

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN PENGOLAHAN  
SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN *BLACK SOLDIER  
FLY* (BSF) DI TPS 3R SAWUNGGALING, KEC.  
TRENGGALEK, KAB. TRENGGALEK**

**DEVELOPMENT PLANNING OF ORGANIC WASTE  
PROCESSING USING BLACK SOLDIER FLY (BSF) AT TPS  
3R SAWUNGGALING, TRENGGALEK DISTRICT,  
TRENGGALEK REGENCY**

**Aditya Kurnia Aji Pangestu<sup>1)</sup> dan Arseto Yekti Bagastyo<sup>1\*)</sup>**

**<sup>1)</sup>Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,  
Surabaya 60111, Indonesia**

**<sup>\*)</sup>E-mail: a.bagastyo@gmail.com**

**Abstrak**

Pertumbuhan penduduk Kecamatan Trenggalek berdampak pada peningkatan timbulan sampah yang dihasilkan. Namun, reduksi sampah yang dilakukan melalui penyelenggaraan TPS 3R Sawunggaling dengan luas fasilitas 362,5 m<sup>2</sup> hanya mengelola 40% - 45% sampah yang masuk sehingga perlu dilakukan pengembangan. Tujuan perencanaan ini antara lain yaitu: mengevaluasi kondisi eksisting pengelolaan sampah; mengidentifikasi timbulan, densitas, dan komposisi sampah; dan merencanakan pengembangan pengolahan sampah organik menggunakan *Black Soldier Fly* secara aspek teknis dan finansial di TPS 3R Sawunggaling. Kegiatan *sampling* dilakukan menggunakan metode *load-count analysis* dan mendapatkan data timbulan, densitas, dan komposisi sampah TPS 3R Sawunggaling. Secara teknis, perencanaan dilakukan dengan menentukan cakupan pelayanan TPS 3R Sawunggaling, menganalisis kesetimbangan massa, merencanakan penambahan fasilitas pengolahan sampah organik oleh BSF, dan menghitung kebutuhan tenaga kerja. Secara finansial, kelayakan perencanaan ditentukan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) dengan menghitung biaya investasi, biaya operasional dan perawatan, serta potensi pendapatan. Berdasarkan hasil evaluasi, pengelolaan sampah di TPS 3R Sawunggaling perlu peningkatan dalam hal pemilahan sampah di sumber, penambahan jadwal tetap dalam hal pengumpulan sampah, dan peningkatan produksi kompos. Timbulan dan densitas sampah TPS 3R Sawunggaling diketahui sebesar 0,67 kg/orang.hari dan 204,91 kg/m<sup>3</sup>. Komposisi sampah didominasi sampah organik sebesar 83,7% sedangkan sisanya merupakan sampah anorganik. Dengan memanfaatkan potensi sampah organik yang masuk ke TPS 3R Sawunggaling, maka direncanakan pengembangan pengolahan sampah organik dengan menambahkan metode pengomposan menggunakan larva BSF. Pada tahun perencanaan, TPS 3R Sawunggaling melayani 1.268 jiwa dengan timbulan sampah sebesar 864,34 kg/hari. Melalui perencanaan ini, residu TPS 3R Sawunggaling berkurang dari 57,9% menjadi 24,6% sehingga mengurangi timbulan sampah yang diangkut menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Dalam pengelolaan fasilitas ini, TPS 3R Sawunggaling membutuhkan biaya investasi sebesar Rp 34.271.157,60, biaya operasional sebesar Rp 217.601.983,80/tahun, dan akan menghasilkan potensi pendapatan sebesar Rp 434.747.586,62/tahun. Dari biaya tersebut diperoleh nilai NPV positif yang berarti perencanaan pengembangan layak secara finansial.

**Kata kunci:** *Black soldier fly*, Pengembangan, Pengolahan, Sampah organik, TPS 3R.

**Abstract**

The population growth of Trenggalek sub-district has an impact on the increase in waste generation. However, waste reduction carried out through the implementation of TPS 3R Sawunggaling with a facility area of 362.5 m<sup>2</sup> only manages 40% - 45% of incoming waste so that development is needed. The objectives of this planning include: evaluate the existing condition of waste management; identify waste generation, density, and composition; and plan the development of organic waste processing using Black Soldier Fly in technical and financial aspects at TPS 3R Sawunggaling. Sampling activities were carried out using the load-count analysis method and obtained data on waste generation, density, and composition of TPS 3R Sawunggaling. Technically, the planning was carried out by determining the service coverage of TPS 3R Sawunggaling, analyzing mass balance, planning the addition of organic waste processing facilities by BSF, and calculating labor requirements. Financially, the feasibility of planning is determined using the Net Present Value (NPV) method by calculating investment costs, operational and maintenance costs, and potential income. Based on the evaluation results, waste management at Sawunggaling TPS 3R needs improvement in terms of waste segregation at the source, adding a fixed schedule for waste collection, and increasing compost production. The waste generation and density of Sawunggaling 3R TPS were found to be 0.67 kg/person/day and 204.91 kg/m<sup>3</sup>. The waste composition is dominated by organic waste at 83.7% while the rest is inorganic waste. By utilizing the potential of organic waste entering Sawunggaling 3R TPS, it is planned to develop organic waste processing by adding a composting method using BSF larvae. In the planning year, Sawunggaling 3R TPS serves 1,268 people with waste generation of 864.34 kg/day. Through this planning, the residue of Sawunggaling 3R TPS was reduced from 57.9% to 24.6%, thus reducing the waste that is transported to the final processing site (TPA). In managing this facility, Sawunggaling 3R TPS requires an investment cost of Rp 34,271,157.60, an operational cost of Rp 217,601,983.80/year, and will generate a potential income of Rp 434,747,586.62/year. From these costs, a positive NPV value is obtained, which means that the development planning is financially feasible.

**Keywords:** Black soldier fly, Development, Organic waste, Processing, TPS 3R.

**1. PENDAHULUAN**

Peningkatan penduduk Kecamatan Trenggalek berdampak pada peningkatan timbulan sampah yang dihasilkan. Jumlah penduduk Kecamatan Trenggalek pada tahun 2020 sebesar 65.485 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,02 per tahun (BPS Kab. Trenggalek, 2021). Timbulan sampah Kecamatan Trenggalek mencapai 62,83 m<sup>3</sup>/hari (Puspasari & Mussadun, 2016). Sampah didefinisikan sebagai bahan buangan yang dihasilkan dari aktivitas makhluk hidup, umumnya berwujud padat, dan memerlukan tindakan lebih lanjut untuk mendapatkan *value* lain (Tchobanoglous et al., 1993; UU No. 18 Tahun 2008). Upaya reduksi sampah yang dilakukan di Kecamatan Trenggalek adalah dengan penyelenggaraan TPS 3R Sawunggaling. Pada tahun 2021, sampah yang masuk ke TPS 3R Sawunggaling hanya terkelola sebesar 42,4% sehingga perlu perencanaan pengembangan terhadap fasilitas di dalamnya. Dengan memperhitungkan potensi sampah organik sebesar 80,3% (Puspasari &

Mussadun, 2016), maka direncanakan pengembangan pengolahan sampah organik dengan menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF).

*Black Soldier Fly* atau *Hermetia illucens* merupakan spesies lalat tropis berwarna cokelat kehitaman dari *ordo Diptera*, *family Stratiomyidae* dengan *genus Hermetia* (Hem, 2011) yang mampu mengurai bahan organik dan aktif melakukannya pada fase larva (Sipayung, 2015). Larva BSF mampu mengurai material organik melalui proses pengomposan hingga 65,5% - 78,9% sesuai dengan kuantitas makanan yang diberikan (Diener, 2010). Setelah proses pengomposan sampah organik oleh BSF, produk yang diperoleh adalah produk larva dan pupuk kompos. Kedua produk ini berpotensi dapat meningkatkan ekonomi TPS 3R Sawunggaling (Sipayung, 2015).

**2. METODE**

**2.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan**  
TPS 3R Sawunggaling berlokasi di Jalan Ronggowarsito, RT. 10, RW. 03, Kelurahan

Sumbergedong, Kecamatan Trenggalek. Titik korrdinat TPS 3R Sawunggaling berada di 8o3'24,171" LS dan 111°42'58,289" BT. Secara administratif Kelurahan Sumbergedong berbatasan dengan Kelurahan Surodakan di sebelah utara, Kelurahan Rejowinangun di sebelah timur, Kelurahan Sambirejo di sebelah selatan, dan Kelurahan Ngantru di sebelah barat. Fasilitas eksisting TPS 3R Sawunggaling antara lain: kantor, gudang, lahan penerimaan sampah campur, lahan pemilahan sampah, lahan penyimpanan sampah terpilah, lahan pengomposan, lahan pencacahan, lahan parkir alat pengumpul, lahan parkir TPS 3R, lahan residu TPS 3R, ruang pertemuan, toilet, lahan kosong, dan ruang gerak/jalan.



Gambar 1. Lokasi TPS 3R Sawunggaling

2.2 Data Primer dan Sekunder

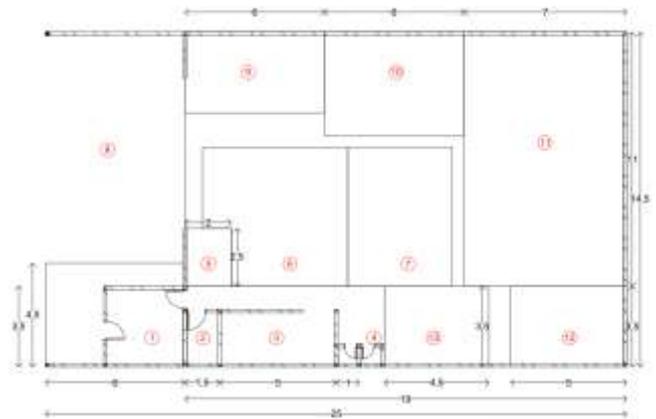
Data primer yang digunakan berupa data timbulan sampah yang diukur menggunakan metode *load-count analysis*. Pengukuran timbulan sampah yang diolah dilakukan dengan perhitungan timbulan sampah dengan Persamaan 1 berikut.

$$Timbulan\ sampah\ \left(\frac{kg}{orang}\cdot hari\right) = \frac{Berat\ sampah\ di\ gerobak\ (kg/hari) \times Jumlah\ ritasi}{Jumlah\ penduduk\ terlayani\ (jiwa)} \tag{1}$$

Pengukuran densitas sampah dilakukan bersamaan dengan pengukuran timbulan sampah di TPS 3R. pengambilan sampel gerobak dilakukan dengan metode *random sampling*. Perhitungan densitas sampah dilakukan dengan Persamaan 2 berikut.

$$Densitas\ sampah\ (kg/m^3) = \frac{Berat\ sampah\ (kg/hari)}{Volume\ (m^3)} \tag{2}$$

Data primer lainnya yaitu komposisi sampah yang diperoleh dengan melakukan pemilahan secara langsung di TPS 3R Sawunggaling. Selain itu, data terkait kondisi eksisting TPS 3R Sawunggaling juga diperlukan dalam perencanaan ini sehingga dilakukan pengamatan lapangan.



1. Kantor
2. Gudang
3. Ruang Pertemuan
4. Toilet
5. Lahan Parkir Alat Pengumpul
6. Lahan Penerimaan Sampah Tercampur
7. Lahan Pemilahan Sampah
8. Lahan Parkir TPS 3R
9. Lahan Residu TPS 3R
10. Lahan Penyimpanan Sampah Terpilah
11. Lahan Pengomposan
12. Lahan Kosong
13. Lahan Pencacahan

Gambar 2. Denah Eksisting TPS 3R Sawunggaling



Gambar 3. Proses Pemilahan Sampah di TPS 3R Sawunggaling

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pewadahan, Pengumpulan, dan Pengolahan

Pewadahan sampah 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 Sawunggaling terbagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu permanen dan tidak permanen. Wadah permanen terbuat dari pasangan batu yang tidak dapat dipindah sedangkan wadah tidak permanen terbuat dari barang-barang bekas seperti ban, drum, ataupun plastik. Berdasarkan pengamatan, wadah yang digunakan masih menampung sampah tercampur di sumber.

Pengumpulan sampah bertujuan untuk mengambil dan memindahkan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah dengan prinsip 3R. Berdasarkan hasil observasi, pola pengumpulan yang dijalankan adalah pola pengumpulan individual tidak langsung. Pola ini merupakan kegiatan pengambilan sampah dari sumber oleh petugas pengumpul sampah kemudian diangkut menuju TPS. Pengumpulan dilakukan dengan menggunakan alat pengumpul berupa kendaraan gerobak roda tiga. Sampah yang dikumpulkan dari sumber masih dalam keadaan tercampur dan belum ada jadwal khusus dalam operasional pengumpulan sampah.

Pengolahan sampah bertujuan untuk mengurangi volume sampah dan mengubah bentuk sampah, antara lain dengan cara pembakaran, pengomposan, pemadatan, pencacahan, pengeringan, dan pendaur ulangan. Berdasarkan hasil observasi, pengolahan sampah yang dilakukan TPS 3R Sawunggaling antara lain yaitu: pendaur ulangan, pencacahan, dan pengomposan. Sampah organik yang terdiri dari sampah makanan dan sampah kebun dilakukan pengolahan dengan cara dicacah kemudian dikomposkan. Hasil pengomposan sampah organik mencapai 42,1% dari

keseluruhan sampah organik yang diolah sedangkan 57,9% sisanya menjadi residu dan harus dilakukan pengangkutan ke TPA. Sampah anorganik lainnya seperti sampah plastik, kertas, dan lain-lain akan dilakukan pemisahan untuk selanjutnya diolah dengan cara didaur ulang dan dijadikan sampah lapak.

#### 3.2 Timbulan, Densitas, Komposisi Sampah dan Recovery Factor TPS 3R Sawunggaling

Berdasarkan pengamatan di lapangan, ritasi yang dilakukan oleh alat pengumpul sampah sebanyak 2 (dua) kali per hari dan melayani 850 jiwa sehingga diperoleh nilai timbulan sampah melalui perhitungan Persamaan 3 berikut.

$$\text{Timbulan sampah} \left( \frac{\text{kg}}{\text{orang}} \cdot \text{hari} \right) = \frac{284 \text{ kg} \times 2 \text{ kali ritasi}}{850 \text{ jiwa}} = 0,67 \text{ kg/orang.hari} \quad (3)$$

Timbulan sampah pada tahun perencanaan diperoleh dengan memperhatikan pertumbuhan daerah pelayanan. Beberapa data yang dibutuhkan yaitu data laju pertumbuhan sektor industri, laju pertumbuhan sektor pertanian, laju pertumbuhan sektor ekonomi, dan laju pertumbuhan penduduk. Data tersebut diperoleh dari data statistik Kecamatan Trenggalek dalam angka 2021. Data laju pertumbuhan produk domestik regional bruto dan penduduk dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Laju Pertumbuhan Produk Domestik dan Penduduk

No.	Parameter	Nilai (%)
1	Laju pertumbuhan sektor industri (Ci)	9,29
2	Laju pertumbuhan sektor pertanian (Cp)	0,48
3	Laju pertumbuhan sektor ekonomi (Cqn)	5,08
4	Laju pertumbuhan penduduk (p)	0,2

Melalui perhitungan, diperoleh nilai timbulan sampah pada tahun perencanaan (Tahun 2032) sebesar 0,74 kg/orang.hari. Hasil pengukuran dan perhitungan densitas sampah di TPS 3R Sawunggaling sebesar 204,91 kg/m<sup>3</sup>. Oleh karena perencanaan ini berfokus kepada pengolahan sampah organik, maka dilakukan pengukuran densitas sampah organik dan diketahui densitas sampah organik di TPS 3R Sawunggaling sebesar 220 kg/m<sup>3</sup>. Sampah yang

masuk ke TPS 3R Sawunggaling didominasi oleh sampah organik atau sampah yang dapat dikomposkan. Komposisi sampah di TPS 3R Sawunggaling tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Sampah di TPS 3R Sawunggaling

No	Komposisi Sampah	Berat Sampah (kg)	Persentase (%)
1	Sampah Makanan	42,1	0,421
2	Sampah Kebun	41,6	0,416
3	Plastik	11,4	0,114
4	Kertas	2,6	0,026
5	Kaca	0	0
6	Kain	0,3	0,003
7	Kayu	1,2	0,012
8	Logam	0,6	0,006
9	Lainnya	0,2	0,002
Total		100	1

Nilai *recovery factor* sampah anorganik diperoleh dari beberapa literatur yang tersaji pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai *Recovery Factor* Sampah Anorganik

No	Komposisi Sampah	(Pradip tiyas, 2018)	(Atal anis, 2021)	(Musli mah, 2020)	RF Pakai
1	Plastik	73%	70%	50%	68%
2	Kertas	64%	60%	40%	40%
3	Kaca	45%	60%	70%	50%
4	Logam	84%	-	-	90%

### 3.3 Area Pelayanan dan Proyeksi Penduduk Terlayani

Berdasarkan pengamatan dan wawancara, TPS 3R Sawunggaling melayani 170 KK yang berada di Kelurahan Sumbergedong, Kecamatan Trenggalek. Pada perencanaan ini perlu dilakukan proyeksi penduduk agar sesuai dengan target dan skenario perencanaan. Proyeksi penduduk dilakukan hingga tahun 2032 untuk mengetahui jumlah kebutuhan pelayanan TPS 3R terhadap jumlah penduduk yang dapat mempengaruhi kapasitas TPS 3R.

Data penduduk yang digunakan adalah data penduduk Kelurahan Sumbergedong, Kecamatan Trenggalek selama 4 (empat) tahun yang bersumber dari data statistik Kecamatan Trenggalek dalam angka 2021. Metode proyeksi penduduk yang dipilih adalah metode proyeksi

least square karena memiliki nilai korelasi ( $R^2$ ) paling mendekati 1 dan standar deviasi yang kecil. Pada tahun 2032, diproyeksikan terdapat 6.340 jiwa penduduk yang berada di Kelurahan Sumbergedong.

Tabel 4. Skenario Desain Perencanaan

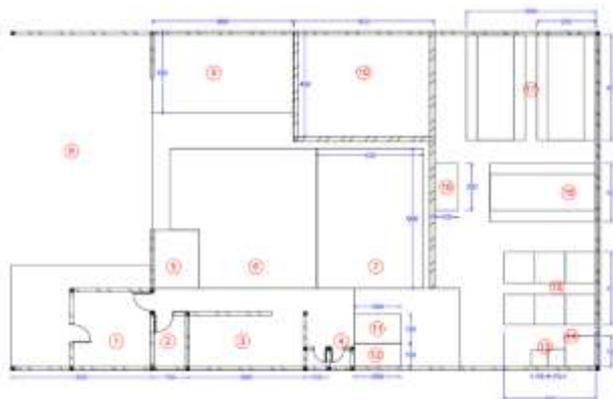
No	Parameter	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1.	Pelayanan Pengumpulan Sampah	Tidak ada perubahan	Peningkatan pelayanan sebesar 20% dari jumlah penduduk pada akhir tahun perencanaan	Peningkatan pelayanan sebesar 30% dari jumlah penduduk pada akhir tahun perencanaan
2.	Upaya Reduksi di Sumber (Partisipasi Masyarakat)	0	Naik secara bertahap dari 0% menjadi 10%	Naik secara bertahap dari 0% menjadi 30%
3.	Bangunan TPS 3R	Modifikasi bangunan dengan lahan yang tersedia	Modifikasi bangunan dengan lahan yang tersedia	Perluasan lahan sesuai dengan kebutuhan

### 3.4 Skenario Desain Perencanaan

Skenario desain pengelolaan dibutuhkan untuk memperkirakan besarnya timbulan sampah yang perlu dikelola pada tahun perencanaan. Hal ini karena berhubungan dengan kapasitas fasilitas-fasilitas pengolahan. Beberapa skenario desain pengolahan direncanakan dengan mempertimbangkan kondisi saat ini, kebijakan dan strategi pemerintah daerah dalam mengelola sampah rumah tangga. Skenario desain juga memperhatikan target pelanggan yang diharapkan oleh pengelola TPS 3R Sawunggaling. Parameter yang ditinjau dalam skenario ini antara lain pelayanan pengumpulan sampah, upaya reduksi di sumber oleh masyarakat, dan kondisi bangunan TPS 3R Sawunggaling. Skenario desain perencanaan tersaji pada Tabel 4.

**3.5 Perencanaan Fasilitas BSF**

Dari ketiga skenario yang telah dijelaskan, skenario II dinilai sebagai skenario yang paling sesuai terhadap kondisi perencanaan, sesuai dengan kebijakan dan strategi pemerintah daerah setempat, serta sesuai dengan target atau harapan pengelola TPS 3R Sawunggaling. Pada skenario II terjadi peningkatan pada pelayanan pengumpulan sampah yaitu sebesar 20% dari hasil proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Sumbergedong, Kecamatan Trenggalek. Selain itu, terdapat peningkatan upaya pengurangan/reduksi sampah di sumber oleh masyarakat secara bertahap dari 0% hingga 10% dengan rasio peningkatan yang sama setiap tahunnya yaitu 2%. Dengan menerapkan skenario II dalam perencanaan ini, maka diperlukan modifikasi atau peningkatan pengolahan sampah, khususnya sampah organik agar timbulan sampah yang masuk ke TPS 3R Sawunggaling dapat dikelola secara optimal. Sampah organik di TPS 3R Sawunggaling direncanakan diolah dengan cara dikomposkan memanfaatkan konversi oleh larva *Black Soldier Fly*. Pengolahan ini memerlukan beberapa fasilitas dalam operasionalnya, antara lain yaitu unit penerimaan dan pra-pengolahan, unit pengolahan sampah dengan BSF, unit pembiakan massal BSF unit pemanenan produk, dan unit pasca-pengolahan. Denah rencana TPS 3R dapat dilihat pada Gambar 4.

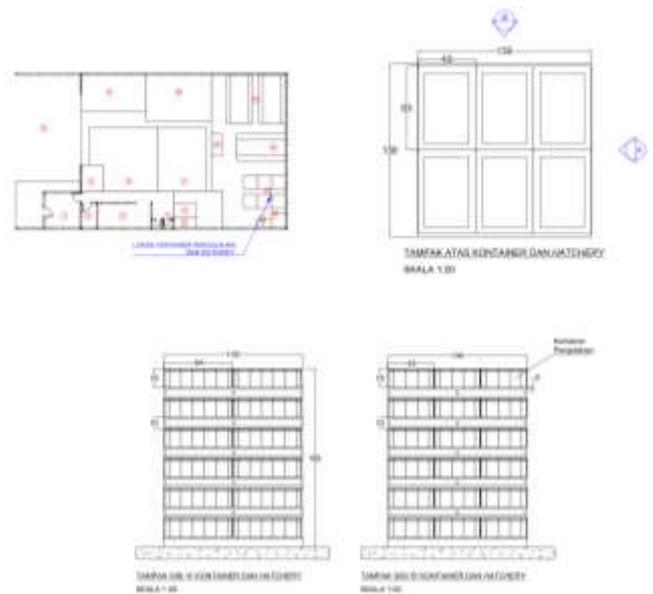


**Gambar 4.** Denah Rencana TPS 3R Sawunggaling

**3.5.1 Unit Penerimaan dan Pra-Pengolahan**

Pada unit penerimaan dan pra-pengolahan ini terjadi proses penerimaan sampah organik

(sampah makanan dan sampah kebun) dari lahan penerimaan sampah TPS 3R Sawunggaling. Selain itu, pada unit ini terjadi proses pra-pengolahan yaitu dengan cara pencacahan sampah organik. Pencacahan ini bertujuan untuk mengurangi ukuran sampah menjadi lebih kecil sehingga sesuai dengan mulut larva BSF. Proses pencacahan dilakukan dengan menggunakan mesin pencacah berdimensi 180 x 90 x 150 cm. Mesin pencacah yang dimiliki TPS 3R Sawunggaling memiliki kemampuan mencacah 300 kg/jam dan akan mencacah sampah terpilah sebanyak 708,38 kg/hari yang dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Desain Pengolahan Sampah Organik Menggunakan BSF

**Tabel 5.** Detail desain Unit Penerimaan dan Pra-Pengolahan

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Waktu operasional	3	jam/hari
2	$\rho$ akhir	264,97	kg/m <sup>3</sup>
3	Volume sampah organik	2,67	m <sup>3</sup>
4	Luas lahan penerimaan sampah organik	2,14	m <sup>2</sup>
5	Luas mesin pencacah	1,62	m <sup>2</sup>
6	Luas lahan pencacahan	1,944	m <sup>2</sup>
7	Luas lahan unit penerimaan dan pra-pengolahan	4,5	m <sup>2</sup>

### 3.5.2 Unit Pengolahan Sampah dengan BSF

Unit ini mengolah sampah yang telah dicacah untuk digunakan sebagai media pertumbuhan BSF. Sampah yang masuk ke unit ini sebesar 33,3% dari sampah organik yang telah dicacah yaitu 235,97 kg/hari. Kebutuhan larva yang digunakan untuk mengolah sampah organik adalah sebanyak 10.000 ekor larva BSF yang mampu memakan 15 kg selama 12 hari dengan pemberian makan di hari ke 1, 5, dan 8. Untuk satu kontainer pengolahan dilakukan pengisian sebanyak 5 kg setiap kali pengisian. Jadwal pengisian sampah sebagai makanan BSF ke dalam kontainer ditetapkan pada hari ke 1, 5, dan 8 dalam kurun waktu 12 hari. Hal ini menjadi pertimbangan dalam menentukan jumlah kontainer yang dibutuhkan. Total kontainer pengolahan yang dibutuhkan selama 12 hari sebanyak 192 kontainer. Kontainer yang digunakan berbahan plastik dengan dimensi 64 x 43 x 18 cm. Detail rencana unit pengolahan sampah organik untuk media BSF tersaji pada Tabel 6.



Gambar 6. Contoh Penempatan Telur di atas Unit Hatchery

### 3.5.3 Unit Pembiakan Massal BSF

Perencanaan unit pembiakan massal ini perlu mempertimbangkan jumlah kebutuhan larva per hari yang harus disediakan dan tingkat kelangsungan hidup BSF pada setiap fase hidupnya. Unit pembiakan massal BSF terdiri dari hatchery, rearing house, dan ruang pupasi.

#### a. Hatchery

Unit ini berfungsi sebagai tempat penetasan telur dan pembesaran larva yang telah

menetas hingga berumur  $\pm 5$  hari. Detail rencana unit hatchery tersaji pada Tabel 7. Contoh penempatan telur di atas unit hatchery dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 6. Detail Rencana Unit Pengolahan Sampah Organik Untuk Media BSF

No.	Kriteria	Nilai	Satuan
1	Sampah organik	235,967	kg/hari
2	Reaktor	Luas	0,43 m <sup>2</sup>
		Larva	10.000 ekor
		Sampah	15 kg/12 hari
3	Periode pemberian sampah per reaktor	Hari-1	5 kg
		Hari-5	5 kg
		Hari-8	5 kg
4	Kebutuhan kontainer per hari	16	kontainer
5	Kebutuhan larva per hari	160.000	ekor
6	Ukuran kontainer	Panjang	0,64 m
		Lebar	0,43 m
		Tinggi	0,18 m
7	Dimensi rak	Panjang	1,3 m
		Lebar	1,3 m
		Tinggi	1,9 m
8	Lebar jalan	0,5	m
9	Kebutuhan total rak	6	rak
10	Dimensi unit pengolahan	Panjang	3,9 m
		Lebar	3,1 m
11	Kebutuhan luas	12,09	m <sup>2</sup>

#### a. Rearing house

Unit ini berfungsi sebagai tempat tinggal bagi BSF dewasa/lalat. Pada fase ini, BSF tidak lagi membutuhkan makan dan hanya memerlukan air. Pada unit ini, lalat BSF melakukan perkawinan dan menghasilkan telur. Unit rearing house terbuat dari kasa 1 mm yang dibentuk menjadi sebuah kandang. Di dalamnya diletakkan eggies atau tempat peletakkan telur oleh BSF betina. Selain itu diletakkan juga atraktan yang berisi cairan berbau menyengat atau buah-buahan untuk memancing BSF betina bertelur pada eggies. Jenis eggies yang

digunakan yaitu berbahan kayu berukuran 25 x 5 x 0,3 cm yang ditumpuk 5 bagian dan diikat dengan tali, antar tumpukan diberi jarak kecil untuk peletakan telur. Jumlah *eggies* yang diperlukan sebanyak 10 buah. Gambar terkait *eggies* dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** *Eggies* Sebagai Tempat Peletakan Telur BSF

**Tabel 7.** Detail Rencana Unit *Hatchery*

No.	Kriteria	Nilai	Satuan
1	Larva	160.000	ekor
2	Larva baru menetas	228.572	ekor
3	Telur yang dibutuhkan	326.532	butir
4	Massa rata-rata per satuan telur	2,5E-05	gram
5	Massa telur per kontainer	3	gram
6	Jumlah telur per kontainer	120.000	telur
7	Kebutuhan kontainer per hari	3	unit
8	Waktu yang diperlukan untuk persiapan telur menjadi larva	9	hari
9	Kebutuhan total kontainer	27	unit
10	Ukuran kontainer	Panjang	0,64 m
		Lebar	0,43 m
		Tinggi	0,18 m
11	Dimensi rak	Panjang	1,3 m
		Lebar	1,3 m
		Tinggi	1,9 m
12	Lebar jalan	0,5	m
13	Kebutuhan total rak	1	rak
14	Dimensi unit pengolahan	Panjang	1,3 m
		Lebar	1,3 m
15	Kebutuhan luas	1,69	m <sup>2</sup>

Setiap *rearing house* mempunyai waktu operasional selama 7 hari dan setelah masa operasional habis *rearing house* harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan kembali. *Rearing house* dapat dipanen sebanyak

3 kali pada setiap periode, yaitu pada hari ke 3, 5, dan 7. Detail rencana unit *rearing house* tersaji pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Detail Rencana Unit *Rearing House*

No.	Kriteria	Nilai	Satuan
1	Telur yang dibutuhkan	326.53	ekor
2	Waktu hidup lalat BSF	7	hari
3	Periode pemanenan telur	2	hari
4	Jumlah panen telur dalam per RH	3	panen
5	Jumlah telur per panen per RH	108.84	telur
6		4	
7	Jumlah telur per betina	2,7211	gram
8	Jumlah betina per RH	350	telur
9	Persentase kawin	1.333	ekor
10	Jumlah total lalat BSF per RH	70	%
11		2.666	ekor
12	Volume minimal RH	0,98	m <sup>3</sup>
13	Dimensi RH (p x l x t)	0,7	m
14		0,7	m
15		2	m
16	Volume RH	0,98	m <sup>3</sup>
17	Jumlah RH	1	unit
18	Kebutuhan <i>eggies</i> per RH	10	unit
19	Kebutuhan luas	1,5	m <sup>2</sup>

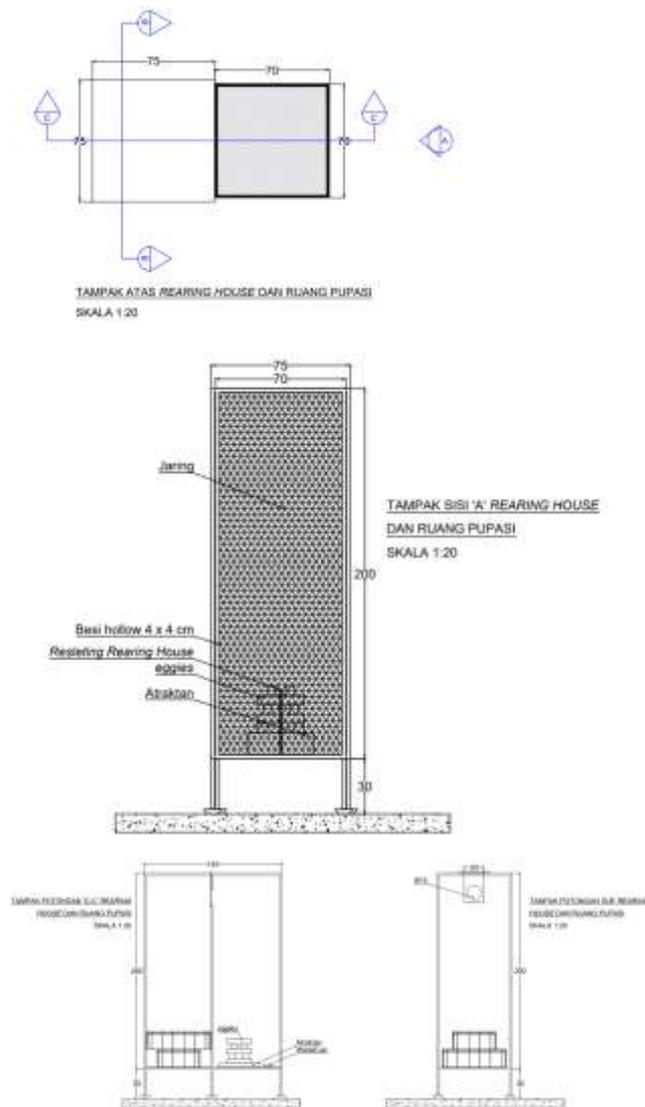
#### b. Ruang Pupasi

Ruang ini berfungsi sebagai tempat pupasi oleh prepupa BSF. Pupasi berlangsung selama 21 hari. Pada tahap ini, tingkat kelangsungan hidup atau presentase prepupa menjadi lalat adalah sebesar 80%. Ruang ini diletakkan bersebelahan dengan *rearing house* dan diberi sekat di antaranya. Sekat dibuka saat *rearing house* dibersihkan dengan tujuan supaya memudahkan pemindahan lalat yang sudah keluar dari bentuk pupa dari ruang pupasi menuju *rearing house*. Detail rencana ruang pupasi tersaji pada Tabel 9. Desain ruang pupasi dan unit *hatchery* dapat dilihat pada Gambar 8.

#### 3.5.4 Unit Pemanenan Produk

Pada unit ini dilakukan pemisahan larva dari residu dalam kontainer setelah beroperasi selama 12 hari. Selama 12 hari, total sampah yang diisi ke kontainer sebanyak 15 kg dengan setiap kali pengisian 5 kg dan larva yang berada di dalamnya sebanyak 10.000 ekor. Detail unit

pemanenan produk tersaji pada Tabel 10.



Gambar 8. Desain Ruang Pupasi dan Hatchery

### 3.5.5 Unit Pasca-Pengolahan

#### a. Pengomposan

Sistem pengolahan residu yang terpilih adalah teknologi *open winrow composting*. Detail desain area pengomposan dan area pematangan kompos tersaji pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 9. Detail Rencana Ruang Pupasi

No.	Kriteria	Nilai	Satuan
1	Kebutuhan alat BSF per hari per RH	2.666	ekor
2	Waktu pupasi	21	hari
3	Tingkat kelangsungan	80	%

No.	Kriteria	Nilai	Satuan
4	Kebutuhan prepupa per hari	3.333	ekor
5	Ruang pupasi per RH	1	unit
6	Prepupa per kontainer (kapasitas kontainer)	15.000	ekor
7	Ukuran kontainer	Panjang 0,64 Lebar 0,43 Tinggi 0,18	m m m
8	Jumlah kontainer	1	unit
9	Dimensi ruang pupasi	Panjang 0,75 Lebar 0,75 Tinggi 2	m m m

Tabel 10. Detail Unit Pemanenan Produk

No	Komponen	Nilai	Satuan
1	Total massa larva akhir	1.500	gram/kontainer
2	Massa residu per kontainer	5,19	kg/kontainer
3	Jumlah larva	160.000	ekor/hari
4	Massa residu per kontainer	27,21	kg/hari
5	Massa Larva	154,32	kg/hari
6	Massa larva untuk siklus	20,37	kg/hari
7	Massa produk larva	133,95	kg/hari

Tabel 11. Detail Desain Area Pengomposan

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Volume pengomposan total	13,49	m <sup>3</sup> /hari
2	Volume unit	13,5	m <sup>3</sup>
3	Jumlah timbunan	1	timbunan
4	Luas lahan pengomposan	11,25	m <sup>2</sup>

Setelah proses pematangan, kompos perlu dilakukan pengayakan untuk menyamakan distribusi ukuran partikel kompos. Jumlah kompos yang dihasilkan adalah 0,62 m<sup>3</sup>/hari. Dengan asumsi densitas kompos sebesar 650 kg/m<sup>3</sup>, maka jumlah kompos yang dihasilkan sebanyak 404,53 kg/hari. Produk kompos akan dikemas dengan berat 50 kg/kemasan.

Area penyimpanan kompos matang merupakan tempat penyimpanan sementara untuk kompos yang telah dikemas untuk kemudian dijual.

Kompos yang matang selanjutnya akan dikemas dalam karung dengan kapasitas 50 kg. Area penyimpanan kompos direncanakan mampu menampung kompos yang dihasilkan selama 3 hari sehingga area ini harus mampu menampung kompos matang sebanyak 1.213,59 kg atau 1,87 m<sup>3</sup>. Tinggi tumpukan kompos direncanakan sebesar 2 m. Kebutuhan luas ruang gerak pekerja direncanakan sebesar 20% dan diasumsikan nilai freeboard sebesar 20%. Total luas area yang dibutuhkan secara keseluruhan untuk menyimpan hasil kompos yang telah dikemas adalah sebesar 2 m<sup>2</sup>.

Tabel 12. Detail Desain Area Pematangan Kompos

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Volume pematangan	0,56	m <sup>3</sup> /hari
2	Volume residu	0,06	m <sup>3</sup> /hari
3	Volume total	0,62	m <sup>3</sup> /hari
4	Volume unit	13,5	m <sup>3</sup>
5	Jumlah timbunan	2	timbunan
6	Luas lahan pematangan	23,18	m <sup>2</sup>

#### b. Produk Larva

Larva dari pengolahan akan dipisahkan dari residu dan dilakukan pengemasan. Direncanakan TPS 3R Sawunggaling hanya menjual produk larva basah yang dihasilkan dari pengolahan sampah organik. Larva basah yang terpilah dari residu diambil 13,2% untuk digunakan dalam pengolahan selanjutnya sedangkan sisanya yaitu sebanyak 133,95 kg akan dikemas dalam kemasan plastik dengan kapasitas 1 kg.

Tabel 13. Kebutuhan Tenaga Kerja TPS 3R Sawunggaling

No.	Tenaga Kerja	Kebutuhan
1	Manajer Operasional	1
2	Tenaga Administrasi	1
3	Tenaga Pengumpul Sampah	1
4	Tenaga Pemilah	4
5	Tenaga Penanganan Sampah Organik	1
6	Tenaga Operasional BSF	1

### 3.6 Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja dihitung berdasarkan timbulan sampah yang masuk ke TPS 3R Sawunggaling, komposisi sampah, densitas

sampah, jam kerja, kecepatan pemilahan, dan pengolahan sampah. Detail kebutuhan tenaga kerja TPS 3R Sawunggaling tersaji pada Tabel 13.

### 3.7 Analisis Biaya

Dilakukan analisis tentang anggaran biaya yang meliputi biaya investasi fasilitas BSF sebagai pengolah sampah organik serta biaya operasional dan perawatan. Untuk mengetahui perencanaan pengembangan ini layak dilakukan atau tidak, digunakan analisis ekonomi dengan metode analisis *Net Present Value* (NPV). Apabila nilai NPV > 0 maka perencanaan ini dapat dianggap layak secara ekonomi untuk dilakukan. Fasilitas BSF TPS 3R Sawunggaling memiliki usia pelayanan selama 10 tahun, serta asumsi suku bunga yang digunakan berdasarkan suku bunga Bank Indonesia pada Bulan Juni 2022 sebesar 3,5%. Penentuan nilai NPV memerlukan perhitungan biaya investasi awal, pengeluaran operasional per tahun, dan pendapatan per tahun dari penjualan produk-produk TPS 3R Sawunggaling yang dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. Biaya investasi

Investasi awal pada perencanaan pengembangan fasilitas TPS 3R Sawunggaling ditentukan hanya dari biaya pengadaan fasilitas BSF mulai awal hingga menghasilkan produk siap jual. Total biaya investasi pengadaan fasilitas BSF dalam melakukan pengolahan sampah organik di TPS 3R Sawunggaling sebesar Rp. 34.271.157,60.

#### 2. Biaya pengeluaran operasional per tahun

Biaya pengeluaran TPS 3R Sawunggaling berasal dari biaya operasional dan perawatan alat pengolahan, biaya listrik, biaya air, biaya bahan bakar, dan upah pekerja. Total biaya pengeluaran per tahun sebesar Rp. 217.601.983,80.

#### 3. Pendapatan Biaya per tahun

Pendapatan TPS 3R Sawunggaling diperoleh dari penjualan produk yang dihasilkan dari pengolahan sampah masuk, baik organik maupun anorganik. Total pendapatan biaya per

tahun sebesar Rp. 434.747.586,62. Dari perhitungan tersebut, dilakukan perhitungan nilai *Net Present Value* (NPV). Dengan demikian, perlu diketahui nilai present value dari biaya pendapatan dan pengeluaran TPS 3R Sawunggaling selama masa pelayanan dengan persamaan ekonomi berikut.

$$\begin{aligned} P \text{ Pendapatan} \\ = \text{Rp. } 434.747.586,62 \times \frac{1}{8,3166} &= \text{Rp. } 3.615.621.778,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ Pengeluaran} \\ = \text{Rp. } 217.601.983,80 \times \frac{1}{8,3166} &= \text{Rp. } 1.809.708.658,47 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai present value dari pendapatan dan pengeluaran per tahun, maka diperoleh nilai NPV pada TPS 3R Sawunggaling adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} NPV &= P \text{ pendapatan} - (P \text{ pengeluaran} \\ &\quad + \text{Biaya investasi}) \\ &= \text{Rp. } 3.615.621.778,90 \\ &\quad - (\text{Rp. } 1.809.708.658,47 \\ &\quad + \text{Rp. } 34.271.157,60) \\ &= \text{Rp. } 1.771.641.962,83 \end{aligned}$$

NPV yang diperoleh memiliki nilai lebih dari 0 dengan nilai sebesar Rp. 1.771.641.962,83. Dengan nilai NPV yang lebih besar dari 0, maka perencanaan pembangunan pengolahan sampah organik di TPS 3R Sawunggaling layak secara ekonomi.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan pengembangan ini antara lain yaitu:

1. Kondisi eksisting pengelolaan sampah yang terjadi di TPS 3R Sawunggaling yaitu dengan melakukan pewadahan, pengumpulan, dan pengolahan sampah. Evaluasi masing-masing proses dijelaskan sebagai berikut.

##### a. Pewadahan

Belum dilakukan pemilahan di sumber oleh masyarakat sehingga menyebabkan sampah yang masuk ke wadah pengumpulan cenderung tercampur

sehingga pada saat di TPS 3R Sawunggaling diperlukan waktu lebih lama dan pekerja lebih banyak untuk melakukan pemilahan.

##### b. Pengumpulan

Belum ada jadwal pengumpulan yang tetap sehingga menyebabkan kuantitas sampah yang masuk ke TPS 3R Sawunggaling juga tidak tetap waktunya.

##### c. Pengolahan sampah

Pengolahan sampah yang terjadi di TPS 3R Sawunggaling yaitu pendaur ulangan, pencacahan, dan pengomposan. Jumlah kompos yang dihasilkan hanya sebesar 42,1% dari keseluruhan sampah organik sehingga memerlukan penambahan metode dalam proses pengomposan di TPS 3R Sawunggaling.

2. Timbulan sampah perkapita TPS 3R Sawunggaling sebesar 0,67 kg/orang.hari dan densitas sampah sebesar 204,91 kg/m<sup>3</sup>. Komposisi sampah didominasi oleh sampah yang dapat dikomposkan atau sampah organik sebesar 83,7%. Sampah organik terdiri dari sampah makanan dan sampah kebun sedangkan sisanya yaitu sebesar 16,3% merupakan sampah yang tidak dapat dikomposkan atau sampah anorganik. Sampah anorganik terdiri dari sampah plastik dengan persentase sebesar 11,4%, sampah kertas sebesar 2,6%, sampah kaca 0%, sampah kain 0,3%, sampah kayu 1,2%, sampah logam 0,6%, dan sampah lainnya sebesar 0,2%.

3. Pengembangan sampah organik yang direncanakan yaitu dengan memasukkan metode pengomposan menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) ke sistem pengelolaan sampah di TPS 3R Sawunggaling. Kapasitas pengolahan sampah yang diolah pada tahun perencanaan sebesar 864,34 kg/hari. Melalui penambahan pengolahan ini, residu TPS 3R Sawunggaling berkurang dari 57,9% menjadi 24,6% sehingga mengurangi jumlah timbulan sampah yang diangkut menuju Tempat

Pemrosesan Akhir (TPA). Selain itu, perencanaan pengembangan ini mampu mengolah sampah organik hingga menghasilkan 56,5% produk siap jual dari keseluruhan sampah organik yang masuk ke TPS 3R Sawunggaling. Produk siap jual yang dihasilkan berupa larva BSF basah dan pupuk kompos. Dalam pengelolaan pengembangan fasilitas ini, TPS 3R Sawunggaling membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 34.271.157,60, biaya operasional sebesar Rp. 217.601.983,80/tahun, dan akan menghasilkan potensi pendapatan sebesar Rp. 434.747.586,62/tahun.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S.A. (1993). *Integrated solid waste management: Engineering principles and issues*, McGraw Hill International Editions.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek. (2021). *Kecamatan Trenggalek dalam Angka 2021*. Trenggalek: Badan Pusat Statistik.

Diener, S. (2010). Valorisation of organic solid waste using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in low and middle-income countries. *Doctoral dissertation*, Eth Zurich.

Hem, S. (2011). Project FISH-DIVA. Maggot-bioconversion research program in indonesia. Concept of new food resources results and applications 2005-2011 final report. *Centre for Aquaculture Research and Development Research Institute*. IRD, 1(1), 44.

Pengelolaan Sampah. *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008*.

Puspasari, G. R., dan Mussadun, M. (2016). Peran kelembagaan dalam pengelolaan persampahan di kabupaten trenggalek. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 12(4), 385-399.

Sipayung, P. Y. E. (2015). Pemanfaatan larva black soldier fly (*hermetia illucens*) sebagai salah satu teknologi reduksi sampah di daerah perkotaan. *Doctoral Dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.