively, G. and Galopin, M. (2014) 'An Overview of *Benefit-Cost Analysis* by', (January 2012), pp. 1–8.
- Sipayung, P. Y. E. (2015) 'Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) Sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah Utilization of the Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) Larvae As a Technology Option for Urban Solid Waste Reduction', *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan*, p. 130.
- Slamet M. (2003). *Membentuk Pola Perilaku Manusia Pembangunan*. IPB Press. Bogor.
- Subandriyo, S., Anggoro, D. D. and Hadiyanto, H. (2012) 'Optimasi Pengomposan Sampah Organik Rumah Tangga Menggunakan Kombinasi Aktivator Em4 Dan Mol Terhadap Rasio C/N', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(2), p. 70. doi: 10.14710/jil.10.2.70-75.
- Sucipto, C. D. (2009) 'Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah', *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*, p. 2012.
- Tchobanoglous, G., dan Kreith, F. (2002). *Handbook Of Solid Waste Management*, 2nd edition, McGraw HillInternational Editions, New York.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, Inc
- Trihadiingrum, Y. (2006). *Reduction Potensial Of Domestic Solid Waste In Surabaya City, Indonesia*. *Prod. International Seminar on Sustainacle Sanitation*, Bandung, September 4-6, 2006.
- Wangko, S., 2014. *Hermetia illucens Aspek Forensik, Kesehatan, dan Ekonomi*. *Jurnal Biomedik*, 6(1), pp. 23-29. Wardhana, April Hari. 2016. *Black Soldier Fly (Hermetia*

illucens) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. *Wartazoa* Vol. 26 No. 2 Th. 2016. 9 Juni 2016. Bogor.

Warmadewanthi, IDAA, Wilujeng, S., Pandebesie, E. (2015). Analisis Pengurangan Sampah Rumah Tangga dan Komersial di Kota Surabaya (Studi kasus: Kecamatan Gubeng, Simokerto dan Wonokromo). Prosiding Konferensi Manajemen dan Teknologi Lingkungan ke-5 "Teknologi Hijau menuju Lingkungan Berkelanjutan", Bandung, Indonesia, 23–24 November 2015. Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, OP / GC / 009-1-OP / GC / 009-8.

Widodo, J. and Trihadiningrum Y. Evaluasi Sistem Pembuangan Akhir Sampah Di Kota Trenggalek. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi V. Surabaya 3 Februari 2007

Yuliasuti, I. A. N. Yasa, I. N. M., and Jember, I. N. (2013) 'SAMPAH DI KABUPATEN BADUNG sebagaimana mestinya jelas akan berdampak terhadap pencemaran lingkungan', *E- Ekonomi Bisnis universitas Udayana*, 02, pp. 374–393. Available at: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/EEB/article/view/5380>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Timbulan Sampah

Data Pengukuran:

- Jumlah pelanggan= 250 KK
- Asumsi 1 KK = 5 orang
- Berat sampah hari-1 = 321 kg/ritasi
- Berat sampah hari-2 = 318 kg/ritasi
- Berat sampah hari-3 = 310 kg/ritasi
- Jumlah ritasi per hari = 2 ritasi/hari

Perhitungan:

$$\text{Timbulan sampah hari-1} = \frac{321 \frac{\text{kg}}{\text{ritasi}} \times 2 \text{ ritasi}}{250 \text{ KK} \times 5 \text{ orang/KK}} = 0,513 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\text{Timbulan sampah hari-2} = \frac{318 \frac{\text{kg}}{\text{ritasi}} \times 2 \text{ ritasi}}{250 \text{ KK} \times 5 \text{ orang/KK}} = 0,509 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\text{Timbulan sampah hari-3} = \frac{310 \frac{\text{kg}}{\text{ritasi}} \times 2 \text{ ritasi}}{250 \text{ KK} \times 5 \text{ orang/KK}} = 0,496 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\text{Rata-rata timbulan} = \frac{0,513 \frac{\text{kg}}{\text{orang}} \cdot \text{hari} + 0,509 \frac{\text{kg}}{\text{orang}} \cdot \text{hari} + 0,496 \frac{\text{kg}}{\text{orang}} \cdot \text{hari}}{3} = 0,506 \text{ kg/orang/hari}$$

Lampiran 2. Perhitungan Densitas dan Komposisi Sampah

Perhitungan Densitas Sampah Campuran

Data Pengukuran:

- Berat sampah hari-1 = 321 kg/ritasi
- Berat sampah hari-2 = 318 kg/ritasi
- Berat sampah hari-3 = 310 kg/ritasi
- Volume Kontainer = 1,54 m³

Perhitungan:

$$\text{Densitas sampah hari-1} = \frac{321 \text{ kg}}{1,54 \text{ m}^3} = 208,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitas sampah hari-2} = \frac{318 \text{ kg}}{1,54 \text{ m}^3} = 206,5 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Densitas sampah hari-3} = \frac{310 \text{ kg}}{1,54 \text{ m}^3} = 201,3 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Densitas rata-rata} = \frac{208,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 206,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 201,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3} = 205,4 \text{ kg/ m}^3$$

Perhitungan Densitas Sampah Organik

Data Pengukuran:

- Berat sampah hari-1 = 18,3 kg/ritasi
- Berat sampah hari-2 = 17,59 kg/ritasi
- Berat sampah hari-3 = 18,1 kg/ritasi
- Volume Kontainer = 50 L

Perhitungan:

$$\text{Densitas sampah hari-1} = \frac{18,3 \text{ kg}}{50 \text{ L}} = 366 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitas sampah hari-2} = \frac{17,59 \text{ kg}}{50 \text{ L}} = 351,8 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Densitas sampah hari-3} = \frac{18,1 \text{ kg}}{50 \text{ L}} = 362 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Densitas rata-rata} = \frac{366 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 351,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 362 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3} = 360 \text{ kg/ m}^3$$

Perhitungan Komposisi Sampah

Komposisi	Massa Sampah (kg)			Berat rata-rata (kg/hari)	Persentase (%)
	Hari ke-				
	1	2	3		
Sampah Makanan	52,1	61	57,5	56,87	56,87%
Kebun	30	27	23	26,67	26,67%
Plastik					
- Botol Plastik	0,5	0,4	0,3	0,40	0,40%
- Gelas Plastik	0,3	0,2	0,2	0,23	0,23%
- Plastik Padat Bukan Kemasan (Emberan)	3,1	3	3,4	3,17	3,17%
- Kresek Plastik / Plastik Sekali Pakai	4,2	2,6	5	3,93	3,93%
- Plastik PP Kemasan	2,9	1,8	4,1	2,93	2,93%
Kertas					
- Kardus	0,9	0,9	0,6	0,80	0,80%
- Duplex	0,1	0,1	0,4	0,20	0,20%
Kaca (Botol Kaca)	0	1	0	0,33	0,33%
Kain	4	0,3	2	2,10	2,10%
Karet	1	0	0,5	0,50	0,50%
Kayu	0,5	1	2	1,17	1,17%
Logam Campuran	0,2	0,2	0,5	0,30	0,30%
Residu	0,2	0,5	0,5	0,40	0,40%

Lampiran 3. Proyeksi Penduduk

Data Pertumbuhan Penduduk

Tabel Hasil Data Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk	
	Desa Karang	Desa Kedungsigit
2013	6273	4557
2014	6328	4553
2015	6358	4196
2016	6542	4096
2017	6467	4216
2018	6518	4225
2019	6569	4231
2020	6614	4237

Perhitungan Uji Korelasi Desa Karang dan Desa Kedungsigit

Tabel Hasil Uji Korelasi Metode Aritmatika Desa Karang

ARITMATIKA							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Selisih Tahun)	Y (Selisih penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2013	6273	0	0	0	0	0	0,225995816
2014	6328	1	55	55	1	3025	
2015	6358	2	30	60	4	900	
2016	6542	3	184	552	9	33856	
2017	6467	4	-75	-300	16	5625	
2018	6518	5	51	255	25	2601	
2019	6569	6	51	306	36	2601	
2020	6614	7	45	315	49	2025	
JUMLAH	51669	28	341	1243	140	50633	

Tabel Hasil Uji Korelasi Metode Geometri Desa Karang

GEOMETRIK							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Nomor Tahun)	Y (Jumlah Penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2010	6585	1	8,793	8,79255	1	77,309	-0,2204 84483
2011	6664	2	8,804	17,60895	4	77,519	
2012	7398	3	8,909	26,72689	9	79,370	
2013	6273	4	8,744	34,97604	16	76,458	
2014	6328	5	8,753	43,7637	25	76,610	

GEOMETRIK							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Nomor Tahun)	Y (Jumlah Penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2015	6358	6	8,757	52,54481	36	76,693	
2016	6542	7	8,786	61,50199	49	77,194	
2017	6467	8	8,774	70,19574	64	76,991	
2018	6518	9	8,782	79,04091	81	77,129	
2019	6569	10	8,790	87,90117	100	77,266	
2020	6614	11	8,797	96,76638	121	77,386	
JUMLAH	72316	66	96,690	579,8191	506	849,925	

Tabel Hasil Uji Korelasi Metode *Least square* Desa Karang

LEAST SQUARE							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Nomor Tahun)	Y (Jumlah Penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2013	6273	1	6273	6273	1	39350529	0,93612289 9
2014	6328	2	6328	12656	4	40043584	
2015	6358	3	6358	19074	9	40424164	
2016	6542	4	6542	26168	16	42797764	
2017	6467	5	6467	32335	25	41822089	
2018	6518	6	6518	39108	36	42484324	
2019	6569	7	6569	45983	49	43151761	
2020	6614	8	6614	52912	64	43744996	
JUMLAH	51669	36	51669	234509	204	33381921	

Tabel Hasil Uji Korelasi Metode Aritmatika Desa Kedungsigit

ARITMATIKA							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Selisih Tahun)	Y (Selisih penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2013	4557	0	0	0	0	0	0,291552505
2014	4553	1	-4	-4	1	16	
2015	4196	2	-357	-714	4	127449	
2016	4096	3	-100	-300	9	10000	
2017	4216	4	120	480	16	14400	
2018	4225	5	9	45	25	81	
2019	4231	6	6	36	36	36	
2020	4237	7	6	42	49	36	
JUMLAH	34311	28	-320	-415	140	152018	

Tabel Hasil Uji Korelasi Metode Geometri Desa Kedungsigit

GEOMETRIK							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Nomor Tahun)	Y (Jumlah Penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2010	4625	1	8,439	8,439232	1	71,221	-0,7729 52733
2011	4655	2	8,446	16,89139	4	71,330	
2012	5007	3	8,519	25,55578	9	72,566	
2013	4557	4	8,424	33,69768	16	70,971	
2014	4553	5	8,424	42,11771	25	70,956	
2015	4196	6	8,342	50,05132	36	69,587	
2016	4096	7	8,318	58,22436	49	69,185	
2017	4216	8	8,347	66,77314	64	69,666	
2018	4225	9	8,349	75,13897	81	69,702	
2019	4231	10	8,350	83,50194	100	69,726	
2020	4237	11	8,352	91,86772	121	69,749	
JUMLAH	48598	66	92,308	552,2592	506	774,660	

Tabel Hasil Uji Korelasi Metode *Least square* Desa Kedungsigit

LEAST SQUARE							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (Nomor Tahun)	Y (Jumlah Penduduk)	XY	X ²	Y ²	r
2013	4557	1	4557	4557	1	20766249	- 0,623952 988
2014	4553	2	4553	9106	4	20729809	
2015	4196	3	4196	12588	9	17606416	
2016	4096	4	4096	16384	16	16777216	
2017	4216	5	4216	21080	25	17774656	
2018	4225	6	4225	25350	36	17850625	
2019	4231	7	4231	29617	49	17901361	
2020	4237	8	4237	33896	64	17952169	
JUMLAH	34311	36	34311	152578	204	147358501	

Dari ketiga metode tersebut (metode aritmatik, geometri, dan *least square*) dihimpun nilai korelasi seperti pada tabel berikut.

Tabel Nilai Korelasi dari Ketiga Metode

Metode	Nilai r	
	Desa Karanganyar	Desa Kedungsigit
Aritmatika	0,225995816	0,291552505
Geometrik	0,935837465	-0,616918251
<i>Least square</i>	0,936122899	-0,623952988

Penentuan Nilai a dan b Metode *Least square*

Perhitungan nilai a dan b dihitung menggunakan persamaan

$$P_n = a + (b \cdot t)$$

Dimana :

- t = tambahan tahun dihitung dari tahun dasar
- a = $\frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum y \cdot x)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$
- b = $\frac{n(\sum y \cdot x) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$
- y = Populasi pada tahun ke x setelah tahun dasar (tahun 0)
- x = Tahun dihitung dari tahun dasar

Berdasarkan rumus diatas didapatkan nilai a dan b pada Desa Karanganyar dan Desa Kedungsigit seperti pada tabel berikut.

Tabel Nilai a dan b Proyeksi Penduduk

Desa	a	b
Karanganyar	6244,5	47,58333333
Kedungsigit	4484,035714	-43,36904762

Sehingga didapatkan hasil proyeksi penduduk sebagai berikut.

Tabel Nilai a dan b Proyeksi Penduduk

No	Tahun	Desa	
		Karanganyar	Kedungsigit
1	2021	6626	4138
2	2022	6673	4094
3	2023	6721	4051
4	2024	6768	4007
5	2025	6816	3964
6	2026	6864	3921
7	2027	6911	3877
8	2028	6959	3834
9	2029	7006	3791
10	2030	7054	3747
11	2031	7101	3704

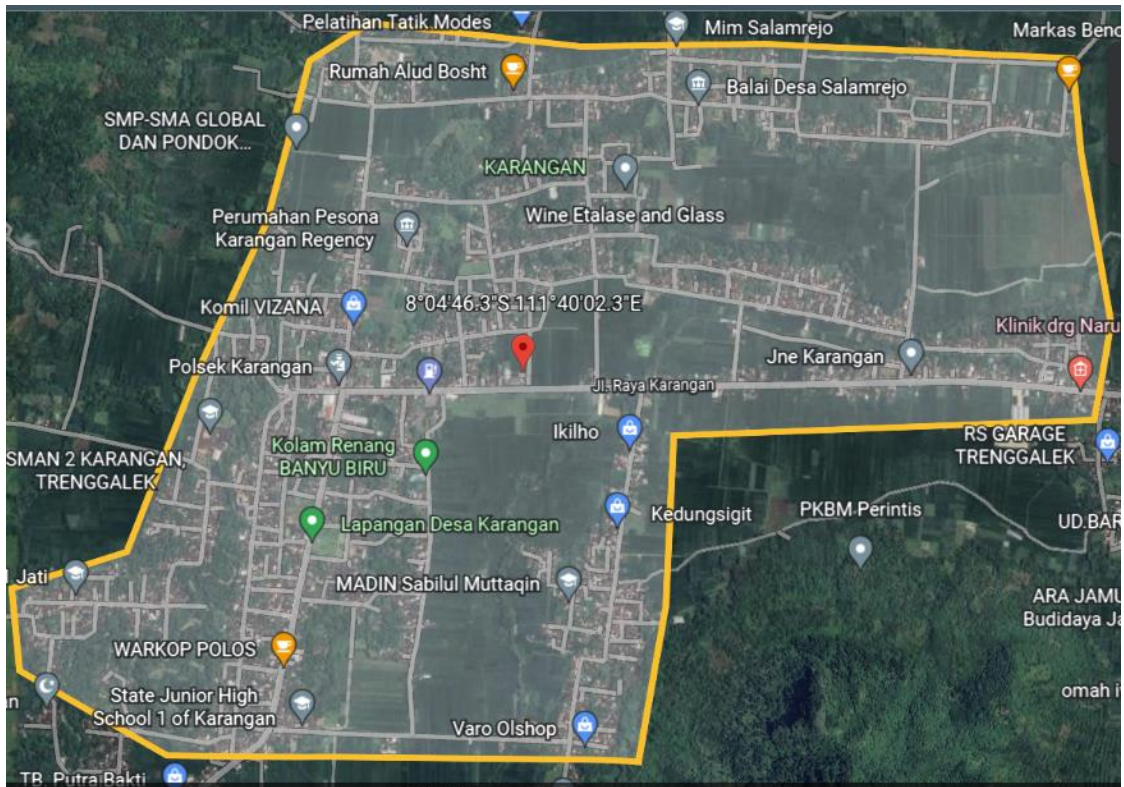
No	Tahun	Desa	
		Karangan	Kedungsigit
12	2032	7149	3661

Lampiran 4. Pengadaan Alat Baru TPS 3R Rahayu

No	Item Kegiatan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Pembongkaran & Pemilahan Sampah				
	Roll Cage trolley	1	unit	Rp870.000	Rp870.000
	Keranjang Bambu	7	unit	Rp55.000	Rp385.000
	Garpu sampah	2	unit	Rp88.000	Rp176.000
	kontainer 1100 L	2	unit	Rp4.700.000	Rp9.400.000
2	Pra pengolahan sampah (pencacahan dan pemilahan ulang)				
	Sekop sampah	2	unit	Rp55.000	Rp110.000
	kontainer ATARI 9919P 63x41x30cm	2	unit	Rp327.000	Rp654.000
3	Komposting BSF				
	Kontainer pengolahan BSF 64 x 43.5 x 22 cm	372	unit	Rp168.000	Rp62.496.000
	Rak Besi Baja Q235B 5 Tingkat	16	set	Rp4.048.438	Rp64.775.008
	Kontainer penetasan telur 64 x 43.5 x 22 cm	144	unit	Rp168.000	Rp24.192.000
	Telur BSF	48	gram	Rp2.750	Rp132.000
	<i>Eggies</i>	63	unit	Rp5.000	Rp315.000
	Dedak	24	kg	Rp5.000	Rp120.000
	lovecage 70 x 70 x 180 cm	7	unit	Rp120.000	Rp840.000
	Kontainer pupasi 570 x 380 x 165 mm	21	unit	Rp139.860	Rp2.937.060
	Mesin Shieve kapasitas 500 kg/jam	1	unit	Rp15.000.000	Rp15.000.000
	Kontainer hasil panen BSF ATARI 9919P 63x41x30cm	3	unit	Rp327.000	Rp981.000
4	Pengolahan Larva Kering				
	Panci perebusan Stock Pot MKS-PP98	1	unit	Rp1.990.000	Rp1.990.000
	Kompore gas Type 5B Automatic	1	unit	Rp851.000	Rp851.000
	Tabung gas 12 kg	1	unit	Rp500.000	Rp500.000
	Selang gas	2	meter	Rp14.000	Rp28.000
	Oven Pengering	1	unit	Rp37.765.260	Rp37.765.260
5	Komposting Bata berongga				
	Sekop sampah	2	unit	Rp55.000	Rp110.000
	Selang	30	m	Rp3.000	Rp90.000
	Mesin jahit karung NP7A SIMARU	1	unit	Rp1.110.000	Rp1.110.000
6	Alat Penunjang				
	Sarung tangan karet	10	pasang	Rp15.000	Rp150.000

No	Item Kegiatan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
	Sepatu boot karet PVC	10	pasang	Rp179.000	Rp1.790.000
	Timbangan duduk manual 150 kg	1	unit	Rp1.375.000	Rp1.375.000
	Gerobak Dorong	1	unit	Rp389.000	Rp389.000

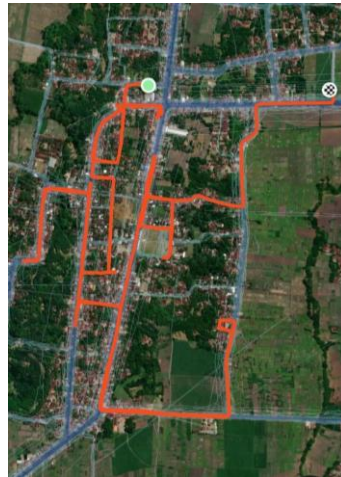
Lampiran 5. Area Pelayanan TPS 3R



Lampiran 6. Dokumentasi Pengambilan Data



Gambar Kondisi Eksisting TPS 3R



Gambar Salah Satu Ritasi yang Dilakukan Petugas Pengumpul Sampah



Gambar Penurunan dan Pemindehan Sampah dari Alat angkut



Gambar Proses Pemilahan Sampah



Gambar Proses Penimbangan Sampah



Gambar Proses Pengukuran Densitas Sampah Organik



Gambar Proses Pencacahan Sampah



Gambar Proses Pengayakan Bahan Kompos



Gambar Pilot Test Budidaya Larva



Gambar Hasil Percobaan Pengeringan Larva

Lampiran 7. Form Asistensi



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

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Surya Adikara Putra
NRP : 0321184000035
Judul : Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	15/02/2022	Asistensi Bab 1 sampai Bab 3 Pemilihan dua aspek yang akan dibahas pada pembahasan, persen recovery factor, perlu adanya perhitungan residu BSF	
2	30/03/2022	Asistensi kerangka Bab 4	
3	11/04/2022	Asistensi Bab 1 sampai Bab 4 Gambaran umum masuk bab 2, layout eksisting, tata kalimat, perhitungan sampah untuk media BSF, skenario desain	
4	15/06/2022	Asistensi perkembangan Bab 4	
5	27/06/2022	Asistensi presentasi, finalisasi laporan, dan gambar teknik Kerapian keterangan di gambar dan spesifikasinya Cek perhitungan biaya operasional utamanya dengan BSF	

Surabaya, 22 Juli 2022
Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil, Ph.D.

Lampiran 8. Berita Acara



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KESUMBUHAN
PROGRAM PASCA SARJANA
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 50111
Telp. 031-5943330, Fax 031-5943387

BERITA ACARA UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR GENAP 2021 / 2022

Pada

Hari, Tanggal : 04 Juli 2021
Jam : 09.30 - 11.00
Tempat : R. 203

telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir :

Judul : Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek

Nama Mahasiswa : Surya Adikara Putra
Nrp. : 03211840000035
Program Studi : S-1 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Keahlian :

Tanda Tangan : 


Dari hasil pengujian dinyatakan :

1. LULUS DENGAN PERBAIKAN MINOR *)
2. TIDAK LULUS

Kejadian selama ujian Tesis :


- Cek Kembali format TA
- Wajikan artikel POMITS

Tim Penguji :

Nama	(Tanda Tangan)
1. Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD	

Pembimbing,

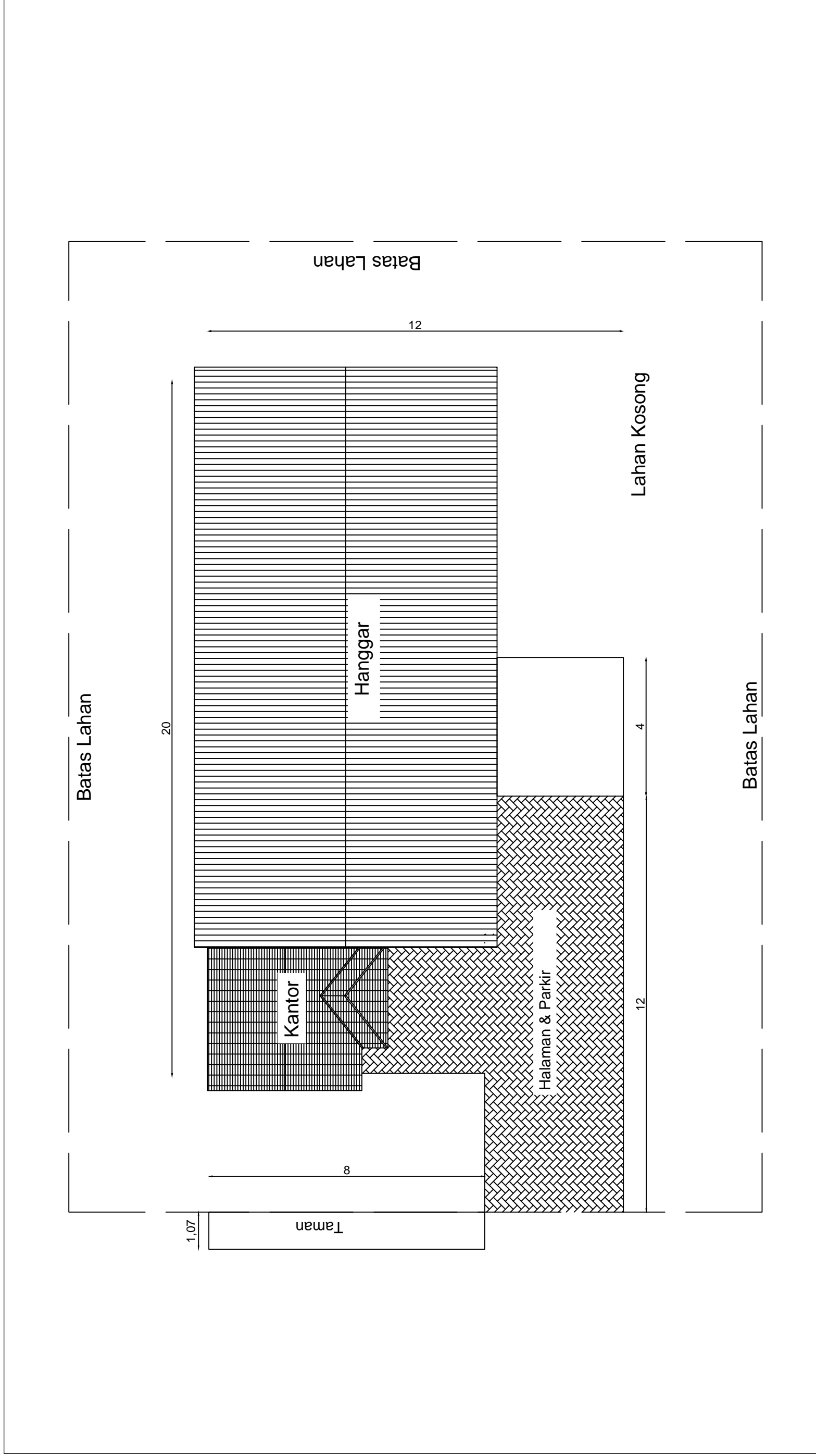

(.....)
Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil, PhD

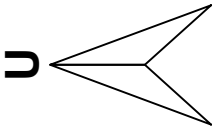

2. Hamrin Sulistyning Titah, ST., MT., PhD	
--	---

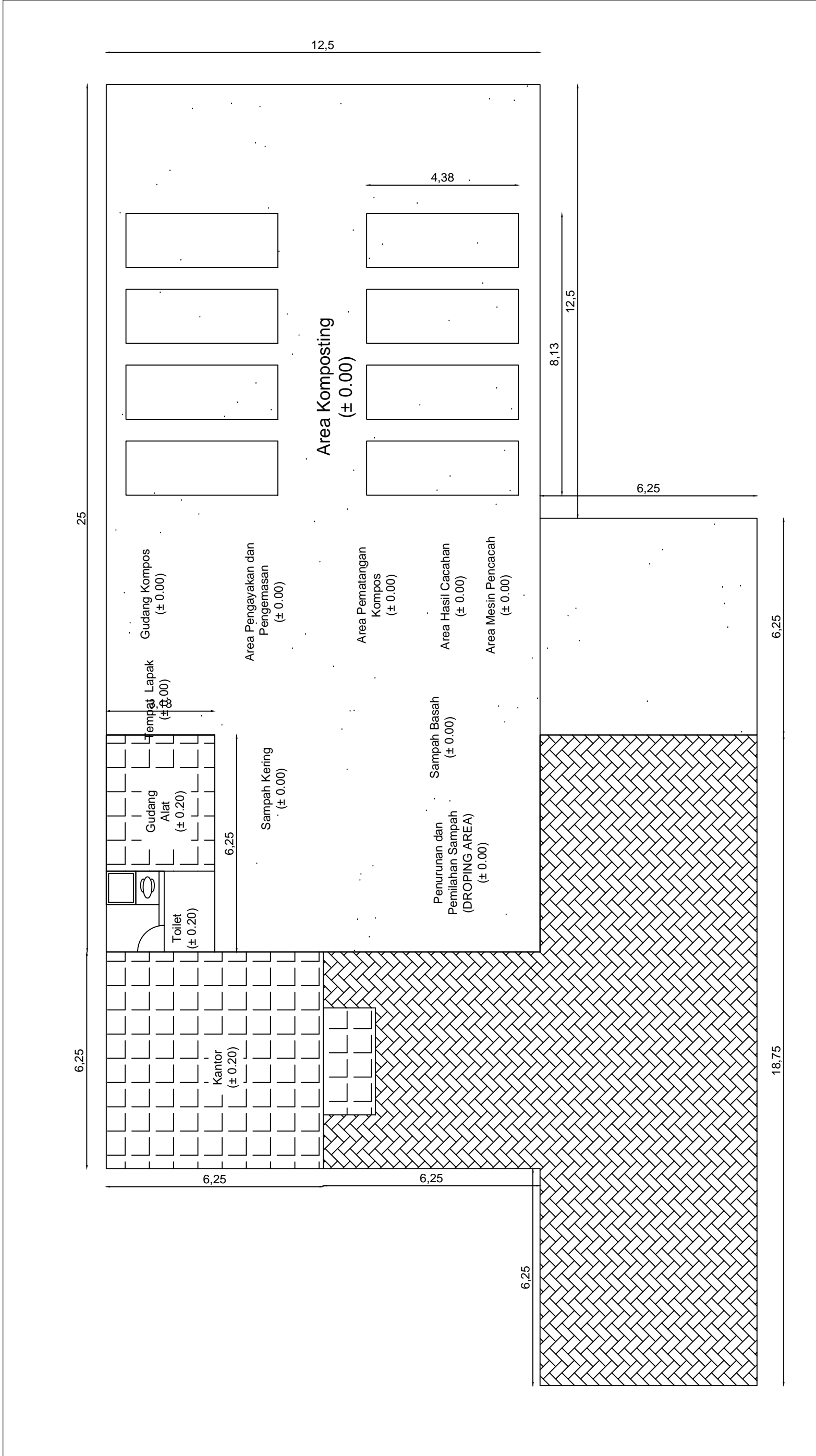
Keterangan:

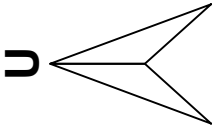

- *) Jangka waktu perbaikan tugas akhir (lingkari salah satu) : 1 - 2 - 3 - 4 minggu.
Apabila waktu tersebut tidak dipenuhi, maka nilai ujian tugas akhir dianggap batal dan mahasiswa yang bersangkutan diwajibkan mengulang ujian lisan.

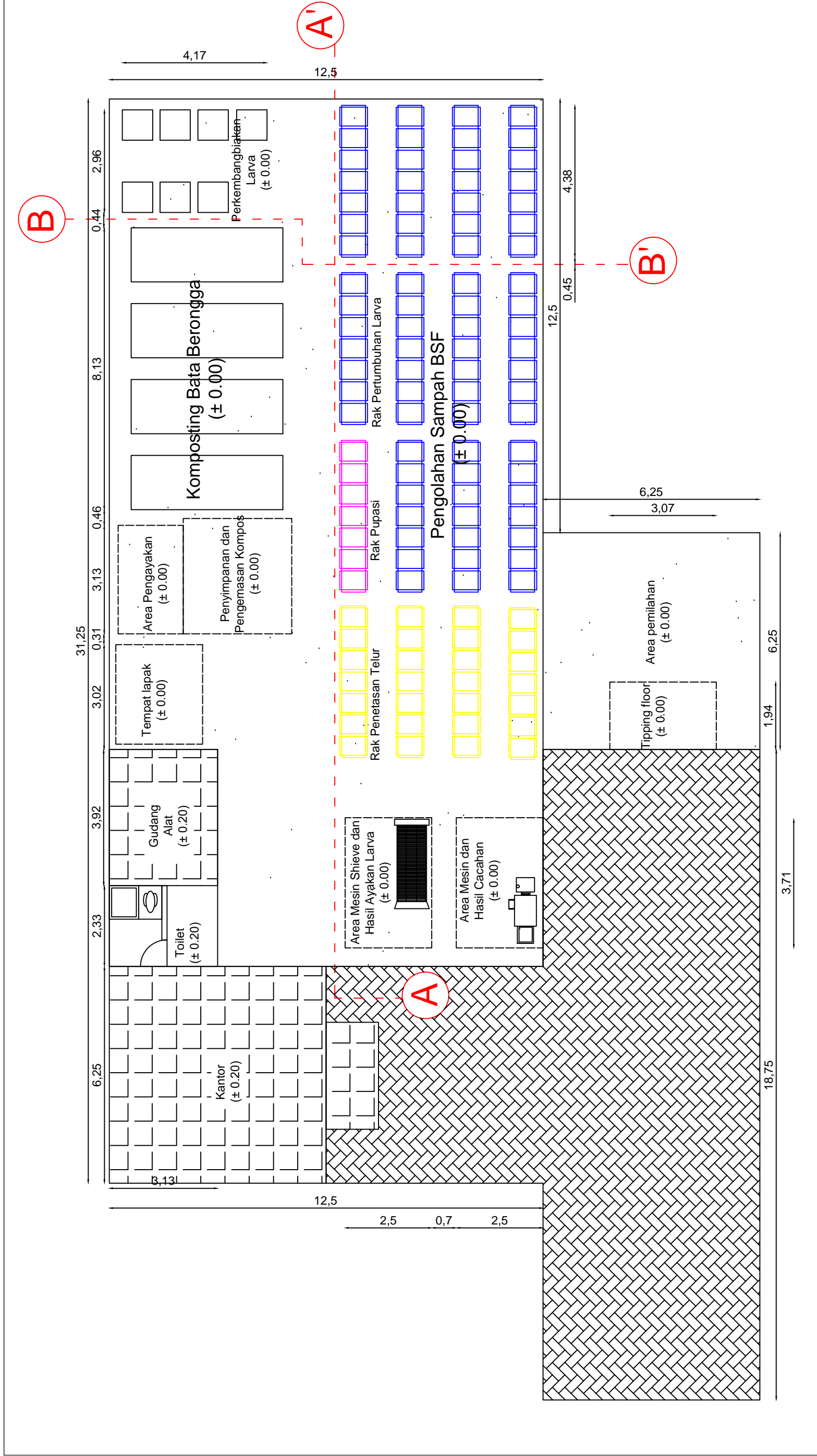
Lampiran 9. Gambar Teknik

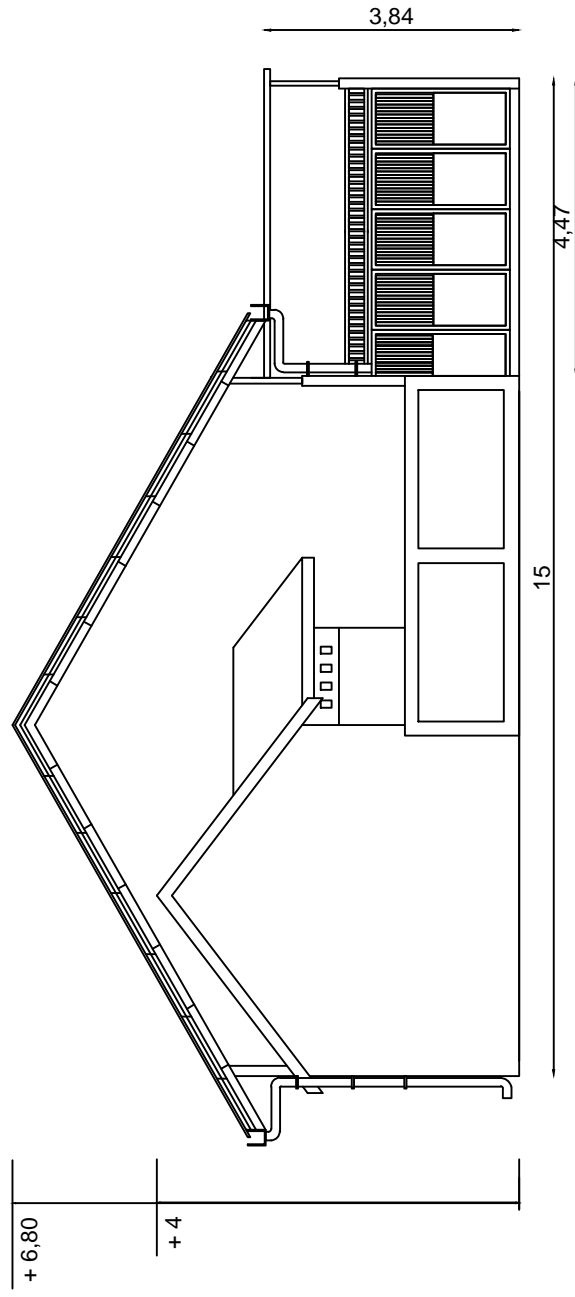


	JUDUL GAMBAR		JUDUL TUGAS AKHIR	
	SITE PLAN TPS3R RAHAYU		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
SKALA GAMBAR		NOMOR GAMBAR		 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022
1 : 125	1	NAMA MAHASISWA		
DOSEN PEMBIMBING		DOSEN PEMBIMBING		
1 : 125		Surya Adikara Putra NRP 0321 1840000035		
1		Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001		

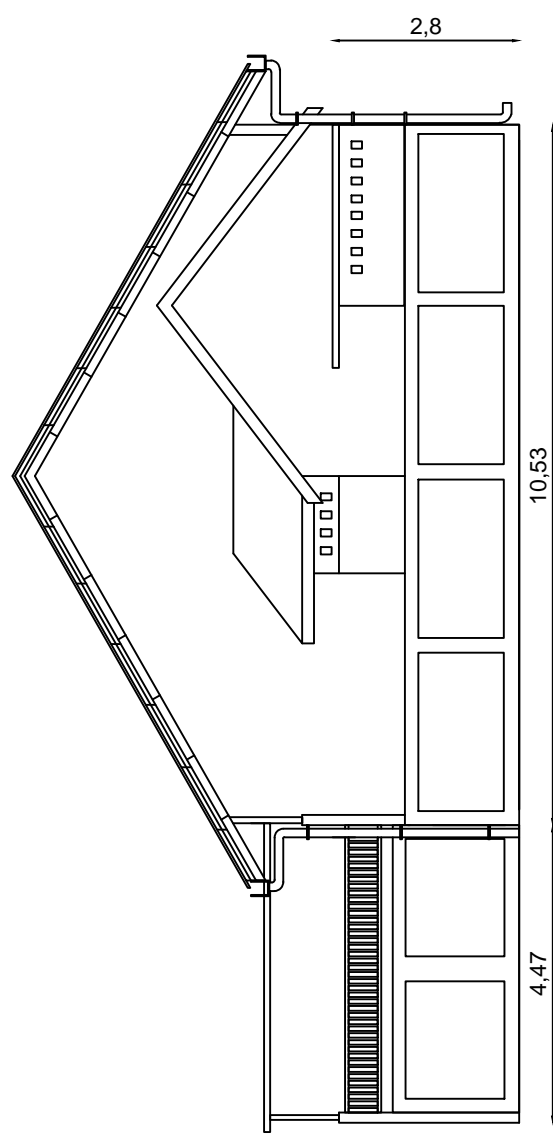


	JUDUL GAMBAR		JUDUL GAMBAR		JUDUL TUGAS AKHIR	
	DENAH EKSTING TPS3R RAHAYU		Surya Adikara Putra NRP 0321 1840000035		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
SKALA GAMBAR	1 : 80	NOMOR GAMBAR	2	DOSEN PEMBIMBING		
				Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001		 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022



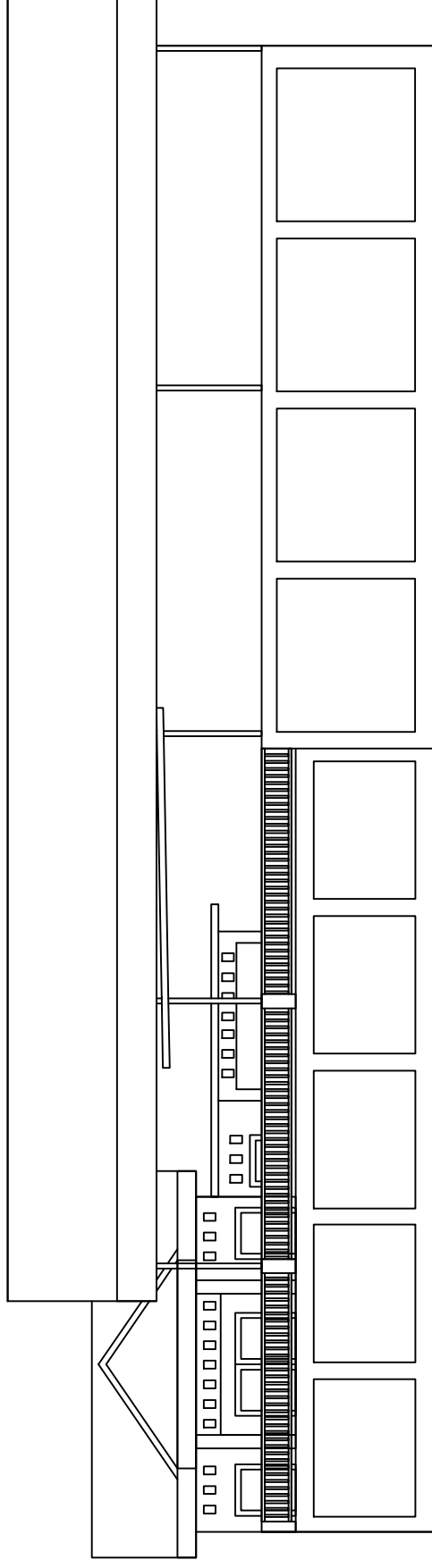


TAMPAK DEPAN

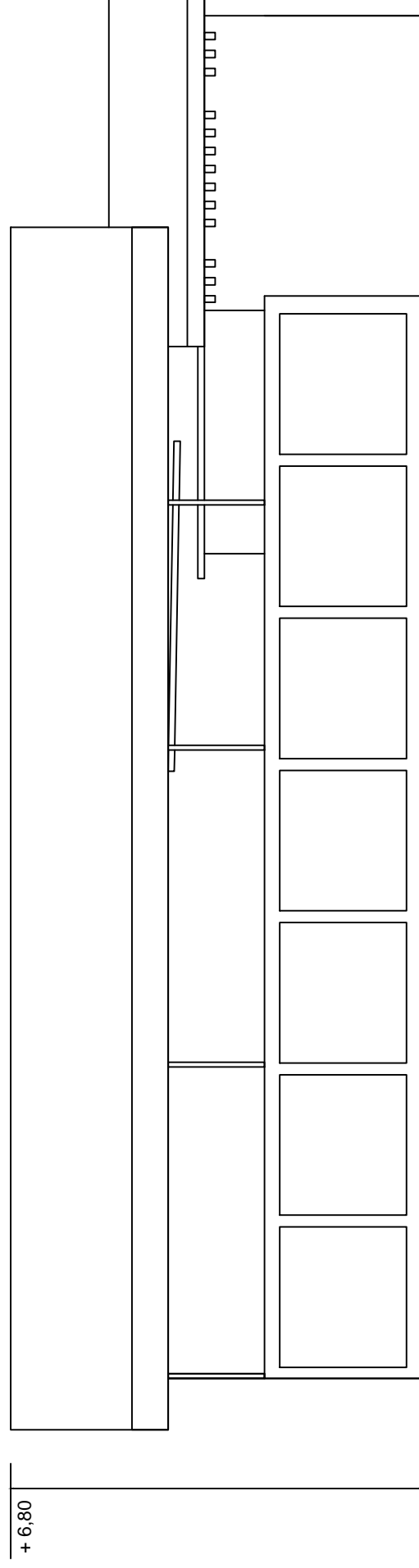


TAMPAK BELAKANG

	JUDUL GAMBAR	<p>GAMBAR TPS 3R TAMPAN DEPAN & BELAKANG</p>	
	JUDUL TUGAS AKHIR	<p>Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek</p>	
	NAMA MAHASISWA	<p>Surya Adikara Putra NRP 0321 1840000035</p>	
	DOSEN PEMBIMBING	<p>Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001</p>	
		SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
		1 : 100	4
		<p>DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022</p>	




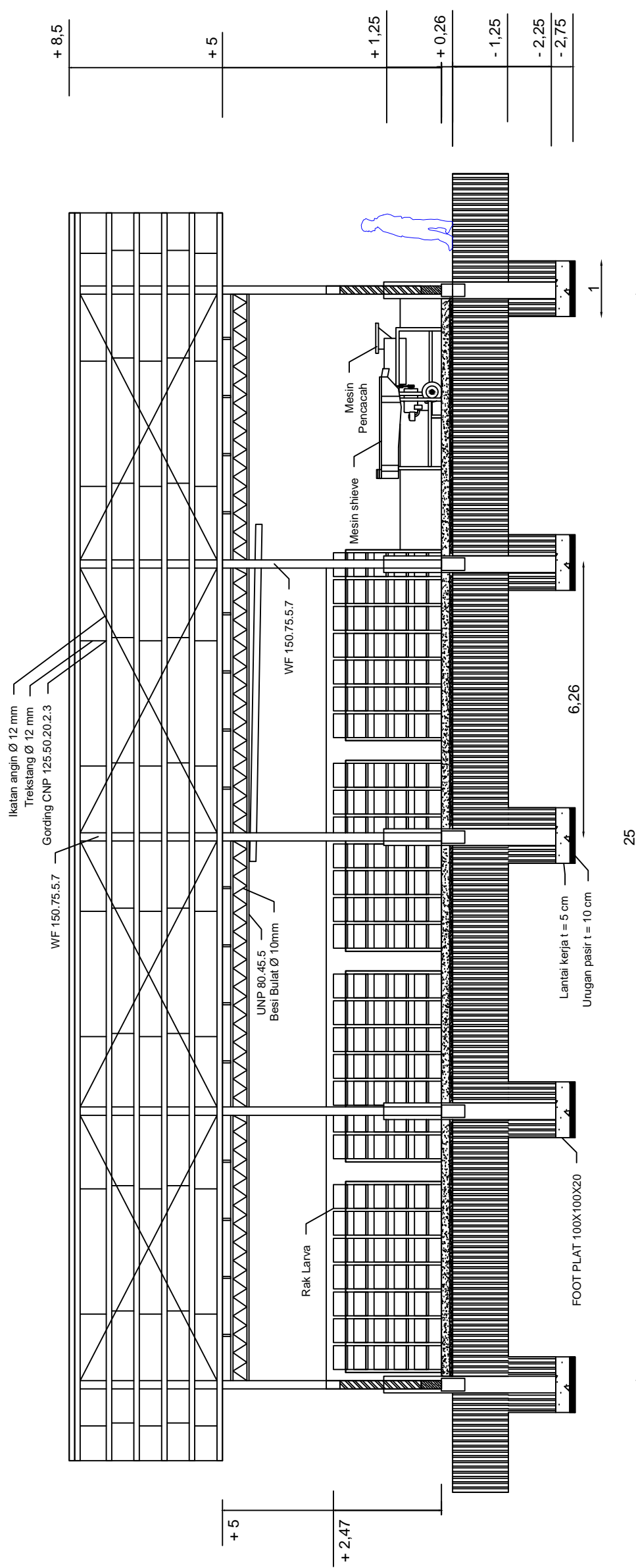
TAMPAK UTARA




TAMPAK SELATAN

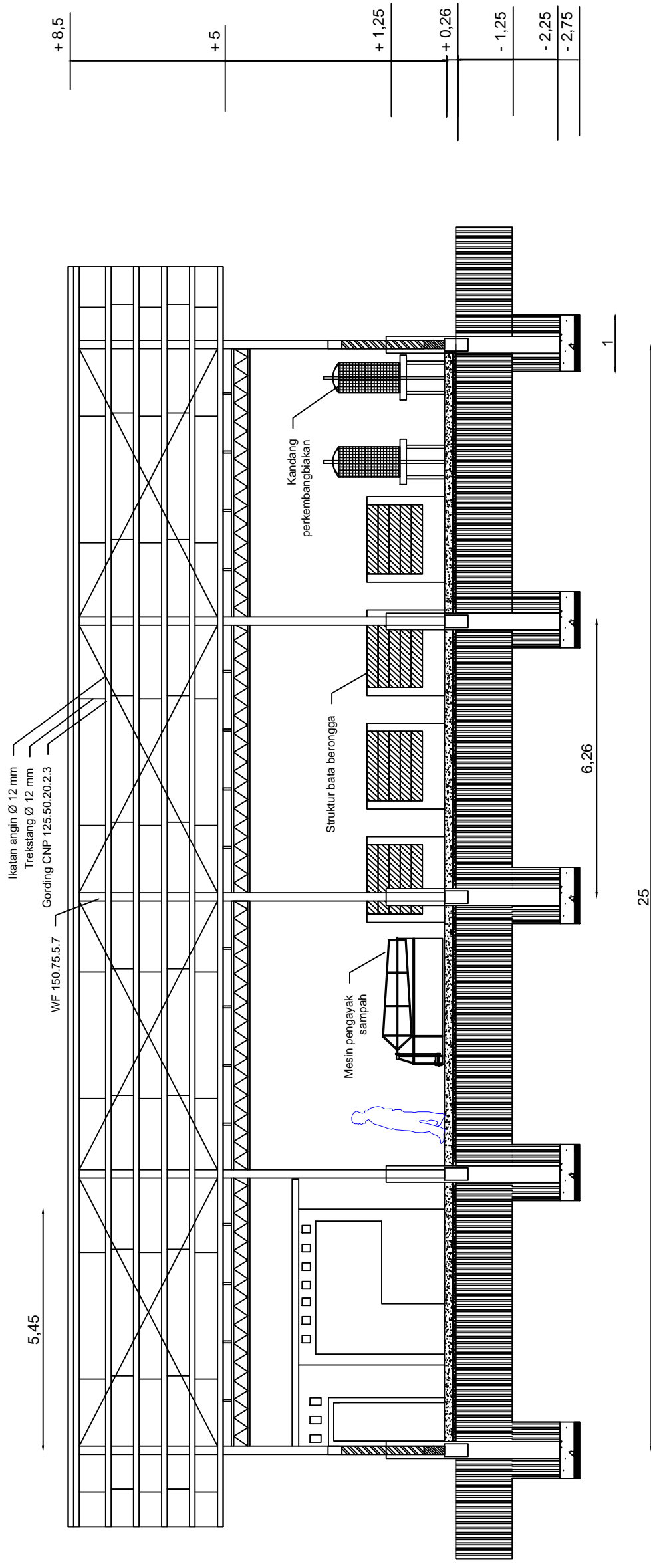
25

JUDUL GAMBAR		NAMA MAHASISWA		JUDUL TUGAS AKHIR	
GAMBAR TPS 3R TAMPAK SAMPING		Surya Adikara Putra NRP 0321 1840000035		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING		 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022	
1 : 100	5	Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001			



25

JUDUL GAMBAR		JUDUL TUGAS AKHIR	
POTONGAN A-A' TAMPAK SELATAN		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
NAMA MAHASISWA		DOSEN PEMBIMBING	
Surya Adikara Putra NRP 03211840000035		Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001	
SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR		
1 : 80	6	DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022	



JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A' TAMPAK UTARA

SKALA GAMBAR

1 : 80

NOMOR GAMBAR

7

NAMA MAHASISWA

Surya Adikara Putra
NRP 0321 1840000035

DOSEN PEMBIMBING

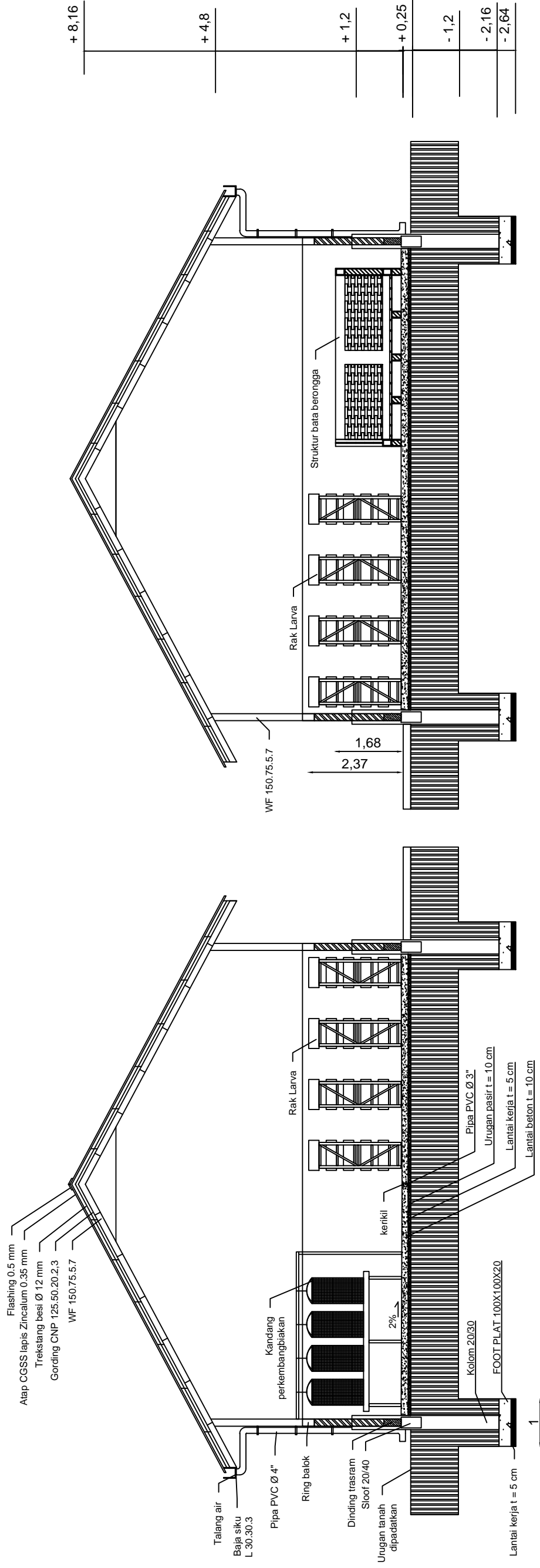
Arseto Yekti Bagastyo S.T.
M.Phil.,Ph.D.
NIP 19820804 200501 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek




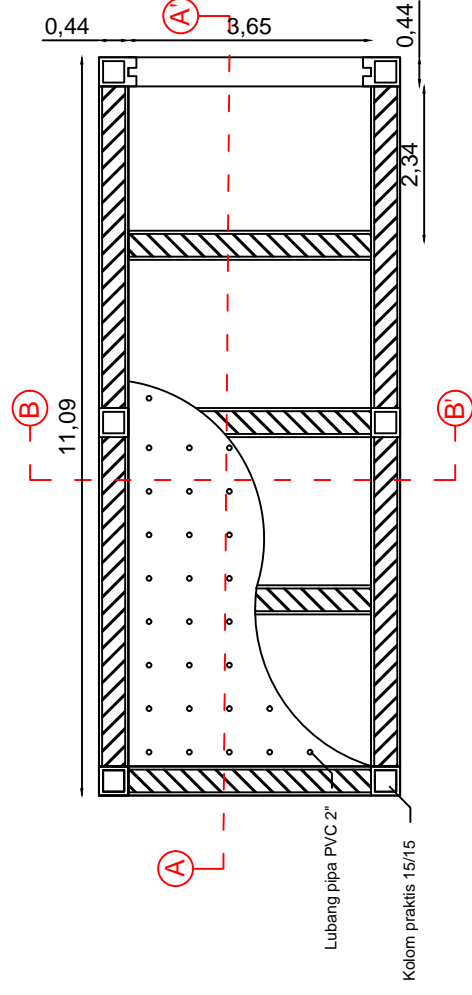
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022



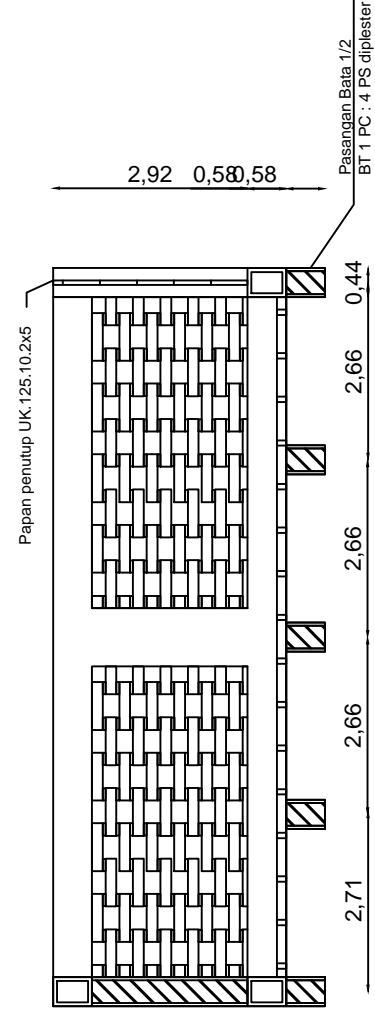
TAMPAK TIMUR

TAMPAK BARAT

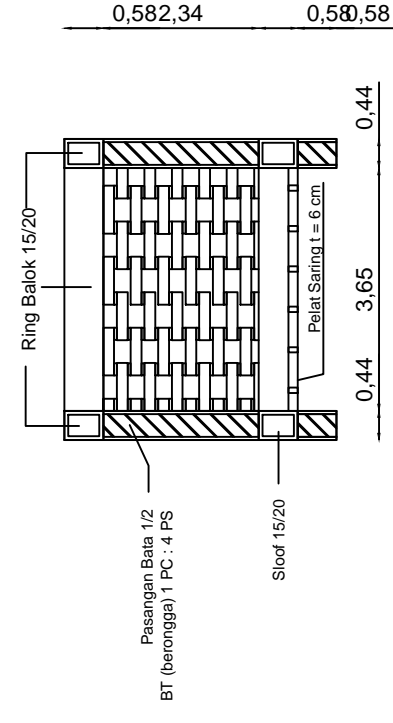
JUDUL GAMBAR		JUDUL TUGAS AKHIR	
POTONGAN B-B' TAMPAK TIMUR & BARAT		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
SKALA GAMBAR 1 : 100		NAMA MAHASISWA Surya Adikara Putra NRP 03211840000035	
NOMOR GAMBAR 8		DOSEN PEMBIMBING Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil., Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001	
		 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022	




DENAH BATA BERONGGA

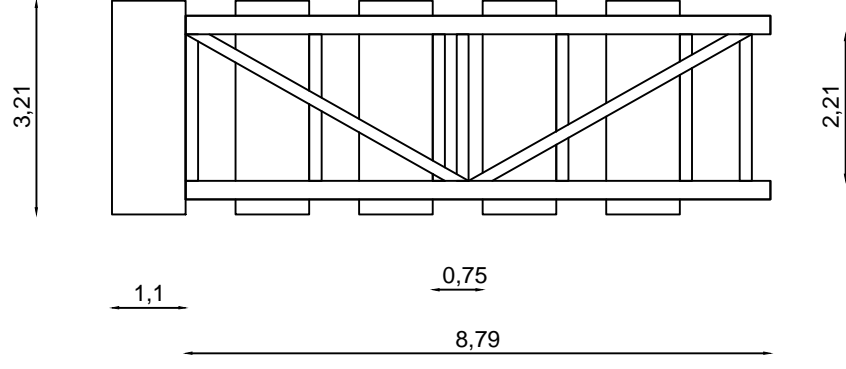


POTONGAN A-A'

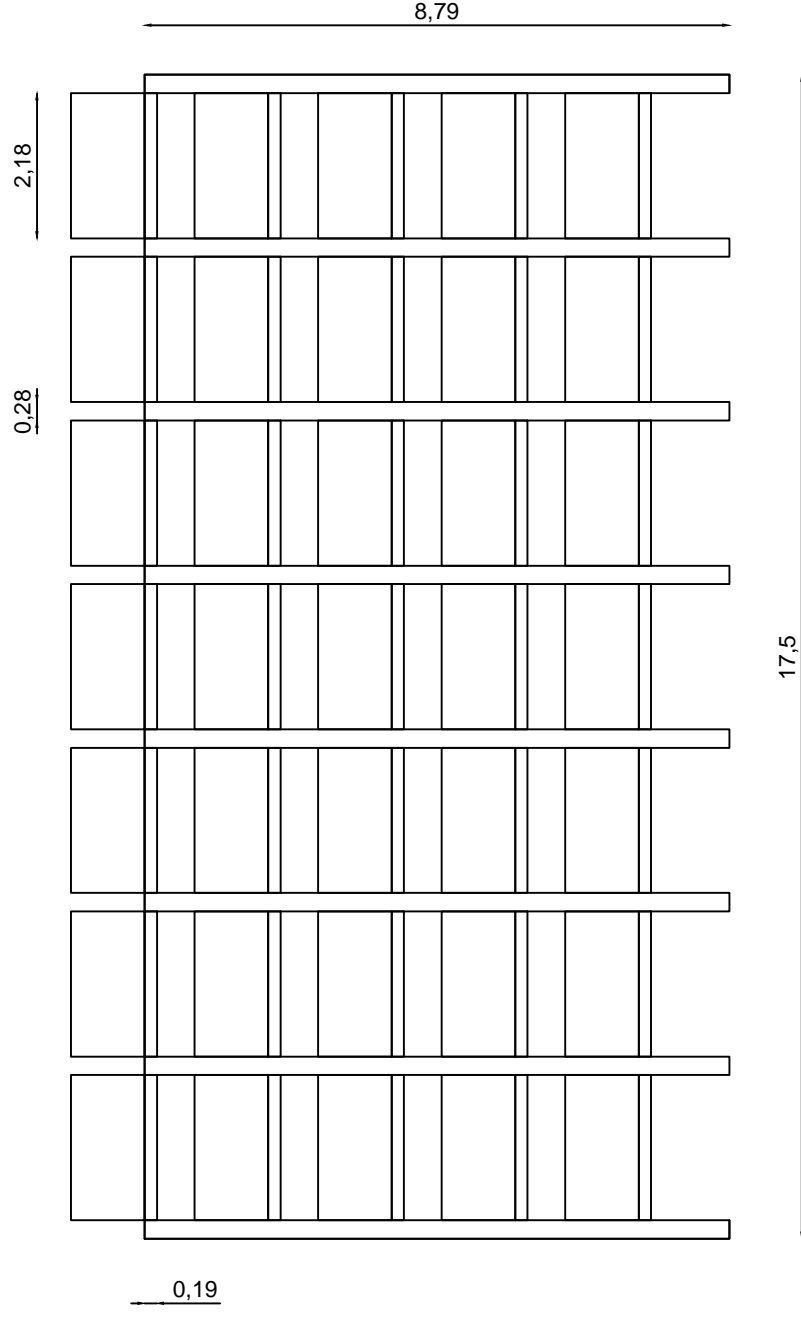


POTONGAN B-B'


	JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR
	DETAIL STRUKTUR BATA BERONGGA	Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek
NAMA MAHASISWA	Surya Adikara Putra NRP 03211840000035	 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022
DOSEN PEMBIMBING	Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001	
SKALA GAMBAR	1 : 30	
NOMOR GAMBAR	9	

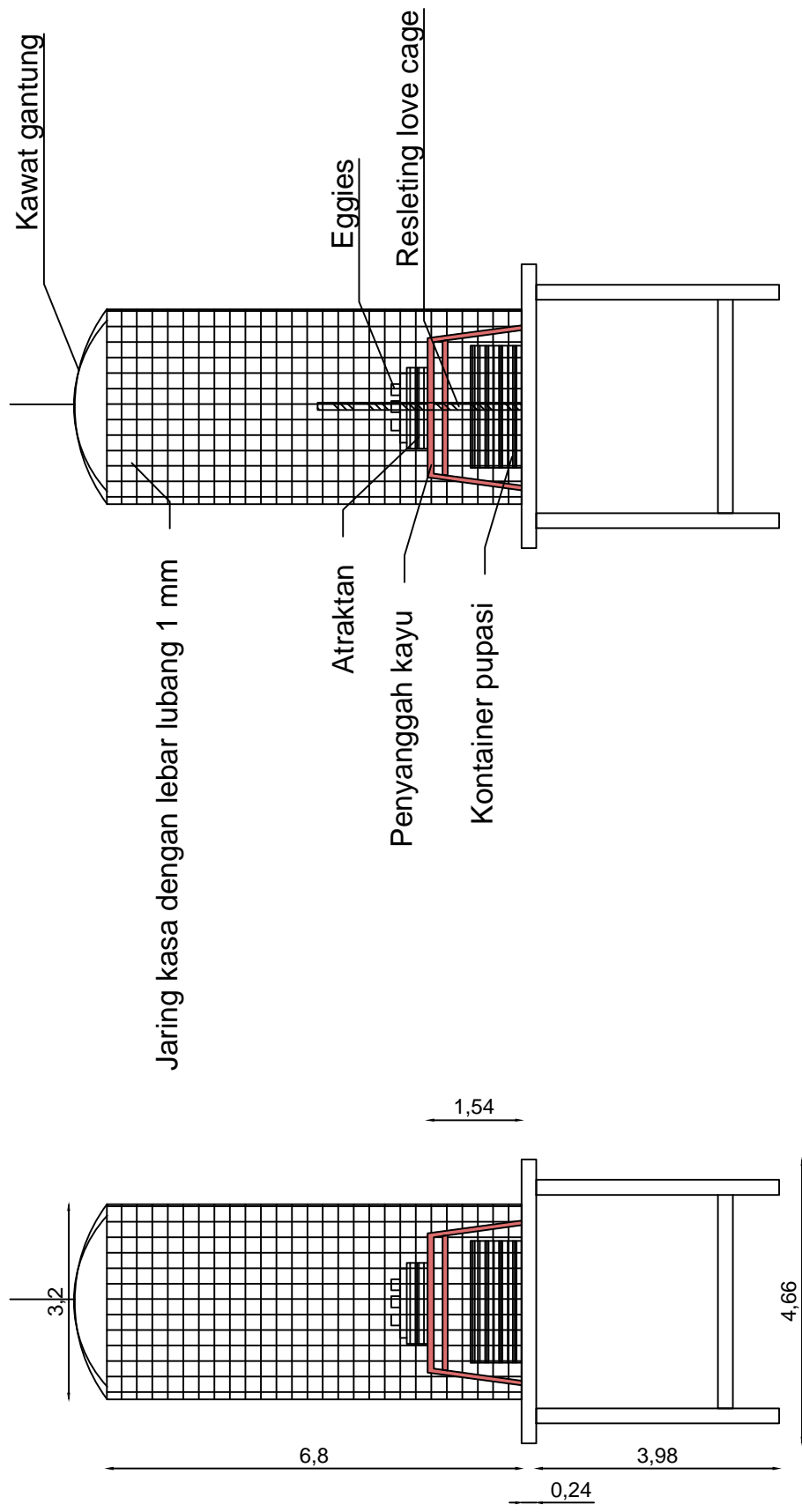


TAMPAK SAMPING




TAMPAK DEPAN

JUDUL GAMBAR		JUDUL GAMBAR		JUDUL TUGAS AKHIR	
DETAIL RAK LARVA		Surya Adikara Putra NRP 0321 1840000035		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING		 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022	
1 : 20	10	Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001			



TAMPAK SAMPING

TAMPAK DEPAN

	JUDUL GAMBAR		JUDUL TUGAS AKHIR	
	DETAIL LOVE CAGE		Perencanaan Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Black Soldier Fly (BSF) Pada TPS 3R Rahayu, Trenggalek	
SKALA GAMBAR	1 : 25		 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FT-SPK 2022	
	NOMOR GAMBAR			
NAMA MAHASISWA		DOSEN PEMBIMBING		
Surya Adikara Putra NRP 0321184000035		Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.Phil.,Ph.D. NIP 19820804 200501 1 001		

BIOGRAFI PENULIS



Surya Adikara Putra, dilahirkan di Probolinggo pada tanggal 28 Mei 2000. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara. Selama enam tahun penulis mengenyam pendidikan dasar di SD Negeri 1 Sumberbulu (2006-2012), tiga tahun mengenyam pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 5 Probolinggo (2012-2015), dan pada akhirnya menjadi seorang alumni dari sebuah sekolah swasta SMA Taruna Dra.Zulaeha (2015-2018). Setelah lulus SMA pada tahun 2018, penulis diterima di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK – ITS melalui jalur SNMPTN.

Penulis terdaftar dengan NRP 03211840000035. Selama berkuliah penulis menjadi asisten laboratorium untuk mata kuliah Mikrobiologi Lingkungan, Teknik Analisis Pencemar Lingkungan, dan Kimia Lingkungan. Penulis juga aktif dalam beberapa organisasi, antara lain sebagai kepala divisi bidang Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan, anggota divisi Materi Trainer Keilmiahan ITS, kepala divisi Syiar LKKI Departemen Teknik Lingkungan, dan Mid Leader JMMI ITS. Penulis juga pernah mengukir beberapa prestasi selama berkuliah seperti juara 1 esai ilmiah nasional Universitas Palangkaraya, juara 3 esai ilmiah nasional Universitas Airlangga, juara harapan 2 lomba poster nasional komunitas penalaran Lingkar Cendekia, juara 2 seleksi MTQN ITS bidang KTI, juara 1 esai dan poster ilmiah Universitas Negeri Islam Jakarta, Finalis Sheel Live Wire Indonesia 2021, 3 kali meraih pendanaan PKM, mendapat medali perunggu dalam ajang PKM, dan 3 kali mendapat *silver medal* dalam kompetisi internasional. Penulis dapat dihubungi melalui email di suryaadikara15576@gmail.com.