

TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS 3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA *BLACK SOLDIER
FLY* (BSF)**

WAHYU AGUNG SAPUTRO

03211840000036

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 Noember

Surabaya

2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS 3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA *BLACK SOLDIER
FLY* (BSF)**

WAHYU AGUNG SAPUTRO

03211840000036

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

**PLANNING FOR THE DEVELOPMENT OF TPS 3R LAMPU
PADANG IN PROCESSING ORGANIC WASTE USING BLACK
SOLDIER FLY (BSF) CULTIVATION METHOD**

WAHYU AGUNG SAPUTRO

03211840000036

Advisor

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

NIP. 19820804 200501 1 001

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS 3R LAMPUNG PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN METODE BUDIDAYA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)

TUGAS AKHIR

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

Oleh: **WAHYU AGUNG SAPUTRO**
NRP. 03211840000036

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

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


Pembimbing

2. Harmin Sulistiyaningtitah, S.T., M.T., Ph.D.


Penguji

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


Penguji



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Wahyu Agung Saputro / 03211840000036
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 TPS 3R Lampu Padang dalam Mengolah Sampah Organik Menggunakan Metode Budidaya *Black Soldier Fly* (BSF)” 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.

Surabaya, 22 Juli 2022

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mahasiswa,



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



(Wahyu Agung Saputro)
NRP. 03211840000036

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS 3R LAMPU PADANG DALAM
MENGOLAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN METODE BUDIDAYA
*BLACK SOLDIER FLY (BSF)***

Nama Mahasiswa : Wahyu Agung Saputro
NRP : 03211840000036
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil, Ph.D.

ABSTRAK

TPS 3R Lampu Padang yang berlokasi di Desa Gondang, Kecamatan Tugu mengolah sampah organik menggunakan metode komposting. Sebagian besar pengolahannya dari sampah kebun, sedangkan sampah makanannya banyak yang tidak terolah. Metode komposting konvensional di sisi lain memiliki kekurangan yaitu memerlukan proses yang lama, sulit untuk menghilangkan bau. Salah satu metode pengolahan sampah organik seperti sisa makanan dapat menggunakan metode biokonversi dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly (BSF)*. Upaya pengembangan pengolahan sampah organik dengan budidaya *Black Soldier Fly (BSF)* dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan, memperpanjang umur operasional serta meningkatkan kondisi finansialnya. Oleh karena itu, tujuan perencanaan pengembangan ini untuk mengetahui kondisi eksisting pengelolaan sampah di TPS 3R, mengidentifikasi timbulan yang masuk ke TPS 3R Lampu Padang dan merencanakan pengembangan Budidaya BSF di TPS 3R Lampu Padang serta analisis finansialnya.

Perencanaan pengembangan ini terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data antara lain, kondisi eksisting, karakteristik sampah, densitas sampah, dan *recovery factor*. Langkah selanjutnya adalah menentukan cakupan pelayanan serta proyeksi pelanggan, kesetimbangan massa, mendesain fasilitas budidaya BSF dalam pengembangan TPS 3R serta menghitung kebutuhan tenaga kerja. Kemudian, untuk aspek finansial dilakukan dengan menghitung biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan serta potensi pendapatan guna menentukan kelayakan finansial dengan metode *Net Present Value (NPV)*.

Skenario desain yang terpilih, TPS 3R akan melayani sekitar 1.679 jiwa atau 420 KK pada tahun 2032 dengan timbulan sampah sebesar 760,04 kg/hari atau 2,89 m³/hari. Laju timbulan sampah yang didapatkan dari di TPS 3R ini sebesar 0,503 kg/orang.hari. Densitas sampah di TPS 3R Lampu Padang sebesar 263 kg/m³. Kesetimbangan massa sampah hasil perencanaan pengembangan di TPS 3R Lampu Padang yaitu sampah organik sebanyak 576,79 kg/hari yang terbagi sampah makanan 317,23 kg/hari dapat tereduksi 222,06 kg/hari (70%) menjadi larva BSF pakan ternak dan residu 95,17 kg/hari (30%) yang akan menuju proses komposting. Sampah kebun dan residu BSF sebanyak 293,66 kg/hari diolah menjadi pupuk kompos sebanyak 173,9 kg/hari. Pengembangan TPS 3R dengan budidaya BSF membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 53.791.000,00, biaya operasional pemeliharaan sebesar Rp 327.849.000,00/tahun dan pendapatan dari penjualan larva BSF serta pupuk kompos pada tahun 2022 sebesar Rp 300.179.880,00. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa nilai NPV > 0. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan TPS 3R ini layak secara finansial dan menguntungkan.

Kata Kunci: TPS3R, Lampu Padang, BSF, pengolahan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PLANNING FOR THE DEVELOPMENT OF TPS 3R LAMPU PADANG IN PROCESSING ORGANIC WASTE USING BLACK SOLDIER FLY (BSF) CULTIVATION METHOD

Name : Wahyu Agung Saputro
NRP : 03211840000036
Study Program : Teknik Lingkungan
Supervisor : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil, Ph.D.

ABSTRACT

TPS 3R Lampu Padang, located in Gondang Village, Tugu District, processes organic waste using the composting method. However, in processing most of the garden waste, a lot of food waste is not processed. On the other hand, the conventional composting method has the disadvantage that it requires a long process and it is difficult to remove odors. One method of processing organic waste such as food waste is to use the bioconversion method by utilizing Black Soldier Fly (BSF) larvae. Efforts to develop or import organic waste processing with this method to improve processing efficiency, operational life and improve financial condition. Therefore, the purpose of this development plan is to find out the existing condition of waste management, identify the waste that enters, and plan the development of BSF cultivation at TPS 3R Lampu Padang including the technical and financial aspects.

In planning for this development, data is collected first, including, existing conditions, waste characteristics, waste density, and recovery factors. The next step is to determine service coverage and customer projections, mass balance, design BSF cultivation facilities and calculate labor requirements. Then, for the financial aspect, it is done by calculating the investment costs, operational and maintenance costs as well as potential income to determine financial feasibility using the Net Present Value (NPV) method.

In the selected design scenario, TPS 3R Lampu Padang will serve around 1.679 people or 420 families in 2032 with a waste generation of 760,04 kg/day or 2,89 m³/day. The rate of waste generation obtained from the TPS 3R is 0,503 kg/person.day. The balance of the mass of waste from the development planning at TPS 3R Lampu Padang in ideal conditions organic waste of 576,79 kg/day which is divided into 317,23 kg/day of food waste can be reduced to 222,06 kg /day (70%) into BSF larvae for animal feed and 95,17 kg/day (30%) residue which will go to the composting process. Garden waste and BSF residue of as much as 293,66 kg/day were processed into compost as much as 173,9 kg/day. The development of TPS 3R with BSF cultivation requires an investment of Rp. 53.791.000,00 the operational cost of maintenance is Rp. 327.849.000,00/year and the income from the sale of BSF larvae and compost in 2022 is Rp. 300.179.880,00. Based on the calculation the NPV value > 0. Indicates that the development of the 3R TPS is financially feasible and profitable.

Keywords: TPS 3R, Lampu Padang, *BSF*, processing

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Pengembangan TPS 3R Lampu Padang Dalam Mengolah Sampah Organik Menggunakan Metode Budidaya *Black Soldier Fly* (BSF)” dapat diselesaikan. Sholawat beserta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad saw. yang telah menjadi panutan bagi umat Islam termasuk penulis.

Tugas Akhir ini disusun guna mendalami dan menerapkan keilmuan Teknik Lingkungan dibidang pengolahan sampah atau limbah padat. Pada kesempatan yang baik ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat, bimbingan dan nasihat dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir terutama kepada:

1. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil, Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberi saran kepada penulis.
2. Ibu Harmin Sulistiyaningtitah, S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, M. Sc. ES., Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Orang tua, saudara, dan keluarga besar yang telah mendoakan, memotivasi, dan memberikan dukungan.
5. Seluruh pihak dari TPS 3R Lampu Padang Desa Gondang, Kecamatan Tugu, Kabupaten Trenggalek yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan data.
6. Tim pengabdian masyarakat dari program kreativitas mahasiswa tahun 2021, yaitu Surya, Adit, Ilma dan Novia yang telah bekerja sama dalam lomba hingga meraih medali perunggu sehingga memudahkan alur penyusunan tugas akhir ini
7. Teman-teman angkatan 2018 yang selalu memberi dorongan, doa dan mengingatkan satu sama lain.
8. Seluruh pihak lain yang telah ikut mendukung dan membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Laporan ini tentunya masih jauh dari kata sempurna. Kami berharap adanya saran dan kritik yang bersifat membangun, agar laporan ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

Surabaya, 22 Juli 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Sampah.....	3
2.1.1 Pengertian Sampah	3
2.1.2 Penggolongan Sampah	3
2.1.3 Timbulan Sampah.....	3
2.1.4 Densitas Sampah.....	4
2.1.5 Komposisi Sampah	5
2.1.6 <i>Recovery Factor</i>	5
2.2 Pengelolaan Sampah	5
2.3 Tempat Pengolahan Sampah 3R (TPS 3R).....	6
2.4 Proyeksi Penduduk.....	7
2.4.1 Metode Aritmatika.....	7
2.4.2 Metode Geometrik.....	7
2.4.3 Metode Least Square	7
2.4.4 Pemilihan Metode Proyeksi.....	7
2.5 Gambaran Umum Wilayah Studi.....	8
2.5.1 TPS3R Lampu Padang	8
2.5.2 Kecamatan Tugu	9
2.6 <i>Black Soldier Fly</i>	11
2.7 Teknologi Pengolahan Sampah Organik dengan Larva BSF	13
2.7.1 Penerapan Teknologi	13
2.7.2 Hasil Produk dan Manfaat	15
BAB 3 METODE PERENCANAAN.....	17
3.1 Kerangka Perencanaan.....	17

3.2	Tahapan Perencanaan	19
3.2.1	Ide Perencanaan	19
3.2.2	Studi Literatur	19
3.2.3	Pengumpulan Data	19
3.2.4	Pengolahan Data dan Perencanaan Pengembangan	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Kondisi Eksisting Sistem Pengelolaan Sampah di TPS3R Lampu Padang	25
4.2	Timbulan Sampah di TPS 3R Lampu Padang	29
4.3	Analisis Area Pelayanan, Proyeksi Penduduk Terlayani	31
4.4	Skenario Desain Pengolahan	32
4.5	Perencanaan Pengembangan	37
4.6	Unit penerimaan sampah dan pemilahan sampah	38
4.7	Unit pencacah sampah	38
4.8	Unit Pengolahan Sampah dengan BSF	39
4.9	Unit Pembiakan Massal	41
4.9.1	Unit <i>Hatchery</i> dan <i>Nursery</i> / Penetasan Telur	43
4.9.2	Unit <i>Rearing House</i>	45
4.9.3	Unit Pupasi	48
4.10	Unit Pemanenan Produk	49
4.11	Unit Pasca Pengolahan	51
4.12	Unit Komposting	52
4.13	Kebutuhan Tenaga Kerja	55
4.14	Standar Operasional Prosedur	56
4.15	Analisis Ekonomi	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN A		72
DOKUMENTASI PENGUMPULAN DATA		72
LAMPIRAN B		74
SPESIFIKASI PERALATAN DI TPS 3R		74
LAMPIRAN C		76
PROYEKSI PENDUDUK AKAN TERLAYANI		76
LAMPIRAN D		81
PETA WILAYAH		81

LAMPIRAN E.....	82
GAMBAR TEKNIK.....	82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Besaran timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota	4
Tabel 2.2 Recovery Factor Sampah berdasarkan Komposisi	5
Tabel 2.3 Kriteria Jenis-jenis sampah organik	14
Tabel 4.1 Fasilitas eksisting di TPS 3R Lampu Padang	27
Tabel 4.2 Luas Tiap Fasilitas Eksisting di TPS 3R Lampu Padang	28
Tabel 4.3 Komposisi Sampah di TPS 3R Lampu Padang	29
Tabel 4.4 Proyeksi Penduduk Daerah Layanan	31
Tabel 4.5 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 1	32
Tabel 4.6 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 2	34
Tabel 4.7 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 3	34
Tabel 4.8 Proyeksi Timbulan Sampah Organik dari Skenario Terpilih	36
Tabel 4.9 Detail Rencana Unit Pengolahan Sampah Sisa Makanan	41
Tabel 4.10 Tingkat Kelangsungan Hidup BSF Dalam Unit Pembiakan	42
Tabel 4.11 Detail Rencana Unit <i>Hatchery & Nursery</i>	44
Tabel 4.12 Detail Desain Unit <i>Rearing House</i>	47
Tabel 4.13 Detail Desain Ruang Pupasi	48
Tabel 4.14 Proyeksi Pemanenan Larva BSF total perbulan dan per tahun	51
Tabel 4.15 Total Residu dari pengembangan pengolahan TPS3R Lampu Padang	53
Tabel 4.16 Biaya Investasi Pengembangan TPS 3R Lampu Padang	62
Tabel 4.17 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Pengembangan TPS 3R	63
Tabel 4.18 Proyeksi Pendapatan Penjualan Larva BSF	64
Tabel 4.19 Proyeksi Pendapatan Penjualan Pupuk Kompos	64
Tabel 4.20 Proyeksi Total Pendapatan Penjualan Larva BSF dan Pupuk Kompos	65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi TPS 3R Lampu Padang di Desa Gondang	9
Gambar 2.2 Peta wilayah Kecamatan Tugu	9
Gambar 2.3 Peta wilayah Desa Gondang	10
Gambar 2.4 Peta wilayah Desa Tumpuk	10
Gambar 2.5 Peta wilayah Desa Nglongsor	10
Gambar 2.6 Siklus hidup Larva BSF	12
Gambar 2.7 Perubahan larva BSF hingga menjadi pupa	12
Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan	18
Gambar 4.1 Struktur organisasi TPS 3R Lampu Padang	25
Gambar 4.2 Kendaraan Pengumpul Sampah TPS 3R Lampu Padang	26
Gambar 4.3 Mass balance eksisting	31
Gambar 4.4 Alur Sampah Skenario 1	32
Gambar 4.5 Alur Sampah Skenario 2	33
Gambar 4.6 Alur Sampah Skenario 3	34
Gambar 4.7 Mass Balance Perencanaan Pengolahan Sampah	36
Gambar 4.8 Mesin pencacah sampah organik di TPS3R Lampu Padang	39
Gambar 4.9 Larvero pada unit dalam pengolahan sampah dengan BSF	41
Gambar 4.10 Proses penetasan telur unit Hatchery dan Nursery	44
Gambar 4.11 Rearing House Black Soldier Fly	45
Gambar 4.12 <i>Eggies</i> untuk peletakan telur BSF	46
Gambar 4.13 Ruang Pupasi Sederhana	48
Gambar 4.14 Mass Balance Perencanaan Pengembangan Pengolahan Sampah	54

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan pengelolaan sampah menurut PU Cipta Karya (2017) diakibatkan oleh semakin besarnya jumlah timbulan sampah yang dihasilkan serta manajemen pengelolaan sampah yang tidak baik. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2013, pengelolaan sampah yang baik akan mempertimbangkan hal-hal terkait dengan karakteristik sampah, teknologi pengolahan yang ramah lingkungan, keselamatan kerja, dan kondisi sosial masyarakat.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik jumlah penduduk Kabupaten Trenggalek pada tahun 2020 tercatat sebanyak 731.124 jiwa dan dari data neraca pengelolaan sampah Kabupaten Trenggalek tahun 2020 potensi timbulan sampah sebanyak 13.357,54 ton (bulan Januari-Juni). Timbulan sampah tersebut sebanyak 3.077,89 sampah dapat dikurangi melalui mekanisme pembatasan timbulan sampah, pemanfaatan kembali dan daur ulang. Penanganan sampah sebesar 7.657,91 yang terdiri dari pemilahan/pengumpulan, pengolahan, dan pemrosesan akhir. Berdasarkan neraca tersebut didapatkan jumlah sampah tidak terkelola sebanyak 2.621,75 atau sekitar 19,63% dari total timbulan sampah. Data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) timbulan sampah di Kabupaten Trenggalek pada tahun 2020 sebanyak 300,1 ton/hari dan 109.536,65 ton tiap tahunnya dengan komposisi sampah tertinggi yaitu sampah makanan 32%. Sedangkan di Kecamatan Tugu dari total sampah 48,21 m³/hari ada sebesar 39,19 m³/hari yang merupakan sampah organik (Puspasari & Mussadun, 2016). Tingginya jumlah sampah organik ini mengindikasikan bahwa tingkat reduksi sampah organik di sumber sangat rendah.

Salah satu upaya reduksi sampah adalah melalui penyelenggaraan Tempat Pengolahan Sampah dengan prinsip *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali), dan *Recycle* (daur ulang), atau dikenal dengan TPS 3R. Kabupaten Trenggalek memiliki beberapa TPS 3R, salah satunya TPS 3R Lampu Padang yang berlokasi di Desa Gondang, Kecamatan Tugu. TPS 3R Lampu Padang mengolah sampah organik menggunakan metode komposting aerob dengan teknik bata berongga saja. Sampah daur ulangnya dijual ke komunitas bank sampah di Trenggalek. Berdasarkan observasi dan wawancara dengan pengelola TPS 3R Lampu Padang, persen reduksi dari pengolahan sampah organik dengan metode tersebut hanya sebesar 35,4% dari total sampah organik. Sampah organik tersebut terbagi menjadi sampah kebun dan sampah makanan. Namun dalam pengolahannya hanya sebagian besar dari sampah kebun, sedangkan sampah makanan banyak yang tidak terolah.

Metode komposting konvensional di sisi lain memiliki kekurangan, yaitu memerlukan proses yang lama untuk mendapatkan hasilnya (1-3 bulan) sehingga perlu adanya lahan yang luas, sulit untuk menghilangkan bau atau vektor seperti lalat dan tikus yang mengganggu, serta perlu monitoring suhu, kelembapan, udara dari awal hingga akhir. Apabila terjadi kondisi anaerob (kurang oksigen) akan menimbulkan bau tak sedap. Selain itu, metode pengomposan masih memungkinkan munculnya emisi gas metan (CH₄) saat proses pengolahan sampah organiknya (Wulandari, 2021).

Salah satu metode pengelolaan sampah organik seperti sisa makanan yaitu dapat menggunakan metode biokonversi dengan memanfaatkan larva *black soldier fly* (BSF). Pemanfaatan larva BSF atau *Hermetia illuciens* L. untuk biokonversi sampah organik merupakan teknologi yang menghasilkan produk bernilai ekonomi tinggi. Larva BSF secara umum mengandung protein yang cukup tinggi sehingga sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Wardhana, 2016). Metode BSF biasanya dipilih karena memiliki siklus panen cepat dan hanya membutuhkan modal kecil sehingga dinilai sangat cocok untuk menjadi alternatif

budidaya. Budidaya maggot (larva *Black Soldier Fly*) dapat menjadi peluang bisnis dan sumber alternatif seiring meningkatnya harga sumber protein dan adanya ancaman ketahanan pakan ternak, tekanan lingkungan, serta meningkatnya permintaan protein di pasar menyebabkan harga protein yang berbasis hewan semakin mahal (FAO, 2013).

Berdasarkan studi pendahuluan tersebut TPS 3R Lampu Padang dapat dilakukan upaya pengembangan atau *improvement* pengolahan sampah organik dengan budidaya *Black Soldier Fly* (BSF) untuk meningkatkan efisiensi pengolahan, memperpanjang umur operasional serta meningkatkan kondisi finansialnya. Selain itu, dari pihak TPS 3R juga sangat menginginkan inovasi dalam implementasi pengolahan sampah organik menggunakan budidaya BSF karena dianggap lebih menguntungkan dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat diuraikan bahwa rumusan dalam perencanaan ini yaitu,

1. Bagaimana kondisi eksisting pengelolaan sampah di TPS 3R Lampu Padang?
2. Bagaimana identifikasi timbulan sampah yang masuk ke TPS 3R Lampu Padang?
3. Bagaimana perencanaan pengembangan Budidaya BSF di TPS3R Lampu Padang serta analisis finansialnya?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diuraikan tujuan dari perencanaan ini yaitu,

1. Mengetahui kondisi eksisting pengelolaan sampah di TPS3R
2. Mengidentifikasi timbulan yang masuk ke TPS 3R Lampu Padang
3. Merencanakan pengembangan Budidaya BSF di TPS 3R Lampu Padang serta analisis finansialnya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup perencanaan merupakan batasan masalah yang akan dibahas pada perencanaan ini. Ruang lingkup perencanaan ini meliputi,

1. Lokasi studi perencanaan ini berada di TPS 3R Lampu Padang, Desa Gondang, Kecamatan Tugu, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur
2. Aspek perencanaan pengembangan meliputi aspek teknis dan aspek finansial. Aspek teknis sampai pada *detail engineering design* untuk TPS 3R Lampu Padang. Aspek finansial meliputi analisis biaya investasi, biaya operasional dan hasil keuntungan pengolahan.
3. Jenis sampah yang diteliti untuk perencanaan pengembangan adalah sampah organik rumah tangga
4. Jenis data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari perencanaan ini yaitu,

1. Rekomendasi dalam meningkatkan efisiensi pengolahan sampah rumah tangga melalui budidaya BSF di TPS 3R TPS 3R Lampu Padang di Desa Gondang.
2. Memberikan estimasi analisis biaya investasi, biaya operasional dan hasil keuntungan pengolahan budidaya BSF TPS 3R Lampu Padang di Desa Gondang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

2.1.1 Pengertian Sampah

Menurut Tchobanoglous *et al* (1993) sampah adalah bahan buangan padat maupun semi padat yang dihasilkan dari kegiatan manusia dan hewan yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak digunakan kembali. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, pengertian sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sumber sampah yang dikelola dalam peraturan ini terdiri dari :

- a. Sampah rumah tangga
Sampah jenis ini berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tetapi tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.
- b. Sampah sejenis rumah tangga
Sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya.
- c. Sampah spesifik
 - sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun;
 - sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun;
 - sampah yang timbul akibat bencana;
 - puing bongkaran bangunan;
 - sampah yang secara teknologi belum dapat diolah dan/atau
 - sampah yang timbul secara tidak periodik.

2.1.2 Penggolongan Sampah

Berdasarkan asalnya penggolongan sampah dapat dibagi menjadi sampah organik dan sampah anorganik (Mallongi dan Saleh, 2015).

1. Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang mudah diuraikan terdiri dari bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan, dan lainnya. Sampah organik dari dapur seperti sisa makanan, sayuran, kulit buah, rempah-rempah merupakan sampah organik.

2. Sampah Anorganik

Sampah yang berasal dari sumber daya alam tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, mineral, atau dari proses industri. Zat anorganik secara keseluruhan tidak dapat diurai oleh alam, sedangkan sebagian lainnya dapat diurai dalam waktu yang sangat lama. Sampah rumah tangga yang berupa sampah anorganik yaitu botol plastik, botol kaca, kaleng dan tas plastik.

2.1.3 Timbulan Sampah

Berdasarkan SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Pengelolaan Sampah Perkotaan, timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun berat perkapita, perhari, perluas bangunan, atau pepanjang jalan. Timbulan sampah merupakan volume sampah atau berat sampah yang dihasilkan dari jenis sumber sampah (perumahan, komersil, perkantoran, konstruksi dan pembongkaran, industri, dan pertanian) di wilayah tertentu per satuan waktu (Departemen Pekerjaan Umum, 2004). Berdasarkan SNI 19-3964-1995 tentang spesifikasi timbulan sampah untuk kota kecil dan kota

sedang di Indonesia yang dimaksud kota sedang adalah kota yang jumlah penduduknya antara 100.000 sampai 500.000, sedangkan kota kecil jumlah penduduknya kurang dari 100.000.

Rata-rata timbulan sampah biasanya akan bervariasi dari hari ke hari, antara satu daerah dengan daerah lainnya, dan antara satu negara dengan negara lainnya. Berdasarkan Damanhuri dan Padmi (2010) perbedaan variasi ini disebabkan beberapa faktor sebagai berikut:

- Jumlah penduduk dan tingkat pertumbuhannya
- Tingkat hidup: semakin tinggi tingkat hidup masyarakat berakibat semakin besar timbulan sampahnya
- Musim: timbulan sampah bisa mencapai angka minimum pada musim panas
- Cara hidup dan mobilitas penduduk
- Iklim

Tabel 2.1 Besaran timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota

No.	Klasifikasi Kota	Satuan	
		Volume (L/orang/hari)	Berat (kg/orang/hari)
1.	Kota besar	2 – 2,5	0,4 - 0,5
2.	Kota sedang/kecil	1,5 -2	0,3 – 0,4

Sumber : SNI 19-3964-1995

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010) terdapat beberapa metode untuk mengukur timbulan sampah, antara lain :

- a. Metode SNI 19- 3964-1995 dan SNI M 36-1991-03
Mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel (rumah tangga dan non-rumah tangga) yang ditentukan secara random-proporsional di sumber selama 8 hari.
- b. Analisis *load-count*
Mengukur jumlah (berat dan/atau volume) sampah yang masuk ke TPS, diangkut dengan gerobak, selama 8 hari berturut-turut. Dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak yang mengumpulkan sampah tersebut akan diperoleh satuan timbulan sampah per-ekivalensi penduduk.
- c. Analisis *weigh-volume*
Menghitung volume dan berat masing-masing kendaraan pengangkut sampah dengan jembatan timbang sehingga diperoleh informasi yang lebih detail.
- d. Analisis *material balance*
Menganalisis secara cermat aliran bahan masuk, aliran bahan yang hilang dalam sistem, dan aliran bahan yang menjadi sampah dari sebuah sistem yang ditentukan batas-batasnya (*system boundary*).

2.1.4 Densitas Sampah

Densitas sampah merupakan satuan massa atau berat sampah tiap satuan volume (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Berdasarkan SNI M-36-1991-03 penentuan densitas sampah dilakukan dengan cara menimbang sampel sampah yang disampling dalam 0,2 - 1 m³ volume sampah (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017). Berdasarkan Damanhuri dan Padmi (2010) densitas sampah bergantung pada sarana pengumpul dan pengangkut yang digunakan, biasanya untuk kebutuhan desain digunakan angka.

- Sampah di wadah sampah rumah = 0,01 - 0,20 ton/m³
- Sampah di gerobak sampah = 0,20 - 0,25 ton/m³
- Sampah di truk terbuka = 0,30 - 0,40 ton/m³
- Sampah di TPA dengan pemadatan konvensional = 0,50 - 0,60 ton/m³

2.1.5 Komposisi Sampah

Komposisi sampah menurut Tchobanoglous *et al.* (1993) adalah gambaran dari masing-masing komponen yang terdapat dalam aliran sampah dan dinyatakan dalam persen berat. Komposisi digunakan untuk menentukan peralatan, sistem serta perencanaan di bidang persampahan. Klasifikasi komposisi sampah rumah tangga yang dapat dipisahkan adalah :

1. Sampah makanan
2. Sampah kebun
3. Sampah plastik
4. Sampah kertas
5. Sampah kaca
6. Sampah kain
7. Sampah karet
8. Sampah kayu
9. Sampah aluminium.
10. Lain-lain

2.1.6 Recovery Factor

Recovery factor adalah persentase setiap komponen sampah yang dapat dimanfaatkan kembali oleh suatu unit operasi atau program pendauran ulang sampah (Tchobanoglous *et al.*, 1993). *Recovery factor* umumnya digunakan untuk dasar pada perencanaan *Material Recovery Facility* (MRF). Reduksi sampah kota dapat ditentukan berdasarkan *material balance* dengan memperhitungkan *recovery factor* setiap komponen sampah (Trihadiningrum, 2006). Nilai *recovery factor* sampah berdasarkan komposisi sampah terdapat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Recovery Factor Sampah berdasarkan Komposisi

Jenis Sampah	Rentang RF per Komposisi
	%
Sampah makanan	60-95
Sampah kebun	60-95
Sampah plastik	30-70
Sampah kertas	30-60
Sampah kardus	25-40
Sampah logam	85-95
Sampah kaca	50-80
Sampah kaleng/aluminium	85-95
Sampah kayu	0
Sampah residu	0

Sumber : Tchobanoglous, 1993

2.2 Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah merupakan kegiatan sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah bertujuan untuk mengendalikan timbulan sampah secara teknis maupun non-teknis. Pengelolaan sampah berguna dalam menjaga kelestarian lingkungan. Kegiatan pengurangan sampah atau reduksi dapat dilakukan melalui kegiatan :

1. Pembatasan timbulan sampah: upaya agar sampah yang dihasilkan menjadi sedikit.
2. Pemanfaatan kembali sampah: upaya memanfaatkan sampah secara langsung.
3. Pendauran ulang sampah: upaya pemanfaatan langsung sebagai bahan baku maupun sebagai sumber energi.

Sementara, penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga meliputi:

- a. Pemilahan
- b. Pengumpulan
- c. Pengangkutan
- d. Pengolahan
- e. Pemrosesan akhir sampah

Pemilahan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga dilakukan oleh setiap orang pada sumbernya. Pemilahan dilakukan melalui kegiatan pengelompokan sampah menjadi paling sedikit 5 jenis sampah yang terdiri atas:

- a. Sampah yang mengandung bahan berbahaya beracun
- b. Sampah yang mudah terurai
- c. Sampah yang dapat digunakan kembali
- d. Sampah yang dapat didaur ulang
- e. Sampah lainnya

2.3 Tempat Pengolahan Sampah 3R (TPS 3R)

Menurut Permen PU No. 3 Tahun 2013, TPS 3R adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, dan pengolahan skala kawasan. Penyelenggaraan TPS 3R diarahkan kepada konsep 3R guna mengurangi kuantitas dan/atau memperbaiki karakteristik sampah, yang akan diolah secara lebih lanjut di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. Kriteria utama pemilihan lokasi TPS 3R terdiri dari kriteria utama dan kriteria pendukung sebagai berikut (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017) :

- Kriteria Utama
 - a. Lahan TPS 3R berada dalam batas administrasi yang sama dengan area pelayanan;
 - b. Kawasan yang memiliki tingkat kerawanan sampah yang tinggi;
 - c. Status kepemilikan lahan milik Pemerintah Kabupaten/Kota, fasilitas umum/sosial, atau lahan milik desa;
 - d. Ukuran lahan yang disediakan minimal 200 m² ;
 - e. Penempatan lokasi TPS 3R dekat dengan daerah pelayanan.
- Kriteria Pendukung
 - a. Berada di dalam wilayah masyarakat berpenghasilan rendah di daerah perkotaan/semi-perkotaan di kawasan padat kumuh miskin, bebas banjir, ada akses jalan masuk, dan sebaiknya tidak terlalu jauh dengan jalan raya;
 - b. Cakupan pelayanan minimal 400 KK;
 - c. Masyarakat bersedia membayar iuran pengelolaan sampah;
 - d. Sudah memiliki kelompok yang aktif di masyarakat seperti PKK, karang taruna, atau pengelola kebersihan/sampah.
 - e. Terdiri dari gapura yang memuat logo Pemerintah Kabupaten/Kota dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, bangunan (hanggar) beratap, kantor.
 - f. Terdiri dari unit penerimaan sampah, unit pemilahan sampah, unit pengolahan sampah organik (termasuk mesin pencacah sampah organik), unit pengolahan/penampungan sampah anorganik/ daur ulang, unit pengolahan/penampungan sampah residu, gudang/kontainer penyimpanan kompos padat/cair/gas bio/sampah daur ulang/sampah residu, alat pengumpul sampah.

2.4 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan dengan menggunakan statistik, yang dapat dihitung dengan menggunakan tiga metode yaitu metode aritmatik, metode geometrik dan metode least square.

2.4.1 Metode Aritmatika

Metode ini digunakan apabila pertambahan penduduk relatif konstan tiap tahunnya.

$$P_n = P_0 + K_a (T_n - T_0) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$K_a = (P_2 + P_1) / (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar
- T_n = tahun ke n
- T₀ = tahun dasar
- K_a = konstanta aritmatik

- P₁ = jumlah penduduk pada tahun ke I
- P₂ = jumlah penduduk pada tahun terakhir
- T₁ = tahun ke I yang diketahui
- T₂ = tahun ke II yang diketahui

2.4.2 Metode Geometrik

Metode ini digunakan apabila tingkat pertambahan penduduk naik atau berubah secara ekuivalen dari tahun sebelumnya.

$$P_n = P_0 ((1 + r)^n) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

- P₀ = jumlah Penduduk mula-mula
- P_n = penduduk tahun n
- n = kurun waktu
- r = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun

2.4.3 Metode Least Square

Metode ini untuk garis regresi linier yaitu pertambahan penduduk masa lalu kecenderungan garis linier, meskipun pertambahan penduduk tidak selalu bertambah.

$$P_n = a + b(x) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$a = \{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma y \cdot x)\} / \{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2\} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$b = \{n(\Sigma y \cdot x) - (\Sigma x)(\Sigma y)\} / \{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2\} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

- Y_n = Jumlah penduduk pada waktu n tahun mendatang
- a, b = Konstanta
- x = Pertambahan tahun
- n = Jumlah data

2.4.4 Pemilihan Metode Proyeksi

Pemilihan metode yang tepat dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan koefisien korelasi (r), dimana semakin mendekati angka 1 suatu nilai koefisien. Dalam menghitung nilai koefisien relasi digunakan rumus berikut :

$$r = [n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)] / \{[n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2][n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2]\}^{1/2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- Metode aritmatik :
 - x = urutan data mulai angka 1
 - y = selisih jumlah penduduk tiap tahun
- Metode geometri:
 - x = urutan data mulai dari angka 1
 - y = In (jumlah penduduk)

- Metode least square :
 - x = urutan data mulai dari angka 1
 - y = jumlah penduduk

2.5 Gambaran Umum Wilayah Studi

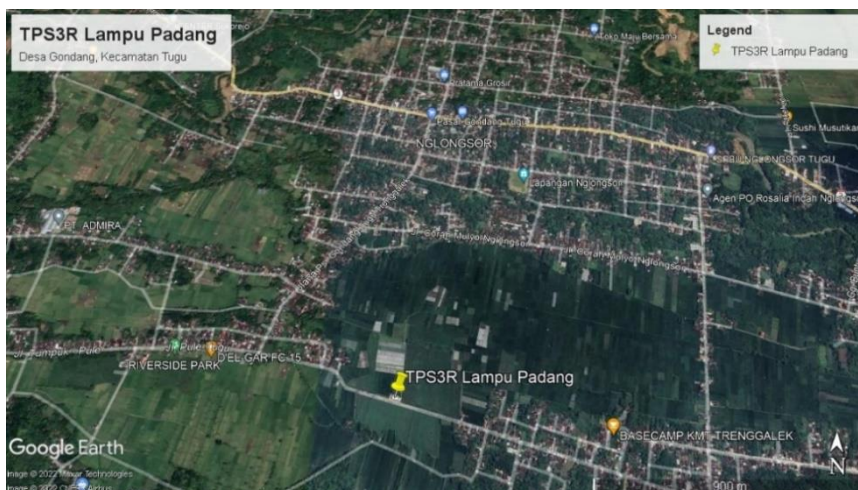
2.5.1 TPS3R Lampu Padang

Lokasi TPS 3R Lampu Padang berada di RT 08 RW 02 Desa Gondang, Kecamatan Tugu, Kabupaten Trenggalek. Titik Koordinat lokasi TPS3R di latitude 8°3'4.29"S dan longitude 111°39'0.85". TPS 3R ini dikelola oleh KPP "Lampu Padang" dibawah pembinaan Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Trenggalek. Organisasi pelaksana di tingkat masyarakat dalam kegiatan TPS 3R adalah kelompok swadaya masyarakat (KSM) dan kelompok pemelihara dan pemanfaat (KPP). KSM merupakan pelaku utama dalam pelaksanaan pembangunan sarana TPS 3R sedangkan KPP berperan dalam keberlanjutan sarana TPS3R di tingkat desa. Kepengurusan KPP Lampu Padang terdiri dari ketua, sekretaris, bendahara, seksi usaha ekonomi, seksi operasi dan pemeliharaan, seksi penyuluhan, pekerja operasional, pekerja pengangkutan.

Program Pembangunan TPS 3R ini merupakan bantuan dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Satker BPPW II Provinsi Jatim dengan sumber pembiayaan dari APBN Tahun Anggaran 2021 sebesar Rp 600.000.000,00. Luas Lahan yang disediakan Pemerintah Desa Gondang seluas 1 Ha sebagai pembangunan TPS3R dan yang digunakan adalah 390 m². Lahan TPS 3R Lampu Padang berada dalam batas administrasi yang sama dengan area pelayanan TPS 3R. Desa Gondang memiliki permasalahan sampah yang cukup tinggi, jumlah kepala keluarga tidak kurang 400 KK, Desa Gondang memiliki iuran bulanan untuk pemungutan sampah dan memiliki lahan yang memenuhi syarat untuk dibangunnya TPS3R.

Jumlah penduduk 6.360 jiwa yang terdiri dari laki-laki 3.164 jiwa dan 3.961 jiwa perempuan. Desa Gondang memiliki 3 dusun yaitu, Dusun Krajan, Dusun Setono, Dusun Kebon dan semuanya termasuk dalam lingkup pelayanan TPS 3R Lampu Padang. Volume sampah 18,36 L/KK atau 2,56 kg/KK. Sedangkan untuk biaya pelayanan atau pelanggan dari tiap KK adalah Rp 20.000,00. Total pelanggan tersebut tidak hanya dari Desa Gondang melainkan dari Desa Nglongsor dan Tumpuk.

Data pelanggan tersebut terbagi yaitu dari Desa Gondang sebanyak 153 pelanggan, Desa Nglongsor sebanyak 65 pelanggan, Desa Tumpuk 29 pelanggan. Maka berdasarkan data tersebut total pelanggan dari ketiga desa adalah 247 pelanggan. Sedangkan data penduduk di Desa Gondang terdiri dari 6.451 jiwa, Desa Nglongsor 4.034 jiwa, dan Desa Tumpuk 2009 jiwa. Dengan rata-rata satu keluarga terdiri dari 4 orang, maka Desa Gondang terdapat 1.613 KK, Desa Nglongsor terdapat 1.009 KK, Desa Tumpuk terdapat 502 KK. Berdasarkan data pelanggan sama dengan satu keluarga maka dapat diketahui persen pelayanan tiap desa. Desa Gondang terdiri 153 dari 1.613 KK yaitu 9,5 % terlayani, Desa Nglongsor sebesar 6,4 % dari 1.009 KK, dan Desa Tumpuk sebesar 5,8 %. Jika berdasarkan total ketiga desa maka persen pelayanan sebesar 7,9 % dari 3.124 KK atau sekitar 988 jiwa. Sedangkan persen pelayanan tiap desa akan dibahas di bab 4.

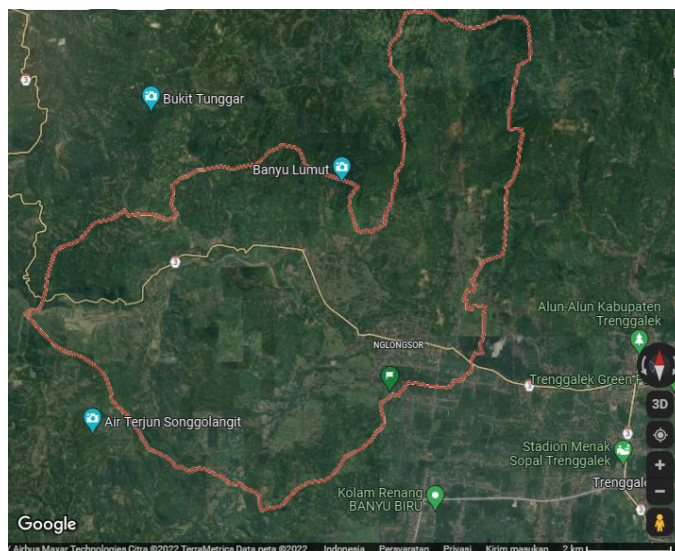


Gambar 2.1 Lokasi TPS 3R Lampu Padang di Desa Gondang

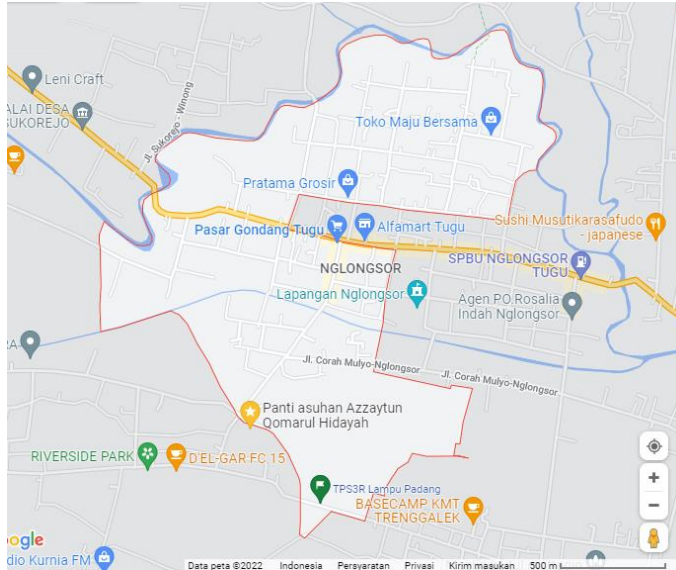
2.5.2 Kecamatan Tugu

Kecamatan Tugu memiliki luas wilayah 56,56 km² dan terdiri dari 15 desa di dalamnya. Letak Geografis Kecamatan Tugu berada di Bujur Timur 111⁰41 - 111⁰34¹ dan Lintang Selatan 07¹58 - 58⁰05¹. Ketinggian rata-rata dari permukaan laut adalah 200 mdpl. Sedangkan batas Kecamatan Tugu sebelah utara dengan Kabupaten Ponorogo, timur laut dengan Kecamatan Bendungan, timur dengan Kecamatan Trenggalek, tenggara dengan Kecamatan Karanganyar, selatan dengan Kecamatan Karanganyar, barat daya dengan Kecamatan Pule, barat dengan Kabupaten Ponorogo, barat laut dengan Kabupaten Ponorogo. Rata-rata kepadatan penduduknya 630 jiwa/km² dengan jumlah keluarga sebanyak 18.155 KK (BPS Trenggalek, 2021).

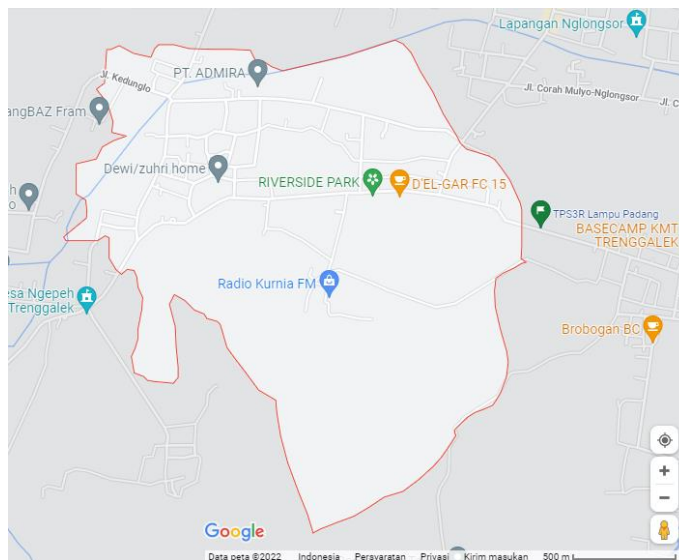
Desa yang berada di Kecamatan Tugu antara lain, Duren, Ngepeh, Banaram, Winong, Sukorejo, Jambu, Nglingsis, Gading, Pucanganak, Dermosari, Tegaren, Prambon dan ketiga desa yang termasuk pelayanan TPS 3R Lampu Padang yaitu Desa Gondang, Tumpuk, dan Nglongsor. Jumlah keluarga di Desa Gondang adakah 2.168 KK, Tumpuk 803 KK, Nglongsor 1.717 KK. Dari sektor industri, di Desa Gondang terdapat satu pasar daerah. Sedangkan, di Desa Nglongsor terdapat 1 supermarket dan 6 minimarket.



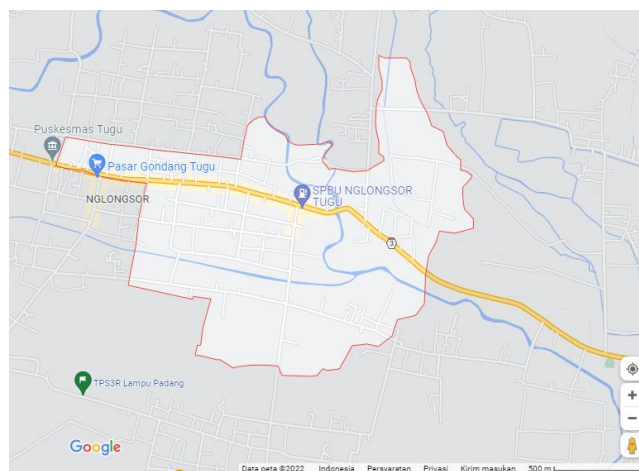
Gambar 2.2 Peta wilayah Kecamatan Tugu



Gambar 2.3 Peta wilayah Desa Gondang



Gambar 2.4 Peta wilayah Desa Tumpuk



Gambar 2.5 Peta wilayah Desa Nglongsor

2.6 *Black Soldier Fly*

Black Soldier Fly (BSF) merupakan jenis serangga yaitu lalat tentara hitam yang menyerupai tawon tetapi tidak memiliki alat penyengat (Sastro, 2016). BSF termasuk dalam serangga ordo *Diptera* dan famili *Stratiomyidae*. Lalat ini berasal dari Amerika yang mempunyai iklim tropis dan hangat. Saat ini lalat tentara hitam sudah banyak ditemukan di beberapa wilayah di dunia termasuk di Indonesia (Herlinda dan Sari, 2021). Menurut Rofi *et al.* (2021), waktu siklus hidup BSF bergantung pada beberapa faktor antara lain kualitas dan kuantitas sumber makanan, kondisi hidup, suhu lingkungannya, serta intensitas cahaya di lingkungannya. Siklus hidup BSF ini melalui 5 fase pertumbuhan yang diilustrasikan pada Gambar 2.6 sebagai berikut.

a. Fase Telur

Telur diletakkan oleh lalat betina secara berkelompok dan berlekatan satu sama lain pada suatu substrat. Kelompok telur yang baru diletakkan berbentuk oval dengan panjang 1 mm, berwarna putih pucat, dan berangsur-angsur menguning sampai waktu menetas tiba. Satu kelompok telur rata-rata mengandung sekitar 998 butir (Suryani *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian Sheppard *et al.* (2002) bahwa rata-rata telur yang diletakan biasanya pada substrat kering, sedikit keras, dan tersembunyi (seperti celah, lipatan, retakan).

b. Fase Larva

Larva BSF memiliki bentuk oval, pipih, panjangnya 17-22 mm, sebelas segmen tubuh dengan sejumlah rambut pendek yang tersusun melintang, memiliki sepasang spirakel dibagian anterior, spirakel posterior tersembunyi, mata jelas terlihat, kepala dapat bergerak, bagian mulutnya sederhana, maksila berkembang sempurna. Larva berwarna putih, dan berangsur berubah menjadi coklat pada tahap prepupa, dan menghitam pada saat pupa (Tomberlin *et al.*, 2002). BSF hanya makan pada material organik yang membusuk saat fase larva. Morfologi bagian mulut larva *Hermetia illucens* cocok untuk makanan dalam bentuk cair dan berukuran kecil. Larva ini memiliki mekanisme makan dengan cara menghisap sehingga dapat mengurangi material berukuran besar dengan gerakan naik turun empat per detik. Makanan akan melalui pipa pencernaan menuju ke usus tengah yang merupakan bagian terpanjang dan terpenting dari saluran pencernaan larva. Sepanjang usus tengah, melalui bantuan aktivitas gabungan enzim dan mikroba, makanan dipecah menjadi molekul yang lebih kecil untuk kemudian diserap melalui sel usus ke dalam hemolimfa atau biasa disebut sebagai “darah” pada serangga. Mikroba yang terdapat pada sampah organik juga penting untuk hidrolisis makronutrisi, terutama serat yang biasanya tidak dapat diurai oleh larva BSF. Setelah proses tersebut beberapa mikroba ini digunakan oleh larva sebagai makanan yang memberikan nutrisi tambahan, dibandingkan nutrisi dalam makanannya. Tahap perkembangan atau pembesaran larva inilah BSF menyimpan cadangan lemak dan protein (Dortmans *et al.*, 2017).

c. Fase Prepupa

Prepupa berwarna coklat-hitam dan tidak lagi membutuhkan makanan, bermigrasi menuju tempat yang kering dan tersembunyi untuk memulai tahap pupa (Newton, 2005).

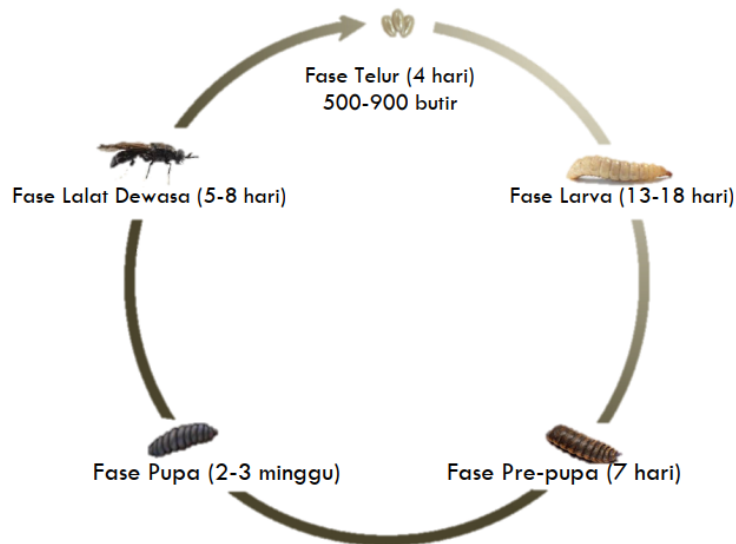
d. Fase pupa

Tahap saat prapupa menemukan tempat yang cocok untuk berhenti beraktivitas dan menjadi kaku. Tahap ini disebut dengan tahap pupasi. Fase pupasi berlangsung sekitar 2-3 minggu dan berakhirnya pupasi ditandai dengan keluarnya lalat dari dalam pupa (Dortmans *et al.*, 2017).

e. Fase Lalat Dewasa

Lalat BSF memiliki ciri khusus yaitu, kepala, toraks, dan abdomen berwarna hitam; panjang tubuh 15-20 mm; panjang antena dua kali lebih panjang daripada kepala; femur

dan tibia berwarna hitam, sayap luas (tidak ramping). Jantan dan betina dibedakan dari ciri segmen abdomen terakhir. Secara alami lalat betina meletakkan telur pada substrat yang berdekatan dengan substansi organik yang sedang terdekomposisi. Substansi organik tersebut dapat berasal dari hewan dan tumbuhan, seperti: buah, sayuran, kompos, humus, sisa makanan, kotoran unggas bahkan manusia dan bangkai hewan (Suryani *et al.*, 2018).



Gambar 2.6 Siklus hidup Larva BSF
(Sumber: Surendra *et al.*, 2020)

BSF mengalami metamorfosis pada fase kedua setelah fase telur menjadi larva dan sebelum fase pupa yang kemudian berubah menjadi lalat dewasa. Larva BSF ini dikenal sebagai maggot, dimana proses metamorfosisnya berlangsung tidak begitu lama, hanya membutuhkan waktu kurang lebih 14 hari (Firmansyah dan Taufiq, 2020).



Gambar 2.7 Perubahan larva BSF hingga menjadi pupa
(Sumber: Suryani *et al.*, 2018)

Menurut Fauzi dan Sari (2018), lama siklus hidup lalat ini juga tergantung pada media pakan dan kondisi lingkungan tempat hidupnya. Penggunaan larva BSF sebagai alternatif bahan pakan berprotein yang telah banyak dibudidayakan oleh peternak. Namun budidaya larva ini kurang diminati peternak wilayah pedalaman karena kurangnya pengetahuan akan kandungan, nutrisi, dan teknik budidaya larva BSF. Kandungan protein larva BSF cukup tinggi, yaitu 40-50% dengan kandungan lemak berkisar 29-32% (Wardhana, 2016).

2.7 Teknologi Pengolahan Sampah Organik dengan Larva BSF

Teknologi konversi sampah organik menggunakan larva BSF merupakan sebuah teknologi daur ulang yang memiliki berbagai nilai guna, seperti di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Selain pengurangan limbah, produk dalam bentuk prepupa dapat berupa pakan hewan ternak dapat membuka peluang ekonomi baru bagi pengusaha kecil di negara berkembang (Pathiassana *et. al.*, 2020). Larva ini juga menghasilkan nilai tambah berupa kompos kasgot (Firmansyah dan Taufiq, 2020). Larva BSF mampu mendegradasi sampai dengan 80% jumlah sampah organik yang diberikan baik sampah padat maupun sampah cair. Selain itu larva BSF mudah untuk dikembangbiakkan dengan sifatnya yang tidak berpengaruh terhadap musim, meskipun lebih aktif pada kondisi yang hangat (Sipayung, 2015). Larva BSF mempunyai enzim selulolitik yang berfungsi melumatkan makanan dan mengeluarkan protein berada pada sari makanan. Enzim selulolitik akan dikeluarkan melalui mulut larva BSF, lalu makanan tersebut dihisap oleh larva BSF untuk dikonversikan dalam bentuk biomassa tubuhnya (Rofi *et al.*, 2021).

Beberapa alasan BSF dipilih sebagai pengolah sampah organik karena kecepatannya dalam mengurai sampah organik, serta dapat mengontrol lalat rumah yang bersifat membawa penyakit. BSF ini bukan merupakan lalat pembawa penyakit. Selain itu, teknologi larva BSF ini adalah salah satu bentuk pengelolaan sampah melalui konsep 3R dalam rangka meminimalkan volume sampah organik dari sumbernya. Larva BSF mampu mendekomposisi sampah organik selama 10-11 hari (Firmansyah dan Taufiq, 2020).

2.7.1 Penerapan Teknologi

BSF hidup di area yang banyak terdapat materi organik yang membusuk. Jenis lalat ini dapat dibudidayakan di tempat terbuka dengan sumber makanan untuk tahap larva berupa bahan organik dari hewan atau tumbuhan (Suryani *et al.*, 2018). Menurut Dortmans *et al.* (2017), dasar dari penerapan fasilitas pengolahan sampah organik dengan menggunakan larva BSF adalah pengetahuan akan siklus hidupnya. Hal ini bertujuan untuk menentukan perlu adanya kontrol yang baik sehingga dapat terbentuk suatu biosistem yang terancang dengan baik. Biosistem dibuat hampir sama dengan habitat asli BSF, sekaligus menjamin keberlanjutan pengolahan sampah. Berikut ini adalah beberapa unit yang diperlukan sebagai fasilitas pengolahan.

- a. **Unit pembiakan masal BSF:** digunakan untuk memelihara larva-larva kecil berumur 5 hari setelah menetas atau yang disebut dengan *5-days-old-larvae* (5-DOL). Unit ini bertujuan agar selalu tersedia dengan jumlah larva yang konsisten untuk mengolah sampah organik yang datang setiap harinya di fasilitas pengolahan tersebut. Namun, dalam unit pemeliharaan ini, jumlah larva yang menetas dibatasi dalam jumlah tertentu untuk menjamin kestabilan pembiakan populasinya.
- b. **Unit penerimaan sampah dan pra-pengolahan:** unit terpenting untuk memastikan bahwa sampah yang diterima di fasilitas tersebut cocok untuk menjadi makanan bagi larva-larva BSF. Langkah pertama adalah pengontrolan sampah untuk memastikan bahwa sampah tersebut tidak mengandung material berbahaya dan bahan anorganik. Langkah selanjutnya adalah memperkecil ukuran partikel sampah, mengurangi kadar air jika tingkat kelembabannya terlalu tinggi dan kelembabannya untuk larva, yaitu 70-80%. Sampah organik perlu memenuhi kriteria jenis-jenis sampah organik yang layak seperti pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Kriteria Jenis-jenis sampah organik

Sampah Perkotaan	Sampah Agro-industri	Pupuk dan Feses
<ul style="list-style-type: none"> • Sampah organik perkotaan • Sampah makanan dan restoran • Sampah pasar 	<ul style="list-style-type: none"> • Sampah pengolahan makanan • Biji-bijian bekas pakai • Sampah rumah potong hewan 	<ul style="list-style-type: none"> • Lumpur tinja • Kotoran unggas • Kotoran babi • Kotoran manusia

(Sumber : Dortmunds *et al.*, 2017)

- c. Unit pengolahan sampah dengan BSF** merupakan unit pembiakan 5-DOL yang diberi makan sampah organik dalam kontainer yang disebut “larvero”. Larva yang memakan sampah organik ini kemudian tumbuh menjadi larva besar sehingga dapat mengolah sampah. Namun, apabila sampah yang digunakan terlalu banyak, lapisan sampah yang tidak terolah dapat meningkatkan panas akibat adanya aktivitas bakteri. Kondisi tersebut tidak menguntungkan bagi larva. Makanan yang tidak tersentuh juga akan menarik perhatian lalat-lalat lainnya. Sebaliknya, apabila jumlah sampah tidak mencukupi, larva akan kekurangan pakan sehingga baik kecepatan perkembangan larva maupun kapasitas pengolahan sampah di fasilitas akan menurun.
- d. Unit panen produk** merupakan unit untuk memisahkan larva dari residu dari pengolahan yang diambil dari larvero tepat sebelum berubah menjadi prepupa. Proses pemisahan bisa secara mekanis menggunakan *shaking sieve* atau secara manual menggunakan ayakan berukuran 3 mm.
- e. Unit pasca-pengolahan** merupakan unit pengolahan baik larva dan residu yang diperlukan lebih lanjut untuk menyesuaikan dengan permintaan pasar lokal. Hal ini disebut “pemurnian produk”. Langkah awal yang dilakukan adalah mematikan larva atau pemurnian larva. Hal ini dapat dilakukan dengan pembekuan atau pengeringan, atau dengan memisahkan minyak larva dari protein larva. Sedangkan untuk pemurnian residu, biasanya dilakukan dengan pengomposan atau dimasukkan ke digester biogas untuk bahan produksi.

Setelah memahami fasilitas pengolahan, kondisi lingkungan dan sumber makanan yang optimal bagi larva BSF juga perlu diperhatikan. Dortmunds *et al.* (2017) menyatakan kondisi optimum untuk pertumbuhan larva BSF adalah sebagai berikut.

- a. **Iklim hangat.** Suhu ideal adalah antara 24°C hingga 30°C. Jika terlalu panas, larva akan keluar dari sumber makanannya untuk mencari tempat yang lebih dingin. Jika terlalu dingin, metabolisme larva akan melambat. Akibatnya, larva makan lebih sedikit sehingga pertumbuhannya pun menjadi lambat.
- b. **Lingkungan yang teduh.** Larva menghindari cahaya dan selalu mencari lingkungan yang teduh dan jauh dari cahaya matahari. Jika sumber makanannya terpapar cahaya, larva akan berpindah ke lapisan sumber makanan yang lebih dalam untuk menghindari cahaya tersebut.
- c. **Kandungan air dalam makanan.** Sumber makanan harus cukup lembab dengan kandungan air antara 60% sampai 90% supaya dapat dicerna oleh larva.

- d. **Kebutuhan nutrisi pada makanan.** Bahan-bahan yang kaya protein dan karbohidrat akan memberikan pertumbuhan yang baik bagi larva. Sampah yang telah melalui proses penguraian bakteri atau jamur kemungkinan akan lebih mudah dikonsumsi oleh larva.
- e. **Ukuran partikel makanan.** Karena larva tidak memiliki bagian mulut untuk mengunyah, maka nutrisi akan mudah diserap jika substratnya berupa bagian-bagian kecil atau bahkan dalam bentuk cair atau seperti bubur.

2.7.2 Hasil Produk dan Manfaat

Hasil produk dari biokonversi sampah organik oleh larva BSF dapat berupa:

- a. Larva BSF dapat dimanfaatkan menjadi pakan ternak yang dapat dijual ke peternak sebagai pelanggan. Pakan ternak dari larva BSF ini dapat berupa larva yang masih hidup atau dalam bentuk pellet pakan. Pellet pakan yang dicetak dengan menggunakan mesin pelletizer dari larva yang telah dikeringkan dan dicampur dengan jagung, sorgum, dan semacamnya sebagai tepung. Pellet pakan ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi hewan ternak seperti ayam pedaging, ayam petelur, beberapa spesies ikan, dan sebagainya (Dortmans *et al.*, 2017). Larva ini memiliki kandungan gizi yang baik yaitu 43,23% protein, 19,83% lemak, 5,87% serat kasar, 4,77% abu, dan 26,3% bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Selain itu, adapun hasil dari pengolahan sampah dengan larva ini pada unit bioreaktor aerobik berupa pupuk cair organik (Oktavia and Rosariawari, 2020).
- b. Residu dari biokonversi sampah organik dengan larva BSF ini berupa kasgot (bekas maggot). Kasgot ini seperti kompos yang dapat digunakan untuk media tanam (Ambarningrum *et al.*, 2019). Pupuk kasgot ini memiliki kandungan unsur-unsur baik makro maupun mikro yang dibutuhkan oleh tanaman. Pupuk ini mengandung nitrogen (N) 3,276%, fosfor (P) 3,387%, kalium (K) 9,74%, dan karbon organik 40,95%, serta memiliki C/N rasio 12,50%, dan kadar air 11,04% (Muhadat, 2021).

Manfaat Teknologi Menurut Oktavia and Rosariawari (2020), manfaat dan keuntungan yang didapat dari pemanfaatan larva BSF adalah sebagai berikut.

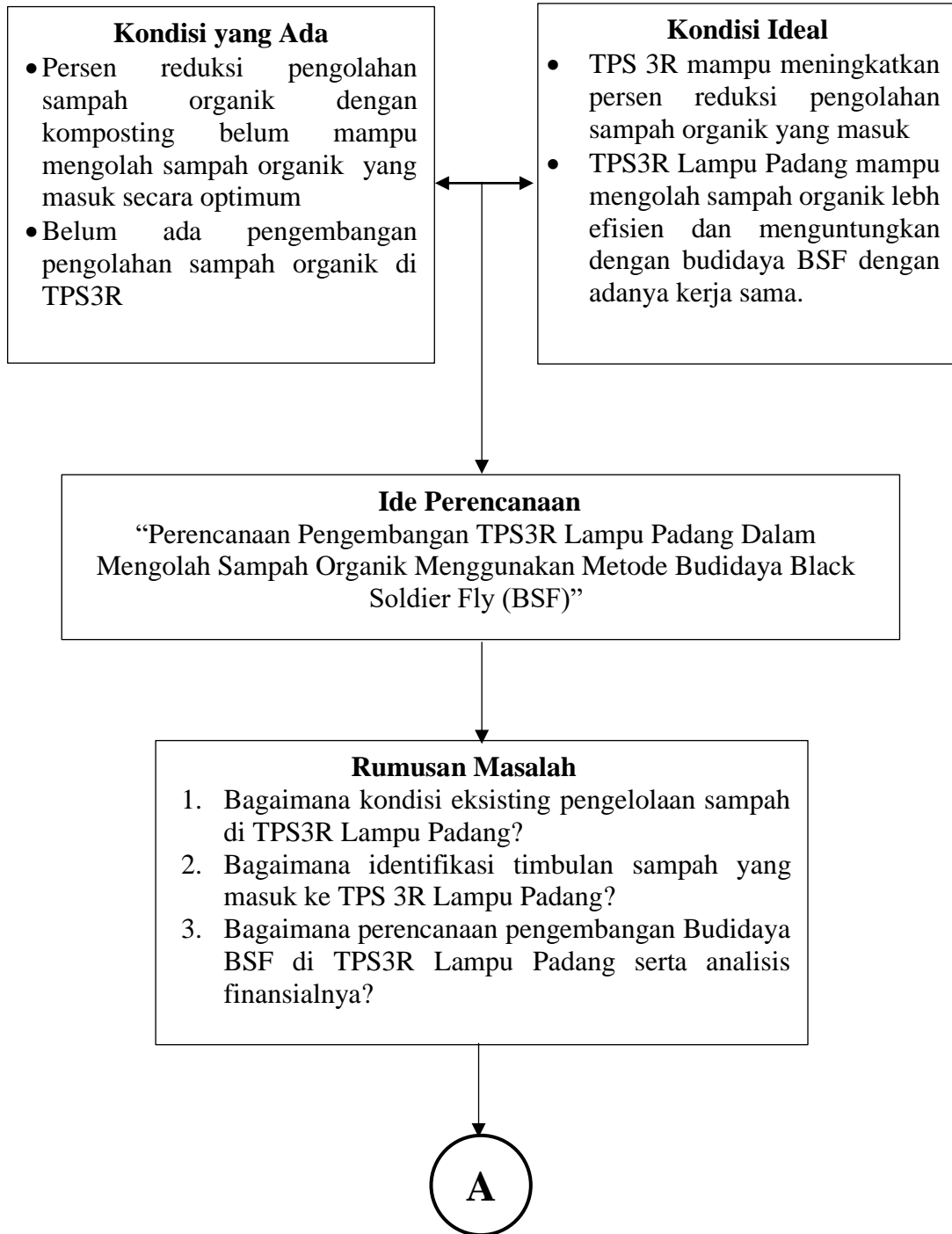
- a. Mampu mendegradasi sampah organik menjadi nutrisi untuk pertumbuhan larva, serta mampu mereduksi sekitar 65,5 – 78,9% sampah organik.
- b. Menghasilkan residu dari biokonversi sampah organik menjadi kompos dengan kandungan penyubur yang tinggi.
- c. Mampu mengontrol bau dan hama, serta dapat mengurangi emisi gas rumah kaca pada saat proses dekomposisi sampah.
- d. Tubuh larva mengandung zat kitin dan protein yang dapat digunakan sebagai alternatif pakan ternak. Keunggulan maggot sebagai pengganti pakan ternak atau ikan selain mengandung nutrisi atau protein yang tinggi juga mengandung antimikroba, anti jamur, tidak membawa penyakit serta pemanfaatannya tidak bersaing dengan manusia (Fauzi dan Sari, 2020).
- e. Tubuh larva mengandung lemak yang tinggi dan dimanfaatkan menjadi bahan baku biofuel.

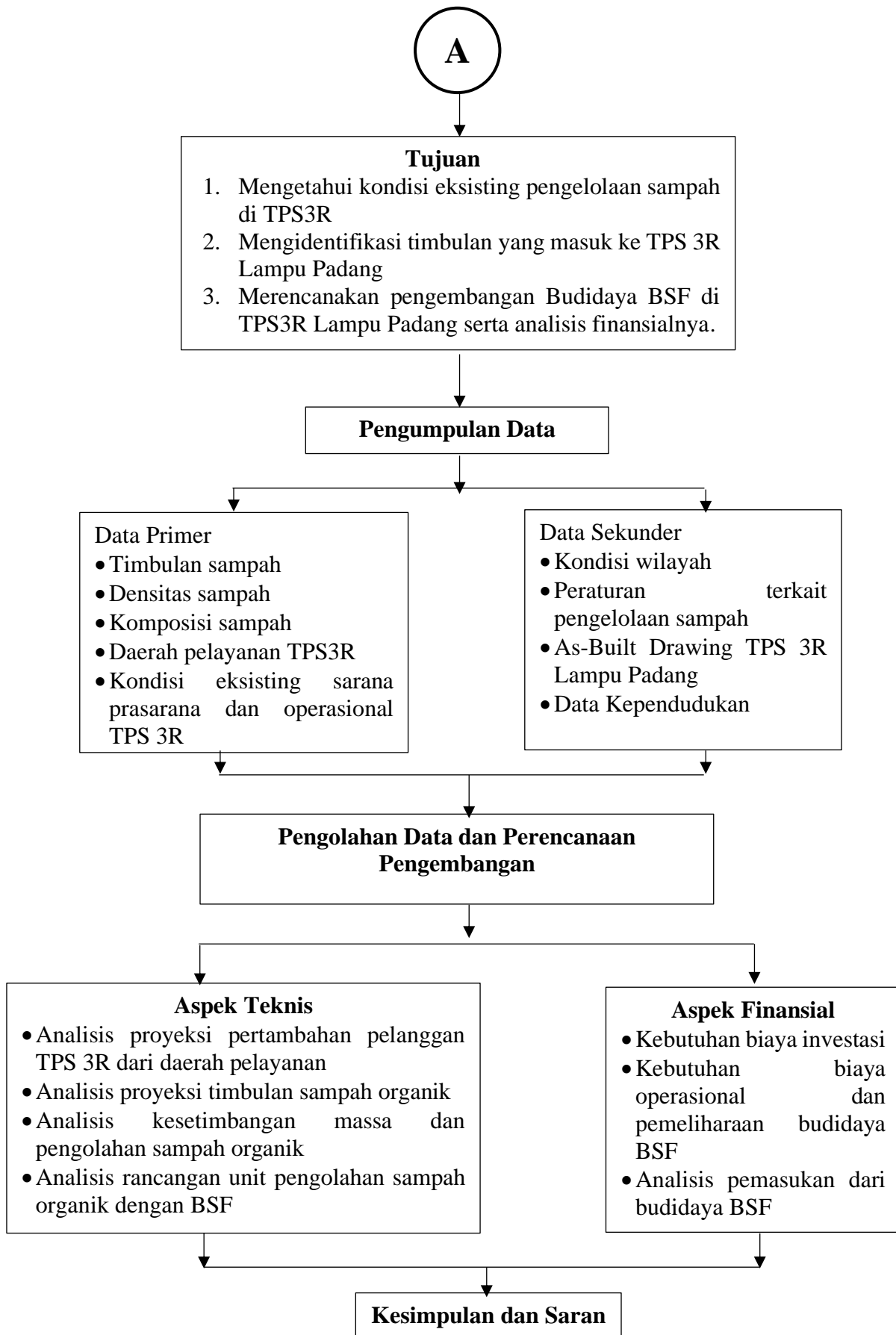
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3 METODE PERENCANAAN

3.1 Kerangka Perencanaan

Pada kerangka perencanaan ini ditentukan metode yang digunakan selama perencanaan untuk mencapai hasil akhir sesuai tujuan perencanaan. Diagram tahapan perencanaan dijelaskan lebih lanjut pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan

3.2 Tahapan Perencanaan

3.2.1 Ide Perencanaan

Ide perencanaan ini diperoleh dari adanya tingkat reduksi atau pengurangan sampah rumah tangga di Desa Gondang perlu ditingkatkan. Salah satunya melalui penyelenggaraan TPS 3R. Namun untuk meningkatkan efisiensi pengolahan sampah organik perlu adanya metode selain komposting, yaitu budidaya *Black Soldier Fly* (BSF).

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mendukung ide perencanaan secara teori serta membantu memperluas pemahaman terhadap ide yang akan direncanakan. Sumber literatur yang digunakan diantaranya adalah *text book*, jurnal penelitian, peraturan dan standar yang berlaku di Indonesia. Hal tersebut menjadi dasar dalam pelaksanaan dan pembahasan hingga penarikan kesimpulan pada perencanaan.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada perencanaan ini terdiri dari pengumpulan data primer dan sekunder sebagai acuan dan dasaran menyusun konsep perencanaan. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan dengan cara pengukuran, wawancara, maupun pengamatan langsung. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber data lain seperti jurnal, buku, dan lain sebagainya. Berikut uraian mengenai data primer dan sekunder yang diperlukan dalam perencanaan ini.

A. Data Primer

1. Timbulan Sampah

Timbulan sampah di TPS 3R Lampu Padang

Perhitungan timbulan sampah dengan rumus sebagai berikut:

Timbulan sampah (kg/orang/hari) =

$$\frac{\text{berat sampah di gerobak (kg/hari)}}{\text{jumlah penduduk terlayani}} : \text{frekuensi pengumpulan (hari)}$$

2. Densitas sampah

Densitas sampah lepas

Pengukuran densitas sampah lepas didapatkan dari berat sampah dan pengukuran volume sampah di gerobak yang masuk ke TPS 3R. Pengukuran densitas adalah sebagai berikut:

c. Diukur panjang, lebar gerobak dan tinggi sampah di gerobak

d. Dihitung volume gerobak sampah

e. Sampah dalam gerobak ditimbang

f. Diukur densitas sampah dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Densitas sampah (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{berat sampah (kg)}}{\text{volume (m}^3\text{)}}$$

3. Komposisi Sampah

Komposisi sampah di TPS 3R Lampu Padang

Pengukuran dilakukan dengan melakukan pemilahan sampah gerobak yang masuk ke TPS 3R. Sampah-sampah tersebut dipilah berdasarkan komposisinya, dengan tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

a. Volume sampah di gerobak dituang dan diaduk merata mungkin.

b. Volume sampah yang telah teraduk rata tersebut kemudian dibagi menjadi empat bagian.

- c. Seperempat bagian diaduk lagi merata mungkin, dibagi menjadi empat bagian lagi sampai diperoleh sampel sampah sebanyak 100 kg.
- d. Sampah-sampah tersebut dipilah berdasarkan komposisinya.
- e. Setiap jenis sampah yang telah terpilah ditempatkan dalam kantong plastik besar atau karung untuk memudahkan proses penimbangan.
- f. Menimbang dan mencatat berat sampah setiap jenis.

Perhitungan komposisi sampah dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

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

4. Kondisi Eksisting TPS3R

Untuk mengetahui kondisi eksisting TPS 3R Lampu Padang, dilakukan observasi/pengamatan lapangan.

Untuk mengetahui kondisi lain yang meliputi aktivitas penanganan sampah di TPS 3R dengan cara :

- Melakukan wawancara dengan petugas pengumpul sampah
- Melakukan wawancara dengan petugas terkait sistem penanganan sampah di TPS 3R Lampu Padang

Data yang perlu dikumpulkan antara lain :

1. Teknis operasional persampahan
2. Fasilitas yang tersedia

Kondisi dan fungsi berbagai fasilitas yang dimiliki TPS3R.

B. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan pada perencanaan ini berasal dari data penelitian sebelumnya, peraturan perundang-undangan, dan informasi dari instansi terkait. Data-data yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu

a. Kondisi wilayah

Data diperoleh dari Instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek dan Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup (PKPLH) Kabupaten Trenggalek, antara lain meliputi:

- Kondisi geografi, topografi, dan luas wilayah/area studi
- Peta wilayah studi.

b. Data Kependudukan

Data penduduk selama 5 tahun terakhir, yakni data jumlah penduduk, kepadatan penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk Desa Gondang

c. Peraturan terkait pengelolaan sampah

Peraturan-peraturan yang berlaku di Kabupaten Trenggalek dan Indonesia terkait dengan pengelolaan sampah dan TPS 3R

d. Data *As-Built Drawing* TPS 3R Lampu Padang

Data *As-Built Drawing* menjelaskan ukuran rinci ukuran luas TPS 3R Lampu Padang beserta denah setiap fasilitasnya. Berdasarkan data tersebut juga dijelaskan luas area pemilahan, area pencacahan, area timbunan sampah sementara, gudang, dan area komposting serta ketinggian bangunannya

e. Harga Pasar

Harga pasar digunakan dalam mengetahui harga sarana dan prasarana budidaya BSF sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan BOQ dan RAB dari perencanaan pengembangan TPS3R untuk mengolah sampah organik dengan budidaya BSF.

3.2.4 Pengolahan Data dan Perencanaan Pengembangan

Data-data primer dan sekunder yang telah terkumpul selanjutnya diolah dengan tahapan sebagai berikut.

a. Analisis Aspek Teknis

1. Mengidentifikasi daerah pelayanan

Melakukan pendataan pada jumlah gerobak, area pelayanan setiap gerobak sampah dan frekuensi ritasinya.

2. Menghitung proyeksi jumlah penduduk desa dari daerah yang terlayani

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk mengetahui jumlah penduduk yang terlayani serta sampah yang akan masuk ke TPS3R hingga akhir tahun perencanaan. Tahapannya adalah:

a. Menentukan periode perencanaan

Periode perencanaan pengembangan yang dihitung dalam penelitian ini adalah selama 10 tahun dimulai dari tahun 2022. Tahun pertama yaitu tahap persiapan dan konstruksi sudah dilanjutkan tahap operasi pengolahan sampah organik menggunakan metode budidaya BSF.

b. Menghitung proyeksi penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan menggunakan metode aritmatika, metode geometrik, dan metode least square dengan menggunakan data penduduk yang terlayani yang tersedia. Metode Proyeksi terpilih dipertimbangkan melalui nilai korelasi (R^2) yang paling mendekati 1 dan standar deviasi yang kecil.

3. Membuat skenario desain perencanaan pengembangan

Skenario desain ditinjau dari pengelolaan sampah di sumber dan TPS 3R. Parameter dalam skenario tersebut antara lain jumlah timbulan sampah yang akan diolah di TPS 3R yaitu dengan penentuan tingkat pelayanan pengumpulan sampah dan upaya reduksi sampah di sumber, kemudian penentuan sampah organik sebagai media dalam budidaya BSF, dan bangunan TPS 3R

Tabel 3.2 Skenario Desain Pengembangan Pengolahan Sampah Organik TPS 3R Lampu Padang

No.	Parameter	Skenario 1 (<i>Business-as-usual</i>)	Skenario 2 (Moderat)	Skenario 3 (Optimalisasi Proses)
1.	Timbulan Sampah Masuk TPS 3R			
	a. Tingkat Pelayanan Pengumpulan Sampah	Tidak ada peningkatan	Pada akhir tahun 2032 target persen pelayanan di Desa Gondang sebanyak 15%, Desa Tumpuk 10%, Desa Nglongsor %. Peningkatan 0,51% tiap tahun dan di akhir menjadi 13 %.	Naik secara bertahap tiap tahun 4% dari total daerah pelayanan menjadi 50%

	b. Upaya Reduksi di Sumber (Partisipasi Masyarakat)	Tidak Ada	Naik secara bertahap dari 0% menjadi 10% untuk sampah anorganik	Naik secara bertahap dari 0% menjadi 10%
2.	Persen pengolahan timbunan sampah organik dengan metode budidaya BSF	100 % sampah sisa makanan	100% sampah sisa makanan	100% sampah sisa makanan
3.	Bangunan TPS 3R	Modifikasi bangunan dengan lahan yang tersedia	Modifikasi bangunan dengan lahan yang tersedia	Modifikasi bangunan dengan lahan diperluas

Proyeksi timbunan sampah dikembangkan dengan menggunakan 3 skenario pengembangan, yaitu:

1. Skenario 1 (*Business-as-usual*)

Skenario *Business-as-usual* (BAU) adalah skenario yang tidak mengalami perubahan di tahun mendatang. Skenario ini pengelolaan sampah berlangsung sama dengan kondisi yang ada saat ini di TPS 3R Lampu Padang. Pengelola tidak melakukan pembaruan dalam kebijakan persampahan. Belum adanya upaya pengurangan sampah di sumber maka diasumsikan konstan di angka 0%. Dengan asumsi upaya pengurangan sampah di sumber 0%, maka seluruh jenis sampah dari pelanggan yang dihasilkan oleh masyarakat pada rencana wilayah layanan akan diangkut menuju TPS 3R Lampu Padang untuk dikelola. Dengan menggunakan skenario *Business-as-usual*, fasilitas yang berada di TPS 3R tetap seperti penanganan sampah saat ini dan tidak ada peningkatan pelanggan, pengelolaan atau fasilitas.

2. Skenario 2 (moderat)

Skenario moderat adalah skenario pengelolaan sampah yang mengalami peningkatan dari kondisi sistem yang ada saat ini. Skenario ini diharapkan pada tahun mendatang sistem pengelolaan layanan mengalami peningkatan persen pelayanan dan ada upaya reduksi sampah di sumber oleh masyarakat atau pelanggan. Target persen pelayanan Desa Gondang sebesar 15%, Desa Nglongsor dan Tumpuk masing-masing 10 %. Hal ini didasarkan pada persen pelayanan saat ini dan lahan yang tersedia. Upaya reduksi sampah di sumber mengalami peningkatan secara bertahap dari 0% menjadi 10% dengan adanya rasio peningkatan yang sama setiap tahunnya, yaitu sebesar 1%. Peningkatan reduksi sampah ini berdasarkan kondisi saat ini TPS3R Lampu Padang juga mendirikan bank sampah untuk masyarakat sekitar. Bank sampah ini ditujukan untuk sampah plastik, logam yang memiliki nilai jual. Dengan adanya bank sampah ini upaya reduksi sampah di sumber oleh masyarakat meningkat sehingga sampah yang perlu dikumpulkan oleh petugas sampah menjadi berkurang persentasenya atau lebih banyak sampah organiknya. Pada skenario ini terjadi peningkatan pemilahan sampah disumber sebesar 10% setiap tahunnya hingga mencapai 100% pada tahun 2032.

3. Skenario 3 (Optimalisasi proses)

Skenario 3 ini diasumsikan bahwa sistem pengelolaan sampah ditargetkan sudah setengah dari daerah pelayanan atau sekitar 50% dari total penduduk menjadi pelanggan TPS3R. Pada skenario ini persen pelayanan meningkat sekitar 5% tiap tahunnya. Diasumsikan pula pada skenario ini seluruh pemangku kepentingan dalam pengelolaan persampahan di kota sudah berkoordinasi dengan baik dan kesadaran masyarakat meningkat. Angka reduksi sampah di sumber akan terus meningkat dari 0% dari tahun awal perencanaan sampai 10% pada tahun 2032. Peningkatan upaya reduksi sampah di sumber diasumsikan memiliki rasio peningkatan sebesar 1% setiap tahunnya.

Berdasarkan hasil pertimbangan terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi timbulan sampah seperti persentase pelayanan pengumpulan sampah dan upaya reduksi sampah di sumber, maka skenario yang dianggap mungkin terjadi atau realistis adalah skenario 2, yaitu skenario moderat. Periode perancangan fasilitas, diasumsikan masyarakat akan mulai sadar untuk mengurangi penggunaan kemasan-kemasan yang sekali pakai dan tidak dapat terdegradasi secara alami, seperti kantong plastik, botol minum kemasan. Hal ini dipicu oleh terjadinya perubahan gaya hidup masyarakat. Selain itu dengan adanya program pengelolaan sampah yaitu Bank Sampah Lampu Padang yang digagas oleh pengelola TPS 3R dalam rangka memilah sampah di sumber sehingga lebih efisien saat pemilahan di fasilitas TPS 3R, dan hal ini didukung juga dari peningkatan kesadaran masyarakat tentang pengelolaan sampah. Maka dari itu diharapkan terjadinya peningkatan reduksi sampah di sumber sebesar 1% secara realistis setiap tahunnya, serta diharapkan pula terjadinya kegiatan pemilahan sampah di sumber yang terus meningkat hingga 10% pada akhir tahun perencanaan. Jumlah sampah yang dihasilkan pada akhir tahun perencanaan pada skenario moderat akan digunakan sebagai dasar kapasitas redesain TPS 3R Lampu Padang. Selain itu dengan diberlakukannya TPS di sebelah TPS3R Lampu Padang dengan mekanisme buka tutup, hal ini memungkinkan peningkatan pelanggan hingga lebih dari 400 pelanggan di akhir tahun perencanaan dan hal ini sesuai dengan target oleh pengelola TPS 3R Lampu Padang.

4. Menghitung proyeksi timbulan sampah organik

Proyeksi timbulan sampah dilakukan dengan mempertimbangkan data timbulan sampah yang ada dan didasarkan pada proyeksi laju pertumbuhan penduduk. Selain itu juga mempertimbangkan skenario berdasarkan persen pelayanan dan reduksi.

5. Menganalisis kesetimbangan massa sampah TPS 3R Lampu Padang

Analisis mass balance dihitung berdasarkan data timbulan, komposisi sampah dan nilai proses pengolahan sampah organik (*recovery factor*) di TPS 3R Lampu Padang. Langkah-langkah dalam melakukan analisis mass balance adalah sebagai berikut.

- Menghitung berat sampah organik yang dapat diolah

(kg) menggunakan rumus:

Berat sampah daur ulang (kg) =

Recovery Factor (%) x berat sampah tiap komposisi (kg)

- Menghitung persentase jumlah sampah organik yang dapat digunakan untuk media BSF. Sampah organik dipilah berdasarkan karakternya menjadi 2 jenis, yaitu sampah yang dapat diolah BSF dan yang tidak. Sampah yang tidak bisa diolah BSF akan diproses melalui metode komposting bata berongga. Sedangkan sampah yang bisa diolah dengan BSF akan dihitung persentasenya.

- Menghitung residu sampah tiap komposisi

Residu (kg) = berat sampah sebelum diolah (kg) - berat sampah dapat didaur ulang (kg)

Hasil perhitungan disusun dalam bentuk diagram untuk menguraikan proses yang terjadi pada pengelolaan dengan fasilitas daur ulang TPS 3R, dimana proses perhitungan massa dimulai dari input sampah sampai output yang dihasilkan dalam fasilitas daur ulang.

6. Menghitung kebutuhan perencanaan pengembangan prasarana dan sarana di TPS 3R untuk mengolah sampah organik
7. Menyusun *Detail Engineering Design* pengolahan sampah organik di TPS 3R
Detail Engineering Design pengolahan sampah organik di TPS 3R terdiri atas perhitungan lahan sarana prasarana, yang mempertimbangkan sampah organik yang masuk untuk diolah dengan metode BSF, kapasitas *feeding rate* larva BSF, waktu pengolahan, serta akses mobilitas tenaga kerja, dan lainnya. Kemudian dituangkan ke dalam gambar.
8. Membuat layout, gambar tampak, serta gambar potongan desain pengembangan sarana dan prasarana TPS 3R
Layout merupakan tata letak komponen fisik eksisting pengolahan sampah organik dengan BSF, dan fasilitas penunjang lainnya seperti; gudang pemanenan atau proses pengolahan produk lanjutan.
9. Menyusun *Standard Operating Procedure (SOP)*
Standard Operating Procedure (SOP) berguna sebagai pedoman dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan pengolahan sampah organik dengan metode BSF di TPS 3R

b. Analisis Aspek Finansial

1. Menghitung biaya investasi
Meliputi biaya pengembangan serta pengadaan prasarana dan sarana yang diperlukan TPS 3R untuk proses budidaya BSF, misalnya pengadaan jaring kandang lalat sebagai unit pembiakan lalat dan sebagainya.
2. Menghitung biaya operasional dan pemeliharaan
Biaya operasional meliputi biaya gaji dan upah karyawan/pekerja, biaya bahan bakar pencacah sampah organik, biaya transportasi (bahan bakar, oli, accu), biaya listrik, biaya air, dan sebagainya. Biaya pemeliharaan meliputi perawatan alat-alat di TPS 3R.
3. Menghitung potensi pendapatan
Perhitungan potensi ekonomi dari hasil pengolahan sampah organik seperti larva maggot basah, dan pupuk kompos. Kondisi tersebut selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode analisa NPV perbandingan nilai sekarang (PV) dari biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan serta biaya pendapatan. Analisa ini dilakukan untuk melihat apakah pengembangan TPS 3R ini menguntungkan dan layak secara finansial.

3.2.5 Kesimpulan dan Saran

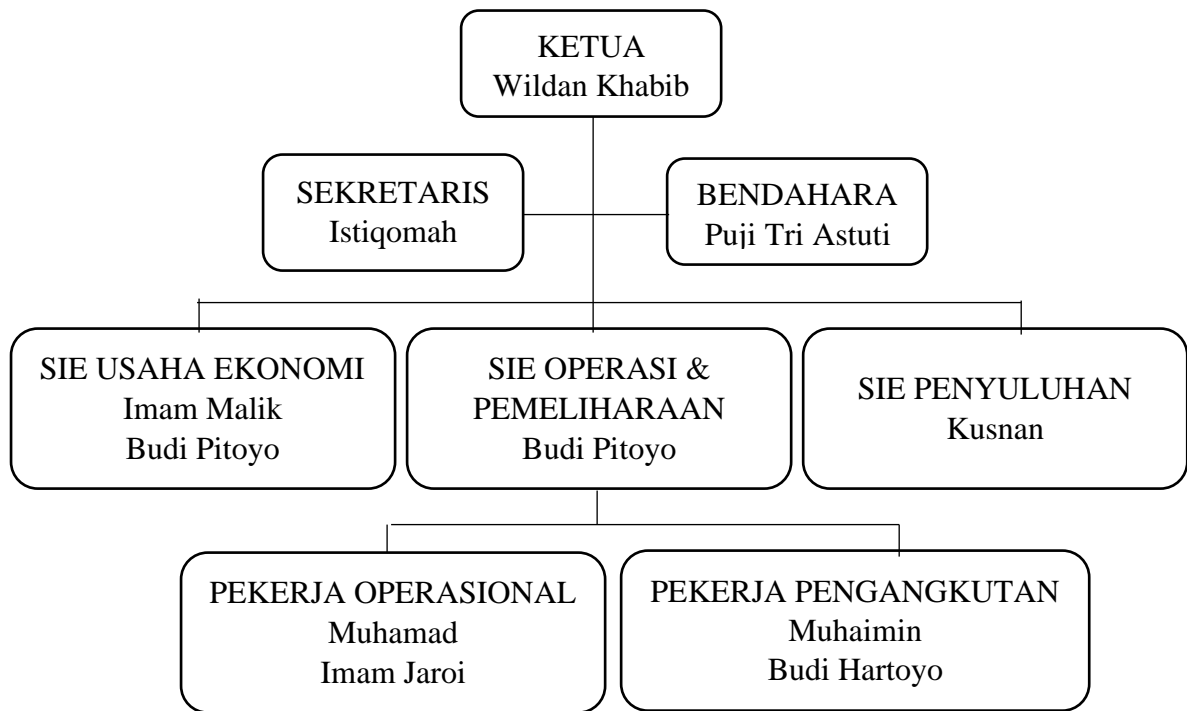
Kesimpulan merupakan hasil dari pembahasan yang menjawab tujuan dan ruang lingkup pada kegiatan perencanaan pengembangan ini. Saran-saran diberikan untuk memperbaiki perencanaan pengembangan terhadap upaya peningkatan reduksi sampah atau efisiensi pengolahan sampah organik yang akan dilakukan di masa mendatang.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Sistem Pengelolaan Sampah di TPS3R Lampu Padang

4.1.1 TPS 3R Lampu Padang

Luas Lahan yang disediakan Pemerintah Desa Gondang seluas 1 Ha sebagai pembangunan TPS3R dan yang digunakan adalah 390 m². TPS3R ini melayani masyarakat Desa Gondang, Tumpuk dan Nglongsor dengan volume sampah 18,36 L/KK atau 2,56 kg/KK. Sedangkan untuk biaya pelayanan atau pelanggan dari tiap KK adalah Rp 20.000,00. Berdasarkan struktur organisasi terdapat 4 tenaga kerja lapangan yang bertugas untuk pengumpulan sampah di rumah tangga yang digaji sebesar Rp 2.000.000,00 tiap bulannya dan dua staff yang aktif bertugas mengurus pengelolaan, administrasi, keuangan dan sosialisasi. Berikut merupakan struktur organisasi TPS 3R Lampu Padang.



Gambar 4.1 Struktur organisasi TPS 3R Lampu Padang

Struktur Organisasi atau pola hubungan yang terstruktur dalam manajemen TPS 3R diperlukan untuk meningkatkan pengelolaan TPS 3R berjalan dengan lebih baik. Dalam pengelolaan operasionalnya, TPS 3R ini dikelola oleh pihak ketiga, tapi masih di bawah pengawasan dan konsultasi kerja sama dengan Dinas PKPLH Trenggalek. Pihak ketiga tersebut adalah perwakilan masyarakat Desa Gondang yang sebelumnya sudah diikutkan pelatihan pengelolaan sampah oleh Dinas PKPLH Trenggalek. Peran PKPLH juga sebagai pembimbing dalam pengelolaan serta berperan kerja sama sebagai pihak yang akan melakukan pengangkutan sampah residu menuju TPA Srabah Trenggalek.

TPS 3R Lampu Padang dikelola oleh seorang ketua yang dibawahnya terdiri dari beberapa divisi dibawahnya. Adapun fungsi seorang sekretaris dan bendahara diperlukan untuk menunjang berjalannya TPS 3R. Berdasarkan struktur di atas, terdapat 3 divisi yang

menunjang operasional TPS 3R Lampu Padang, yaitu divisi ekonomi, divisi operasional dan pemeliharaan, divisi penyuluhan. Divisi ekonomi berperan sebagai divisi yang bertugas untuk penjualan produk kompos dan lapak anorganik. Divisi operasional dan pemeliharaan bertugas untuk mengatur operasional pengolahan sampah di TPS 3R Lampu Padang. Divisi penyuluhan bertugas untuk melakukan sosialisasi kepada masyarakat, seperti kegiatan pemilahan, reduksi sampah disumber, pengolahan sampah di TPS 3R Lampu Padang dan edukasi sampah.

4.1.2 Pewadahan

Pewadahan diartikan sebagai kegiatan menampung sampah sementara dalam suatu wadah individual atau komunal di tempat sumber sampah dengan mempertimbangkan jenis-jenis sampah. Pewadahan bertujuan untuk menghindari terjadinya sampah berserakan yang berpotensi mengganggu lingkungan, baik dari segi kesehatan, kebersihan, maupun estetika. Pewadahan sampah rumah tangga di area pelayanan TPS 3R Lampu Padang berupa wadah tidak permanen terbuat dari barang-barang bekas seperti ban, drum, ataupun plastik. Kriteria pewadahan berdasarkan Permen PU No. 3 Tahun 2013 adalah kedap air dan udara, mudah dibersihkan, ringan dan mudah diangkat, dan mudah diperoleh/mudah dibuat oleh masyarakat.

Pewadahan sampah dapat meningkatkan optimalisasi pemilahan sampah yaitu kegiatan untuk mengelompokkan dan memisahkan sampah menurut jenisnya masing-masing. Namun, berdasarkan pengamatan di lapangan wadah yang digunakan untuk pewadahan sampah masih tercampur menjadi satu atau tidak dibedakan berdasarkan jenisnya. Pewadahan ini perlu dibedakan berdasarkan jenisnya karena setiap jenis sampah memiliki penanganan yang berbeda sehingga akan memudahkan proses pengelolaan.

4.1.3 Pengumpulan

Pengumpulan sampah adalah proses penanganan sampah dengan cara mengumpulkan sampah dari masing-masing sumber sampah untuk diangkut ke TPS atau ke pengolahan sampah skala kawasan, atau langsung ke TPA tanpa melalui proses pemindahan (Damanhuri dan Padmi, 2016). Pengumpulan menggunakan alat pengumpul dilakukan dengan ritasi 2-3 kali/hari dengan periode pengumpulan maksimal 3 hari sekali untuk mencegah pembusukan sampah organik (sampah basah) sehingga untuk satu harinya diperlukan satu ritasi. Sampah yang dikumpulkan dari sumber masih dalam keadaan tercampur. Alat pengumpul sampah tersebut berupa kendaraan motor roda tiga yang dimodifikasi volume wadahnya. Jadwal operasional pengumpulan mulai dari jam 07.00-10.00 WIB untuk satu kali ritasi pertama, sesampainya di TPS 3R dilakukan pembongkaran muatan, kemudian sampah diturunkan pada lahan penerimaan sampah. Proses bongkar muat ini berlangsung sekitar 1 jam. Sedangkan ritasi selanjutnya dimulai jam 11.00-14.00 WIB.



Gambar 4.2 Kendaraan Pengumpul Sampah TPS 3R Lampu Padang

4.1.4 Pengangkutan

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan petugas TPS3R sampah residu dari TPS3R Lampu Padang dimasukkan ke kontainer TPS Desa Gondang yang berlokasi bersebelahan atau di sebelah timur TPS3R. Kontainer tersebut berukuran 10 m³. Pada sistem yang diterapkan, kendaraan berangkat dari garasi dengan membawa kontainer kosong menuju ke lokasi untuk melakukan pengisian kontainer dan dibawa ke TPA. Dari TPA kontainer kosong dibawa kembali menuju TPS 3R Lampu Padang untuk dilakukan pengisian kontainer, kemudian kembali ke TPA. Pada rute terakhir, kendaraan membawa kontainer kosong menuju garasi.

4.1.5 Fasilitas

Bangunan TPS3R Lampu Padang di lahan seluas 390 m² merupakan tanah kas desa yang terdiri dari bangunan hanggar seluas 227 m², kemudian kantor beserta fasilitasnya memiliki luas 42 m² dan halaman/landscape luas lahannya 121 m². Fasilitas atau peralatan untuk menunjang pengolahan TPS3R Lampu Padang antara lain, mesin pencacah kompos sebanyak 1 unit, mesin pengayak kompos terdapat 1 unit, motor roda tiga sebanyak 1 unit dan timbangan duduk digital ada 1 unit. Ketersediaan fasilitas TPS 3R Lampu Padang dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah. Berdasarkan *drawing as-built*, wawancara dan pengamatan secara langsung dapat diketahui tiap sarana dan prasarana serta luas pada Tabel 4.2. Terdapat area kosong yang saat ini belum termanfaatkan sehingga area ini dapat digunakan sebagai pengembangan budidaya BSF di TPS 3R Lampu Padang. Luas area belum termanfaatkan tersebut adalah 62,94 m² dari ukuran panjang 13,25 m dan lebar 4,765 m.

Teknologi pengolahan sampah organik di TPS 3R Lampu Padang menggunakan teknologi pengomposan. Sampah organik dibedakan antara sampah organik dari kebun (daun-daunan) dan sampah organik dari dapur atau sampah basah (nasi, daging, dan lain-lain). Pembuatan kompos skala kawasan ini digunakan metode bata berongga. Teknik Bata Berongga dilakukan dengan menimbun sampah organik di dalam struktur bata berongga serta terdapat aliran udara di dalam timbunan sampah tersebut melalui pipa-pipa berpori. Teknik ini memerlukan waktu pengomposan selama 30 hari.

Tabel 4.1 Fasilitas eksisting di TPS 3R Lampu Padang

No.	Sarana dan Prasarana	Keterangan
1	Fasilitas Utama	
	Area transfer sampah	✓
	Fasilitas penerimaan sampah	✓
	Fasilitas pemilahan sampah	✓
	Fasilitas pencacah sampah organik	✓
	Fasilitas pengayak pupuk kompos	✓
	Fasilitas kendaraan pengumpul motor roda tiga	✓
	Fasilitas pengolahan sampah organik	✓
	Fasilitas pengolahan sampah anorganik	✓
	Fasilitas penanganan residu	✓
Unit pereduksi volume sampah	x	
2	Fasilitas Perlindungan Lingkungan	
	Area drainase	✓
	Area penghijauan	✓

No.	Sarana dan Prasarana	Keterangan
	Unit penanganan lindi	✓
3	Fasilitas Pendukung	
	Unit pencatatan data sampah	✓
	Timbangan duduk digital	✓
	Pos jaga	x
	Kantor pengelola	✓
	Area parkir	✓
	Rambu keselamatan	x
	Pintu masuk	✓
	Pagar keliling	✓
	Papan nama	✓
	Instalasi air bersih	✓

Tabel 4.2 Luas Tiap Fasilitas Eksisting di TPS 3R Lampu Padang

No.	Fasilitas/Lahan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas Eksisting (m ²)
1	Kantor	6	4,2	25,20
2	Gudang	3,2	3,2	10,24
3	Lahan penerimaan dan pemilahan sampah	6,75	6,5	43,88
4	Lahan penyimpanan lapak anorganik	6,75	5	33,75
5	Lahan rumah kompos bata berongga	8,5	6,6	56,10
6	Lahan Pencacahan sampah organik dan pengayakan kompos	6,6	4,75	31,35
7	Lahan parkir	9,6	7,25	69,60
8	Area Hijau	20	2	40,00
9	Toilet	3,2	2,8	8,96
10	Area Belum Termanfaatkan	13,25	4,75	62,94
Total				± 390

Sistem pengelolaan sampah yang disusun dengan baik mulai dari tahap pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan dapat menghasilkan nilai ekonomi secara efektif. Berdasarkan hal tersebut sosialisasi ditingkatkan agar operasional TPS 3R Lampu Padang dapat berjalan dengan baik, kemudian perlu adanya peningkatan partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan program pengelolaan sampah yang direncanakan seperti bank sampah dan pengembangan pengolahan sampah organik. Oleh karena itu operasional TPS 3R ini perlu diketahui oleh seluruh masyarakat yang berada di wilayah daerah pelayanan TPS 3R Lampu Padang dan pengolahan sampah yang dilakukan serta manfaat dari adanya TPS 3R ini. Langkah yang perlu ditingkatkan adalah sosialisasi kepada masyarakat dimulai dengan melakukan sosialisasi pemilahan di sumber sehingga proses pemilahan di TPS 3R lebih efektif dan efisien. Adanya sosialisasi agar masyarakat lebih mengerti pentingnya mereduksi sampah, pemilahan dari sumber, mendukung proses pengelolaan sampah di TPS 3R, serta kerugian yang dapat timbul apabila masyarakat tidak melakukan kegiatan tersebut.

4.2 Timbulan Sampah di TPS 3R Lampu Padang

4.2.1 Timbulan Sampah

Pengukuran timbulan sampah pada perencanaan ini dilakukan dengan cara menghitung berat sampah dari alat pengumpul sampah yang masuk ke TPS. Sampah diambil dari motor roda tiga untuk kemudian ditimbang. Satu hari pengumpulan sampah dilakukan 2-3 kali ritasi, karena sampah diangkut tiga hari sekali maka sampah yang berada di gerobak merupakan sampah tiga hari yang dihasilkan oleh penduduk. Berat timbulan per orang per hari didapatkan dengan membagi berat sampah total di kendaraan dengan jumlah penduduk yang disampling dan frekuensi pengumpulan. Berdasarkan data yang didapat timbulan sampah yang masuk sebesar 497 kg/hari dengan jumlah pelanggan sebanyak 247 KK atau 988 jiwa. Laju timbulan sampah di TPS 3R ini sebesar 0,503 kg/orang.hari. Densitas sampah di TPS 3R Lampu Padang sebesar 263 kg/m³. Angka tersebut didapatkan dari jumlah timbulan sampah yang masuk dibagi volume kendaraan pengangkut 1,89 m³. Nilai timbulan sampah dan densitas tersebut digunakan mencari nilai volume timbulan sampah rumah tangga yang didapatkan setiap jiwa adalah 1,606 L/hari.

Komposisi sampah dilakukan untuk menentukan pengolahan yang tepat untuk diterapkan. Komposisi sampah dapat mempengaruhi pemrosesan lebih lanjut yang akan dilakukan terhadap sampah. Perhitungan komposisi sampah rumah tangga di TPS 3R Lampu Padang dilakukan dengan membandingkan antara berat setiap jenis sampah dengan berat total sampah yang dihasilkan. Hasil dari komposisi sampah terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Komposisi Sampah di TPS 3R Lampu Padang

No	Komposisi Sampah	Berat rata rata	Persentase
		(kg)	(%)
1	Sampah organik		
	a. Sampah Makanan	37,6	37,6%
	b. Sampah Kebun	30,7	30,7%
2	Plastik	16	16,0%
3	Kertas	6	6%
4	Logam	0,8	0,8%
5	Kaca	0	0%
6	Kain	0,3	0,3%
7	Karet	0,00	0,00%
8	Kayu	0,6	0,6%
9	Residu	8	8,0%
	Jumlah	100,0	100,00%

Komposisi sampah terbanyak adalah sampah organik, sedangkan sisanya merupakan sampah anorganik yang terdiri dari plastik, kertas, logam, kain, kayu, dan sampah lain-lain. Sampah organik ini terbagi menjadi dua yaitu sampah sisa makanan dan sampah kebun. Sampah organik inilah yang akan dilakukan sebagai bahan perencanaan pengembangan budidaya BSF untuk diolah menjadi produk yang bernilai jual. Komposisi sampah lainnya di TPS 3R Lampu Padang adalah plastik dengan total 16%. Kemudian sampah kertas dengan total persentase rata-rata sebesar 6%. Berdasarkan hasil yang dapat dilihat bahwa penyumbang terbesar pada komposisi sampah TPS 3R Lampu Padang selanjutnya adalah sampah kebun dan makanan. Selanjutnya komposisi sampah yang lain

seperti sampah kain sebesar 0,3%. Komposisi selanjutnya, sampah kayu sebesar 0,6%, sampah logam 0,8%. Jenis sampah terakhir masuk residu yaitu 8% seperti debu, pasir, kerikil, rambut, diapers, pembalut wanita, masker bekas, dan sebagainya. Sampah diapers, pembalut dan masker masih sulit dalam pengolahannya. Berdasarkan hal tersebut perlu adanya pengurangan dan pembatasan di sumber sampah, seperti dengan penggunaan masker kain atau paling tidak dikelompokkan dengan sampah lain sejak dari sumber sampah

4.2.2 *Recovery Factor* 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 pengamatan, jumlah sampah organik sebanyak 37,6 kg (sampah makanan) dan 30,7 kg (sampah kebun) dari total berat sampel sampah organik 68,3 kg. Namun, pada metode pengomposan bata berongga hampir sebagian besar yang digunakan adalah sampah kebun. Sedangkan sampah makanan hanya sebagian kecil yang dicacah dicampur dengan sampah kebun dan sisanya langsung dibuang bersama residu. Berdasarkan wawancara dan pengamatan yang bisa didaur ulang menjadi kompos ada sekitar 120 kg dari total sampah organik utamanya sampah kebun. Nilai ini sekitar 35,4% nilai *recovery factor*.

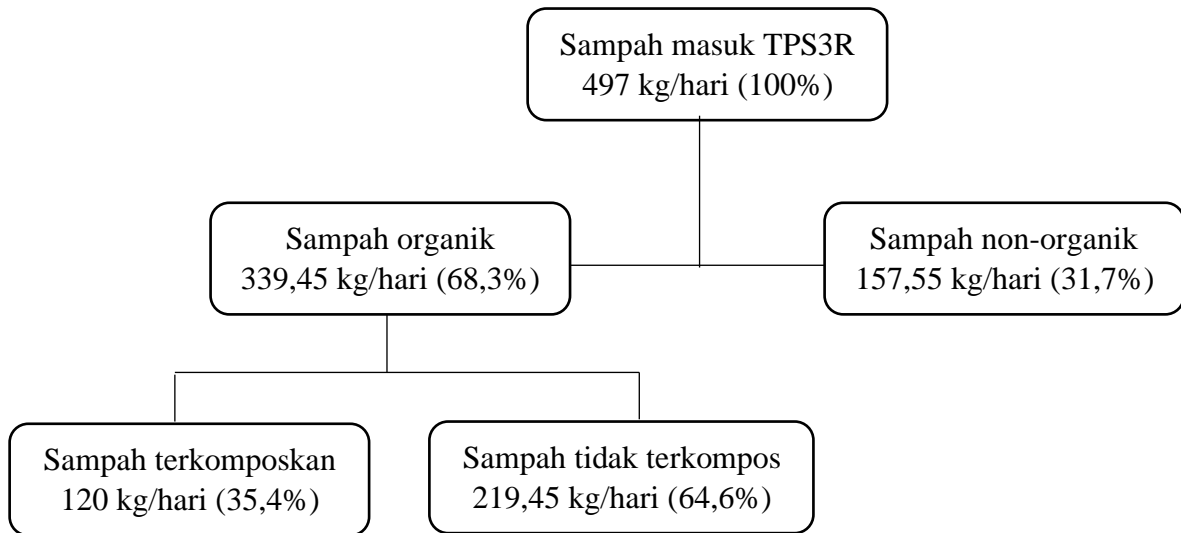
Sampah yang dapat dikomposkan direncanakan akan dipilah untuk mengetahui jumlah sampah yang dapat diolah menjadi media BSF. Persentase sebagai media BSF adalah sekitar 55 % dari total timbulan sampah organik yaitu merupakan sampah sisa makanan dapat digunakan sebagai media BSF. Nilai persentase inilah yang menjadi acuan dalam desain komposting BSF. Sedangkan sampah organik lainnya akan masuk kedalam proses komposting bata berongga. Diperkirakan residu hanya 10% dari kompos bata berongga karena hanya jenis hasil penyaringan dengan ukuran relatif seragam yang dapat dimanfaatkan sebagai produk kompos. Proses awal pengolahan sampah yang masuk ke TPS3R adalah pemilahan berdasarkan komposisinya, sehingga diketahui besaran potensi daur ulang sampah untuk jenis sampah organik dan residu yang terkumpul. Kemudian dilakukan analisis mass balance untuk jenis sampah organik dari *recovery factor* yang sudah diketahui pada Gambar 4.3.

Perhitungan

Berat sampah masuk	= 497 kg/hari
Komposisi sampah organik	= 68,3%
Berat sampah organik	= 339,45 kg/hari
Sampah organik yang dikomposkan	= 120 kg/hari

$$\text{Recovery Factor (RF)} = \frac{\text{berat sampah organik termanfaatkan(kg)}}{\text{berat sampah organik total (kg)}} \times 100\%$$

$$\text{Recovery Factor (RF)} = \frac{120 \text{ kg}}{339,45 \text{ kg}} \times 100\% = 35,4 \%$$



Gambar 4.3 Mass balance eksisting

4.3 Analisis Area Pelayanan, Proyeksi Penduduk Terlayani

Tingkat pelayanan pengumpulan sampah rumah tangga yang ada di TPS 3R Lampu Padang saat ini mencapai 7,9%. Nilai ini didapatkan dari jumlah pelanggan dibandingkan data penduduk dari BPS, sebanyak jiwa berdasarkan data dari pengelola TPS3R yang menjadi pelanggan sedangkan di desa Gondang, Tumpuk, Nglosngsor jumlah penduduk adalah 12.495 jiwa. Persentase pelayanan sampah yang masih sedikit ini juga menunjukkan masih adanya warga di daerah-daerah yang terlayani dan membuang sampahnya langsung ke TPS tanpa melalui petugas pengumpul atau dikelola sendiri secara *illegal*. Pengelolaan secara *illegal* ini salah satunya dengan dibakar maupun dibuang ke badan air, seperti sungai.

Proyeksi penduduk terlayani dilakukan hingga tahun 2032 untuk mengetahui jumlah kebutuhan pelayanan TPS 3R terhadap jumlah penduduk yang dapat mempengaruhi kapasitas TPS 3R. Proyeksi penduduk dilakukan menggunakan metode aritmatika, metode geometrik, dan metode least square dengan menggunakan data penduduk yang terlayani yang tersedia. Data awal yang digunakan selama 5 tahun bersumber dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek. Metode Proyeksi terpilih dipertimbangkan melalui nilai korelasi (R^2) yang paling mendekati 1 dan standar deviasi yang kecil. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka metode proyeksi penduduk terpilih adalah metode Least Square. Tabel 4.4 merupakan hasil proyeksi penduduk daerah pelayanan TPS 3R Lampu Padang. Dalam tahun 2032, hasil proyeksi terdapat 12.914 jiwa atau sekitar 3.229 KK yang termasuk daerah pelayanan TPS 3R Lampu Padang.

Tabel 4.4 Proyeksi Penduduk Daerah Layanan

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)			Total
	Desa Gondang	Desa Nglongsor	Desa Tumpuk	
2022	6452	4034	2009	12.495
2023	6493	4029	2014	12.537
2024	6535	4024	2020	12.579
2025	6576	4019	2025	12.620
2026	6618	4015	2030	12.662
2027	6659	4010	2036	12.704

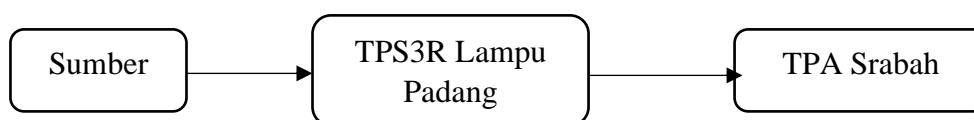
Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)			Total
	Desa Gondang	Desa Nglongsor	Desa Tumpuk	
2028	6701	4005	2041	12.746
2029	6742	4000	2046	12.788
2030	6784	3995	2052	12.830
2031	6825	3990	2057	12.872
2032	6867	3985	2062	12.914

4.4 Skenario Desain Pengolahan

Proyeksi penduduk didasarkan tingkat pelayanan

4.4.1 Skenario Desain 1

Skenario 1 merupakan kondisi jumlah pelanggan dan kapasitas pengolahan sampah pada TPS3R 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 TPS3R Lampu Padang. Menggunakan skenario 1, fasilitas yang ada di TPS3R Lampu Padang tidak ada penambahan. Hanya terdapat modifikasi bangunan sesuai lahan eksisting untuk optimalisasi proses komposting dan pengembangan budidaya BSF.



Gambar 4.4 Alur Sampah Skenario 1

Jumlah pelanggan yang dilayani pada skenario 1 tetap konstan yaitu 247 pelanggan dari total 3 desa. Berdasarkan data kependudukan, jumlah masyarakat yang dilayani ini hanya mencapai 7,94 % dari total penduduk ketiga desa. 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 4.5.

Tabel 4.5 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 1

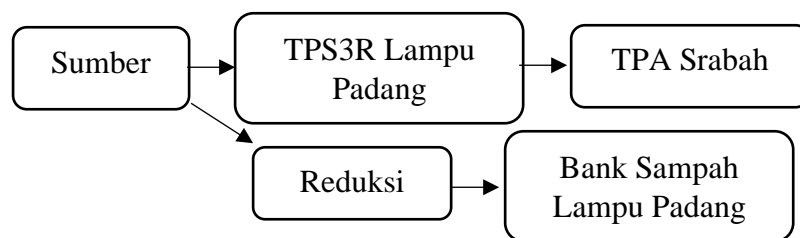
Tahun	Jumlah Penduduk dilayani (orang)	Jumlah KK	Laju timbulan sampah (kg/orang.hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2022	987	247	0,503	496,5379	1,888
2023	987	247	0,503	496,5379	1,888
2024	987	247	0,503	496,5379	1,888
2025	987	247	0,503	496,5379	1,888

Tahun	Jumlah Penduduk dilayani (orang)	Jumlah KK	Laju timbulan sampah (kg/orang.hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2026	987	247	0,503	496,5379	1,888
2027	987	247	0,503	496,5379	1,888
2028	987	247	0,503	496,5379	1,888
2029	987	247	0,503	496,5379	1,888
2030	987	247	0,503	496,5379	1,888
2031	987	247	0,503	496,5379	1,888
2032	987	247	0,503	496,5379	1,888

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa dengan jumlah pelanggan yang tetap maka tidak perlu dilakukan perluasan lahan. Selain itu, dari segi biaya operasional, peningkatan volume sampah ini tidak berdampak banyak. Karena jumlah petugas sampah dan fasilitas sampah tidak perlu ditambah.

4.4.2 Skenario Desain 2

Skenario 2 merupakan kondisi dimana kapasitas pengelolaan sampah dan jumlah pelanggan mengalami peningkatan jumlah pelanggan 13% dari persentase cakupan penduduk pada 10 tahun ke depan. Dalam persentase tersebut Desa Gondang terlayani 15%, Desa Nglongsor dan Tumpuk terlayani masing-masing 10%. Maka, tiap tahunnya persen peningkatan sebesar 0,51% atau sekitar 17 KK (pelanggan) bertambah tiap tahunnya. 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 sehingga perhitungannya pada laju timbulan sampah tiap tahunnya berkurang sebesar 0,005 kg/org.hari. Alur perpindahan sampah dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Alur Sampah Skenario 2

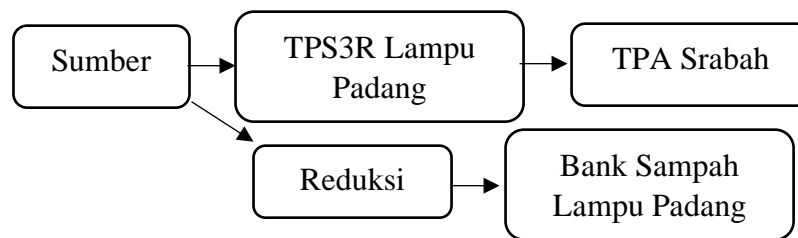
Berat sampah yang masuk diproyeksikan mengalami reduksi 1% pertahun untuk sampah plastik, kertas dan logam yang memiliki nilai jual sehingga besar timbulan sampah dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 2

Tahun	Jumlah Penduduk dilayani (orang)	Jumlah KK	Laju timbulan sampah (kg/orang.hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2022	987	247	0,503	496,54	1,888
2023	1054	264	0,498	525,06	1,997
2024	1122	281	0,493	553,12	2,103
2025	1190	298	0,488	580,71	2,208
2026	1259	315	0,483	607,81	2,311
2027	1328	332	0,478	634,43	2,413
2028	1397	349	0,473	660,56	2,512
2029	1467	367	0,468	686,20	2,609
2030	1537	384	0,463	711,32	2,705
2031	1608	402	0,458	735,94	2,799
2032	1679	420	0,453	760,04	2,890

4.4.3 Skenario Desain 3

Skenario 3 merupakan kondisi dimana target pertambahan pelanggan yang diharapkan pengelola TPS3R tercapai. Pengelola mengharapkan terjadi peningkatan jumlah pelanggan 50% dari persentase cakupan penduduk. Dalam skenario ini diasumsikan upaya reduksi yang dilakukan masyarakat meningkat 1% tiap tahunnya. Alur perpindahan sampah dapat dilihat pada Gambar 4.6. Jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPS3R di tunjukkan pada Tabel 4.7.



Gambar 4.6 Alur Sampah Skenario 3

Tabel 4.7 Proyeksi Timbulan Sampah Skenario 3

Tahun	Jumlah Penduduk dilayani (orang)	Jumlah KK	Laju timbulan sampah (kg/orang.hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2022	987	247	0,503	496,54	1,888
2023	1518	380	0,498	756,06	2,875
2024	2053	513	0,493	1011,99	3,848
2025	2591	648	0,488	1264,25	4,808
2026	3133	783	0,483	1512,81	5,753

Tahun	Jumlah Penduduk dilayani (orang)	Jumlah KK	Laju timbulan sampah (kg/orang.hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Volume Sampah (m ³ /hari)
2027	3678	919	0,478	1757,60	6,684
2028	4227	1057	0,473	1998,57	7,600
2029	4779	1195	0,468	2235,67	8,502
2030	5335	1334	0,463	2468,85	9,389
2031	5894	1473	0,458	2698,05	10,260
2032	6457	1614	0,453	2923,23	11,116

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah sampah yang masuk ke TPS3R. Jumlah sampah pada akhir tahun rencana (tahun 2032) enam kali lipat jumlah timbulan sampah pada tahun 2022. Peningkatan signifikan ini akan mempengaruhi kebutuhan luas lahan, sehingga diperlukan perluasan dan modifikasi lahan.

4.4.4 Skenario Desain Terpilih

Berdasarkan hasil pertimbangan terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi timbulan sampah seperti persentase pelayanan pengumpulan sampah dan upaya reduksi sampah disumber, maka skenario yang dianggap mungkin terjadi atau realistik adalah skenario 2, yaitu skenario moderat. Berdasarkan periode perancangan fasilitas, diasumsikan masyarakat akan mulai sadar untuk mengurangi penggunaan kemasan-kemasan yang sekali pakai dan tidak dapat terdegradasi secara alami, seperti kantong plastik, botol minum kemasan. Hal ini dipicu oleh terjadinya perubahan gaya hidup masyarakat. Selain itu dengan adanya program pengelolaan sampah yaitu Bank Sampah Lampu Padang yang digagas oleh pengelola TPS 3R dalam rangka memilah sampah di sumber sehingga lebih efisien saat pemilahan di fasilitas TPS 3R, dan hal ini didukung juga dari peningkatan kesadaran masyarakat tentang pengelolaan sampah. Maka dari itu diharapkan terjadinya peningkatan reduksi sampah disumber sebesar 1% secara realistis setiap tahunnya, serta diharapkan pula terjadinya kegiatan pemilahan sampah disumber yang terus meningkat hingga 10% pada akhir tahun perencanaan. Jumlah sampah yang dihasilkan pada akhir tahun perencanaan pada skenario moderat akan digunakan sebagai dasar kapasitas redesign TPS 3R Lampu Padang. Selain itu dengan diberlakukannya TPS di sebelah TPS3R Lampu Padang dengan mekanisme buka tutup, hal ini memungkinkan peningkatan pelanggan hingga lebih dari 400 pelanggan di akhir tahun perencanaan dan hal ini sesuai dengan target oleh pengelola TPS 3R Lampu Padang.

Selain itu dari sisi pelanggan TPS3R fluktuasi jumlah pelanggan selalu berubah dari bulan ke bulan sehingga jika dirata rata target pertumbuhan pelanggan 17 KK/tahun realistis dan dapat mewujudkan harapan jumlah pelanggan TPS3R pada akhir tahun operasi. Jumlah sampah yang dihasilkan pada skenario 2 di akhir tahun perencanaan kemudian akan digunakan untuk dasar rencana redesign unit budidaya BSF dan komposting TPS3R. Berikut merupakan tabel perhitungan sampah organik dari skenario terpilih. Reduksi sampah di sumber hanya untuk jenis sampah plastik, logam dan kertas yang memiliki nilai jual, sehingga laju timbulan sampah organik tidak berubah tiap tahunnya yaitu 68,3% dari laju timbulan sampah total 0,503 kg/orang.hari. Maka, nilai laju timbulan sampah organik sebesar 0,344 kg/orang.hari. Program bank sampah tersebut akan memberikan kemudahan dalam proses pemilahan sampah organik di TPS 3R sehingga menjadi lebih efisien.

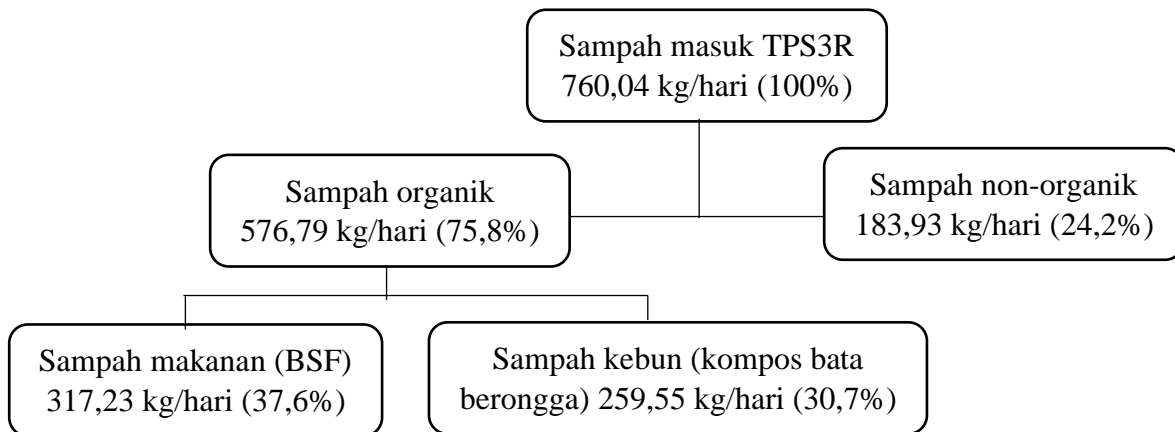
Tabel 4.8 Proyeksi Timbulan Sampah Organik dari Skenario Terpilih

Tahun	Penduduk Terlayani	Laju timbulan sampah organik (kg/orang.hari) 68,3 %	Berat Sampah Organik (kg/hari)	Volume Sampah Organik (m ³ /hari)	Sampah Kebun (kg/hari) 30,7%	Sampah Makanan (kg/hari) 37,6%
2022	987	0,344	339,14	1,29	152,61	186,52
2023	1054	0,344	362,24	1,38	163,01	199,23
2024	1122	0,344	385,49	1,47	173,47	212,02
2025	1190	0,344	408,89	1,55	184,00	224,89
2026	1259	0,344	432,43	1,64	194,59	237,84
2027	1328	0,344	456,12	1,73	205,26	250,87
2028	1397	0,344	479,96	1,83	215,98	263,98
2029	1467	0,344	503,95	1,92	226,78	277,17
2030	1537	0,344	528,08	2,01	237,64	290,44
2031	1608	0,344	552,36	2,10	248,56	303,80
2032	1679	0,344	576,79	2,19	259,55	317,23

Perencanaan pengolahan sampah yang masuk ke TPS3R untuk perencanaan dari hasil sebelumnya digunakan sebagai berikut, sehingga diketahui besaran daur ulang sampah jenis sampah organik untuk budidaya BSF dan komposting. Berikut *mass balance* untuk jenis sampah akan direncanakan pengembangan pengolahannya (Gambar 4.7).

Perhitungan:

- Berat sampah masuk (Tahun 2032) = 760,04 kg/hari
- Sampah tereduksi di sumber (10%) = 84,45 kg/hari
- Berat sampah organik = 576,79 kg/hari
- Sampah makanan (media BSF) = 317,23 kg/hari
- Sampah kebun (komposting) = 259,55 kg/hari



Gambar 4.7 Mass Balance Perencanaan Pengolahan Sampah

4.5 Perencanaan Pengembangan

Pengembangan yang dilakukan di TPS 3R Lampu Padang bertujuan meningkatkan efisiensi pengolahan sampah organik dengan perencanaan fasilitas-fasilitas budidaya *Black Soldier Fly* (BSF). Proses budidaya BSF untuk mengolah sampah organik khususnya sampah sisa makanan dengan memanfaatkan larva BSF untuk memakan sampah tersebut untuk dikonversi menjadi pakan ternak berprotein tinggi sehingga volume dan berat sampah juga tereduksi. Fasilitas pengolahan BSF dapat didesain dan dioperasikan untuk mencapai target tertentu berdasarkan siklus hidup alami BSF. Fasilitas budidaya *Black Soldier Fly* (BSF) adalah sarana dan prasarana menunjang keberlangsungan budidaya BSF dengan memperhatikan umur tiap fase pertumbuhan, kembang biak BSF serta keberlangsungan siklus yang terus menerus. Fasilitas budidaya dirancang berdasarkan berat dan volume sampah organik yaitu sampah makanan setiap hari dengan memperhitungkan degradasi sampah organik oleh larva BSF.

Anggaran biaya juga diperhatikan dengan diatur secara efektif dengan cara menambah kualitas larva atau memaksimalkan kuantitas massa larva yang diproduksi dalam waktu tertentu atau berdasarkan bahan baku, mirip seperti sistem pembiakan hewan ternak (Dortmans, 2017). Berdasarkan buku Proses Pengolahan Sampah Organik dengan *Black Soldier Fly* (Dortmans, 2017), fasilitas BSF terdiri dari unit pengolahan sampah dengan BSF, unit pembiakan massal, dan unit pemanenan produk.

Penanganan lanjutan dari larva BSF terdapat dua alternatif yang diberikan. Alternatif pertama ialah seluruh larva BSF yang dihasilkan dari pengolahan sampah organik akan dijual, sehingga untuk proses pengolahan sampah di hari berikutnya diperlukan pihak lain untuk menyediakan telur BSF. Sedangkan pada alternatif kedua, larva BSF yang dihasilkan sebagiannya akan dimasukkan ke unit pembiakan massal untuk ditetaskan menjadi lalat dan sebagian lainnya menjadi produk yang dapat dijual. Produk turunan dari larva BSF yang memiliki nilai ekonomi selain larva basah adalah berupa larva BSF kering dan pelet, namun hal ini memerlukan tambahan alat serta kualitas sumber daya manusia yang cukup. Alternatif yang digunakan pada perencanaan ini dengan memperhatikan keberlangsungan siklus sehingga digunakan alternatif kedua dengan produk yang dijual adalah larva basah.

Keberlanjutan perencanaan pengembangan fasilitas pengolahan juga ditinjau melalui kemudahan operasional dan pemeliharaan. Fasilitas BSF yang dirancang memiliki sistem operasi berupa pengolahan sampah sisa makanan dan persiapan larva BSF. Setiap fasilitas perlu pemantauan keberlanjutannya yaitu ketersediaan larva untuk mengolah sampah organik yang ada. Kebutuhan jumlah larva yang diperlukan untuk proses kembang biak ditentukan berdasarkan kebutuhan larva pada unit proses pengolahan sampah organik dengan memperhatikan tingkat keberlangsungan hidup atau umur pada setiap fase. Selain itu terkait pemeliharaan peralatan yang digunakan selama operasional perlu standar operasional.

Analisis daur hidup dilakukan proses identifikasi untuk mengetahui aspek yang menghasilkan *waste material* dan mendata kemungkinan dampak potensial dari pengolahan sampah yang dilakukan. Prinsip daur hidup merupakan tahapan perjalanan hidup suatu material sampah dari mulai terbentuknya sampai pada akhirnya terolah. Penanganan dan pengolahan sampah yang dilakukan bertujuan mengolah sampah yang aman bagi lingkungan. Dampak negatif yang dapat terjadi berasal dari residu hasil pengolahan sampah perlu dilakukan penanganan yang baik dan benar supaya residu tersebut tidak mencemari lingkungan. Perancangan pengolahan sampah organik dengan fasilitas BSF akan menghasilkan larva BSF dan residu padat. Larva BSF yang dihasilkan agar pertumbuhannya dapat dan tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dapat dilakukan perlakuan dengan segera melakukan pemasaran dari produk yang dapat dijual.

4.6 Unit penerimaan sampah dan pemilahan sampah

Unit ini berupa area yang diperlukan ketika sampah tiba di TPS 3R dan dilakukan bongkar muat. Proses pemilahan secara langsung dilakukan di area ini. Hal ini dilihat dari kondisi saat ini para pekerja juga melakukan proses bongkar muat atau penerimaan sampah dan pemilahan pada satu area. Perhitungan pada area ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan luas area yang ada masih memiliki kapasitas yang selanjutnya juga berkaitan dengan kapasitas pengolahan. Perhitungan luas area unit penerimaan dan pemilahan dapat dilakukan menggunakan perumusan matematis sebagai berikut.

1. Volume masukan sampah

$$\text{volume sampah (m}^3\text{)} = \frac{\text{berat sampah (kg)}}{\text{densitas sampah } (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}$$

$$\text{volume sampah (m}^3\text{)} = \frac{760,04 \text{ (kg)}}{263 (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})} = 2,89 \text{ m}^3$$

2. Menentukan luas minimal area penerimaan dan pemilahan

$$\text{Luas minimal (m}^2\text{)} = \frac{\text{volume sampah (m}^3\text{)}}{\text{tinggi sampah maksimum (m)}}$$

$$\text{Luas minimal (m}^2\text{)} = \frac{2,89 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} = 2,89 \text{ m}^2 \approx 3 \text{ m}^2$$

Berdasarkan kondisi eksisting ukuran area penerimaan dan pemilahan sampah memiliki panjang 6,75 m dan lebar 6,5 m sehingga luas kondisi eksistingnya adalah 43 m². Berdasarkan angka tersebut luas eksisting masih memenuhi area minimal dari volume sampah yang masuk.

4.7 Unit pencacah sampah

Sampah organik yang telah dipilah secara manual akan masuk ke mesin pencacah. Alat ini berfungsi untuk mengurangi ukuran partikel sampah sisa makanan yang akan masuk ke dalam unit pengolahan sampah menjadi partikel dengan ukuran diameter kurang dari 1-2 cm. Hal ini dapat membantu mempercepat proses pengolahan sampah dengan larva BSF karena bagian mulut larva tidak sesuai untuk menghancurkan gumpalan sampah yang besar. Serta meningkatkan area permukaan dapat membantu perkembangan dan pertumbuhan bakteri yang berasosiasi dengan BSF. Ukuran partikel yang berkurang akan mempermudah larva untuk memakan sampah. Mesin pencacah yang ada di TPS 3R Lampu Padang tersebut ditampilkan pada Gambar 4.8 berikut.

$$\text{Waktu operasional} = \frac{\text{massa sampah organik (kg)}}{\text{kapasitas mesin pencacah } (\frac{\text{kg}}{\text{jam}})}$$

$$\text{Waktu operasional} = \frac{576,79 \text{ kg}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}} = 1,2 \text{ jam}$$



Gambar 4.8 Mesin pencacah sampah organik di TPS3R Lampung Padang

4.8 Unit Pengolahan Sampah dengan BSF

Unit ini larva 5-DOL diberi makan sampah organik dalam kontainer yang disebut “larvero”. Larva yang memakan sampah organik utamanya sampah makanan kemudian tumbuh menjadi larva besar yang mempunyai nilai jual ekonomi karena kandungan protein yang tinggi untuk pakan ternak. Larva dapat mengolah sampah organik selama 12 hari sebelum larva berubah menjadi prepupa. Proses pengolahan sampah tersebut, larva BSF akan menghancurkan bahan organik dan melakukan proses metabolisme terhadap nutrisi sehingga menjadi biomassa larva. Penentuan desain unit pengolahan sampah pada fasilitas ini diperlukan suatu perbandingan antara jumlah larva dan jumlah sampah yang dapat diolahnya. Perbandingan yang dapat digunakan adalah 40.000 larva 5-DOL di setiap 1 m² area pengolahan memakan 60 kg sampah organik selama periode 12 hari (Dortmans, 2017).

Periode pemberian media pakan yaitu sampah organik berupa sampah makanan tersebut perlu diperhitungkan atau direncanakan dengan pertimbangan berbagai faktor. Apabila jumlah sampah per hari yang dimasukkan pada larvero terlalu banyak mengakibatkan lapisan sampah terlalu tebal. Hal ini akan menyebabkan suhu pada tumpukan atau lapisan sampah meningkat akibat adanya aktivitas bakteri sehingga kondisinya tidak menguntungkan bagi larva dan membuat pengolahan sampah organik menjadi tidak efisien. Sedangkan jika jumlah sampah tidak mencukupi, larva akan kekurangan pakan sehingga kecepatan perkembangan larva maupun kapasitas pengolahan sampah di fasilitas akan menurun. Kekurangan sampah juga terkadang menyebabkan larva BSF akan keluar dari larvero. Menurut Dortmans (2017), maggot BSF dapat memakan hampir segala jenis sampah organik karena luasnya jangkauan toleransi terhadap PH makanan dan masih bisa bertahan hidup dan tetap mampu mengurai sampah organik dengan rentan pH 4-5. Rak penyusun larvero direncanakan terdapat perangkap serangga seperti semut dengan diberikan gelas plastik terisi air pada kaki rak. Hal ini bertujuan agar semut tidak mengganggu larva BSF saat memakan sampah makanan tersebut.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka jumlah sampah yang akan dimasukkan tiap hari akan dibatasi sehingga ketebalan lapisan sampah di larvero dapat terkontrol. Kedalaman sampah di dalam larvero lebih dari 5 cm menyebabkan larva akan kesulitan untuk mengolah semuanya dan sampah yang berada di lapisan paling bawah tidak akan tersentuh. Sampah yang akan diolah pada unit pengolahan sampah adalah sampah sisa makanan yang telah dicacah pada area pencacahan. Ketebalan 5 cm tersebut sesuai dengan kontainer larvero yang digunakan sehingga berat sampah per periode pakan yang dimasukkan ke larvero sekitar 5 kg.

Kadar air pada kondisi sampah yang akan dimasukkan ke dalam unit pengolahan juga diperhatikan. Penambahan air dilakukan jika sampah terlalu kering atau kadar air di bawah

70%. Berdasarkan hasil proyeksi pada bab sebelumnya didapatkan timbulan sampah makanan yang akan diolah adalah sebesar 317,23 kg/hari. Perbandingan yang dapat digunakan untuk merancang kebutuhan larva yang digunakan untuk mengolah sampah adalah sebanyak 10.000 larva BSF dalam wadah berukuran 0,24 m² dapat mengolah sampah sebanyak 15 kg selama 12 hari dengan pemberian makan di hari ke 1, 5, dan ke 8 (Dortmans, 2017). Perbandingan ini akan digunakan untuk perhitungan perencanaan. Satu reaktor pengolahan atau larvero dapat dimasukkan sampah sisa makanan setiap satu kali pengisian atau pemberian pakan adalah sebanyak 5 kg untuk membatasi ketebalan sampah yang akan diolah. Kemudian dapat ditentukan jumlah larvero yang dibutuhkan dalam satu hari dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Larvero} = \frac{\text{Total sampah makanan masuk (kg/hari)}}{\text{Sampah per larvero}}$$

$$\text{Jumlah Larvero} = \frac{317,23 \text{ kg/hari}}{5 \text{ kg/unit}} = 64 \text{ unit/hari}$$

Frekuensi atau periode pemberian pakan yang digunakan adalah sebanyak 3 kali (hari ke 1, 5, dan 8) dalam satu siklus panen atau 15 kg total sampah makanan, maka jumlah larvero dalam tiap unit adalah 64 unit/hari dibagi 3 kali adalah 22 larvero/hari. Jumlah larva 5-DOL dalam setiap larvero adalah sebanyak 10.000 ekor sehingga dapat ditentukan jumlah larva yang perlu disiapkan setiap harinya sebagai berikut.

$$\text{Jumlah larva}_{5-DOL} = 10.000 \frac{\text{ekor}}{\text{larvero}} \times 22 \frac{\text{larvero}}{\text{hari}} = 220.000 \frac{\text{ekor}}{\text{hari}}$$

Desain atau perencanaan larvero menggunakan sistem grup atau kelompok sesuai dengan jadwal pemberian pakan dan umur larva yang digunakan. Jadwal pemasukan sampah sisa makanan ke dalam larvero diatur pada hari ke 1, 5, dan 8 dalam kurun waktu 12 hari. Total larvero yang dibutuhkan dalam mengolah sampah selama 12 hari adalah sebanyak 22 larvero dikali 12 hari yaitu 264 larvero. Larvero yang digunakan adalah berupa kontainer plastik dengan ukuran 640 x 430 x 180 mm. Perancangan unit ini larvero akan disusun dalam suatu rak bertingkat dengan tujuan untuk efisiensi penggunaan lahan atau area di TPS 3R.

Kapasitas rak yang direncanakan dapat menampung maksimal 36 larvero dengan satu susunnya terdiri 6 larvero sehingga akan terdiri 6 susun atau tingkatan pada setiap rak. Larvero pada rak disusun berdasarkan kelompoknya atau sesuai jadwal pengisian dengan menuliskan tanggal pada masing-masing larvero atau di setiap kelompok larvero tersebut. Total rak ada sebanyak 8 rak dari perhitungan tersebut dan masih sisa 24 larvero kosong sebagai tambahan cadangan apabila sampah berlebih atau proses menunggu fase larva ke pupa. Dimensi rak yang digunakan adalah 140 x 140 x 160 cm. Penyusunan antar tingkatan larvero terdapat jarak atau rongga sebagai ventilasi udara agar memungkinkan terjadinya pergantian udara (penguapan) yang penting untuk pertumbuhan larva. Selain itu, dengan adanya larvero yang disusun meningkat akan mengurangi cahaya yang masuk karena larva BSF bersifat *photofobia* (larva lebih aktif dan lebih banyak berada di bagian yang miskin cahaya).



Gambar 4.9 Larvero pada unit dalam pengolahan sampah dengan BSF
(eawag.ch)

Tabel 4.9 Detail Rencana Unit Pengolahan Sampah Sisa Makanan

Kriteria		Nilai	Satuan
Sampah sisa makanan		317,23	kg/hari
Larvero	Luas	0,24	m ²
	Larva 5-DOL	10.000	ekor
	Sampah	15,00	kg/12hari
Periode pemberian sampah per larvero	Hari 1	5,00	kg
	Hari 5	5,00	kg
	Hari 8	5,00	kg
Kebutuhan larvero per hari untuk diisi		64	unit
Kebutuhan larvero per tiga kali diisi		22	unit
Kebutuhan larvero total		264	unit
Kebutuhan Larva 5-DOL per hari		220.000	ekor
Ukuran Larvero	Panjang	0,64	m
	Lebar	0,43	m
	Tinggi	0,18	m
Dimensi rak	Panjang	1,4	m
	Lebar	1,4	m
	Tinggi	1,6	m
Lebar Jalan		0,75	m
Kebutuhan total rak		8	rak
Dimensi Unit Pengolahan	Panjang	9,35	m
	Lebar	5,05	m
Kebutuhan luas		47,22	m ²

4.9 Unit Pembiakan Massal

Unit pembiakan massal adalah unit yang digunakan untuk menghasilkan serta menetas telur BSF dan memelihara atau proses tumbuh larva-larva kecil hingga berumur 5 hari atau 5-DOL agar jumlahnya tersedia secara yang konsisten untuk mengolah sampah organik yang datang setiap harinya di unit pengolahan sampah di larvero. Unit pembiakan massal ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu ruang pupasi, *rearing house*, dan *hatchery & nursery*.

Ruang pupasi merupakan ruang agar larva pada fase pupa dapat melakukan metamorfosis menjadi lalat. Fasilitas pada ruang pupasi terdapat *pupation container* yang diletakkan di dalam kandang pupasi yang gelap. Ruangan ini sering disebut dengan kandang gelap/*dark cage*. Ruangan ini juga berfungsi melindungi pupa-pupa tersebut dari perubahan kondisi lingkungan, yaitu kelembapan, temperatur, pergerakan angin, serangga pengganggu, dan lain lain. Lalat yang telah keluar dari ruang pupasi diberikan lubang menuju *rearing house* dengan menggunakan panduan cahaya. Jumlah pupa yang berhasil menjadi lalat sebesar 80% dari jumlah seluruh pupa. Tempat pada ruang pupasi perlu memiliki kondisi lingkungan yang tidak banyak mengalami perubahan, dan merupakan tempat yang selalu hangat, kering, dan teduh agar proses pupasi berjalan lancar.

Rearing house merupakan tempat bagi lalat BSF untuk melakukan perkawinan dan menghasilkan telur, *rearing house* disebut juga kandang kawin atau *love cage*. Kandang kawin lalat BSF ini di dalamnya disediakan air untuk minum lalat-lalat tersebut dan wadah untuk tempat untuk meletakkan telur (*eggies*). *Rearing house* dengan ukuran 70 x 70 x 140 cm dapat menampung lalat dengan jumlah 6000 – 1000 ekor lalat. Unit *rearing house* akan disediakan atraktan yang diletakkan di bawah *eggies* untuk menarik BSF betina untuk meletakkan telur pada *eggies* tersebut. *Eggies* merupakan tempat bagi lalat betina untuk bertelur sehingga telur dapat dipanen dengan mudah dan tidak terpercay pada area *rearing house*. Pemanenan telur yang berada pada *eggies* dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Media yang biasa digunakan untuk penyimpanan telur (*eggies*) : *bioballs*, lembaran kayu, kardus sarang lebah. Telur yang telah dipanen akan dimasukkan ke dalam unit *hatchery & nursery*. Fase hidup lalat dewasa perlu menjaga tersedianya cahaya alami yang cukup dan suhu yang hangat (25-32°C) agar lalat dapat melakukan proses perkawinan. Cahaya yang biasa digunakan dalam proses perkawinan adalah cahaya alami yaitu matahari atau dengan lampu yang gelombangnya sesuai dengan perkembangan lalat BSF. Kelembapan pada unit ini dijaga dengan cara diberikan kain basah atau busa yang basah di dalam ruangan serta prosedur penyemprotan dengan air.

Ruangan *Hatchery & Nursery* untuk penetasan telur yang telah dipanen serta pembesaran larva yang telah menetas dari telur hingga siap untuk mengolah sampah. Proses menetas telur BSF digunakan *hatching container*. Proses *hatching shower* dari tatakan telur akan terjadi di *hatching container* yaitu larva yang menetas akan jatuh ke kontainer yang berisi makanan untuk proses pembesaran. Larva yang jatuh ke *hatching container* akan diberi sumber makanan bernutrisi tinggi seperti pakan ayam atau dedak yang dicampur air. Penetasan dan pembesaran larva dilakukan secara seragam sesuai dengan waktu panen atau waktu pemindahan telur dari *rearing house* ke ruang *hatching*.

Unit pembiakan massal perlu diperhatikan juga tingkat kelangsungan hidup BSF setiap fasenya. Pemantauan dilakukan untuk mengetahui kinerja koloni lalat tersebut secara keseluruhan dan dapat menunjukkan masalah-masalah di tahap tertentu. Tingkat kelangsungan hidup kemungkinan dapat berbeda antara satu unit pembiakan dengan unit pembiakan yang lainnya. Tabel 4.10 terdapat data yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan tingkat kelangsungan hidup BSF di unit pembiakan massal yang dilakukan di Indonesia.

Tabel 4.10 Tingkat Kelangsungan Hidup BSF Dalam Unit Pembiakan

Unit	Kelangsungan Hidup
<i>Hatchery</i>	70% Menetas dari telur
	70% Bertahan hidup
<i>Nursery</i>	80% Menetas dari pupa
	50 % Betina : 50 % Jantan
<i>Rearing House</i>	350 telur/betina

(Sumber: Dortmans 2017)

4.9.1 Unit *Hatchery* dan *Nursery* / Penetasan Telur

Unit *Hatchery & Nursery* pada unit pembiakan massal berfungsi untuk menetas telur dan membesarkan larva yang telah menetas dari telur hingga berumur ± 5 Hari (5-DOL). Unit pengolahan sampah dibutuhkan larva 5-DOL sebanyak 220.000 ekor setiap harinya. Oleh karena itu unit ini harus mampu menyediakan jumlah larva 5-DOL agar proses pengolahan sampah dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan tingkat atau persentase kelangsungan hidup pada unit *hatchery* dari literatur, maka dapat ditentukan jumlah larva yang baru menetas dari telur dengan persamaan sebagai berikut.

$$larva_{\text{menetas dari telur}} = \frac{1}{70\%} \times larva_{5-DOL}$$

$$larva_{\text{menetas dari telur}} = \frac{1}{70\%} \times 220.000 \frac{\text{ekor}}{\text{hari}} = 314.286 \frac{\text{ekor}}{\text{hari}}$$

Unit *hatchery* dipastikan telur yang ada dapat menetas sesuai dengan kebutuhan pada unit pengolahan sampah. Persentase jumlah telur menetas dan dapat bertahan hidup digunakan dalam perhitungan. Jumlah telur yang dibutuhkan pada unit *hatchery* dapat ditentukan dengan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah telur diperlukan} = \frac{1}{70\%} \times \text{jumlah telur menetas}$$

$$\text{Jumlah telur diperlukan} = \frac{1}{70\%} \times 314.286 = 448.980 \text{ telur}$$

Penetasan telur akan dilakukan dengan menggunakan *hatchling container*. Telur yang telah dipanen akan diukur beratnya dan diletakkan pada *hatchling container* yang telah berisi makanan untuk larva ketika telur telah menetas. *Hatchling container* yang digunakan adalah jenis kontainer yang sama dengan larvero, yaitu kontainer berukuran 640 x 430 x 180 mm. Setiap *hatchling container* dapat menampung telur dengan berat 3 gram hingga menjadi larva berumur 5 hari. Perhitungan jumlah telur pada setiap *hatchling container* dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Jumlah telur} = \frac{\text{massa telur}}{\text{massa rata-rata per satuan telur}}$$

$$\text{Jumlah telur} = \frac{3 \frac{\text{gr}}{\text{kontainer}}}{25 \mu\text{g}} = 120.000 \frac{\text{telur}}{\text{kontainer}}$$

Hasil perhitungan jumlah telur yang ada pada setiap kontainer tersebut, maka jumlah kontainer yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan telur dan persiapan larva 5-DOL dalam satu hari adalah sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Kontainer} = \frac{\text{Total kebutuhan telur}}{\text{Jumlah telur}_{\text{kontainer}}} = \frac{448.980 \text{ telur}}{120.000 \frac{\text{telur}}{\text{unit}}} = 4 \text{ unit}$$

Pemenuhan kebutuhan telur setiap hari dengan mempertimbangkan waktu yang diperlukan dari mulai telur diletakkan dalam kontainer hingga menjadi larva 5-DOL, maka akan diatur sistem pemanenan telur dan penyimpanannya. Pengaturan menggunakan sistem grup yang didasarkan oleh hari panen telur.



Gambar 4.10 Proses penetasan telur unit Hatchery dan Nursery (eawag.ch)

Berdasarkan literatur terkait *hatching kontainer* waktu yang diperlukan untuk dapat menyediakan kebutuhan larva 5-DOL dari telur adalah 9 hari, terhitung 4 hari waktu penetasan dan 5 hari pembesaran menjadi larva atau 5-DOL sehingga didapatkannya adalah sebanyak 36 unit kontainer. Kontainer ini akan disusun dalam suatu rak susun yang kapasitas setiap raknya dapat menampung 36 kontainer dan kontainer di dalam rak terdiri dari 6 tingkat dimana setiap tingkat terdapat 6 kontainer. Sehingga rak yang dibutuhkan sebanyak 1 rak. Dimensi rak yang digunakan adalah 140 x 140 x 160 cm. Rak tersebut terdapat penutup di atas serta ada perangkat semut yang terbuat dari botol plastik yang terisi air. Perangkat semut tersebut diletakkan di kaki rak penyusun unit *hatchery & nursery*. Hal ini dilakukan untuk menghindari semut mengganggu larva saat proses pengolahan sampah atau bahkan memakan larva. Detail dimensi pada unit *hatchery & nursery* tercantum pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Detail Rencana Unit *Hatchery & Nursery*

Kriteria	Nilai	Satuan	
Larva 5-DOL	220.000	ekor	
Larva baru menetas	314.286	ekor	
Telur yang dibutuhkan	448.980	telur	
Massa rata-rata per satuan telur	0,000025	gram	
Massa telur per kontainer	3	gram	
Jumlah telur per kontainer	120.000	telur	
Kebutuhan Kontainer per hari	4	unit	
Waktu yang diperlukan untuk persiapan telur menjadi larva 5-DOL	9	Hari	
Kebutuhan total Kontainer	36	Unit	
Ukuran Kontainer	Panjang	0,64	m
	Lebar	0,43	m
	Tinggi	0,18	m

Kriteria		Nilai	Satuan
Dimensi rak	Panjang	1,4	m
	Lebar	1,4	m
	Tinggi	1,6	m
Lebar Jalan		0,75	m
Kebutuhan total rak		1	unit
Dimensi Unit Pengolahan	Panjang	2,15	m
	Lebar	2,15	m
Kebutuhan luas		4,62	m ²

4.9.2 Unit *Rearing House*

Rearing house adalah unit yang berfungsi sebagai tempat tinggal bagi lalat BSF dewasa. Fase ini BSF tidak lagi mencari makan selama hidupnya dan hanya memerlukan air, serta berkembang biak. Tujuan dari unit *rearing house* ini adalah untuk menjadi tempat BSF kawin dan menghasilkan telur. Unit ini terbuat dari jaring yang berukuran 1 mm yang dibentuk menjadi suatu kandang. Di dalam unit ini akan diletakkan *eggies* yang berfungsi sebagai wadah bagi BSF betina untuk meletakkan telurnya, atraktan untuk memancing lalat untuk bertelur pada *eggies* yang telah disediakan, dan wadah air untuk minum larva dan menjaga kelembapan kandang. *Eggies* yang akan digunakan ialah kayu berukuran 250 x 50 x 3 mm yang ditumpuk 5 bagian dan di ikat dengan tali atau karet gelang. Antar tumpukan satuan *eggies* diberi jarak kecil agar BSF dapat meletakkan telurnya.

Jumlah *eggies* yang diperlukan dalam kandang dengan ukuran 0,686 m³ adalah sebanyak 10 buah *eggies*. Fase dewasa, BSF dapat hidup selama 1 minggu. Setiap BSF dewasa betina dapat menghasilkan telur sekitar 350 buah (Dortmans, 2017). Unit *Hatchery* dibutuhkan jumlah telur yang harus dihasilkan setiap harinya sebanyak 448.980 telur. Setiap *rearing house* mempunyai waktu pemakaian selama 7 hari setelah itu *rearing house* harus dibersihkan terlebih dahulu dari lalat yang mati di dasar unit. Lalat BSF yang baru dari ruang pupasi setiap hari akan masuk menjadi lalat baru untuk bertelur kembali. Unit ini direncanakan menyatu dengan ruang pupasi yang berada di bawahnya. Selain itu, untuk mengatur cahaya matahari yang masuk, unit ini direncanakan *portable* atau dapat dipindahkan dengan mudah dengan adanya roda di bagian bawah. *Rearing house* dapat dipanen sebanyak 3 kali pada setiap periodenya, yaitu pada hari ke 3, ke 5 dan ke 7.



Gambar 4.11 Rearing House Black Soldier Fly
(eawag.ch)

Setiap *rearing house* yang digunakan, persentase antara lalat betina yang kawin terhadap lalat yang tidak kawin atau mandul adalah 70%. Dari jumlah telur yang dibutuhkan setiap hari,

maka dapat ditentukan kebutuhan lalat BSF betina yang dibutuhkan untuk *rearing house* sebagai berikut.

$$\text{jumlah lalat betina} = \frac{\text{kebutuhan telur}}{\text{telur per betina} \times \% \text{kawin}}$$

$$\text{jumlah lalat betina} = \frac{448.980 \text{ telur}}{350 \frac{\text{telur}}{\text{betina}} \times 70\%} = 1.833 \text{ betina}$$

Dari jumlah betina yang diperlukan dan dengan perbandingan antara jumlah jantan dan betina adalah 1 : 1, maka akan didapatkan kebutuhan total lalat yang ada pada setiap *rearing house* sebagai berikut.

$$\text{jumlah lalat} = \text{lalat}_{\text{betina}} + \text{lalat}_{\text{jantan}} = 1.833 + 1.833 = 3.666 \text{ ekor}$$

Kebutuhan volume untuk setiap *rearing house* didasarkan pada jumlah lalat BSF yang ada di dalamnya. Dengan ukuran kandang sebesar 0,7 x 0,7 x 1,4 m (0,686 m³) dapat memuat BSF dewasa sebanyak 6000 - 10.000 ekor lalat dan di dalamnya diletakkan 10 eggies. (Dortmans, 2017). Perbandingan kebutuhan volume untuk 9000 ekor lalat adalah sebesar 0,686 m³ digunakan pada perancangan ini sehingga volume *rearing house* dan *eggies* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

$$\text{volume minimal RH} = \frac{3.666 \text{ ekor}}{9.000 \text{ ekor}} \times 0,686 \text{ m}^3 = 0,280 \text{ m}^3$$

$$\text{eggies}_{\text{minimal per RH}} = \frac{\text{volume RH}}{0,686 \text{ m}^3} \times 10 = \frac{0,280 \text{ m}^3}{0,686 \text{ m}^3} \times 10 = 5$$



Gambar 4.12 Eggies untuk peletakan telur BSF
(eawag.ch)

Eggies yang digunakan akan dipanen sesuai dengan jadwal sehingga pada saat panen *eggies* yang baru dapat dimasukkan. Oleh karena itu perhitungan perencanaan sudah dengan *eggies* cadangan untuk menutupi kekurangan *eggies* saat sedang dilakukan pemanenan. Perhitungan tersebut untuk RH yang berjumlah 7 karena untuk 7 hari. Namun karena perhitungan per unit RH terlalu kecil maka dapat digabung untuk efisiensi biaya dan tempat dengan ukuran sesuai standart eawag. Sementara *eggies* sesuai RH kandang yaitu 15 *eggies* tiap kandangnya. Sehingga perhitungannya sebagai berikut. Detail rencana desain pada unit *rearing house* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

$$RH \text{ volume total} = \text{volume minimal RH} \times 7 = 0,280 \text{ m}^3 \times 7 = 1,96 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah RH} = \frac{RH \text{ volume total}}{\text{volume standar}} = \frac{1,96 \text{ m}^3}{0,686 \text{ m}^3} = 3 \text{ unit}$$

Tabel 4.12 Detail Desain Unit *Rearing House*

Kriteria		Nilai	Satuan
Telur yang dibutuhkan		448.980	Telur
Waktu hidup lalat BSF		7	hari
Periode pemanenan telur		2	hari
Jumlah panen telur dalam per 7 hari		3	panen
Jumlah telur panen per hari	Jumlah	448.980	telur
	massa	11,22	gram
Jumlah telur per betina		350	telur
Jumlah Betina per hari		1.833	ekor
Persentase kawin		70	%
Jumlah total lalat BSF per hari		3666	ekor
Volume minimal RH		0,28	m ³
Dimensi RH	Panjang	0,7	m
	Lebar	0,7	m
	Tinggi	1,4	m
Volume RH		0,686	m ³
Jumlah RH		3	unit
Dimensi Unit Pengolahan	Panjang	2,4	m
	Lebar	1,55	m
Kebutuhan Luas		3,95	m ²
Kebutuhan <i>eggies</i> per RH		10	unit
Kebutuhan <i>eggies</i> cadangan		5	unit
Total kebutuhan <i>eggies</i>		15	unit
Jumlah lalat per RH		25662	ekor
Jumlah betina per RH		12831	ekor
Jumlah telur per RH		3143595	telur
Jumlah telur per RH		78,6	gram

4.9.3 Unit Pupasi

Ruang pupasi merupakan suatu ruangan gelap yang memiliki fungsi sebagai ruangan untuk prepupa BSF mengalami pupasi. Pupasi dapat langsung selama 21 hari. Tahap ini, tingkat kelangsungan hidup atau persentase prepupa dapat menjadi lalat adalah sebesar 80% (Dortmans, 2017). Ruang ini diletakkan bersebelahan dengan *rearing house* dan diberi sekat di antara keduanya, sekat ini dibuka ketika *rearing house* telah dibersihkan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar memudahkan pemindahan lalat yang sudah keluar dari bentuk pupa dari ruang pupasi menuju *rearing house*. Untuk mengatasi perbedaan antara waktu hidup lalat hidup BSF dan waktu pupasi, maka diperlukan tiga ruang pupasi untuk setiap *rearing house*.



Gambar 4.13 Ruang Pupasi Sederhana

Ruangan pupasi adalah ruangan berupa kandang yang ditutupi kain atau benda padat lain sehingga menghalangi cahaya yang masuk ke dalam ruangan tersebut. Perencanaan ini menggunakan kayu seperti lemari yang bisa dibuka dan di tutup. Ruang tersebut di dalamnya terdapat kontainer yang menampung prepupa yang sedang melakukan pupasi. Kontainer yang akan digunakan berukuran 640 x 430 x 180 mm dan dapat menampung prepupa sebanyak 15000 ekor. Jumlah kontainer yang digunakan untuk setiap ruang pupasi dapat ditentukan dengan perhitungan, serta detail desain ruang pupasi dapat dilihat pada Tabel 4.13.

$$\text{Kontainer} = \frac{\text{Kebutuhan lalat}}{\text{prepupa per kontainer}} \times \% \text{penetasan pupa}$$

$$\text{Kontainer} = \frac{9000}{10000} \times 80\% = 1 \text{ unit}$$

Tabel 4.13 Detail Desain Ruang Pupasi

Kriteria	Nilai	Satuan
Kebutuhan lalat BSF per RH	9000	ekor
Waktu pupasi	21	hari
Tingkat kelangsungan hidup	80%	%
Kebutuhan prepupa per hari	11250	ekor
Jumlah Kontainer Ruang Pupasi per Rearing House	1	unit
Prepupa per Kontainer	10000	ekor

Kriteria		Nilai	Satuan
Dimensi Kontainer	Panjang	0,64	m
	Lebar	0,43	m
	Tinggi	0,18	m
Dimensi Ruang Pupasi	Panjang	0,8	m
	Lebar	0,8	m
	Tinggi	0,5	m

4.10 Unit Pemanenan Produk

Unit pemanenan produk adalah unit yang bertujuan untuk memanen hasil dari pengolahan sampah organik dengan larva BSF. Pemanenan yang dimaksud adalah proses pemisahan larva dari residu setelah larva berumur 12 hari di dalam larvero. Tahap ini, larva telah mencapai berat maksimal mereka, namun belum berubah menjadi prepupa. Nilai nutrisi berada pada titik maksimal. Proses pemanenan dapat dilakukan dengan menggunakan *shaking shieve* (ayakan bergetar) otomatis maupun menggunakan ayakan manual sehingga larva dapat dengan mudah dipisahkan dari residu. Ukuran ayakan berukuran 5-10 mm dinilai sudah sesuai. Selama dituangkan ke pengayak, residu akan tetap berada di atas saringan, sedangkan larva akan jatuh ke tempat penadahan. Dengan sudut yang digunakan, larva diarahkan untuk menempati sudut yang rendah, yang terhubung dengan sebuah wadah di mana nantinya larva akan jatuh dengan sendirinya. Residu yang kering memerlukan proses pematangan sebelum residu tersebut bisa digunakan sebagai penyubur tanah.

Unit ini dilakukan pemrosesan terhadap larva di larvero yang sudah beroperasi selama 12 hari. Pemrosesan yang terjadi adalah pemisahan larva dan residu yang ada di dalam larvero. Selama 12 hari, total sampah yang masuk ke dalam satu larvero adalah 15 kg dan larva yang ada di dalam larvero berjumlah 10.000 ekor. Reduksi sampah organik akan berbanding lurus dengan pertumbuhan berat dan panjang larva BSF, maka semakin tinggi nilai reduksi sampah maka semakin tinggi tingkat pertumbuhannya (Rofi *et al.*, 2021). Menurut Oktavia and Rosariawari (2020), besarnya persentase reduksi sampah sekitar 65,5 – 78,9% sampah organik sehingga dapat dihitung berat akhir larva sebagai berikut. Perhitungan residu yang ada pada larvero dapat ditentukan dengan tingkat reduksi sampah saat pengolahan. Berat residu dapat dihitung sebagai berikut.

$$Massa\ residu = MS_{larvero} \times (1 - \%reduksi)$$

$$Massa\ residu = 15 \frac{kg}{larvero} \times (1 - 70\%) = 4,5 \frac{kg}{larvero}$$

$$M_{residu} = m_{sampah} \times (1 - \%reduksi) = 317,23\ kg \times (1 - 70\%) = 95,17 \frac{kg}{hari}$$

$$M_{residu} = m_{residu} \times n_{larvero} = 4,5 \frac{kg}{larvero} \times 22 \frac{larvero}{hari} = 99,00 \frac{kg}{hari}$$

Keterangan

$MS_{larvero}$: Total berat sampah masuk ke larvero selama 12 hari (kg/larvero)

$\%reduksi$: Tingkat reduksi sampah

Pemanenan larvero dilakukan di hari ke 12 yang dilakukan pada setiap grup. Berdasarkan perencanaan setiap hari dilakukan pemanenan terhadap satu grup. Oleh karena itu jumlah larvero yang dipanen setiap harinya adalah sebanyak 22 unit larvero. Jumlah larva, massa larva, dan residu yang dipanen dalam setiap harinya adalah sebagai berikut.

$$M_{larva} = m_{sampah} \times \%reduksi = 317,23 \text{ kg} \times 70\% = 222,06 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$m_{larva} = m_{sampah} \times \%reduksi = 15 \text{ kg} \times 70\% = 10,5 \frac{\text{kg}}{\text{larvero.hari}}$$

$$M_{larva} = m_{larva} \times n_{larvero} = 10,5 \frac{\text{kg}}{\text{larvero.hari}} \times 22 \text{ larvero} = 222,06 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$M_{residu} = m_{residu} \times n_{larvero} = 4,5 \frac{\text{kg}}{\text{larvero}} \times 22 \frac{\text{larvero}}{\text{hari}} = 99,0 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Keterangan

M_{larva} : Massa Larva yang dipanen per hari (kg/hari)

m_{larva} : Massa larva yang dipanen per larvero (gram/ekor)

n_{larva} : banyak larva yang dipanen (ekor)

M_{residu} : Total massa residu per hari (kg/hari)

m_{residu} : Massa Residu per larvero (kg/larvero)

$n_{larvero}$: Jumlah larvero yang dipanen setiap hari (larvero/hari)

Larva yang tersedia untuk pengolahan sampah perlu tetap sesuai dengan kebutuhan yang ada, maka ditentukan perbandingan antara jumlah larva yang diolah untuk dijadikan pakan hewan dengan larva yang dimasukkan ke dalam unit pembiakan. Penentuan persentase larva yang dibiakkan dan dijual akan dihitung lebih lanjut.

$$M_{prepupa} = \frac{\text{Kebutuhan lalat BSF per hari}}{\%penetasan \text{ pupa}} \times \text{massa per prepupa}$$

$$M_{prepupa} = \frac{3.666}{\%80} \times \frac{1,01 \frac{\text{gr}}{\text{ekor}}}{1000 \frac{\text{gr}}{\text{kg}}} = 4,7 \text{ kg}$$

$$M_{larva \text{ dijual}} = M_{larva} - M_{prepupa} = 222,06 - 4,7 = 217,36 \text{ kg}$$

Kebutuhan lahan pengayakan yang menggunakan alat pengayak pasir manual didasarkan dari ukuran 4 kontainer larva BSF atau larvero, yaitu 640 x 430 x 180 mm sehingga ukuran totalnya yaitu 0,86 m x 1,28 m dengan lebar area sekitar 0,75 m didapatkan kebutuhan lahan sebesar 3,2 m². Berdasarkan perhitungan luas lahan unit-unit sebelumnya total kebutuhan lahan pengembangan dengan BSF ini hingga tahap pemanenan dibutuhkan luas lahan sebesar 59 m². Sedangkan lahan kosong yang tersedia sebesar 62,94 m², sehingga budidaya BSF dapat menggunakan lahan kosong tersebut.

Tabel 4.14 Proyeksi Pemanenan Larva BSF total perbulan dan per tahun

Tahun	Sampah Makanan (kg/hari)	Sampah terolah jadi larva BSF (kg/hari)	Residu BSF (kg/hari)	Larva untuk Pra-pupa (kg/hari)	Larva BSF dijual (kg/hari)
2022	186,52	130,57	55,96	4,7	125,87
2023	199,23	139,46	59,77	4,7	134,76
2024	212,02	148,41	63,61	4,7	143,71
2025	224,89	157,42	67,47	4,7	152,72
2026	237,84	166,49	71,35	4,7	161,79
2027	250,87	175,61	75,26	4,7	170,91
2028	263,98	184,79	79,19	4,7	180,09
2029	277,17	194,02	83,15	4,7	189,32
2030	290,44	203,31	87,13	4,7	198,61
2031	303,80	212,66	91,14	4,7	207,96
2032	317,23	222,06	95,17	4,7	217,36

4.11 Unit Pasca Pengolahan

Durasi pengolahan yang pendek selama 12 hari, aktivitas mikroba pada residu masih sangat tinggi sehingga dapat mengurangi kandungan oksigen dan nitrogen pada tanah. Penggunaan residu yang belum matang, dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil atau bahkan mematikan tanaman di sekitar tempat pengaplikasian residu tersebut. Unit pasca pengolahan yang akan digunakan untuk pengolahan residu adalah pengomposan dengan bata berongga dan untuk larva BSF sebagian akan dimasukkan ke dalam unit pembiakan dan sebagian lagi akan diolah menjadi produk yang dapat dijual. Larva yang telah tumbuh dengan memakan sampah organik yang masukkan ke dalam reaktor selama 12 hari akan diolah sebagian untuk dijual sebagai pakan. Produk yang dipilih adalah berupa larva basah. Larva yang telah dipisahkan dari residu kemudian akan langsung dijual di hari tersebut sebagai pakan ternak segar. Sebagian larva akan digunakan untuk proses perkembangbiakan BSF dan sebagian lainnya akan diolah agar dapat dijual. Jumlah larva yang dihasilkan dari hasil pemisahan adalah sebanyak 220.000 ekor per hari dan jumlah kebutuhan larva untuk ruang pupasi adalah sebanyak 3.666 ekor per hari dan 9000 per RH, sehingga jumlah larva yang dihasilkan adalah sebanyak 220.000 atau seberat 222,22 kg. Sedangkan jumlah larva yang dapat dijual adalah sebanyak 217,52 kg.

Selanjutnya sampah sisa makanan yang telah terpilah disumber akan dimasukkan ke dalam area pencacahan, sampah taman akan dimasukkan ke unit pengomposan, dan sampah lainnya akan masuk ke dalam area pemilahan. Pemilahan dilakukan untuk memisahkan sampah anorganik yang dapat didaur ulang dan sampah anorganik residu yang akan dibawa ke TPA. Sampah yang masuk ke dalam TPS 3R terdiri dari tiga jenis sampah, yaitu sampah sisa makanan, sampah organik kebun, dan sampah anorganik. Sampah sisa makanan akan diolah dengan menggunakan larva BSF di unit pengolahan sampah. Untuk sampah organik taman, akan langsung dimasukkan ke dalam unit pengomposan yang nantinya akan diolah secara bersamaan dengan residu hasil pengolahan sampah organik. Sedangkan untuk sampah anorganik yang memiliki nilai ekonomi, seperti kaca, logam, kertas dan plastik yang bernilai ekonomi akan langsung dimasukkan ke dalam tempat penyimpanan sementara atau area lapak

anorganik. Sampah anorganik lainnya, seperti sampah residu akan dimasukkan ke dalam kontainer sampah residu di kontainer sebelah TPS 3R yang akan diangkut ke TPA. Pada perancangan ini, tidak dibahas bagaimana pemanfaatan sampah anorganik lebih rinci.

4.12 Unit Komposting

Perhitungan unit komposting dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sampah organik jenis kebun dan residu dari pengolahan budidaya BSF masih memenuhi kapasitas pada bangunan atau kondisi eksisting. Selanjutnya timbunan sampah organik tersebut diolah secara aerobik menggunakan teknik komposting dengan lama pengomposan selama 30 hari (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2020). Teknik komposting di TPS 3R Lampu Padang dilakukan dengan menimbun sampah organik di dalam struktur boks bata berongga. Unit bata berongga eksisting di TPS 3R saat ini berjumlah 8 unit. Bata berongga tersebut berfungsi mengalirkan udara didalam timbunan sampah tersebut melalui pipa-pipa berpori. Konstruksi ini mengalirkan udara pada kompos melalui:

- Lubang-lubang di dinding
- Pipa-pipa vertikal dalam tumpukan.

Sementara lubang antar pipa pada bagian dasar adalah sebagai saluran dari air dalam tumpukan sampah di dalam boks. Berdasarkan data sebelumnya dapat diketahui dari hasil proyeksi penduduk dan skenario pengelolaan sampah di tahun 2032 didapatkan timbulan sampah organik 576,79 kg/hari. Sedangkan, sampah kebun mempunyai persentase 45% dari total sampah organik, sehingga timbulan sampah kebun untuk dilakukan proses komposting sebanyak 259,55 kg/hari. Densitas sampah organik setelah tercacah adalah 350 kg/m³ (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2020). Sedangkan nilai *recovery factor* sampah kebun diambil berdasarkan literatur yaitu 75% (Tchobanoglous, 1993). Sampah ini ditambah residu dari pengolahan sampah makanan dengan budidaya BSF 60,06 kg. Berikut perhitungan kebutuhan ruang bata berongga di TPS 3R Lampu Padang.

$$\text{Timbulan sampah organik}_{\text{untuk komposting}} = (\text{sampah kebun} \times \text{RF}) + \text{residu BSF}$$

$$\text{Timbulan sampah organik}_{\text{untuk komposting}} = \left(259,55 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 75\% \right) + 99,0 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$\text{Timbulan sampah organik}_{\text{untuk komposting}} = 194,66 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} + 99,0 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} = 293,66 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$\text{Volume} = \text{timbunan sampah organik} \div \text{densitas sampah organik}$$

$$\text{Volume} = 293,66 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \div 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,84 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

$$\text{Total volume pengomposan} = \text{lama pengomposan} \times \text{volume sampah organik}_{\text{per hari}}$$

$$\text{Total volume pengomposan} = 30 \text{ hari} \times 0,84 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} = 25,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tiap box bata berongga} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$\text{Volume tiap box bata berongga} = 2 \text{ m} \times 1,32 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 3,168 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Kebutuhan Jumlah Boks bata} = \text{total volume} \div \text{volume tiap boks}$$

$$\text{Total Kebutuhan Jumlah Boks bata} = 25,2 \text{ m}^3 \div 3,168 \text{ m}^3 = 7,95 \approx 8 \text{ unit}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut jumlah unit boks bata berongga untuk tahun 2032 tidak mengalami kekurangan sehingga tidak perlu dilakukan penambahan atau bangunan komposting lagi. Dari kondisi eksisting terdapat 8 unit sedangkan dari perhitungan diperlukan juga 8 unit. Namun masih ada opsi selain ini yaitu opsi residu BSF yang termasuk berlebih langsung tidak diikuti bersama komposting sampah kebun yang lain atau bisa dijual langsung, tetapi jika dijual langsung terkadang masih berisiko karena pupuk kasgot atau residu BSF belum stabil dan perlu didiamkan beberapa hari. Hal ini dilakukan sebagai alternatif untuk pengelola TPS 3R. Berikut perhitungan hanya untuk komposting sampah kebun.

$$\text{Timbulan sampah organik}_{\text{untuk komposting}} = \text{sampah kebun}$$

$$\text{Timbulan sampah organik}_{\text{untuk komposting}} = 233,60 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$\text{Volume} = \text{timbulan sampah organik} \div \text{densitas sampah organik}$$

$$\text{Volume} = 233,60 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \div 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,67 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

$$\text{Total volume pengomposan} = \text{lama pengomposan} \times \text{volume sampah organik}_{\text{per hari}}$$

$$\text{Total volume pengomposan} = 30 \text{ hari} \times 0,67 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} = 20,01 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tiap box}_{\text{bata berongga}} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$\text{Volume tiap box}_{\text{bata berongga}} = 2 \text{ m} \times 1,32 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 3,168 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Kebutuhan Jumlah Boks bata} = \text{total volume} \div \text{volume tiap boks}$$

$$\text{Total Kebutuhan Jumlah Boks bata} = 20,01 \text{ m}^3 \div 3,168 \text{ m}^3 = 6,344 \approx 7 \text{ unit}$$

Dari kondisi eksisting terdapat 8 unit sedangkan dari perhitungan tersebut dengan tidak menambahkan residu BSF diperlukan juga 7 unit. Sehingga juga tidak perlu dibangun penambahan unit komposting bata berongga. Dari kedua perhitungan tersebut lebih efektif sampah kebun dan residu BSF digabung tiap harinya. Selain tidak menambahkan unit bangunan komposting, hal ini akan meningkatkan efisiensi proses komposting. Perhitungan selanjutnya perlu memastikan kontainer di TPS untuk membuang residu dari hasil pemilahan dan sampah jenis residu dari TPS 3R masih memenuhi kapasitas kontainer.

$$\text{Total residu sampah} = \text{sampah}_{\text{tidak terpilah}} + \text{sampah}_{\text{residu}}$$

Tabel 4.15 Total Residu dari pengembangan pengolahan TPS3R Lampu Padang

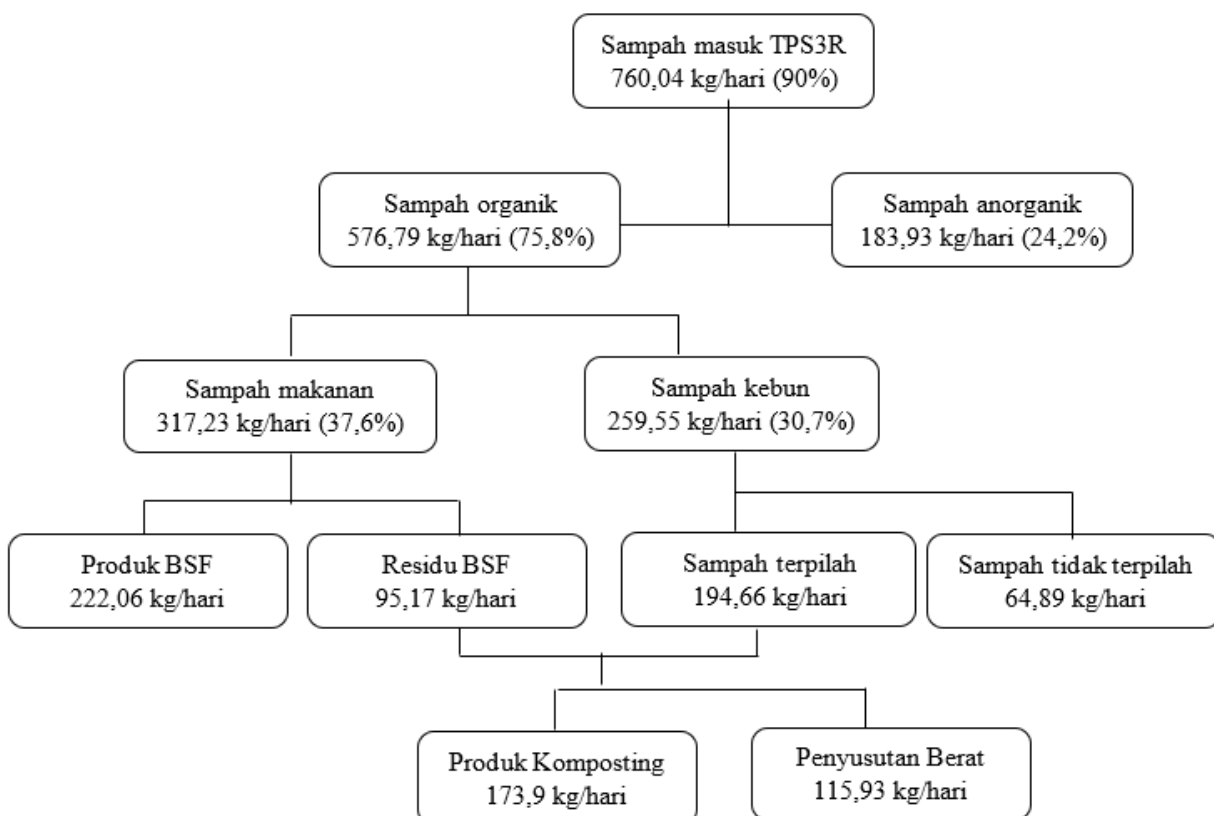
No	Komposisi Sampah	Persentase	Timbulan	RF	Total Residu (kg)
		(%)	(Kg/hari)	(%)	
1	Sampah Kebun dan residu BSF	30,7%	259,55	75	64,89
2	Plastik	16,0%	121,61	65	42,56
3	Kertas	6%	45,60	45	25,08

No	Komposisi Sampah	Persentase	Timbulan	RF	Total Residu (kg)
		(%)	(Kg/hari)	(%)	
4	Logam	0,8%	6,08	85	0,91
5	Kaca	0%	0,00	0	0,00
6	Kain	0,3%	2,28	0	2,28
7	Karet	0,00%	0,00	0	0,00
8	Kayu	0,6%	4,56	0	4,56
9	Residu	8,0%	60,80	0	60,80
Total					201,09

Volume sampah residu = Total sampah residu ÷ densitas sampah

$$Volume\ sampah\ residu = 201,09 \frac{kg}{hari} \div 263 \frac{kg}{m^3} = 0,76 m^3$$

Volume kontainer yang ada di TPS untuk menampung residu sampah dari TPS 3R Lampu Padang sebesar 10 m³. Maka, residu dipastikan masih tertampung di kontainer tersebut dan masih sisa ruang cukup, apabila dengan frekuensi pengangkutan yang biasanya diangkut sehari sekali dapat menjadi seminggu sekali pengangkutan menuju TPA sehingga lebih efisien dalam transportasi pengangkutan. Dalam hal ini tidak diperhitungkan sampah dari masyarakat yang tidak berlangganan TPS 3R. Namun apabila tidak ada pengolahan dengan budidaya BSF maka total sampah residu masih ditambah sampah makanan 90% atau sekitar 285,51 kg/hari. Hal ini mengakibatkan timbulan sampah residu yang masuk kontainer sebanyak 465,91 kg/hari dan volume sampah sebesar 1,8 m³.



Gambar 4.14 Mass Balance Perencanaan Pengembangan Pengolahan Sampah

4.13 Kebutuhan Tenaga Kerja

Menentukan banyaknya pekerja yang diperlukan untuk memilah fraksi sampah i (orang/ton/hari) . Pada proses pemilahan ini, diasumsikan efisiensi pemilihan sebesar 90%. Sampah total didapatkan dari perhitungan proyeksi timbulan sampah pada bab sebelumnya. Perhitungan kebutuhan petugas pemilahan sebagai contoh perhitungan dengan menghitung kebutuhan petugas pemilah adalah sebagai berikut.

Perhitungan tahun 2032

Berat sampah masuk = 760,04 kg/hari

Kecepatan pemilahan = 71,00 kg/jam

Lama pemilahan = $760,04 \text{ kg} : 71,00 \text{ kg/jam} = 10,70 \text{ jam}$

Jam operasional = 5,5 jam/org.hari

Jumlah pekerja = $10,70 \text{ jam} : 5,5 \text{ jam/orang.hari} = 2 \text{ orang}$

Hasil perhitungan kebutuhan nyata pekerja pemilahan sampah dari setiap jenis sampah ditampilkan pada tabel. Hasil perhitungan tersebut didapatkan 1,2 dan dibulatkan 2 orang dalam bertugas pemilahan sampah. Sedangkan untuk area operasional area pencacahan karena waktu kerja sangat cepat. Maka kebutuhan tenaga kerja tersebut bertugas juga untuk proses pencacahan. Maka dibutuhkan 2 tenaga kerja untuk area pemilahan dan pencacahan sampah organik.

Rencana operasional budidaya BSF dalam pengolahan sampah makanan serta proses komposting sampah kebun dan residu BSF dapat dijelaskan sebagai berikut. Berdasarkan Dortmans (2017) penentuan tenaga kerja tergantung pada kapasitas sampah yang diolah. Tenaga kerja pada pengolahan BSF juga tidak perlu ketrampilan tinggi. Dalam skenario operasional dan penjadwalan kerja dari buku tersebut diketahui tenaga kerja yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas sampah. Untuk kapasitas sampah 7 ton/minggu atau 1 ton per harinya perlu tenaga kerja sebanyak 9 orang. Sehingga jika sampah makanan yang akan diolah TPS 3R berdasarkan proyeksi sebanyak 0,317 ton maka diperlukan tenaga kerja sebanyak 2,85 orang dengan dibulatkan ke atas yaitu sebanyak 3 orang tenaga kerja.

Berdasarkan literatur pengolahan sampah dengan BSF untuk mengolah sampah sekitar 500 kg diperlukan tenaga kerja 3 orang dan 1 orang tambahan sebagai pekerja langsung (Salamah, 2020). Sedangkan di TPS 3R Jambangan yang saat ini berjalan proses budidaya BSF dalam mengolah sampah organik berkisar 300 kg/hari jumlah tenaga kerja sebanyak 3 orang. Pembagiannya sebagai berikut 1 orang penanggung jawab *nursery* BSF dan 2 orang untuk pengolahan sampah hingga panen produk (Camila, 2022). Berbagai dasar rujukan tersebut TPS 3R Lampu Padang dapat direncanakan 3 orang tenaga kerja dalam pengolahan sampah organik dengan budidaya BSF dan komposting. Dengan pembagian pada unit pembiakan massal dengan penanganannya hanya perlu disipilin dan teliti tidak perlu tenaga fisik ekstra direncanakan 1 tenaga kerja. Unit pembiakan massal ini terdiri dari unit *Hatchery* dan *Nursery, Rearing House* dan pupasi. Sedangkan 2 orang lainnya bertugas pada unit pengolahan sampah yaitu membagi sampah cacahan sampah makanan pada tiap kontainer larvero dengan menimbang sesuai kapasitas yaitu 5 kg/larvero. Selanjutnya meletakkan di rak tumpuk yang sudah diberi label sebelumnya. Pekerjaan selanjutnya dengan menempatkan sampah kebun yang telah di cacah pada bangunan bata berongga untuk dilakukan proses komposting. Proses ini dapat dibantu oleh tenaga kerja yang keliling dalam pengumpulan sampah di masyarakat berjumlah 2 orang. Tenaga kerja terakhir yaitu bertugas dalam proses atau unit pemanenan produk dengan secara manual. Alat yang digunakan adalah ayakan manual dengan menempatkan larva BSF dan residu tercampur di atas ayakan tersebut beberapa saat.

4.14 Standar Operasional Prosedur

SOP merupakan dokumen yang berisi prosedur kerja yang telah ditulis dan menjadi pedoman untuk melaksanakan prosedur kerja yang ada di TPS 3R Lampung Padang. Berikut ini merupakan SOP TPS 3R secara umum dan detail pada budidaya BSF :

1. Sampah masuk ke dalam TPS 3R pada pukul 09.00 WIB yang diangkut oleh petugas pengumpulan selesai. Petugas pengumpulan sampah memulai pengumpulan sampah pukul 06.30-07.00 WIB. Setiap petugas TPS 3R menggunakan peralatan Alat Pelindung Diri (APD) berupa sepatu bot, masker, rompi, pelindung kepala dan sarung tangan
2. Dilanjutkan proses pembongkaran sampah dengan cangkul dan garpu tala untuk di area penerimaan dan pemilahan sampah
3. Pemilahan sampah tahap pertama dilakukan di area pemilahan. Sampah organik hasil pemilahan berupa sampah makanan dan kebun juga dipisahkan kemudian langsung ditampung. Sampah anorganik yang memiliki nilai jual masuk ke dalam lapak sampah anorganik menurut komposisinya untuk dijual.
4. Masing-masing sampah makanan dan kebun yang telah terpisah, kemudian dilakukan pencacahan dengan mesin pencacah sebelum masuk pengolahan. Proses pemilahan antara sampah makanan dan sampah yang mengandung logam berat harus segera dipisahkan untuk meminimalisir kontaminasi yang dapat mengganggu pembesaran larva BSF
5. Sampah makanan yang telah tercacah akan masuk ke unit pengolahan BSF
6. Sampah kebun yang telah tercacah dimasukkan ke unit komposting bata berongga, dan dilakukan monitoring 3-4 hari untuk dilakukan pengadukan atau pembalikan sampah
7. Residu sampah dari hasil pemilahan dan pengolahan dibuang ke kontainer di TPS yang bersebelahan dengan TPS 3R Lampung Padang
8. Operasional TPS 3R Lampung Padang hingga pukul 16.00 WIB, tiap petugas mempunyai jam mulai dan jam selesai yang berbeda.

Prosedur tenaga kerja dalam penanganan pengembangan budidaya BSF di TPS 3R Lampung Padang selengkapnya dijelaskan pada susunan paragraf. Berikut merupakan standar operasional prosedur untuk menjalankan budidaya BSF dalam mengolah sampah organik.

A. Penetasan telur

Memindahkan *eggies* pada unit penetasan. *Eggies* yang telah berisi telur kemudian dipindahkan dan diletakkan diatas wadah "*hatchling container*" terbuka yang memiliki sumber makanan bernutrisi tinggi. Bahan makanan pada *hatchling container* bisa diisi dengan dedak. Setelah menetas, larva akan jatuh dari *eggies* dan masuk ke *hatchling container* di bawahnya. Sumber makanan bernutrisi tinggi yang ada di *hatchling container* berisi pakan ayam yang dicampur dengan air. Larva yang telah menetas dan menjadi *baby maggot* (5-DOL) kemudian bisa dipindahkan kedalam larvero.

Alat :

- Kontainer Plastik 640 x 430 x 180 mm (4 unit per harinya)
- Tatakan Penetasan Telur BSF dari saringan the (*hatchling shower*)
- Timbangan digital

Bahan

- Telur BSF (3 gram tiap kontainer)
- Dedak (1,5 kg tiap kontainer)
- Air

Langkah-langkah :

1. Disiapkan alat dan bahan, sedangkan dedak dicampur air dengan kadar 50%-70% akan ditambahkan ke dalam kontainer penetasan telur BSF (*hatching container*)
2. Diletakkan tatakan telur di bagian tengah dan di atas permukaan sehingga tidak langsung menyentuh pakan berupa dedak dan air. Telur yang terkena air akan pecah dan tidak dapat menetas dengan baik. Selain itu, suhu juga diperhatikan dengan pengukuran dengan menggunakan termometer karena telur dapat mati pada suhu kurang dari 20°C dan lebih dari 40°C.
3. Dipanen telur BSF tiap harinya dikerok dari permukaan *eggies*
4. Ditimbang telur BSF untuk masing-masing kontainer sebanyak 3 gram, sedangkan per harinya dari perhitungan diperlukan 4 kontainer penetasan telur BSF
5. Diletakkan telur BSF di atas tatakan telur di atas dedak
6. Dituliskan pencatatan tanggal penetasan telur di kontainer
7. Diletakkan kontainer pada rak besi *hatchery* dan *nursery*, rak ini berada di belakang dan terdapat penutup untuk membatasi cahaya atau panas yang masuk
8. Perkiraan waktu penetasan adalah 4 hari, sedangkan 5 hari berikutnya adalah pembesaran untuk memperoleh *baby maggot* atau 5-DOL

B. Pembesaran larva

Hal yang perlu diperhatikan saat pembesaran larva dalam mengolah sampah sisa makanan adalah mengontrol kadar air. Saat kadar air diatas 80% maka perlu dikurangi terlebih dahulu, sedangkan saat kadar air dibawah 70% maka campuran sampah akan ditambahkan air. Pengurangan kadar air dapat dilakukan secara gravitasi, yaitu dengan meletakkan sampah basah diatas kain kemudian didiamkan beberapa saat sampai airnya berkurang. Pengolahan sampah yang terjadi pada *larvero* menyesuaikan umur larva sampai menjadi pra-pupa yaitu selama 12-13 hari, sebelum selanjutnya sampah sisa larva diambil dari *larvero* untuk menjadi kasgot.



Gambar 4.14 a) Sampah organik dengan kadar air > 80% b) Sampah organik dengan kadar air 70-80% c) Sampah organik dengan kadar air < 70%

Alat :

- Kontainer Plastik 640 x 430 x 180 mm (*larvero*, 64 unit per hari)
- Timbangan digital
- Timbangan sampah
- Rak besi

Bahan :

- Larva BSF 5-DOL
- Sampah sisa makanan yang telah tercacah
- Air

Langkah-langkah :

1. Ditimbang larva BSF 5-DOL untuk satu unit kontainer penetasan telur dapat digunakan untuk 16 kontainer pembesaran larva. Berat larva BSF 5-DOL dalam satu kontainer sekitar 2-2,5 kg, sehingga berat yang perlu ditimbang adalah minimal 125 gram larva 5-DOL untuk satu unit kontainer pembesaran. Nilai tersebut berdasarkan perhitungan 64 unit membutuhkan 8-10 kg dari unit penetasan telur BSF
2. Dilakukan penimbangan sampah makanan tercacah untuk tiap kontainer per harinya sebanyak 5 kg
3. Dimasukkan sampah makanan tercacah ke dalam kontainer pembesaran larva dan disesuaikan kadar air sampah antara 70-80%. Kadar air dapat ditentukan dengan cara meremas segenggam sampah tercacah. Jika kurang dari beberapa tetes air yang muncul di sela-sela jari, maka sampah tercacah tersebut masih terlalu kering. Penambahan air yang digunakan harus bersih dan tidak terkontaminasi patogen, logam berat, atau bahan lainnya yang dapat mengurangi nutrisi pada sampah
4. Dimasukkan larva 5-DOL 0,093 kg ke dalam kontainer yang sudah terisi sampah makanan tercacah
5. Dituliskan catatan tanggal sampah dimasukkan pada tiap kontainer
6. Diletakkan kontainer pembesaran pada susunan rak besi
7. Dilakukan prosedur penambahan sampah sisa makanan tercacah pada hari ke 5 dan 8 dengan tetap memperhatikan kadar air di kontainer yang telah ada larva BSF. Hingga hari ke 12 dapat dilakukan pemanenan

C. Pemanenan larva BSF dan pupuk kasgot serta pembagian larva pra-pupa untuk keberlanjutan siklus budidaya

Tersedia pasokan alternatif pakan yang tinggi nutrisi untuk peternak karena harga jual larva BSF ditentukan berdasarkan pasar di Jawa Timur yakni untuk maggot basah per kilogram dengan harga Rp. 5.000 – Rp 7.000, pupuk kasgot Rp. 5.000 per kilogram, dan maggot kering Rp. 10.000 per seratus gram. Harga ini jauh lebih murah dibandingkan dengan pakan ternak pada umumnya yang berkisar dari harga Rp. 13.000 – Rp. 21.000 per kilogram sehingga larva BSF sangat berpotensi menjadi alternatif pakan ternak yang tinggi nutrisi.

Alat :

- Alat pengayak manual dari kawat pengayak pasir
- Kontainer Plastik 640 x 430 x 180 mm (4 unit)
- Sekop

Bahan :

- Larva BSF berumur 17 hari (setelah 12 hari pada larvero) yang masih bercampur dengan kasgot dari unit pembesaran
- Pupuk Kompos dan ampah organik tercacah

Langkah-langkah :

1. Disusun 4 unit kontainer plastik kosong membentuk persegi kemudian diletakkan alat pengayak di atas kontainer tersebut
2. Disiapkan larva BSF tercampur kasgot dari kontainer rak pembesaran larva/larvero
3. Dituangkan larva BSF tercampur tersebut di atas alat pengayak manual
4. Diratakan dengan sekop larva BSF tercampur di atas pengayak manual tersebut
5. Didiamkan selama beberapa menit, larva BSF akan turun sendiri melalui lubang saringan pengayak

6. Diratakan apabila larva BSF tidak terlihat di permukaan residu atau pupuk kasgot dan diambil sedikit-sedikit pupuk kasgot yang sudah terpisah dengan larva BSF
7. Didiamkan lagi selama beberapa menit dan diulang langkah yang sama hingga larva BSF dan pupuk kasgot terpisah
8. Larva BSF yang terpisah diletakkan dalam kontainer sendiri untuk siap diantar ke pembeli sedangkan pupuk kasgot dicampur dengan sampah kebun yang tercacah untuk pengolahan komposting
9. Dilakukan prosedur pemanenan ini setiap harinya untuk sebanyak 22 larvero
10. Ditimbang hasil pemanenan larva BSF serta diambil sebanyak 4,7 kg atau 4.583 larva tiap harinya untuk disiapkan ke tahap pupasi agar keberlanjutan siklus tetap terjaga
11. Larva yang disiapkan untuk menjadi pupa dipisahkan pada kontainer (*box* pemisah) untuk menuju fase prepupa terlebih dahulu
12. Diberikan pupuk kompos yang sudah kering dan sampah organik tercacah secukupnya dengan memperhatikan ketebalannya. Pemberian ini sebagai makanan cadangan serta tempat baru yang agak kering dan gelap untuk larva yang akan menjadi prepupa. Prepupa yang sudah jadi akan meninggalkan sumber makanan untuk mencari tempat yang kering, yang lebih cocok untuk melakukan pupasi
13. Dicuci kontainer kosong dari larva BSF yang telah dipanen untuk digunakan di siklus tahap pembesaran larva lagi (pengolahan sampah makanan)
14. Dilakukan pembukuan dari larva yang sudah dipanen

D. Siklus pupa ke lalat

Memindahkan larva yang telah masuk fase pra pupa pada wadah pupasi. Wadah pupasi kemudian diletakkan pada ruangan pupasi atau *dark cage*. Ruang *dark cage* sederhana dipastikan dalam kondisi gelap atau tertutup sehingga cahaya sangat kecil untuk masuk. Berakhirnya pupasi ditandai dengan keluarnya lalat dari cangkang pupa. Proses keluarnya lalat ini berlangsung singkat dalam waktu kurang dari lima menit. Lalat-lalat tersebut sudah berhasil membuka bagian pupa yang dulunya merupakan bagian kepala, kemudian merayap keluar, mengeringkan dan mengembangkan sayapnya lalu terbang.

Alat :

- Kontainer Plastik 640 x 430 x 180 mm (1 unit per ruang pupasi)
- Ruang pupasi / *dark cage* terhubung dengan *rearing house*
- Potongan kardus

Bahan :

- Pra-Pupa BSF
- Sampah makanan tercacah
- Serabut Kelapa
- Pupuk kompos kering

Langkah-langkah :

- Dimasukkan pra-pupa BSF yang sudah ditimbang dan sesuai perhitungan sebelumnya ke dalam kontainer
- Diberikan sampah makanan secukupnya hanya dipermukaan dan serabut kelapa apabila bisa dilakukan sekat-sekat dengan potongan kardus di kontainer tersebut
- Ditutup pintu ruang pupasi dan dipastikan kondisi gelap, apabila diperlukan potongan kardus diletakkan hingga menutupi setengah kontainer yang ada di ruang pupasi.
- Dipindahkan unit ruang pupasi dan kandang lalat pada kondisi lingkungan yang tidak banyak mengalami perubahan, atau dengan kata lain tempat yang selalu hangat, teduh,

dan kering. Selain itu, apabila terjadi hujan unit tersebut segera dipindahkan agar terlindung dari air hujan supaya proses pupasi dapat berhasil

- Monitoring selama 7-10 hari saat sore hari atau kondisi minim cahaya, sampah makanan ditambahkan apabila sudah habis karena prapupa masih membutuhkan makanan berupa sampah makanan
- Dibersihkan ruang pupasi serta kontainer pupasi, diambil cangkang BSF atau selongsong yang berada di permukaan pupa-pupa BSF. Kontainer dilakukan pembersihan atau cuci apabila sudah sangat kotor
- Dibuka lubang penghubung antara kandang kawin dan kandang gelap saat pagi hari selama 30 menit agar lalat terbang menuju kandang lalat *rearing house* yang berada di atas ruang pupasi
- Dilakukan prosedur yang sama untuk ketiga unit ruang pupasi dan diulangi setiap harinya

E. Perawatan pertumbuhan dan kembang biak lalat

Tempat tumbuh dan berkembang biak larva BSF dinamakan *rearing house* yang dibentuk menjadi ruang persegi (kandang dapat menampung 6000-10.000 lalat), tali, dan dua wadah atraktan. *Rearing house* ini dinamakan juga *love cage* (tempat kawin), pemasangannya harus terhindar dari air hujan dan paparan matahari langsung. Selain itu suhu juga berpengaruh untuk hidup lalat dalam *love cage*. Suhu yang rendah dapat memperpanjang hidup lalat sehingga bisa menghasilkan lebih banyak telur.

Tempat bertelur (*eggies*) adalah media yang aman untuk menyimpan telur yaitu tempat dalam rongga-rongga yang terlindung dari pengaruh lingkungan yang dapat menjaga telur dari ancaman predator, dan sinar matahari langsung yang dapat menghilangkan kadar air pada telur. Terdapat “*atraktan*” atau substansi yang mirip dengan bahan organik yang membusuk sehingga dapat menarik para betina untuk meletakkan telurnya di sekitar sana. Hal ini dilakukan lalat agar larva-larva yang menetas dapat dengan mudah menemukan sumber makanan terdekat yang berada di sekitar mereka. Substansi pada *atraktan* bisa dari bau sampah yang menyengat atau hasil fermentasi seperti tape atau aroma buah yang menyengat seperti buah nanas. *Eggies* tersebut dipasang pada *love cage*. *Eggies* dapat dibuat dari bahan triplek yang kemudian disusun bertumpuk dengan jarak antar tumpukan 2 mm sebanyak 3-5 lapisan. Di alam *atraktan* berasal dari

Lalat yang keluar dari ruang pupasi dapat hidup sekitar satu minggu. Lalat akan mencari pasangan, kawin, dan bertelur (untuk lalat betina) pada fase tersebut. Lalat BSF tidak makan dan hanya membutuhkan sumber air dan permukaan yang lembab untuk menjaga tubuhnya agar tetap terhidrasi. Tempat hinggap lalat pada *love cage* dapat ditambahkan untuk memperluas permukaan media lalat dapat hinggap, sehingga semakin banyak lalat yang dapat hidup dalam *love cage*. Pembuatan tempat hinggap ini bisa dibuat dari daun pisang yang sudah kering kemudian digantung pada tengah tengah *love cage*. Kain basah dipasang untuk tempat minum lalat di *love cage*. Kain basah dapat diletakkan pada sebelah *eggies* dengan bawahnya berupa mangkuk atau wadah berisi air sehingga kain tetap dalam kondisi basah. Cara lain yang perlu dilakukan juga untuk memberi minum lalat dan menjaga kelembapan adalah dengan menyiram jaring *rearing house* atau *love cage* setiap pagi jam 09.00 – 11.00. Pemilihan waktu tersebut sesuai pada jam lalat melakukan proses perkawinan.

Alat :

- Kandang *rearing house* tertutup jaring
- *Eggies*
- Karet

- Kain Basah
- Mangkuk
- Kain basah
- Lampu penerangan
- Keranjang berlubang
- Silet

Bahan :

- Sampah yang sudah membusuk
- Air
- Daun pisang kering

Langkah-langkah :

- Kandang *rearing house* pada perencanaan ini sudah digabung dengan unit ruang pupasi di bawahnya. Hal ini dilakukan untuk optimalisasi dan efisiensi luas lahan. Selain itu untuk memudahkan memindahkan kandang untuk mengatur pencahayaan matahari saat pagi hingga siang juga dilengkapi roda. Langkah selanjutnya untuk lalat BSF yang belum metamorfosis
- Menyiapkan atraktan berupa sampah yang sudah membusuk, apabila diperlukan ditambahkan tape atau nanas untuk memperkuat bau agar menyengat. Atraktan kemudian ditutup dengan keranjang berlubang dan diletakkan di dalam kandang lalat atau *rearing house*
- Menyiapkan *eggies* dengan menyusun 5 *eggies* menjadi satu dengan karet. *Eggies* ini sudah diberi paku payung sehingga saat disatukan terdapat celah antar *eggies*. Celah ini yang digunakan lalat BSF untuk tempat bertelur. Setiap *rearing house* ada 3 rangkaian *eggies* yang kemudian diletakkan di atas atraktan
- Menyiapkan mangkuk diisi air dan kain lap basah di atasnya, selanjutnya diletakkan di sebelah atraktan. Langkah selanjutnya dilakukan perawatan secara berkala
- Memasang daun pisang kering dan digantungkan di dalam *rearing house* apabila diperlukan saat lalat BSF terlihat banyak
- Mengkondisikan cahaya matahari secara tidak langsung mengenai kandang *rearing house* pada jam 8-10 pagi. Hal ini dikarenakan aktivitas kawin BSF umumnya terjadi pada pukul 8.30 dan mencapai puncaknya pada pukul 10.00 (Wardhana, 2016). Lampu penerangan digunakan apabila cuaca mendung atau gelap saat jam tersebut karena apabila kekurangan cahaya lalat BSF sulit untuk kawin
- Menyiramkan air setiap pagi sekitar jam 10 pagi di kandang *rearing house* utamanya mengenai jaring-jaringnya, serta menambahkan air pada mangkuk dan kain apabila diperiksa airnya habis atau kering
- Memanen telur BSF dengan mengambil *eggies* untuk menuju ke unit penetasan telur. *Eggies* yang telah dipanen dipersihkan dan dipastikan kering untuk diletakkan di *rearing house* kembali
- Membersihkan kandang dan mengumpulkan lalat yang sudah mati untuk bisa ditambahkan di atraktan paling lama 6 hari sekali. Sampah organik yang sudah busuk juga ditambahkan atau diganti jika sudah kering sebagai atraktan lalat BSF.

4.15 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk menilai kelayakan usaha. Analisis kelayakan usaha adalah bentuk perhitungan keuangan untuk mengetahui nilai investasi yang diperlukan dalam menjalankan usaha (Salamah, 2020). Proses ini dilakukan untuk menilai manfaat yang diperoleh dalam kegiatan pengolahan sampah organik dengan larva BSF serta komposting. Hasil analisis ekonomi berguna sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan. Analisis ekonomi dilakukan dengan terlebih dahulu membuat rancangan anggaran biaya investasi dan biaya operasional. Analisis kemudian dilanjutkan dengan menghitung pendapatan dan keuntungan.

Analisis ekonomi merupakan bentuk perhitungan keuangan untuk mengetahui nilai investasi yang diperlukan dan menentukan kelayakan usaha dari penjualan produk hasil dari proses pengolahan sampah organik dengan media larva BSF yang dirancang dan komposting. Analisis ekonomi yang dikaji dalam penelitian ini adalah jenis usaha penjualan produk hasil proses dekomposisi sampah organik berupa pupuk organik dan larva BSF untuk digunakan sebagai bahan substitusi pakan unggas dan ikan tanpa proses penepungan atau pembentukan pelet.

Biaya Investasi

Rencana anggaran biaya sebagai investasi awal pada proyek pengembangan TPS 3R ditentukan berdasarkan biaya budidaya BSF yang terdiri dari biaya pengadaan peralatan operasional serta bahan awal dengan acuan harga pasar di toko online. Biaya untuk pengembangan TPS 3R Lampung Padang direncanakan dilaksanakan tahun 2022. Total perkiraan biaya investasi untuk pengembangan TPS 3R Lampung Padang dengan luas lahan pengembangan yang digunakan dari lahan kosong dapat dilihat pada Tabel yaitu sebesar Rp. 53.791.000,00.

Tabel 4.16 Biaya Investasi Pengembangan TPS 3R Lampung Padang

No	Kegiatan/Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Kontainer Plastik atau Keranjang Industri (Larvero, Hatchery, Pupasi, Pemanenan) 61x43x15 cm	310	unit	Rp 92.500	Rp 28.675.000
2	Eggies kayu	45	unit	Rp 3.000	Rp 135.000
3	Lampu penerangan	1	unit	Rp 900.000	Rp 900.000
4	Rak Besi Larvero dan Hatchery	9	unit	Rp 2.000.000	Rp 18.000.000
5	Alat Pengayak Manual Pemanenan larva BSF	1	unit	Rp 100.000	Rp 100.000
6	Rak Aluminium Rearing House	3	unit	Rp 1.500.000	Rp 4.500.000
7	Jaring Rearing House	16	m ²	Rp 8.000	Rp 128.000
8	Telur BSF	120	gram	Rp 5.000	Rp 600.000
9	Pupa BSF	15	kg	Rp 10.000	Rp 150.000
10	Timbangan Digital	1	unit	Rp 30.000	Rp 30.000
11	Mangkuk Wadah Air	3	unit	Rp 5.000	Rp 15.000

No	Kegiatan/Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
12	Kain Lap	3	unit	Rp 22.000	Rp 66.000
13	Keranjang Berlubang	3	unit	Rp 20.000	Rp 60.000
14	Saringan Teh (Tatakan Penetasan Telur BSF)	36	unit	Rp 12.000	Rp 432.000
Total					Rp 53.791.000

Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan, pendanaan didasarkan pada biaya satuan kegiatan pengumpulan, pengangkutan, pemilahan, dan pengolahan. Upah yang digunakan membayar pegawai mengacu pada gaji *standart* UMR. UMR Kabupaten Trenggalek tahun 2022 diketahui sebesar Rp. 1.944.932,00. Maka dengan pembulatan dalam satu bulan pegawai menerima gaji sebesar Rp. 2.000.000,00 per orang. Sedangkan pengurus TPS 3R yang bertugas dalam administrasi, sosialisasi sesuai kondisi sekarang gaji yang diterima sebesar Rp 2.000.000. Total biaya operasional dan pemeliharaan dalam pengembangan TPS 3R Lampu Padang selengkapnya dapat dilihat pada tabel. Biaya operasional dan pemeliharaan yang dibutuhkan sebesar Rp 393.849.000/ tahun.

Pengeluaran operasional tahunan ini kemudian diubah kedalam PV (*present value*) dengan menggunakan tingkat suku bunga sebesar 3,5%, selama 10 tahun pengoperasian TPS 3R. Total jumlah pengeluaran setiap tahun dapat dicari dengan persamaan berikut:

PV Biaya Operasional dan Pemeliharaan = $A (P/A; 3,5\%; 10)$

PV Biaya Operasional dan Pemeliharaan = $Rp\ 327.849.000 \times 8,3166 = Rp\ 2.726.588.993$

Tabel 4.17 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Pengembangan TPS 3R

No	Kegiatan/Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Subtotal/ bulan	Biaya/ Tahun
1	Tenaga kerja (orang/bulan)	7	orang	2.000.000	14.000.000	168.000.000
2	Gaji Staff TPS 3R (orang/bulan)	6	orang	2.000.000	12.000.000	144.000.000
3	Bensin gerobak motor (L/bulan)	38	L/bulan	7.650	290.700	3.4884000
4	Bahan Bakar Mesin Pencacah Sampah	17	L/bulan	7.650	130.050	1.560.600
5	Dedak untuk Hatchery dan Nursery	180	kg/bulan	5.000	900.000	10.800.000
Total					27.320.750	327.849.000

Potensi Pendapatan

Harga larva BSF dan kompos dari perencanaan pengembangan budidaya BSF serta komposting didapatkan dari daftar harga jual di Jawa Timur. Harga larva BSF basah berkisar antara Rp 5.000,00 – Rp 7.000,00. Dari Tabel dapat dihitung pendapatan penjualan larva BSF dan kompos per tahun dengan cara mengkalikan proyeksi jumlah hasil pemanenan untuk dijual yang dihasilkan dengan harga jual dan dikalikan juga dengan 365 hari/tahun. Hasil perhitungan

pendapatan penjualan larva BSF dalam pengembangan TPS 3R Lampu Padang dapat dilihat pada Tabel Biaya pendapatan yang dihasilkan sebesar Rp 391.251.960,00/ tahun. Biaya pendapatan tahunan ini kemudian diubah kedalam P (present value) dengan menggunakan tingkat suku bunga bank sebesar 3,5%, selama 10 tahun pengoperasian TPS 3R. Total jumlah keuntungan setiap tahun dapat dicari dengan persamaan berikut :

PV Biaya Pendapatan (Penjualan BSF dan Kompos) = $A (P A; 3,5\%; 10)$

PV Biaya Pendapatan (Penjualan BSF dan Kompos) = $Rp516.460.320,00 \times (8,3166)$
 = Rp 4.295.193.897,00

Tabel 4.18 Proyeksi Pendapatan Penjualan Larva BSF

Tahun	Berat Larva BSF (kg/hari)	Harga Jual Satuan (kg/hari)	Total Pendapatan per hari	Total Pendapatan per bulan	Total Pendapatan per tahun
2022	125,87	Rp5.000	Rp629.335,00	Rp18.880.050,00	Rp226.560.600,00
2023	134,76	Rp5.000	Rp673.811,00	Rp20.214.330,00	Rp242.571.960,00
2024	143,71	Rp5.000	Rp718.569,00	Rp21.557.070,00	Rp258.684.840,00
2025	152,72	Rp5.000	Rp763.610,00	Rp22.908.300,00	Rp274.899.600,00
2026	161,79	Rp5.000	Rp808.934,00	Rp24.268.020,00	Rp291.216.240,00
2027	170,91	Rp5.000	Rp854.540,00	Rp25.636.200,00	Rp307.634.400,00
2028	180,09	Rp5.000	Rp900.429,00	Rp27.012.870,00	Rp324.154.440,00
2029	189,32	Rp5.000	Rp946.600,00	Rp28.398.000,00	Rp340.776.000,00
2030	198,61	Rp5.000	Rp993.055,00	Rp29.791.650,00	Rp357.499.800,00
2031	207,96	Rp5.000	Rp1.039.792,00	Rp31.193.760,00	Rp374.325.120,00
2032	217,36	Rp5.000	Rp1.086.811,00	Rp32.604.330,00	Rp391.251.960,00

Tabel 4.19 Proyeksi Pendapatan Penjualan Pupuk Kompos

Tahun	Berat Kompos (kg/hari)	Harga Jual Satuan (kg/hari)	Total Pendapatan per hari	Total Pendapatan per bulan	Total Pendapatan per tahun
2022	102,25	Rp2.000	Rp204.498	Rp6.134.940,00	Rp73.619.280,00
2023	109,22	Rp2.000	Rp218.430	Rp6.552.900,00	Rp78.634.800,00
2024	116,23	Rp2.000	Rp232.450	Rp6.973.500,00	Rp83.682.000,00
2025	123,28	Rp2.000	Rp246.559	Rp7.396.770,00	Rp88.761.240,00
2026	130,38	Rp2.000	Rp260.757	Rp7.822.710,00	Rp93.872.520,00
2027	137,52	Rp2.000	Rp275.043	Rp8.251.290,00	Rp99.015.480,00
2028	144,71	Rp2.000	Rp289.417	Rp8.682.510,00	Rp104.190.120,00
2029	151,94	Rp2.000	Rp303.880	Rp9.116.400,00	Rp109.396.800,00
2030	159,22	Rp2.000	Rp318.432	Rp9.552.960,00	Rp114.635.520,00
2031	166,54	Rp2.000	Rp333.072	Rp9.992.160,00	Rp119.905.920,00
2032	173,90	Rp2.000	Rp347.801	Rp10.434.030,00	Rp125.208.360,00

Tabel 4.20 Proyeksi Total Pendapatan Penjualan Larva BSF dan Pupuk Kompos

Tahun	Total Pendapatan BSF	Total Pendapatan Kompos	Total Pendapatan BSF dan Kompos per tahun
2022	Rp226.560.600,00	Rp73.619.280,00	Rp300.179.880,00
2023	Rp242.571.960,00	Rp78.634.800,00	Rp321.206.760,00
2024	Rp258.684.840,00	Rp83.682.000,00	Rp342.366.840,00
2025	Rp274.899.600,00	Rp88.761.240,00	Rp363.660.840,00
2026	Rp291.216.240,00	Rp93.872.520,00	Rp385.088.760,00
2027	Rp307.634.400,00	Rp99.015.480,00	Rp406.649.880,00
2028	Rp324.154.440,00	Rp104.190.120,00	Rp428.344.560,00
2029	Rp340.776.000,00	Rp109.396.800,00	Rp450.172.800,00
2030	Rp357.499.800,00	Rp114.635.520,00	Rp472.135.320,00
2031	Rp374.325.120,00	Rp119.905.920,00	Rp494.231.040,00
2032	Rp391.251.960,00	Rp125.208.360,00	Rp516.460.320,00

Analisis *Net Present Value* (NPV)

Analisa NPV perbandingan nilai sekarang (PV) dari biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan serta biaya pendapatan. Analisa ini dilakukan untuk melihat apakah pembangunan TPS 3R Lampu Padang ini menguntungkan dan layak secara finansial. Kelayakan suatu proyek akan ditentukan

- Jika NPV lebih besar dari 0 (NPV positif), hal ini berarti bahwa total benefit lebih besar dari *cost + investment*, yang berarti bahwa perencanaan pengembangan menguntungkan.
- Jika NPV = 0 berarti benefit hanya cukup untuk menutup *cost + investment* selama umur teknis-ekonomis proyek yang bersangkutan, artinya perlu pertimbangan lain untuk melaksanakan proyek tersebut.
- Jika NPV lebih kecil dari 0, maka benefit tidak mencukupi untuk menutupi *cost + investment* selama umur teknisekonomis proyek, artinya proyek tidak layak dari sisi finansial atau ekonomis.

Perhitungan NPV didapat dengan cara mencari selisih antara Present Value (PV) daripada manfaat dan Present Value (PV) biaya (Potts, 2002), yakni sebagai berikut :

$$PV \text{ Biaya Investasi} = Rp. 53.791.000,00.$$

$$PV \text{ Biaya Operasional dan Pemeliharaan} = Rp 2.726.588.993$$

$$PV \text{ Biaya Total Pendapatan (BSF dan Kompos)} = Rp 4.295.193.897,00$$

$$NPV = PV \text{ Biaya Pendapatan} - (PV \text{ Biaya Investasi} + PV \text{ Biaya Operasional dan Pemeliharaan})$$

$$NPV = Rp 4.295.193.897,00 - (Rp 53.791.000,00 + Rp 2.726.588.993,00)$$

$$NPV = Rp 1.514.813.903,00$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai NPV > 0. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan TPS 3R ini layak secara finansial dan menguntungkan. Perhitungan di atas tidak mencantumkan pendapatan dari retribusi pelanggan dan lapak anorganik karena dari perhitungan NPV pengembangan budidaya BSF sudah menutup seluruh biaya operasional TPS 3R. Pendapatan tersebut akan dicantumkan apabila nilai NPV kurang dari 0 karena untuk mengetahui apakah operasional dapat berjalan atau biaya retribusi akan berubah.

Biaya pendapatan dari penjualan larva BSF dan komposting dari analisis ekonomi tersebut direncanakan seluruhnya dalam setiap hari dapat terjual. Hal tersebut dilakukan karena berdasarkan pemasaran di wilayah Kecamatan Tugu atau Kabupaten Trenggalek memiliki permintaan yang tinggi setiap harinya, utamanya larva protein tinggi untuk pakan ternak dan harganya lebih murah dari pakan ternak pada umumnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Trenggalek, jumlah populasi unggas sebagai hewan ternak tiap tahunnya mengalami peningkatan. Tahun 2021 total di Kabupaten Trenggalek populasi ayam kampung sebanyak 1.443.265 ekor, ayam petelur 210.077 ekor, ayam pedaging 2.194.272, dan itik 306.735 ekor. Kemudian dari sektor budidaya ikan perairan juga setiap tahunnya mengalami peningkatan dan larva BSF ini cocok untuk pakan ikan seperti ikan konsumsi dan ikan hias. Berdasarkan data tersebut populasi ternak unggas utamanya ayam kampung Kecamatan Tugu masih berada di peringkat lima teratas dari kecamatan lain di Trenggalek, yaitu sebanyak 199.519 ekor. Data-data tersebut menunjukkan bahwa peternakan di Trenggalek mengalami peningkatan sehingga kebutuhan akan pakan ternak akan meningkat setiap harinya dan larva BSF ini menjadi produk yang cocok sebagai pengganti pakan ayam seperti dedak, konsentrat karena nutrisi lebih alami dan murah. Sedangkan untuk produk komposting yaitu pupuk pemasarannya tergolong mudah karena permintaan atau peminatan masyarakat setiap hari untuk pupuk tanaman hias. TPS 3R Lampu Padang biasanya menjual pupuk hasil komposting ke toko bunga atau tanaman hias dengan mekanisme pembeli menuju TPS 3R tersebut sehingga penjualan dari tiap produk dari proses pengolahan sampah terjual setiap harinya karena adanya permintaan dan peminatan di Trenggalek.

Biaya retribusi akan tetap dilaksanakan sebagai pendapatan tambahan dan membatasi pelanggan. Adanya retribusi gratis dapat menyebabkan masyarakat meningkat drastis untuk berlangganan. Selain itu, keuntungan dari biaya retribusi bisa digunakan untuk pengembangan TPS3R setelah 10 tahun berikutnya, seperti perluasan lahan, perluasan area pelayanan, penambahan pengolahan, kendaraan pengangkut dan sumber daya manusia. Berdasarkan proyeksi di tahun 2022 dapat disimpulkan bahwa pengolahan sampah organik menggunakan BSF dan komposting di TPS 3R Lampu Padang dapat menghasilkan produk dengan keuntungan apabila dikembangkan dengan optimal. Nilai pendapatan potensial lebih besar dari biaya operasional dan investasi pada tahun 2026. Maka dari itu, pengolahan ini sudah mengembalikan modal atau investasi serta menghasilkan keuntungan pada tahun sekitar 2026. Keuntungan pada tahun berikutnya sudah bersih karena modal atau investasi sudah lunas.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan pengembangan ini antara lain:

1. Kondisi pengelolaan eksisting TPS 3R Lampu Padang yaitu pengelolaan sampah dari rumah tangga diangkut dari sumber menuju TPS 3R Lampu Padang kemudian sampah organik sebagian besar sampah kebun dan hanya sebagian kecil sampah makanan yang diolah dengan komposting sebesar 35,4%. Terdapat area kosong yang belum dimanfaatkan di TPS 3R sebesar 62,94 m². Berdasarkan pengamatan di lapangan pewadahan sampah masih tercampur menjadi satu, belum dibedakan berdasarkan jenisnya. Periode pengumpulan sampah TPS 3R Lampu Padang dilakukan maksimal 3 hari sekali.
2. Timbulan sampah perkapita dari daerah yang terlayani TPS 3R Lampu Padang yaitu Desa Gondang, Nglongsor dan Tumpuk sebesar 0,503 kg/jiwa/hari dan densitas sampah sebesar 263 kg/m³. Komposisi sampah makanan 37,6 % dan sampah kebun 30,7 %.
3. Berdasarkan hasil perhitungan dan skenario terpilih perencanaan pengembangan dengan proyeksi didapatkan kapasitas sampah yang masuk ke TPS 3R di akhir tahun perencanaan 2032 sebesar 2,89 m³/hari atau 760,04 kg/hari. Fasilitas perencanaan pengembangan di TPS 3R Lampu Padang yaitu pemilahan sampah, pengolahan sampah organik menggunakan budidaya BSF untuk sampah makanan yang terdiri dari unit pengolahan sampah atau larvero, unit pembiakan massal (*hatchery, nursery, pupasi dan rearing house*), untuk sampah kebun serta residu BSF dengan komposting, dan perencanaan penanganan residu. Kestimbangan massa sampah di TPS 3R Lampu Padang dalam kondisi ideal dari sampah masuk/input dalam satu hari sebesar 760,04 kg/hari dengan sampah organik sebanyak 576,79 kg/hari yang terbagi sampah makanan 317,23 kg/hari dapat tereduksi 222,06 kg/hari (70%) menjadi larva BSF pakan ternak dan residu 95,17 kg/hari (30%) yang akan menuju proses komposting. Sampah kebun dan residu BSF sebanyak 293,66 kg/hari diolah menjadi pupuk kompos. Pengembangan TPS 3R dengan budidaya BSF membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 53.791.000,00, biaya operasional pemeliharaan sebesar Rp. 327.849.000,00/tahun, dan pendapatan dari penjualan larva BSF dan pupuk kompos pada tahun 2022 sebesar Rp 300.179.880,00, sedangkan pada tahun 2032 sebesar Rp 516.460.320,00. Perhitungan NPV menunjukkan nilai NPV lebih dari 0 sehingga pengembangan TPS 3R ini layak secara finansial dan menguntungkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan, saran yang dapat diberikan berupa :

1. Meningkatkan optimalisasi reduksi sampah di sumber melalui bank sampah yang sudah berjalan saat ini guna mengurangi timbulan sampah yang masuk ke TPS 3R maupun TPA. Hal ini juga akan berdampak untuk mempercepat proses pemilahan di TPS 3R Lampu Padang
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan operasional teknologi biokonversi larva BSF serta pengolahan produk lanjutan dengan penyelenggaraan laboratorium untuk pengukuran spesifik pada setiap fase BSF dan kandungan nutrisinya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kecamatan Tugu. (2017). *Kecamatan Tugu Dalam Angka Tahun 2019*. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Trenggalek.
- Badan Pusat Statistik Kecamatan Tugu. (2018). *Kecamatan Tugu Dalam Angka Tahun 2019*. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Trenggalek.
- Badan Pusat Statistik Kecamatan Tugu. (2019). *Kecamatan Tugu Dalam Angka Tahun 2019*. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Trenggalek.
- Badan Pusat Statistik Kecamatan Tugu. (2020). *Kecamatan Tugu Dalam Angka Tahun 2019*. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Trenggalek.
- Badan Pusat Statistik Kecamatan Tugu. (2021). *Kecamatan Tugu Dalam Angka Tahun 2019*. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Trenggalek.
- Badan Standarisasi Nasional. (1994). SNI 19-3694-1994 Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.
- Badan Standarisasi Nasional. (1995). SNI 19-3983-1995 Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Sedang di Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 19-2454-2002 Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan.
- Camila, A. (2022) “Kajian teknologi biokonversi sampah organik menggunakan larva *Black Soldier Fly*.” Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Damanhuri & Padmi. (2010). *Pengelolaan Sampah*, Diktat Kuliah TP-3104. Bandung: Program Studi Teknik lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., dan Zurbrügg, C. (2017). *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF): Panduan Langkah-Langkah Lengkap*. Dübendorf: Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec)
- FAO, 2013. *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fauzi, R. U. A. dan Sari, E. R. N. (2018) “Business Analysis of Maggot Cultivation as a Catfish Feed Alternative,” *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(1), hal. 39–46. doi: 10.21776/ub.industria.2018.007.01.5.
- Firmansyah dan Taufiq. (2020). Sinergi Program Pemberdayaan Masyarakat Berbasis Lingkungan Melalui Inovasi Maggot. *Jurnal Resolusi Konflik, CSR, dan Pemberdayaan*. Vol. 5 (1): 63-70
- Herlinda, S. dan Sari, J. M. P. (2021) “Sustainable urban farming : Budidaya lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) untuk menghasilkan pupuk , dan pakan ikan dan unggas,” *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 1, hal. 27–37.

- Kementerian Pekerjaan Umum (2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Mallongi, A. Dan Saleh, M., (2015). *Pengelolaan limbah Padat Perkotaan*. Makassar: WR.
- Menteri Pekerjaan Umum. 2013. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor/3/PRT/M/2013: Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
- Muhadat, Iqbal Salim. (2021). Kasgot Sebagai Alternatif Pupuk Organik Padat Pada Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L*) Dengan Metode Vertikultur (Sebagai Sumber Belajar Materi Pertumbuhan Dan Perkembangan Tumbuhan Sma Kelas XII). Undergraduate thesis, UIN Raden Intan Lampung.
- Oktavia, E. dan Rosariawari, F. (2020) “Rancangan Unit Pengembangbiakan Black Soldier Fly (Bsf) Sebagai Alternatif Biokonversi Sampah Organik Rumah Tangga (Review),” *EnviroUS*, 1(1), hal. 65–74. doi: 10.33005/enviroUS.v1i1.20.
- Pathiassana, M. T. *et al.* (2020) “Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi Dengan Variasi Jenis Sampah yang Dikelola PT. Biomagg Sinergi Internasional Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*),” *Jurnal TAMBORA*, 4(1), hal. 86–95.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
- Potts, D., (2002). *Project Planning and Analysis for Development*, UK : Lynne Rienner Publisher.
- Puspasari, G. R. & Mussadun. (2016). Peran Kelembagaan dalam Pengelolaan Persampahan di Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 12(4), pp. 385-399.
- Rofi, D. Y., Auvaria, S. W., Nengse, S., Oktorina, S., & Yusrianti, Y. (2021). “Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Upaya Percepatan Reduksi Sampah Buah dan Sayuran,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), hal. 130–137. doi: 10.29122/jtl.v22i1.4297.
- Salamah, A. Z. (2020). “RANCANG BANGUN FASILITAS PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK DENGAN LARVA BLACK SOLDIER FLY DI KECAMATAN PACET KABUPATEN CIANJUR.” Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sastro, Y. (2016). *Teknologi Pengomposan Limbah Organik Kota Menggunakan Black Soldier Fly*. Jakarta Selatan: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jakarta.
- Sheppard, D. C. *et al.* (2002) “Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae),” *Journal of Medical Entomology*, 39(4), hal. 695–698. doi: 10.1603/0022-2585-39.4.695.
- Sipayung, P. Y. E. (2015). Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Surendra, K. C. *et al.* (2020) “Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF),” *Waste Management*, 117, hal. 58–80. doi: 10.1016/j.wasman.2020.07.050.
- Suryani, Y., Kinasih, I., dan Paujiah, E. (2018). Potensi Lalat *Hermetia Illucens* Sebagai Sumber Protein Dan Enzim Bagi Bioindustri. *Project Report*.
- Tchobanoglous, G., Burton, & Franklin. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. Singapore: McGraw-Hill.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H. dan Myers, H. M. (2009) “Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature,” *Environmental Entomology*, 38(3), hal. 930–934. doi: 10.1603/022.038.0347.
- Trihadiingrum, Y. (2006). Reduction Potensial Of Domestic Solid Waste In Surabaya City, Indonesia. Prod. International Seminar on Sustainable Sanitation, Bandung, September 4-6, 2006.
- Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. (2008), Sekretariat Negara. Jakarta.
- Wardhana, A. H. (2016) “Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as an Alternative Protein Source for Animal Feed,” *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 26(2), hal. 069. doi: 10.14334/wartazoa.v26i2.1327.
- Wulandari, Y. P., Firmansyah, A. dan Muzahid, D. (2021) “Manfaat Inovasi Megabox Dalam Program Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat (The Benefits of Megabox Innovation in Community-Based Waste Management Program),” *Jurnal Resolusi Konflik, CSR, dan Pemberdayaan*, 6(1), hal. 22–34.

LAMPIRAN A
DOKUMENTASI PENGUMPULAN DATA





LAMPIRAN B

SPESIFIKASI PERALATAN DI TPS 3R

1. Gerobak motor

TPS 3R Lampu Padang menggunakan gerobak motor dengan merk Viar dengan sedikit modifikasi pada volume penampungnya. Spesifikasinya sebagai berikut :

- Dimensi total : panjang x lebar x tinggi = 340 x 90 x 120 cm
- Dimensi wadah : panjang x lebar x tinggi = 175 x 90 x 120 cm
- Kapasitas tangki bahan bakar : 12,5 liter



Gambar B.1 Gerobak Motor merk Viar

2. Mesin pencacah

TPS 3R Lampu Padang menggunakan mesin pencacah dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Model : HJM 150 MK
- Dimensi : panjang x lebar x tinggi = 1400 x 900 x 1100 mm
- Kapasitas : 600 kg/jam
- Harga : Rp 19.000.000



Gambar B.2 Mesin Pencacah Sampah

3. Mesin pengayak

TPS 3R Lampu Padang menggunakan mesin pengayak kompos dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Type : UNP-65 (Gearbox Type 60)
- Kapasitas ayakan : 1160 kg/jam
- Tenaga/Power : Motor bensin 5 PK
- Dimensi : 2 x 1 x 1,2 m
- Lubang saringan : Wire mesh 5 mm
- Harga : Rp 15.000.000

Berikut gambar mesin pengayak yang digunakan oleh TPS 3R Lampu Padang, dapat dilihat pada gambar.



Gambar B.3 Mesin Pengayak Kompos

4. Timbangan

TPS 3R Lampu Padang menggunakan timbangan jenis timbangan duduk. Spesifikasi dari timbangan ini antara lain :

- Kapasitas : ± 300 kg
- Harga : Rp. 1.300.000
- Dimesi Dudukan : 50cm x 40cm

Berikut ini gambar timbangan duduk, dapat dilihat pada gambar.



Gambar B.4 Timbangan Duduk

LAMPIRAN C
PROYEKSI PENDUDUK AKAN TERLAYANI

Tabel C.1 Rate Pertumbuhan Penduduk Desa Gondang

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertambahan penduduk		
		Jiwa	%	Perbandingan
2016	6256	0	0,0%	0
2017	6262	6	0,1%	0,0010
2018	6336	74	1,2%	0,0118
2019	6373	37	0,6%	0,0058
2020	6408	35	0,5%	0,0055

Sumber : BPS Trenggalek

Tabel C.2 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Gondang Menggunakan Metode Aritmatik

Metode aritmatika					
Tahun	Selisih Tahun Data Tiap Tahun (X)	Selisih Total Data Tiap Tahun (Y)	XY	X ²	Y ²
2016	1	6	6	1	36
2017	2	74	148	4	5476
2018	3	37	111	9	1369
2019	4	35	140	16	1225
2020	10	152	405	30	8106
R	0,541012776				

Tabel C.3 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Gondang Menggunakan Metode Geometri

Metode Geometri				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X ²	Y ²
1	8,741	8,741	1	76,410
2	8,742	17,485	4	76,427
3	8,754	26,262	9	76,633
4	8,760	35,039	16	76,735

Metode Geometri				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X ²	Y ²
5	8,765	43,827	25	76,831
15	43,76	131,35	55	383,03
R = 0,977323471				

Tabel C.4 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Gondang Menggunakan Metode Least Square

Metode Least Square				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X ²	Y ²
1	6.256	6256	1	39137536
2	6.262	12524	4	39212644
3	6.336	19008	9	40144896
4	6.373	25492	16	40615129
5	6.408	32040	25	41062464
15	31635	95320	55	200172669
R = 0,977512922				

Tabel C.5 Rate Pertumbuhan Penduduk Desa Tumpuk

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertambahan penduduk		
		Jiwa	%	Perbandingan
2016	1981	0	0,0%	0
2017	1990	9	0,5%	0,0045
2018	1993	3	0,2%	0,0015
2019	1999	6	0,3%	0,0030
2020	2003	4	0,2%	0,0020

Sumber : BPS Trenggalek

Tabel C.6 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Tumpuk Menggunakan Metode Aritmatik

Metode aritmatika					
Tahun	Selisih Tahun Data Tiap Tahun (X)	Selisih Total Data Tiap Tahun (Y)	XY	X2	Y2
2016	0	0	0	0	0
2017	1	9	9	1	81
2018	2	3	6	4	9
2019	3	6	18	9	36
2020	4	4	16	16	16
R	0,235180217				

Tabel C.7 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Tumpuk Menggunakan Metode Geometri

Metode Geometri				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X2	Y2
1	7,591	7,591	1	57,629
2	7,596	15,192	4	57,698
3	7,597	22,792	9	57,720
4	7,600	30,402	16	57,766
5	7,602	38,012	25	57,797
15	37,987447	113,988942	55	288,6093
R = 0,98599961				

Tabel C.8 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Tumpuk Menggunakan Metode Least Square

Metode Least Square				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X2	Y2
1	1.981	1981	1	3924361

Metode Least Square				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X2	Y2
2	1.990	3980	4	3960100
3	1.993	5979	9	3972049
4	1.999	7996	16	3996001
5	2.003	10015	25	4012009
15	9966	29951	55	19864520
R = 0,986227879				

Tabel C.9 Rate Pertumbuhan Penduduk Desa Nglongsor

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertambahan penduduk		
		Jiwa	%	Perbandingan
1	2016	4057	0	0,0%
2	2017	4055	-2	0,0%
3	2018	4050	-5	-0,1%
4	2019	4044	-6	-0,1%
5	2020	4038	-6	-0,1%

Sumber : BPS Trenggalek

Tabel C.10 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Nglongsor Menggunakan Metode Aritmatik

Metode aritmatika					
Tahun	Selisih Tahun Data Tiap Tahun (X)	Selisih Total Data Tiap Tahun (Y)	XY	X2	Y2
2016	0	0	0	0	0
2017	1	-2	-2	1	4
2018	2	-5	-10	4	25
2019	3	-6	-18	9	36
2020	4	-6	-24	16	36
R	-0,942809042				

Tabel C.11 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Nglongsor Menggunakan Metode Geometri

Metode Geometri				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X2	Y2
1	8,308	8,308	1	69,026
2	8,308	16,615	4	69,018
3	8,306	24,919	9	68,997
4	8,305	33,220	16	68,973
5	8,304	41,518	25	68,948
15	41,5308716	124,58051	55	344,9627
R = -0,986254289				

Tabel C.12 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Desa Nglongsor Menggunakan Metode Least Square

Metode Least Square				
No Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Tiap Tahun Dalam In (Y)	XY	X2	Y2
1	4.057	4057	1	16459249
2	4.055	8110	4	16443025
3	4.050	12150	9	16402500
4	4.044	16176	16	16353936
5	4.038	20190	25	16305444
15	20244	60683	55	81964154
R = -0,986332861				

LAMPIRAN E
GAMBAR TEKNIK



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DENAH EKSTING
TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

1. Area Penerimaan dan Pemilahan Sampah
2. Lapak Anorganik
3. Area Pencacahan dan Pengayakan
4. Rumah Kompos
5. Area Belum Termanfaatkan
6. TPS untuk residu
7. Kantor
8. Gudang
9. WC/Toilet
10. Area Parkir

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

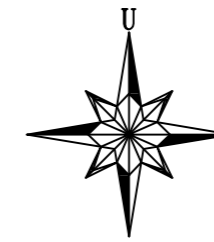
0321184000036

LAMPIRAN

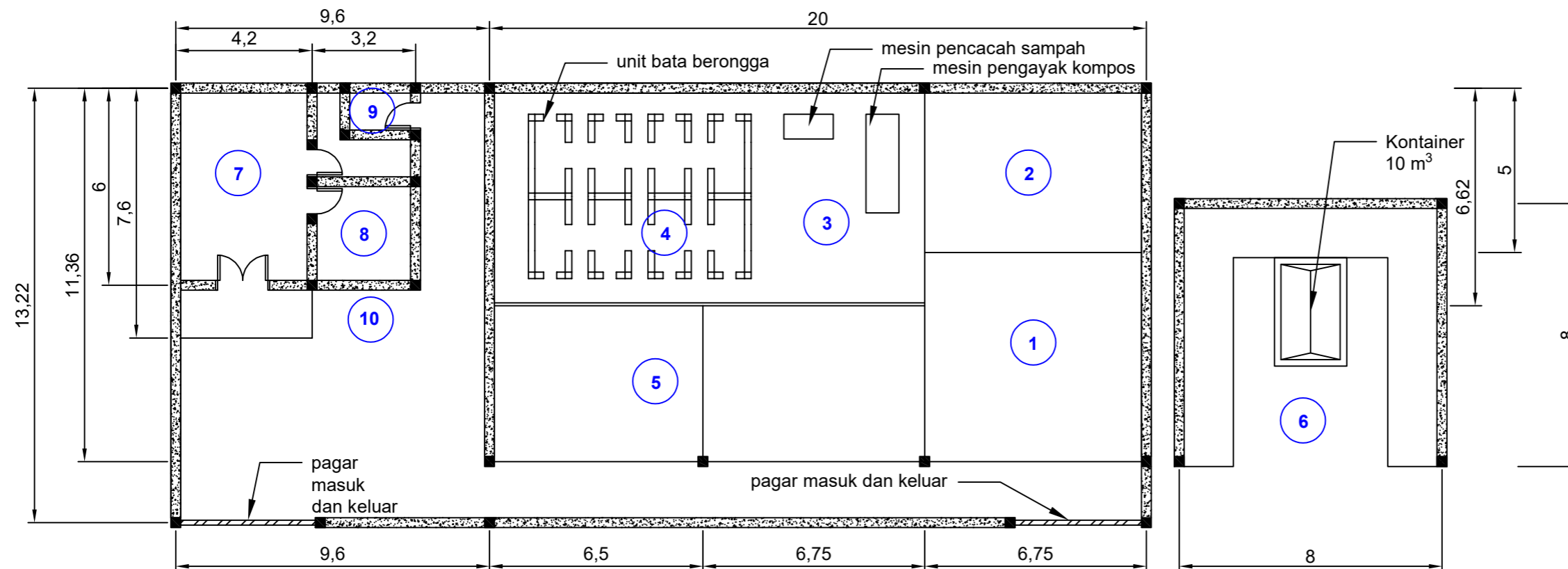
DARI

1

12



AREA PERSAWAHAN



JALAN DESA

AREA PERSAWAHAN



DENAH EKSTING TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:160



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN METODE BUDIDAYA BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DENAH PENGEMBANGAN
TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

1. Area Penerimaan dan Pemilahan Sampah
2. Lapak Anorganik
3. Area Pencacahan dan Pengayakan
4. Rumah Kompos
5. Area Pengolahan sampah organik dengan BSF
6. TPS untuk residu
7. Kantor
8. Gudang
9. WC/Toilet
10. Area Parkir
11. Unit Larvero
12. Unit Hatchery dan Nursery
13. Rearing House dan Pupasi
14. Unit Pemanenan Larva BSF

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

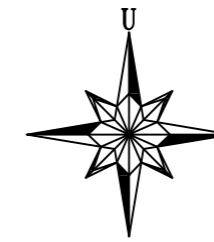
0321184000036

LAMPIRAN

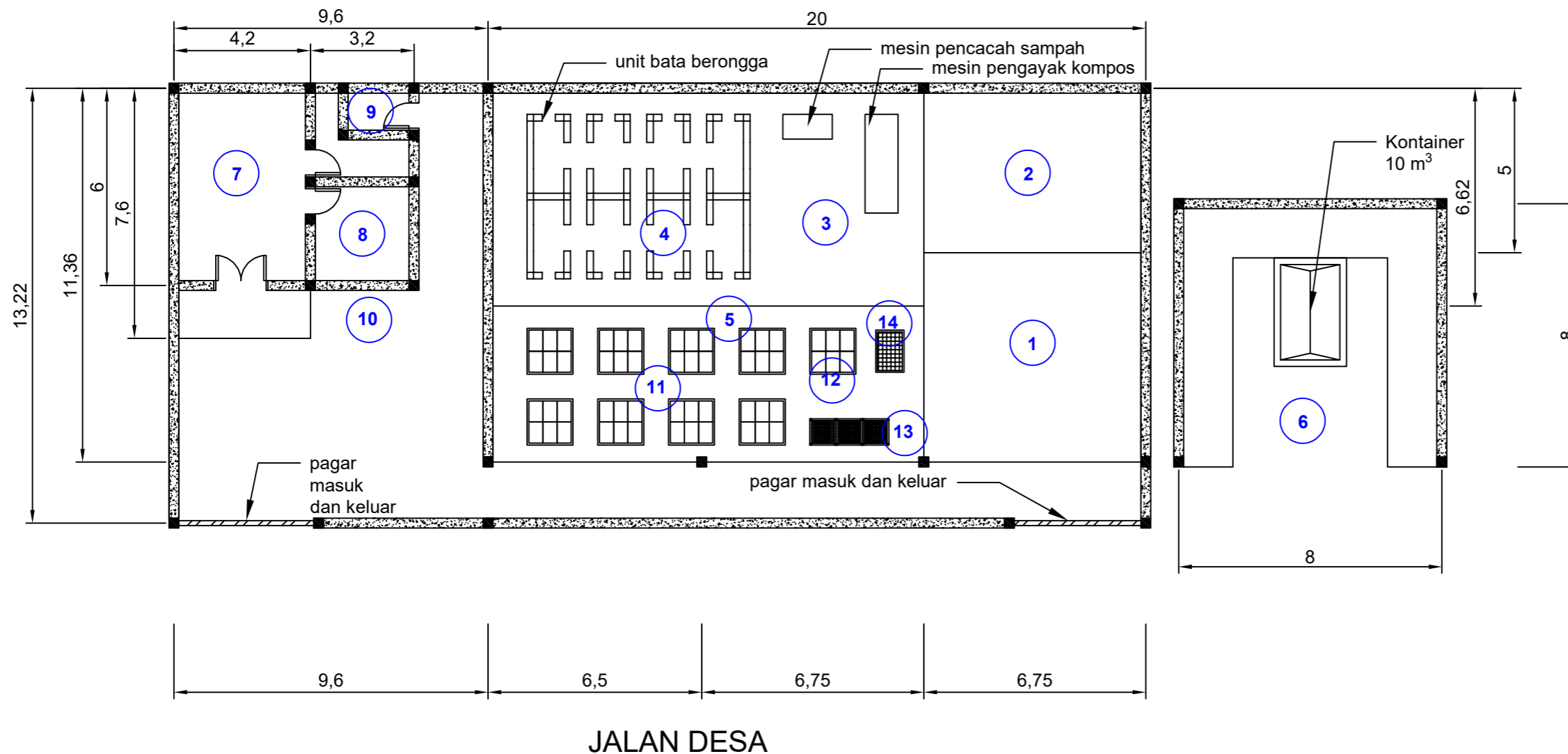
DARI

2

12



AREA PERSAWAHAN



AREA PERSAWAHAN



DENAH PENGEMBANGAN TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:160



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

POTONGAN MELINTANG EKSISTING
TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

-  Pasangan Batu Kali
-  Batu Bata
-  Tanah
-  Rangka Penutup Samping
-  Urugan Pasir

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

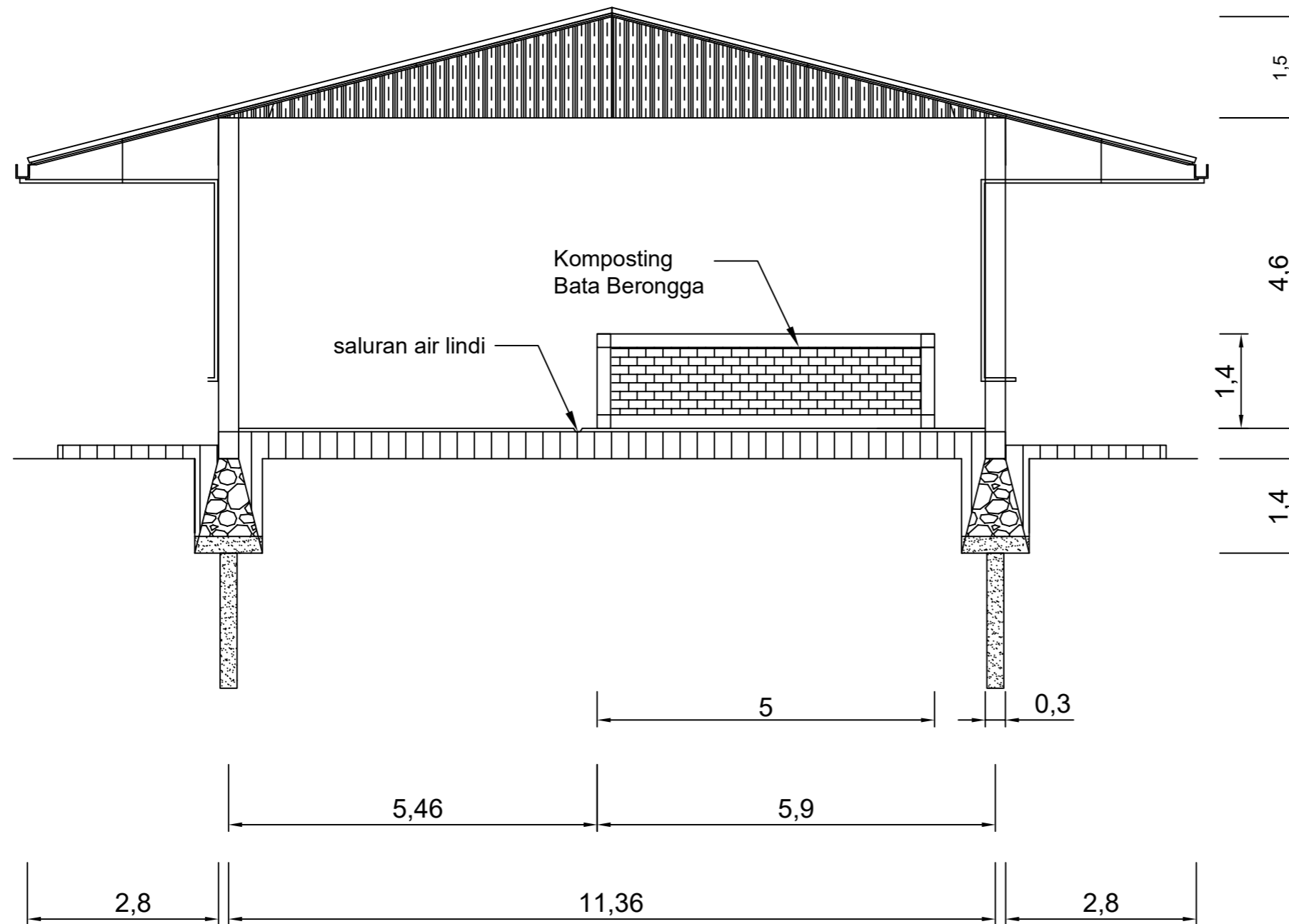
03211840000036

LAMPIRAN

DARI

3

12



POTONGAN MELINTANG EKSISTING
TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:80





TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN METODE BUDIDAYA BLACK SOLDIER FLY (BSF)

POTONGAN MELINTANG PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

-  Pasangan Batu Kali
-  Batu Bata
-  Tanah
-  Rangka Penutup Samping
-  Urugan Pasir

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

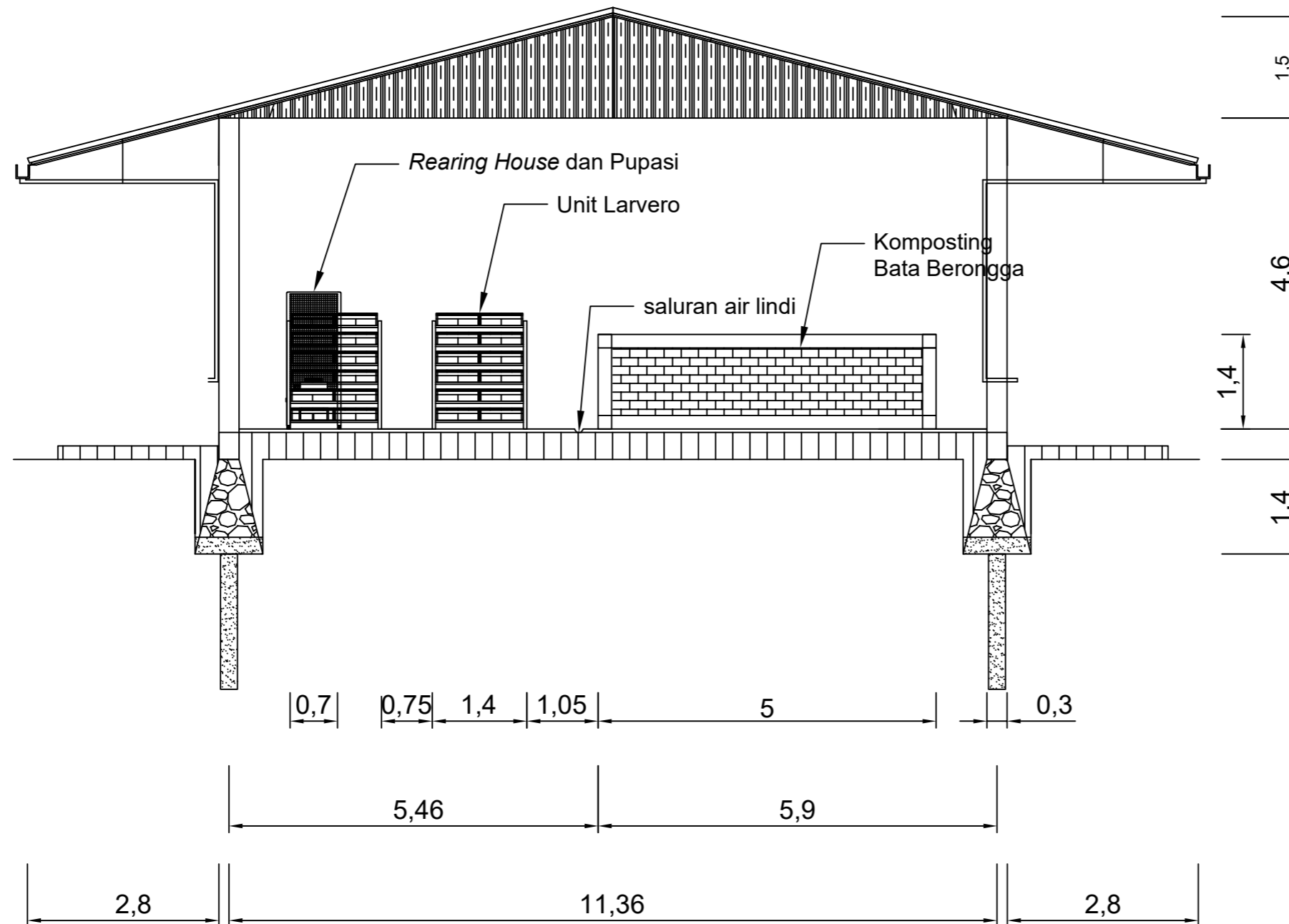
03211840000036

LAMPIRAN

DARI

4

12



POTONGAN MELINTANG PENGEMBANGAN
TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:80





TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

POTONGAN MEMANJANG EKSISTING
TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

-  Pasangan Batu Kali
-  Batu Bata
-  Tanah
-  Rangka Penutup Samping
-  Urugan Pasir

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

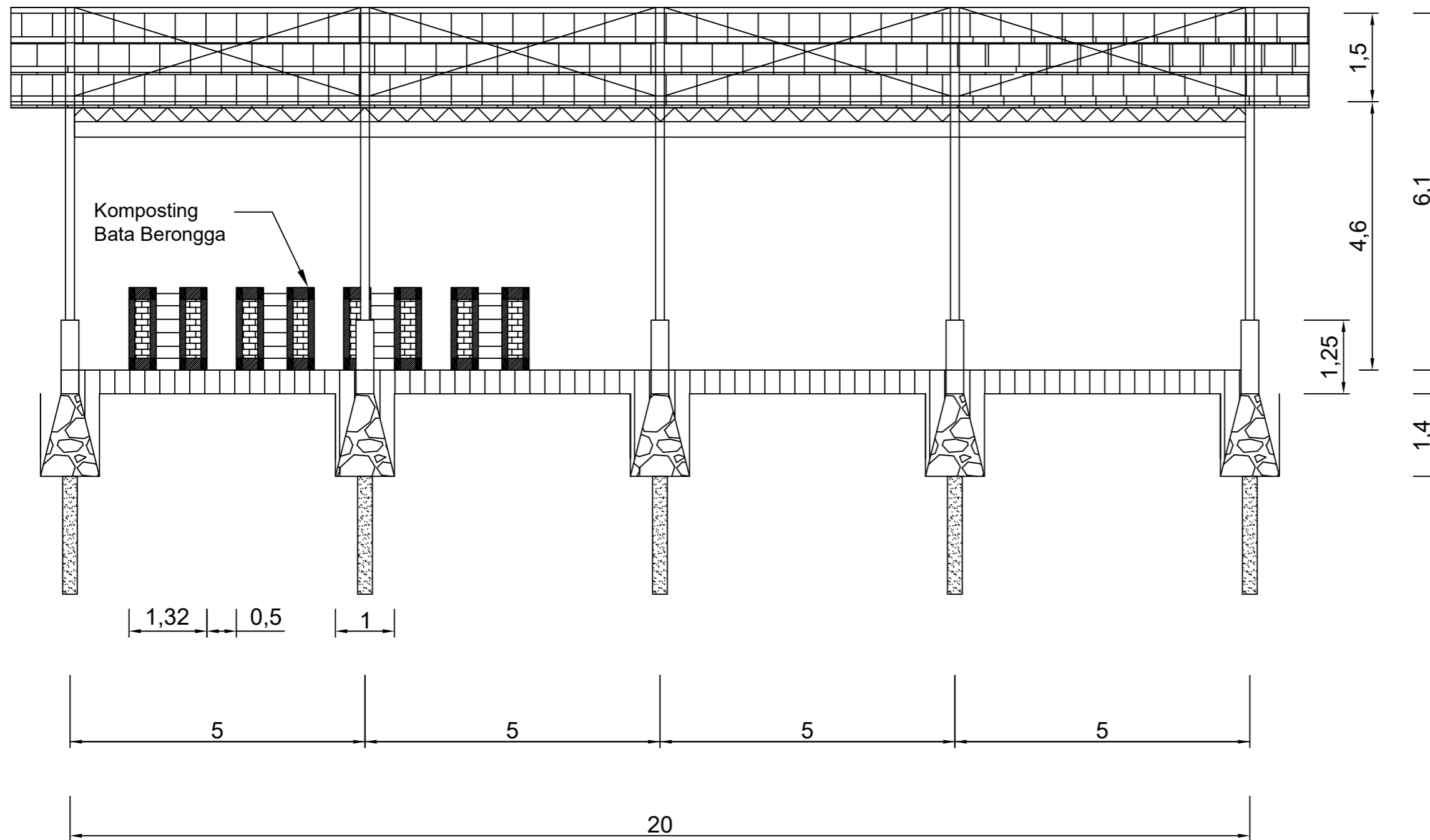
0321184000036

LAMPIRAN

DARI

5

12



POTONGAN MEMANJANG EKSISTING
TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:80





TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

POTONGAN MEMANJANG PENGEMBANGAN
TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

-  Pasangan Batu Kali
-  Batu Bata
-  Tanah
-  Rangka Penutup Samping
-  Urugan Pasir

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

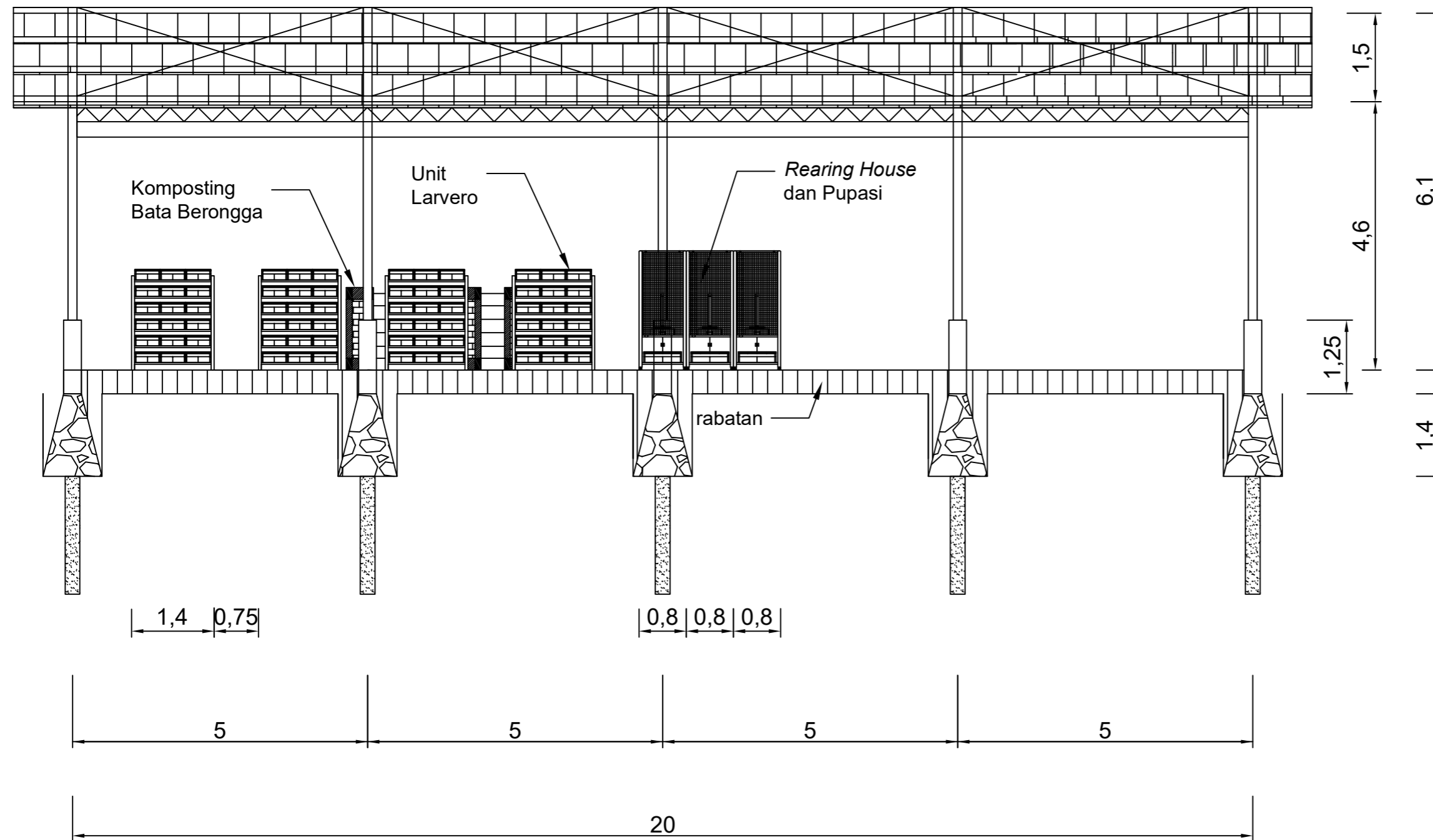
03211840000036

LAMPIRAN

DARI

6

12



POTONGAN MEMANJANG PENGEMBANGAN TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:80



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU PADANG
DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DETAIL BATA BERONGGA
TPS3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

-  Bata Berongga
-  Kayu Pembatas
-  Kolom Praktis
-  Rabatan
-  Pasangan Bata

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

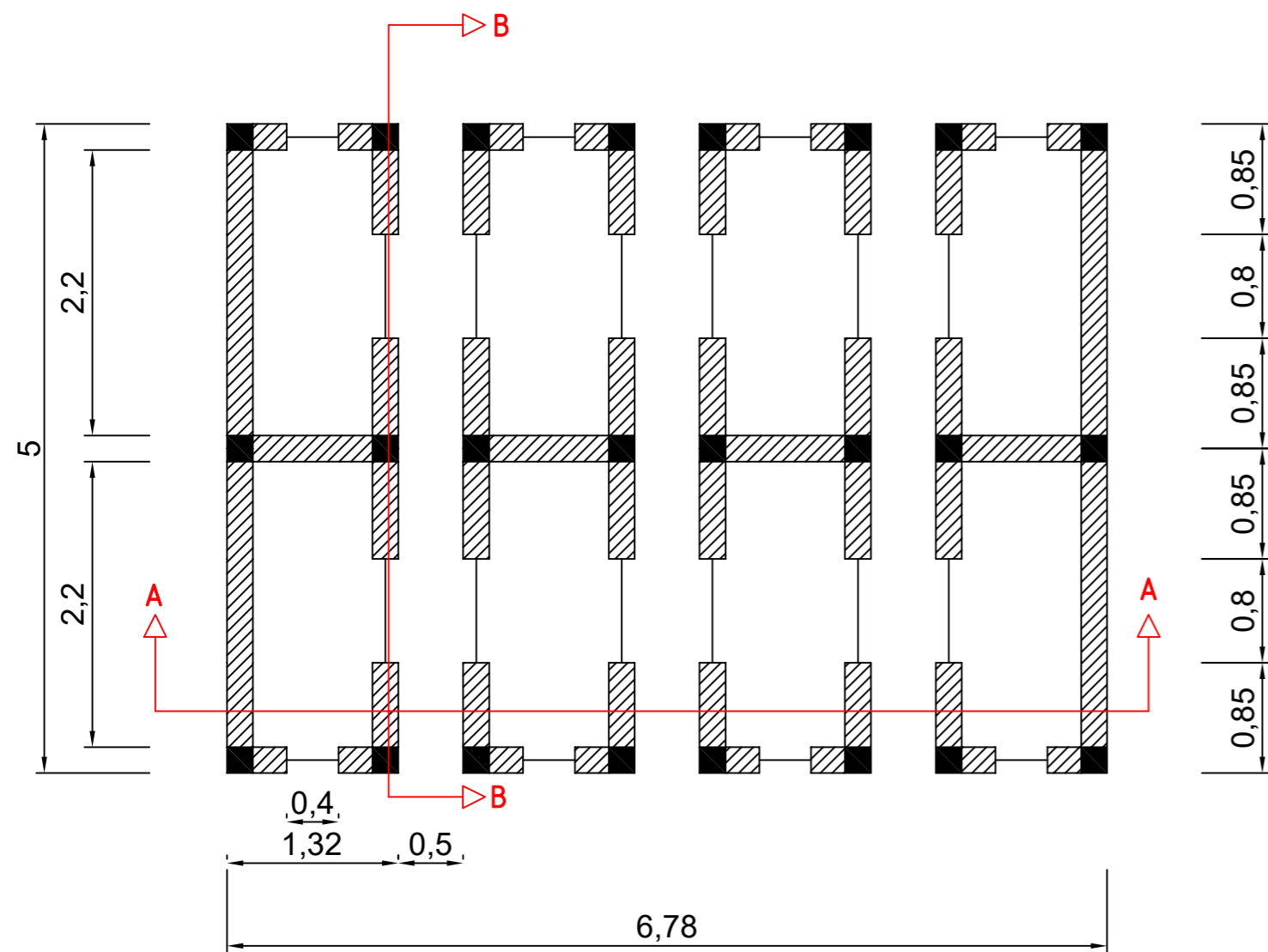
03211840000036

LAMPIRAN

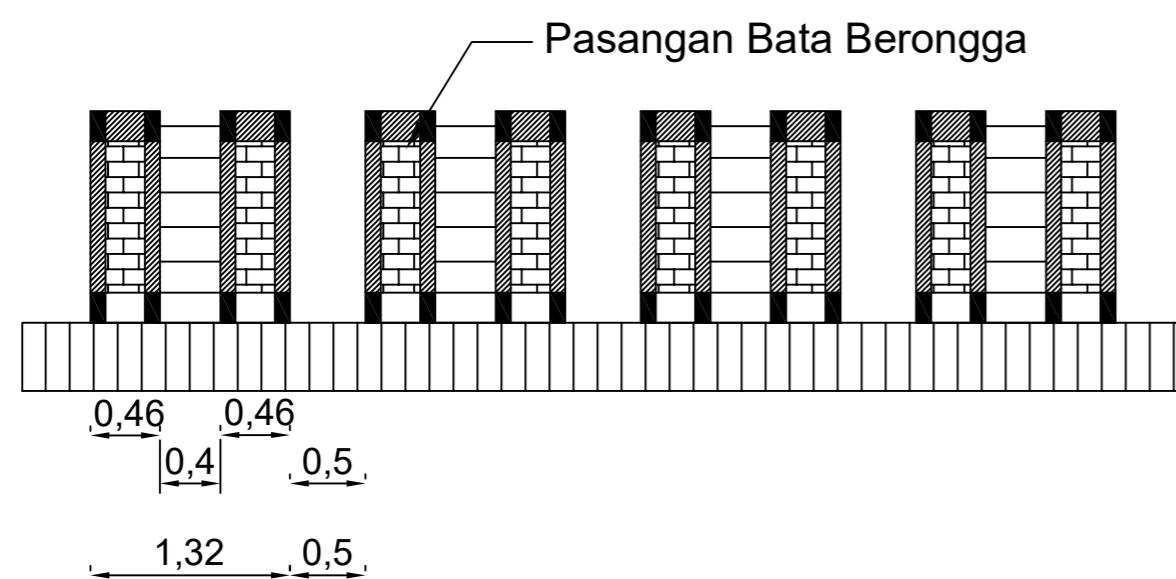
DARI

7

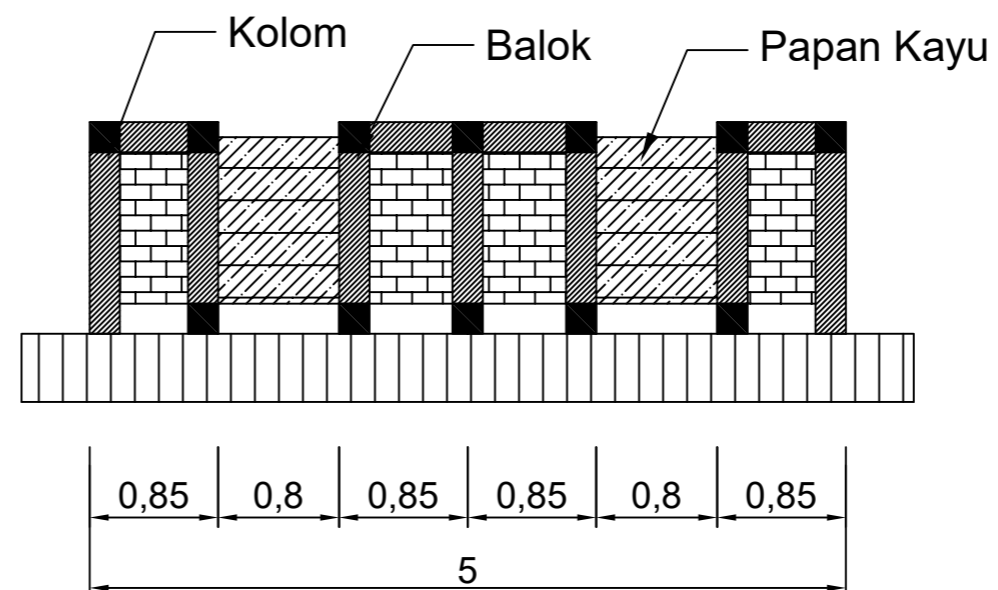
12



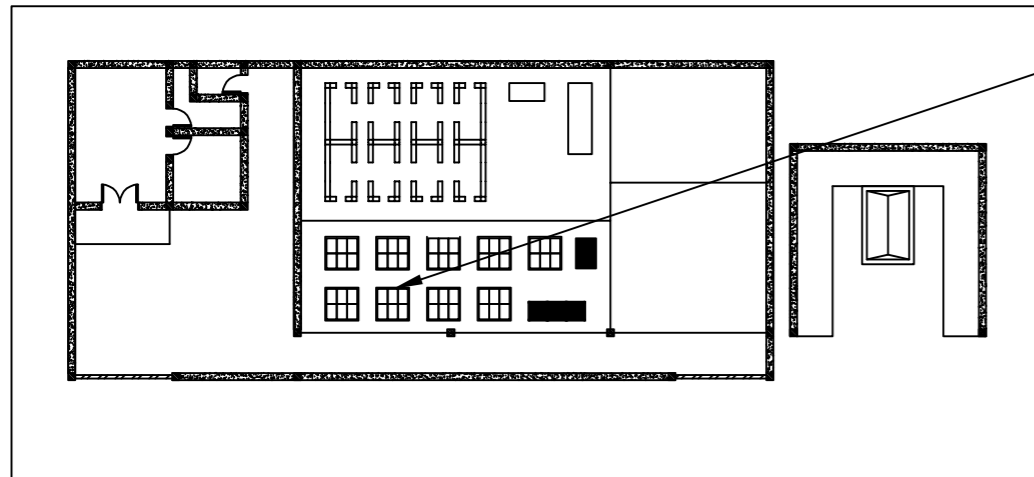
LAYOUT BATA BERONGGA
TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:50



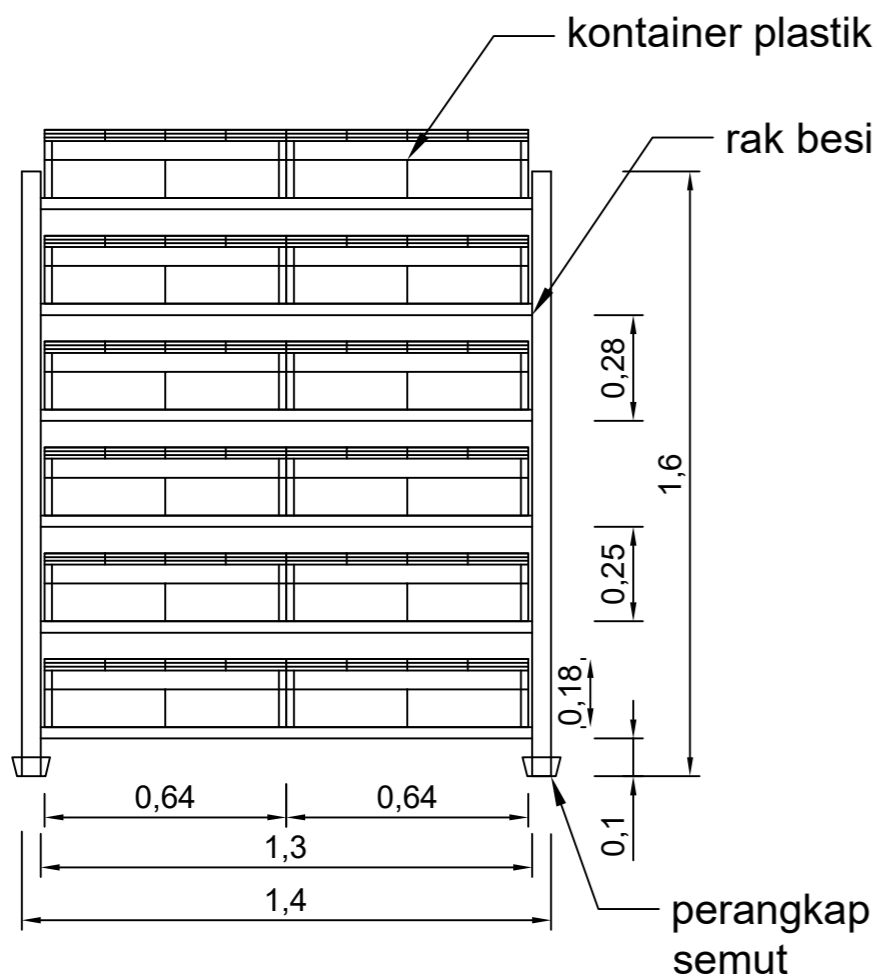
POTONGAN A-A BATA BERONGGA
TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:50



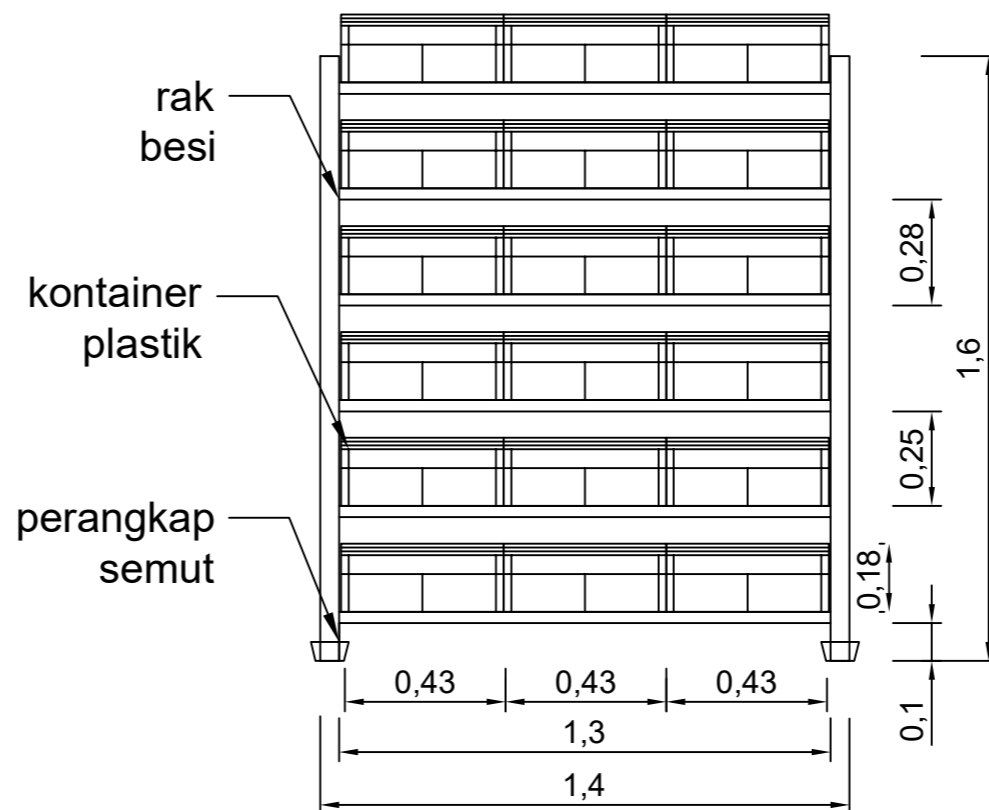
POTONGAN B-B BATA BERONGGA
TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:50



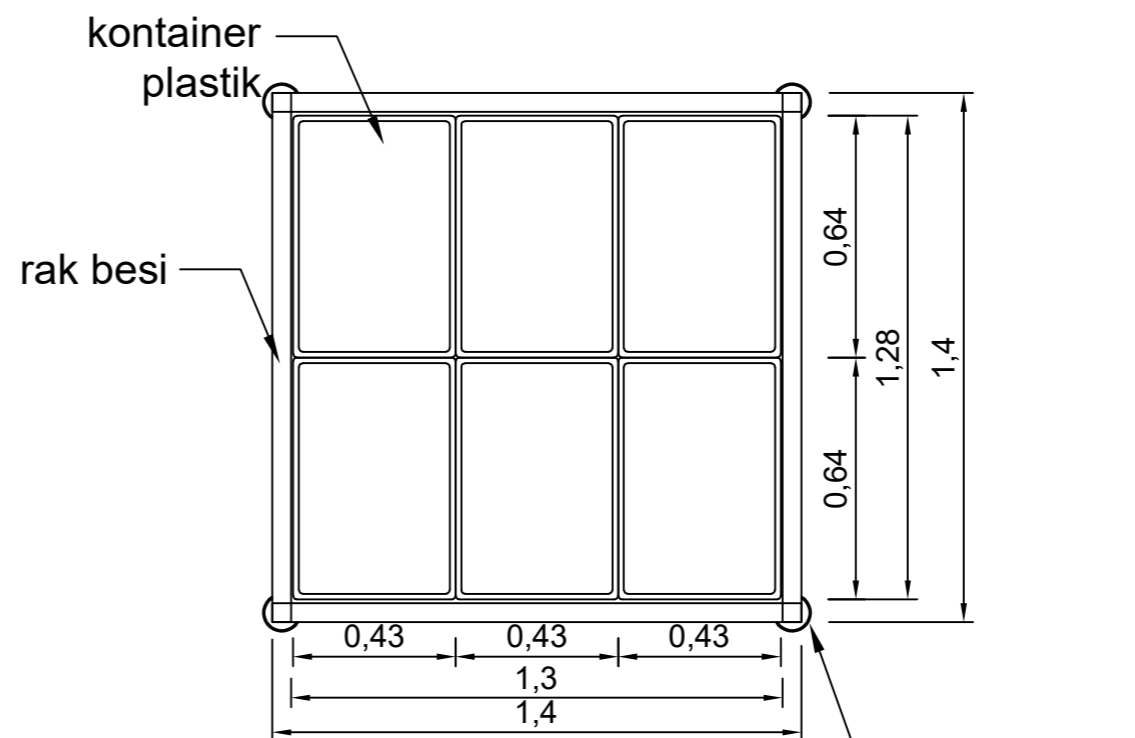
Lokasi Larvero



TAMPAK SAMPING LARVERO
SKALA 1:20



TAMPAK DEPAN LARVERO
SKALA 1:20



TAMPAK ATAS LARVERO
SKALA 1:20



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DETAIL UNIT LARVERO

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

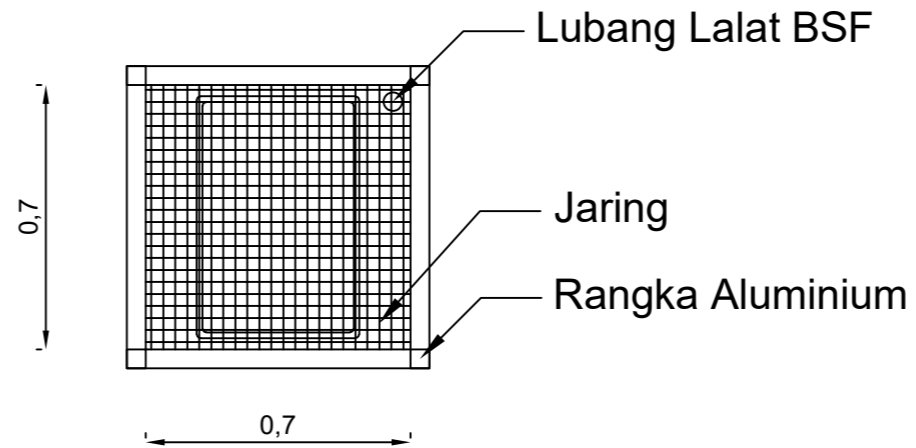
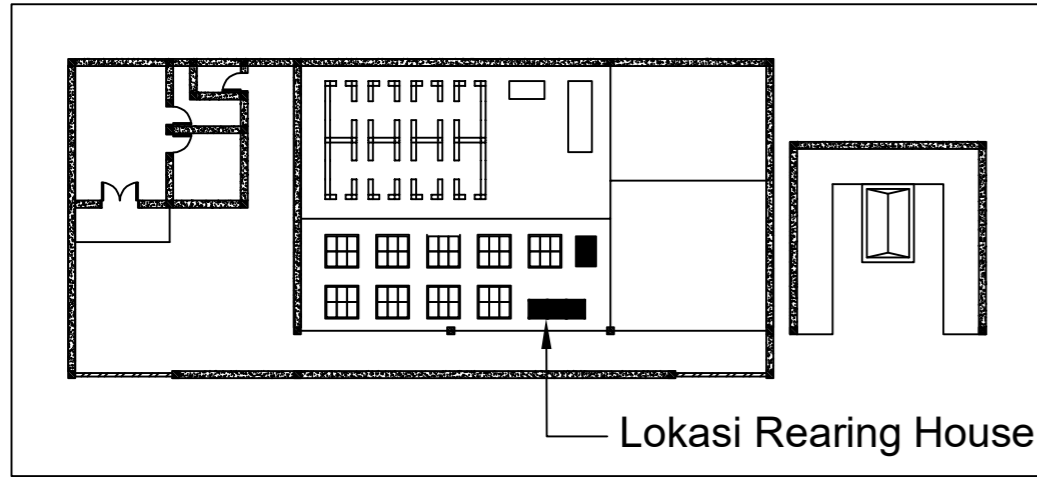
03211840000036

LAMPIRAN

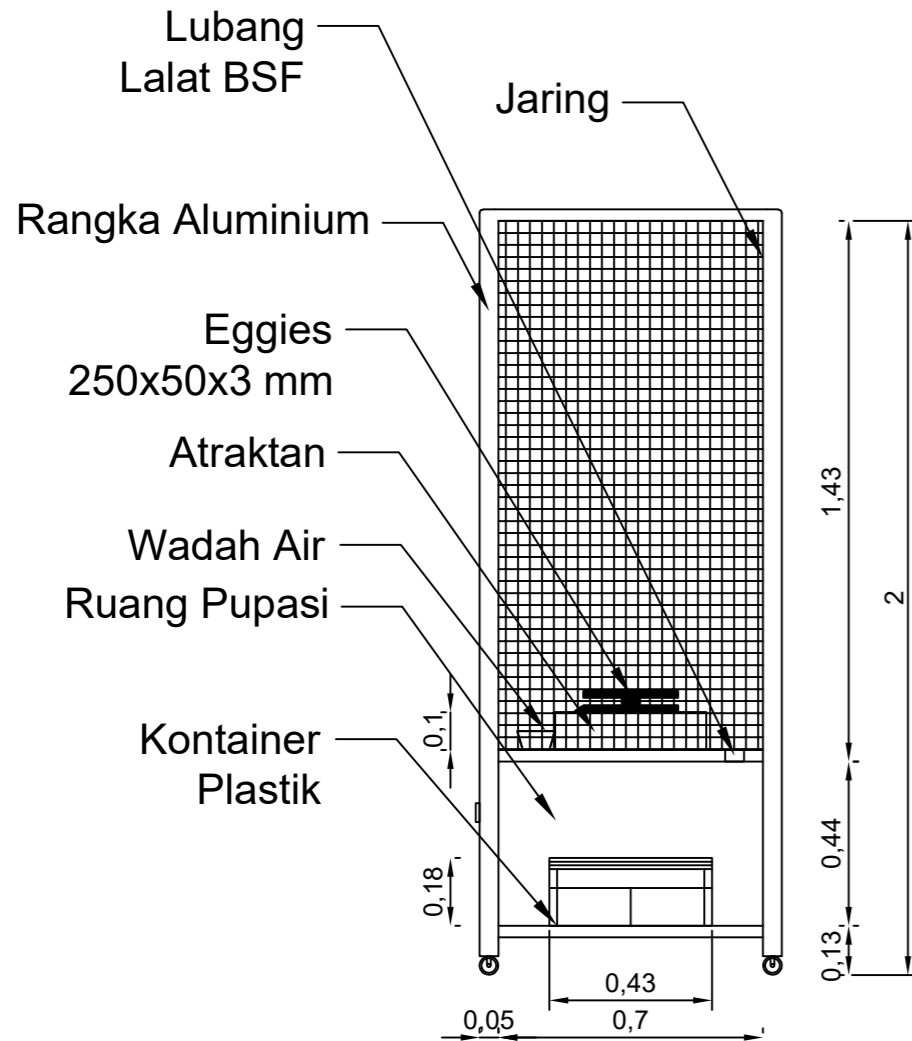
DARI

8

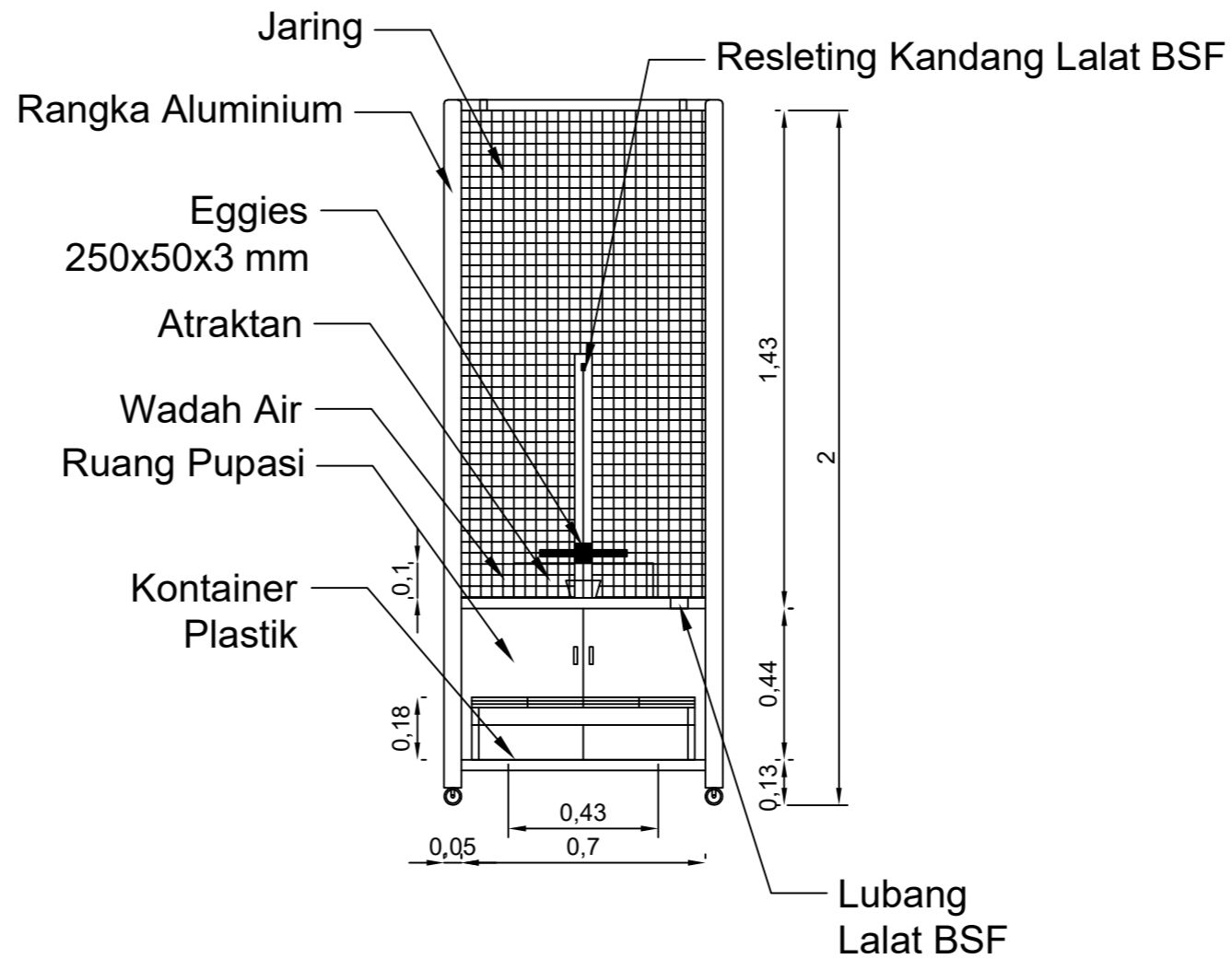
12



TAMPAK ATAS REARING HOUSE
SKALA 1:20



TAMPAK SAMPING REARING HOUSE
SKALA 1:20



TAMPAK DEPAN REARING HOUSE
SKALA 1:20



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DETAIL UNIT REARING HOUSE DAN PUPASI

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

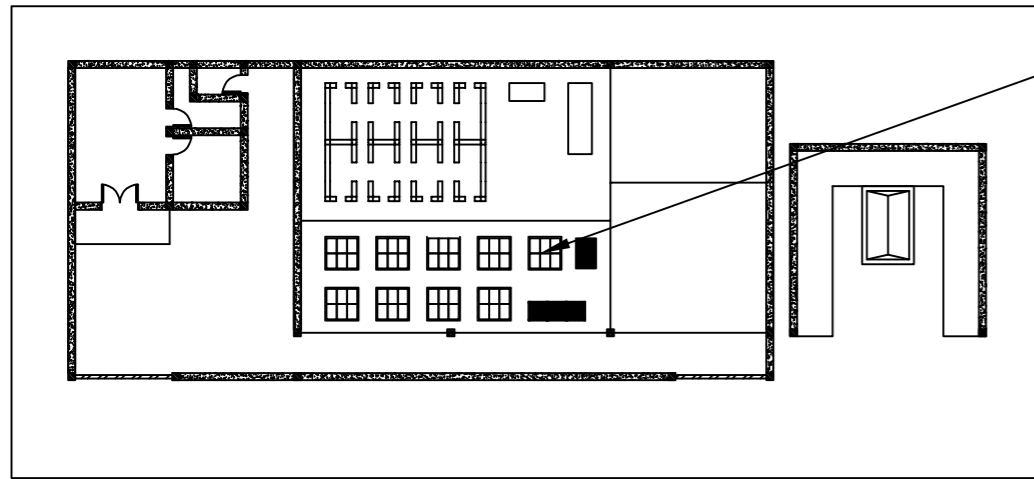
03211840000036

LAMPIRAN

DARI

9

12



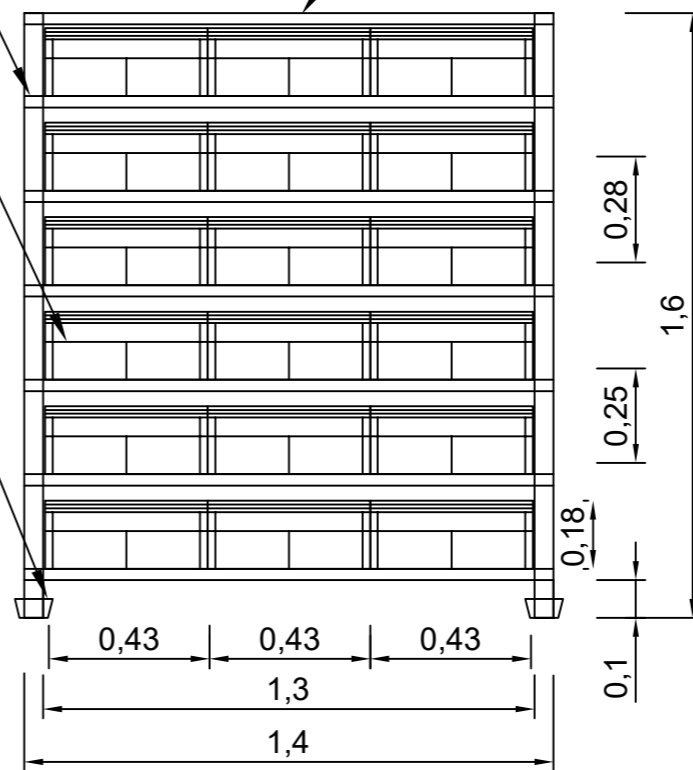
Lokasi Hatchery & Nursery

Penutup Atas

Rak Besi

Kontainer Plastik

Perangkap Semut



TAMPAK DEPAN HATCHERY
SKALA 1:20

Penutup Atas

Kontainer Plastik

Rak Besi

1,6

0,25

0,18

0,22

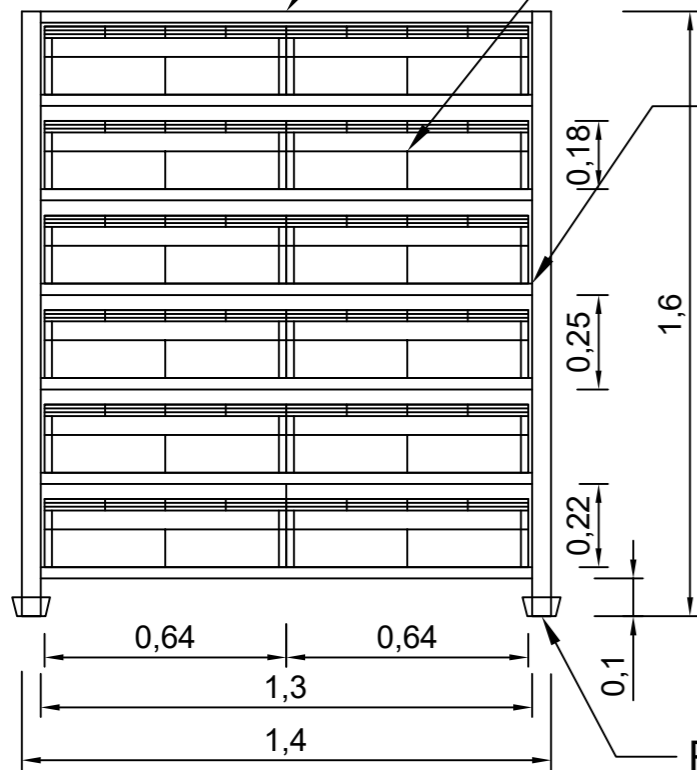
0,64

0,64

1,3

1,4

Perangkap Semut



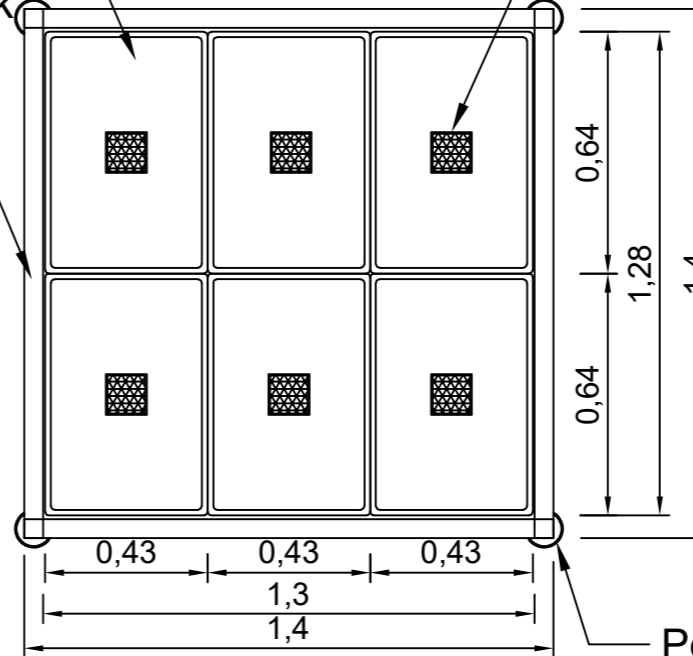
TAMPAK SAMPING HATCHERY
SKALA 1:20



Kontainer Plastik

Rak Besi

Tatakan Telur BSF



TAMPAK ATAS HATCHERY
SKALA 1:20



Perangkap Semut



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DETAIL UNIT HATCHERY & NURSERY

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

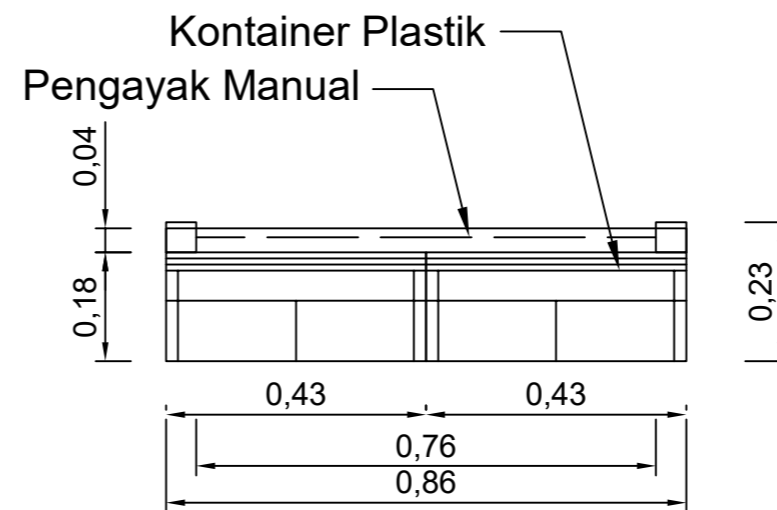
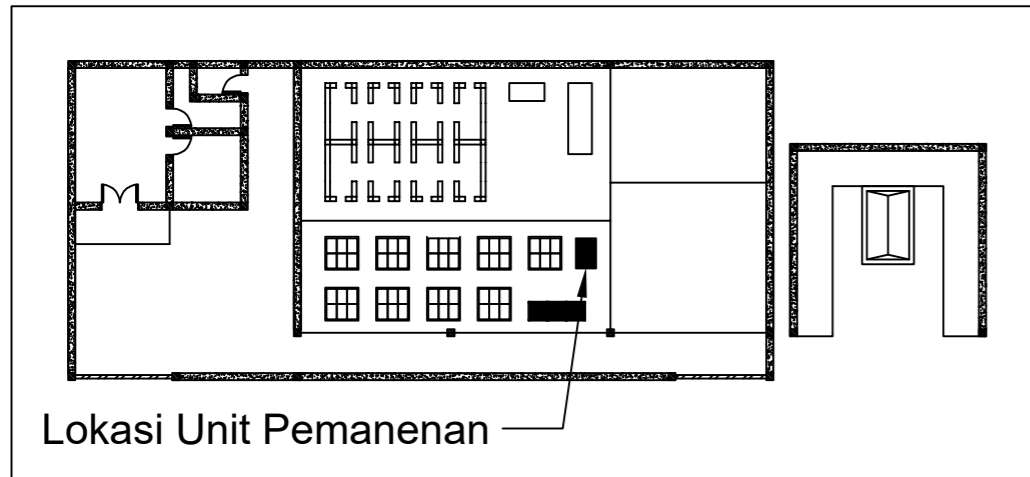
03211840000036

LAMPIRAN

DARI

10

12



TAMPAK DEPAN UNIT PEMANENAN
SKALA 1:12,5



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

DETAIL UNIT PEMANENAN LARVA BSF

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

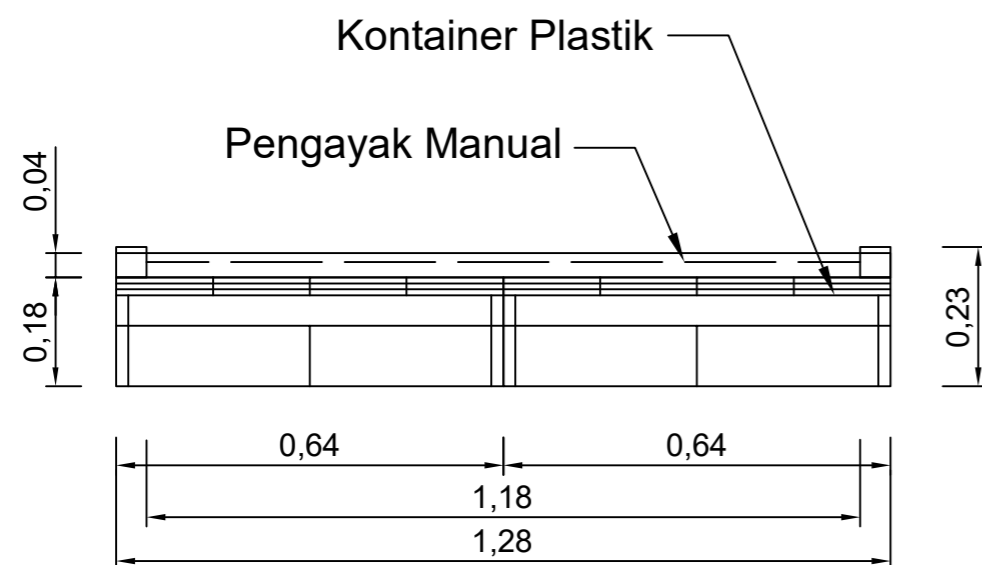
03211840000036

LAMPIRAN

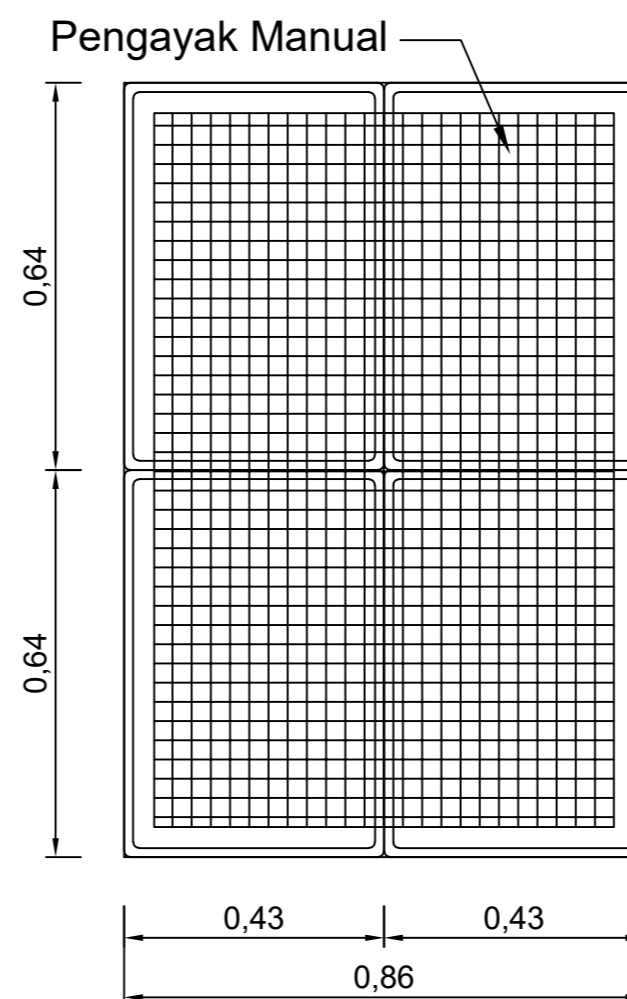
DARI

11

12



TAMPAK SAMPING UNIT PEMANENAN
SKALA 1:12,5



TAMPAK ATAS UNIT PEMANENAN
SKALA 1:12,5



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSPK ITS
2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGEMBANGAN TPS3R LAMPU
PADANG DALAM MENGOLAH SAMPAH ORGANIK
MENGUNAKAN METODE BUDIDAYA
BLACK SOLDIER FLY (BSF)

TPS 3R LAMPU PADANG

DOSEN PEMBIMBING

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

LEGENDA

MAHASISWA

Wahyu Agung Saputro

NRP

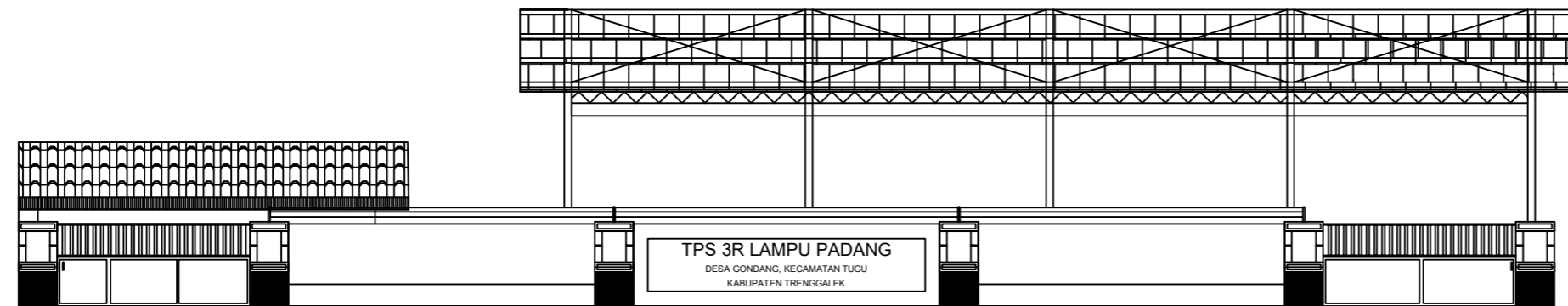
0321184000036

LAMPIRAN

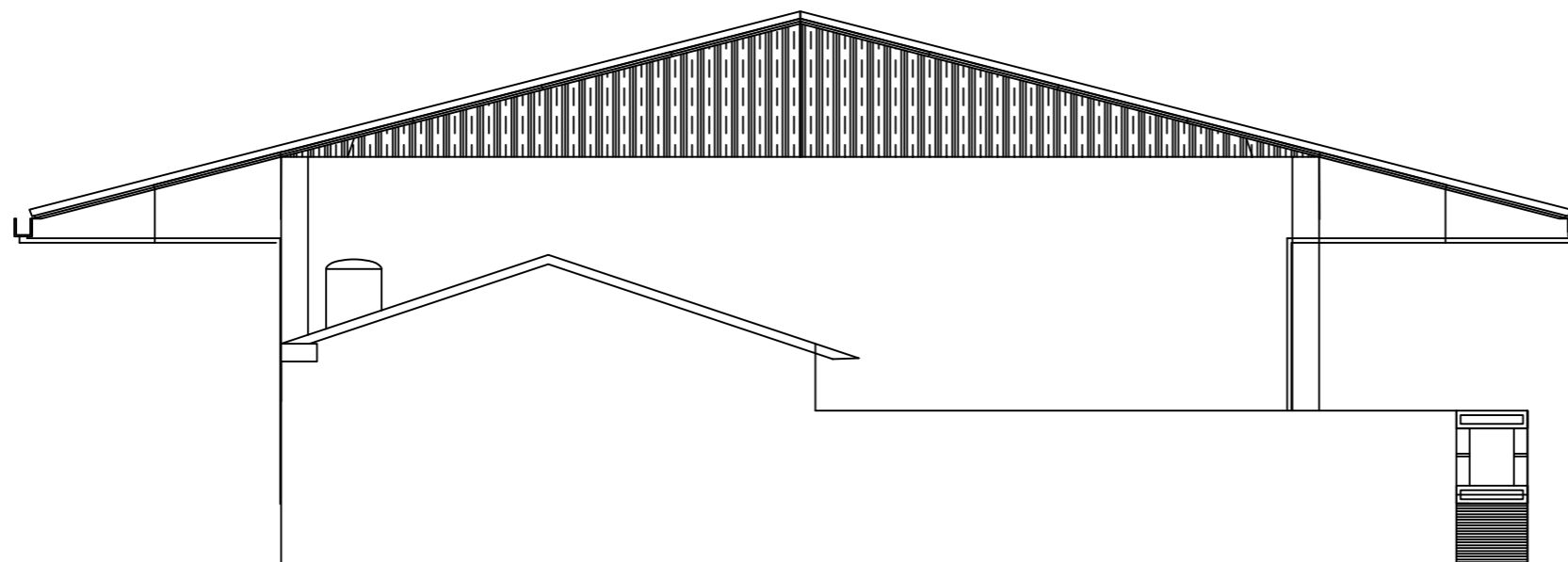
12

DARI

12



TAMPAK DEPAN TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:130



TAMPAK SAMPING TPS 3R LAMPU PADANG
SKALA 1:80

Biografi Penulis



Penulis dilahirkan di Trenggalek, 17 Oktober 1999. Penulis merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN 1 Surondakan (2006-2012), SMP Negeri 1 Trenggalek (2012-2015), dan SMA Negeri 1 Trenggalek (2015-2018). Setelah lulus SMA tahun 2018, penulis diterima di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK-ITS melalui jalur SNMPTN. Penulis terdaftar dengan NRP 03211840000036. Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, Teknik Analisis Pencemaran Lingkungan, dan Remediasi Lingkungan. Pengalaman kerja penulis yaitu pernah kerja praktik selama dua bulan di Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman Dan Lingkungan Hidup Kabupaten Trenggalek dengan mengambil topik studi lapangan pengelolaan sampah melalui TPS 3R dan TPA di Kabupaten Trenggalek. Penulis juga aktif di beberapa organisasi, antara lain sebagai staff Riset dan Teknologi (RISTEK) HMTL 2020/2021. Selain itu, penulis juga pernah menjadi Koordinator Kompetisi Big Event ENVIRONATION HMTL ITS pada tahun 2020 dan Kepala Kaderisasi LKKI (Lembaga Kajian Kerohanian Islam Departemen Teknik Lingkungan) Al-Kaun HMTL 2019/2020, serta menjadi panitia di beberapa acara HMTL ITS. Penulis juga aktif mengikuti kompetisi keilmiahan seperti pernah mendapat medali perunggu Program Kreativitas Mahasiswa dalam acara Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional ke-34 tahun 2021 bidang pengabdian masyarakat, pendanaan bidang penelitian Program Kreativitas Mahasiswa tahun 2020. Penulis dapat dihubungi melalui email di wagung41@gmail.com.



**BERITA ACARA
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR
GENAP 2021 / 2022**

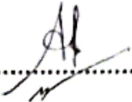
Pada

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

telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir :

Judul : Perencanaan Pengembangan TPS 3R Lampu Padang Dalam Mengolah Sampah Organik Menggunakan Metode Budidaya Black Soldier Fly (BSF)

Nama Mahasiswa : Wahyu Agung Saputro
Nrp. : 03211840000036
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
- Siapkan artikel PDITS

Tim Penguji :

Nama (Tanda Tangan)

1. Ipong Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

(.....)

Pembimbing,

(.....)

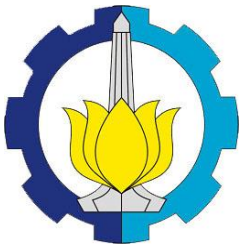
Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil, PhD

2. Harmin Sulistyoning 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.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Wahyu Agung Saputro
NRP : 03211840000036
Judul : Perencanaan Pengembangan TPS 3R Lampu Padang
dalam Mengolah Sampah Organik Menggunakan Metode
Budidaya *Black Soldier Fly* (BSF)

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.