

Model Pengelolaan Sampah Organik dengan Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* Berbasis Pemberdayaan Masyarakat.

Afifah Zahra¹, Herdis Herdiansyah², dan Suyud Warno Utomo²

¹Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia; e-mail: fifizahra98@gmail.com

²Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia ; e-mail : herdis@ui.ac.id

³Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia ; e-mail : suyudwarno@gmail.com

ABSTRAK

Sampah masih menjadi salah satu masalah di Indonesia. Sejak tahun 2017, volume sampah yang terangkut di Indonesia masih belum memenuhi target, termasuk di Desa Tubanan, Kecamatan Kembangan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Sampah yang terangkut didominasi oleh Sampah Organik sebesar 30-63%. Pengelolaan sampah dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* dapat menjadi solusi untuk permasalahan sampah di Indonesia, karena dapat mereduksi 80% sampah, tidak berdampak pada kesehatan masyarakat dan tidak menimbulkan bau, selain itu dapat membentuk ekonomi sirkular untuk masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah memformulasikan model pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* berbasis pemberdayaan masyarakat dalam aspek lingkungan, sosial, ekonomi, dengan perlakuan formula nutrisi pakan yang tepat. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis keuntungan yang didapatkan di antara 3 jenis sampah sebagai formula nutrisi pakan (sampah dari masyarakat, sampah sisa pemotongan ikan, dan sampah campuran dari keduanya). Analisis menggunakan sistem dinamik dan analisis statistik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa model pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* berbasis pemberdayaan masyarakat menggunakan sampah campuran (sampah dari masyarakat yang dapat terolah 100% dan sisa pemotongan ikan) metode pengelolaan sampah yang paling tepat di Desa Tubanan, Kecamatan Kembangan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah.

Kata kunci: Sistem Dinamik, Biokonversi, Sampah, Organik, Black Soldier Fly.

ABSTRACT

Waste is still a problem in Indonesia. Since 2017, the volume of waste transported in Indonesia has yet to meet the target, including in Tubanan Village, Kembangan District, Jepara Regency, Central Java. The transported waste is dominated by organic waste by 30-63%. Waste management with Black Soldier Fly larvae bioconversion can solve the waste problem in Indonesia because it can reduce 80% of waste, does not impact public health, and does not cause odors. Besides that, it can form a circular economy for the community. This research aims to formulate a management model for organic waste with bioconversion of Black Soldier Fly larvae based on community empowerment in environmental, social, and economic aspects, with proper feed nutritional formula treatment. This research was conducted by analyzing the benefits obtained between 3 types of feed nutrition formulas (waste from the community, waste from fish slaughter, and mixed waste from both)—analysis using dynamic systems and statistic analysis. Based on the research that has been done, it was found that the organic waste management model with bioconversion of Black Soldier Fly larvae based on community empowerment using mixed waste (waste from the community that can be processed 100% and fish slaughter residue) is the most appropriate waste management method in Tubanan Village, Kembangan District, Jepara Regency, Central Java.

Keywords: System Dinamic, Biocoverision, Waste, Organic, Black Soldier Fly.

Citation: Zahra, A., Herdiansyah, H., dan Utomo, S.W. (2023). Model Pengelolaan Sampah Organik dengan Biokonversi Larva Black Soldier Fly Berbasis Pemberdayaan Masyarakat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 94-105, doi:10.14710/jil.21.1.94-105

1. Pendahuluan

Menurut data portal persampahan yang dipublikasikan oleh Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Dirjen PUPR), Kabupaten Jepara menghasilkan timbulan sampah sejumlah 2,68 liter/orang/hari dengan persentase jenis sampah terbanyak adalah sampah organik sebanyak 57% (Dirjen PUPR, 2020). Menurut publikasi Dinas

Lingkungan Hidup Kabupaten Jepara, hanya 11,51% sampah yang diangkut ke tempat pembuangan akhir (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jepara, 2019). Menurut data yang didapatkan dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, Pada tahun 2020 Kabupaten Jepara adalah kabupaten dengan persentase sampah terkelola terendah kedua (18,84%) di Provinsi Jawa Tengah setelah Kabupaten Grobogan (Kementrian Lingkungan Hidup, 2020).

Kabupaten Jepara memiliki 20 objek wisata alam, 14 di antaranya adalah pantai yang dikembangkan sebagai objek pariwisata. Jumlah wisatawan sejak 2016-2019, terus meningkat baik wisatawan domestik dan wisatawan mancanegara. Pada tahun 2016-2017 penambahan wisatawan domestik sebesar 21,61% dan wisatawan mancanegara 22,33%. Pada tahun 2017-2018 penambahan wisatawan domestik sebesar 21,61% dan wisatawan mancanegara 22,33%. Pada tahun 2018-2019 penambahan wisatawan domestik sebesar 7,67% dan wisatawan mancanegara 22,61%. Potensi alam ini perlu dikelola dengan baik, termasuk dengan pengelolaan sampah yang perlu diperbaiki (Dinas Kepemudaan Olahraga dan Pariwisata Provinsi Jateng, 2020). Pengelolaan sampah di Desa tubanan, menurut hasil observasi pendahuluan, sampah dikelola dengan disediakan tong di tepi jalan kemudian diangkut selama setiap hari bergantian pada setiap RW. Sampah tersebut tercampur dan belum dilakukan pemilahan. Untuk beberapa rumah yang letaknya di belakang atau di tengah tidak dapat menjangkau tong penampungan, sampah langsung dibuang atau dibakar. Maka dari itu, perlu adanya pemberdayaan masyarakat untuk melakukan pengelolaan sampah. Menurut wawancara dan observasi lapangan, pendekatan sosial untuk mengajak masyarakat dengan memaparkan keuntungan ekonomi bagi mereka terlebih dahulu sebagai motivasi dalam kesadaran lingkungan.

Pengelolaan sampah dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* dapat menjadi salah satu solusi dari permasalahan sampah organik. *Black Soldier Fly* memiliki pengaruh signifikan terhadap *Waste Reduction Index* ($p < 0,05$). Persentase pengurangan sampah tertinggi mencapai 82,2% pada jenis sampah campuran makanan dan Jerami muda dengan rasio 90 : 10 (Fadhillah & Bagastyo, 2020). Selain itu, pengelolaan sampah dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* dapat membentuk ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular adalah sistem ekonomi yang membentuk siklus tertutup : input, produksi, hasil, konsumsi, sisa, dan berputar kembali ke produksi (Avilés-Palacios & Rodríguez-Olalla, 2021). Nilai ekonomi pengelolaan sampah dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* didapatkan dari hasil penjualan produk berupa pakan ternak dan pupuk. Selain itu, nilai ekonomi juga bisa didapatkan dari pengurangan anggaran untuk pengelolaan sampah. Efisiensi anggaran untuk pengelolaan sampah di 5 kantin *University of North Texas* dapat berkurang hingga 19% setiap bulannya (Barry, 2004).

Untuk mendapatkan manfaat tersebut, maka perlu memaksimalkan faktor pendukung dari pengolahan sampah biokonversi larva *Black Soldier Fly*. Faktor pendukung dapat mempengaruhi *Waste Reduction Index*, biomassa larva, dan efisiensi konversi pakan yang dikonsumsi. Biomassa larva adalah berat larva setelah dilakukan pengolahan. *Waste Reduction Index* adalah perbandingan pengurangan sampah dengan berat sampah yang

diolah setiap hari. Efisiensi konversi pakan yang dikonsumsi adalah perbandingan biomassa larva dengan bobot sampah yang berkurang (Bava et al., 2019). Faktor pendukung dari pengolahan sampah biokonversi larva *Black Soldier Fly* adalah suhu, kelembaban, formula nutrisi pakan, dan intensitas sinar matahari.

Suhu yang optimal untuk *Black Soldier Fly* memakan dan mengolah sampah organik adalah suhu 35°C. Namun, *Black Soldier Fly* masih dapat tetap hidup dalam cuaca ekstrim, *Black Soldier Fly* dapat hidup dalam rentang suhu 0°C-45°C. Pada suhu 0°C, *Black Soldier Fly* hanya bisa hidup dalam 4 hari, aktivitasnya akan terganggu secara signifikan apabila suhu kurang dari 10°C dan lebih dari 45 °C. Kelembaban yang optimal untuk perkembangan *Black Soldier Fly* adalah 70%. *Black Soldier Fly* dapat hidup dalam kelembaban 30%-90%. Tempat hidup *Black Soldier Fly* tidak disarankan untuk terlalu kering, karena semakin kering tempat hidupnya berat *Black Soldier Fly* akan ikut menurun dan dapat ikut mengering bersama zat makanannya. Apabila terlalu basah *Black Soldier Fly* akan sulit bernafas lewat pori-pori di *exoskeleton* pada tubuhnya. Selain itu, *Black Soldier Fly* tidak dapat langsung terkena sinar matahari. Umumnya, *Black Soldier Fly* akan meletakkan telurnya 6-9 inch dari permukaan tumpukan sampah. Namun, tidak dapat lebih dalam dari itu karena *Black Soldier Fly* membutuhkan oksigen. Ukuran makanan juga perlu diperhatikan, makanan akan lebih mudah dicerna oleh *Black Soldier Fly* dalam ukuran kecil (Bullock et al., 2013).

Jenis sampah sebagai formula nutrisi pakan memiliki pengaruh signifikan terhadap total biomassa produk larva, *Waste Reduction Index*, dan Efektivitas konversi pakan. Penelitian dilakukan dengan membandingkan perbedaan pemberian jenis pakan larva dengan perkembangan larva juga dilakukan di Palangkaraya. Penelitian ini membandingkan pada 4 perlakuan, yaitu : diberikan 100% ampas tahu dan penambahan EM4, diberikan 50% ampas tahu dan 50% kotoran ayam, diberikan 50% ampas tahu, 25% dedak, dan 25% kotoran ayam, diberikan 50% ampas tahu, 25% dedak, 25% kotoran ayam, dan penambahan EM4. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa yang perkembangan larva yang paling signifikan adalah pada perlakuan pemberian 50% ampas tahu, 25% dedak, 25% kotoran ayam, dan penambahan EM4. Menurut penelitian ini, hal ini disebabkan oleh nutrisi pada perlakuan 4 adalah nutrisi yang paling lengkap jika dibandingkan dengan 3 perlakuan lainnya. Larva membutuhkan nutrisi karbohidrat, protein, dan lemak untuk mempercepat perkembangan berat (Cicilia & Susila, 2018). Penelitian lain menghasilkan bahwa perbedaan jenis sampah sebagai formulasi nutrisi pakan memberikan dampak signifikan pada efektivitas pengolahan sampah. *Waste reduction index* paling tinggi dihasilkan oleh campuran sampah sayur dan buah sebesar 98%. Namun biomassa larva tertinggi

dihasilkan oleh sampah dapur sebesar 226,62mg/larva (Nguyen et al., 2015). Penelitian lain dilakukan menghasil perbedaan formulasi pakan memberikan dampak yang signifikan pada biomassa larva, dan campuran sisa ikan tenggiri menghasilkan biomassa larva tertinggi sebesar 2,58kg berat basah (Tschirner & Simon, 2015). Penelitian lain dilakukan pada pengolahan sampah dapur menghasilkan *waste reduction index* sebesar 89,66% dan biomassa larva sebesar 69mg/larva (Mahmood et al., 2021)

Untuk membentuk sistem pengelolaan yang berkelanjutan, maka perlu memberdayakan masyarakat. Pemberdayaan adalah proses sosial untuk mengajak masyarakat, organisasi, ataupun komunitas untuk mencapai tujuan tertentu dapat berupa peningkatan kualitas kehidupan dan keadilan sosial (Lord & Hutchison, 2019). Tahapan awal dalam pemberdayaan masyarakat adalah persamaan persepsi dan edukasi pada kelompok subjek. Hal ini bertujuan untuk mengarahkan subjek untuk menuju tujuan yang sama dan menyamakan pengetahuan subjek pada level yang sama. Kemudian dilakukan identifikasi masalah yang akan terjadi dan identifikasi kekuatan dan kesempatan yang dimiliki. Selanjutnya, dibentuklah program atau sistem yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Kemudian, program atau sistem diimplementasikan. Setelah program atau sistem diimplementasi, dilakukannya evaluasi sehingga program dan sistem dapat berkembang. Tahapan terakhir adalah membiarkan masyarakat tersebut melakukan program atau sistem yang dibuat secara mandiri (Rozie, 2018). Penelitian telah dilakukan sebelumnya, menghasilkan bahwa pemberdayaan masyarakat memiliki pengaruh signifikan terhadap pengetahuan dan sikap masyarakat (Rahmawati et al., 2017). Motivasi dalam melakukan pemilahan sampah juga perlu diperhatikan dalam proses perubahan sikap masyarakat. Penelitian dilakukan menghasilkan bahwa insentif ekonomi meningkatkan perilaku pemilahan sampah : mekanisme pemberian insentif meningkatkan efisien perilaku pemilahan sampah organik terbesar dibandingkan dorongan sukarela. Efisiensi perilaku pemisahan sampah organik dengan insentif ekonomi sebesar 51% (Boonrod et al., 2015).

Pada penelitian yang telah dilakukan terkait pengelolaan sampah organik biokonversi larva *Black Soldier Fly* umumnya hanya membahas keterkaitan faktor pendukung dengan efektivitas pengolahan. Pada penelitian ini menganalisis dari seluruh aspek, yaitu aspek lingkungan, keuntungan ekonomi, dan pemberdayaan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan model pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* berbasis pemberdayaan masyarakat dalam aspek lingkungan, sosial, ekonomi, dengan perlakuan formula nutrisi pakan yang tepat. Penelitian ini akan melengkapi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pemerintah dalam

membentuk sistem pengelolaan di daerah setempat, khususnya di Desa Tubanan, Kecamatan Kembangan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah.

2. Metode Penelitian

Variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah jenis sampah sebagai formula nutrisi pakan, nilai keuntungan ekonomi, aspek pemberdayaan masyarakat dalam pengetahuan dan kesadaran lingkungan, dan dampak terhadap efektivitas pengolahan sampah organik (total biomassa produk larva, *waste reduction index* (WRI), dan efisiensi konversi pakan). Penelitian ini dilaksanakan di RT 4, RW 5, Desa Tubanan, Kabupaten Jepara. Jumlah populasi di Desa Tubanan, Kabupaten Jepara sejumlah 4300 KK. Jumlah sampel dihitung menggunakan rumus Slovin.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

N = Jumlah populasi

e = Derajat kesalahan

n = Jumlah sampel

Maka didapatkan sampel sejumlah 98 KK, untuk mengantisipasi adanya drop out, maka jumlah sampel ditambahkan 10% dari jumlah sampel minimal, sehingga didapatkan sampel minimal sejumlah 108 KK.

Langkah pertama penelitian ini adalah melakukan edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat. Setelah dilakukan edukasi dan sosialisasi, masyarakat diminta untuk memilah sampah mereka di rumah menjadi sampah mudah busuk dan tidak mudah busuk, kemudian menampungnya pada tempat penempungan sementara. Sampah yang berada di tempat penampungan sementara diangkut ke tempat pengolahan. Sampah yang sudah diangkut, dipilah kembali, dipastikan tidak ada sampah tidak mudah busuk yang masuk ke dalam pengolahan. Selanjutnya, dilakukan pencacahan, sehingga *Black Soldier Fly* dapat lebih mudah mengolah sampah. Kemudian, disediakan 3 tray dan diisi dengan 3 jenis sampah yang berbeda (sampah dari masyarakat, sampah sisa pemotongan ikan, dan campurannya) untuk dilakukan pengolahan selama 20 hari dan dilakukan pencatatan. Analisis data dilakukan menggunakan sistem dinamik dan analisis statistik yaitu Uji Kruskal Wallis untuk analisis statistik hubungan perbedaan nutrisi pakan dengan efektivitas pengolahan sampah dan Uji T dependen untuk analisis statistik pengaruh edukasi dan sosialisasi pada perubahan nilai pengetahuan dan kesadaran masyarakat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengelolaan Sampah dengan Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* dalam Aspek Ekonomi.

Pembentukan model pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* berbasis pemberdayaan masyarakat dalam aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi dilakukan dengan

sistem dinamik. Dalam pembentukan model pada sistem dinamik, perlu melakukan beberapa tahapan, yaitu : membentuk *Causal Loop Diagram* (CLD), membentuk *Stock Flow Diagram* (SFD), Melakukan validasi sistem, dan melakukan simulasi sistem.

3.1.1. Membentuk *Causal Loop Diagram*

Causal Loop Diagram (CLD) adalah diagram yang menggambarkan hubungan sebab akibat antara variabel. Hubungan sebab akibat pada CLD digambarkan dengan anak panah yang bertanda positif atau negatif. Apabila tanda positif artinya hubungan antara dua variabel tersebut berbanding lurus. Apabila tanda negatif artinya hubungan antara dua variabel tersebut berbanding terbalik. Hasil pembentukan CLD dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada gambar CLD pengelolaan sampah dengan biokonversi *Black Soldier Fly*, CLD yang terbentuk adalah :

1. Jumlah Penduduk (+) → Produksi total sampah(+)→ Produksi sampah organik (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (sebelum dilakukan pemilihan ulang) (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (setelah dilakukan pemilihan ulang) (+)→ Pengolahan BSF (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (setelah dilakukan pemilihan ulang) (-) : Loop Negatif.
2. Jumlah Penduduk (+)→ Produksi total sampah(+)→ Produksi sampah organik (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (sebelum dilakukan pemilihan ulang) (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (setelah dilakukan pemilihan ulang)
3. (+)→Pengolahan BSF (+)→Pupuk dan paka (+)→ Penjualan (+)→ Pakan dan Pupuk (-) : Loop Negatif.
4. Jumlah Penduduk (+)→ Produksi total sampah(+)→ Produksi sampah organik (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (sebelum dilakukan pemilihan ulang) (+)→ Timbulan sampah organik di TPA BSF (setelah dilakukan pemilihan ulang) (+)→ Pengolahan BSF (+)→ Pupuk dan paka (+)→ Penjualan (+)→ pendapatan (+)→ Keuntungan (+)→ Kapasitas Pengolahan BSF (+) : Loop Positif

3.1.2. Membentuk *Stock Flow Diagram*

Stock Flow Diagram dibentuk untuk merincikan diagram sebelumnya pada CLD. SFD Pengelolaan sampah dengan biokonversi *Black Soldier Fly* membagi timbulan sampah menjadi 2, yaitu timbulan sampah anorganik yang seluruhnya akan langsung dibuang ke TPA dan timbulan sampah organik. Timbulan sampah organik akan dilakukan pengolahan dengan *Black Soldier fly*, menghasilkan

pupuk dan pakan, dan menghasilkan keuntungan yang akan berdampak pada pendapatan masyarakat. SFD yang dibentuk dapat dilihat pada Gambar 2.

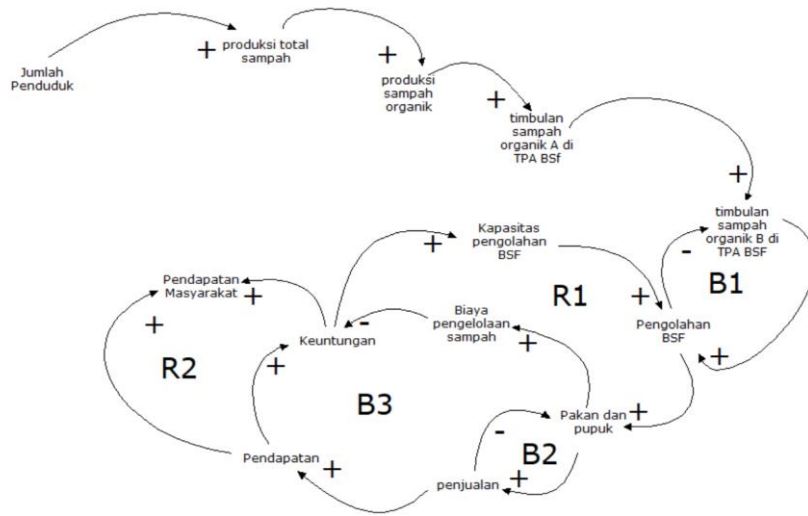
3.1.3. Validasi Sistem

Validasi sistem dilakukan dengan 2 cara, yaitu : validasi visual dan validasi statistic. Validasi visual adalah validasi model melalui pengamatan visual grafik hasil simulasi. Perilaku grafik yang dihasilkan harus sesuai dengan hubungan sebab akibat pada struktur CLD. Sedangkan validasi statistik menggunakan metode *Mean Absolute Error* (MAE). Nilai MAE didapatkan dari persentase nilai mutlak selisih data hasil simulasi dengan data riil dibagi dengan data riil. Data dapat dinyatakan mutlak apabila nilai MAE kurang dari 30%.

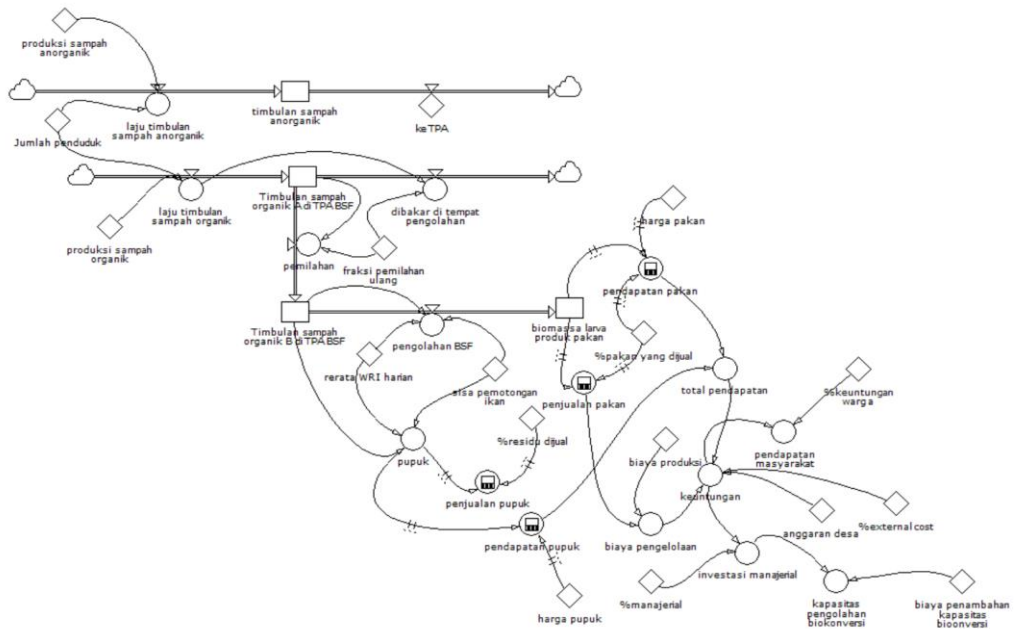
Berdasarkan CLD yang dibentuk, loop pertama membentuk loop negatif atau *balancing*. Grafik timbulan sampah organik B di TPA BSF dengan pengolahan BSF yang dihasilkan dari simulasi sistem membentuk grafik *decay* atau *Goal seeking*. Hasil simulasi pada loop timbulan sampah organik B di TPA BSF dengan pengolahan BSF dapat dilihat pada Gambar 3. Maka dapat disimpulkan perilaku loop timbulan sampah organik B di TPA BSF negatif adalah valid Loop kedua yaitu loop penjualan dengan pakan dan pupuk membentuk loop negatif atau *balancing*. Grafik penjualan dengan pakan dan pupuk yang dihasilkan dari simulasi sistem membentuk grafik *decay* atau *Goal seeking*. Hasil simulasi pada loop penjualan dengan pakan dan pupuk dapat dilihat pada Gambar 4. Maka dapat disimpulkan perilaku loop penjualan dengan pakan dan pupuk negatif adalah valid.

Selanjutnya dilakukan validasi statistik menggunakan metode MAE. Hasil dari uji validitas statistik dapat dilihat pada Tabel 4.19. Data timbulan sampah anorganik menghasilkan nilai MAE sebesar 9,31%. Data sampah organik A di TPA BSF (sebelum dilakukan pemilihan ulang) menghasilkan nilai MAE sebesar 18,25%. Data sampah organik B di TPA BSF (setelah dilakukan pemilihan ulang) menghasilkan nilai MAE sebesar 11,09%. Data Masa larva produk pakan menghasilkan nilai MAE sebesar 12,74%. Maka dapat disimpulkan model yang dibentuk valid, karena nilai MAE yang dihasilkan seluruhnya kurang dari 30%.

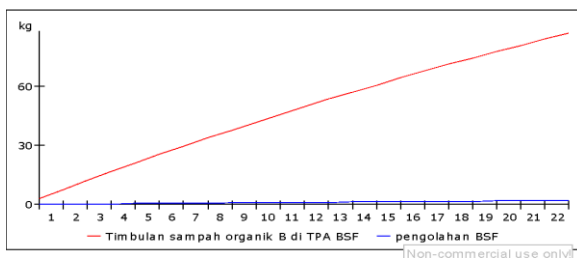
Loop ketiga yaitu loop kapasitas pengolahan BSF membentuk loop positif atau *reinforcing*. Grafik kapasitas pengolahan BSF yang dihasilkan dari simulasi sistem membentuk grafik positif. Namun karena nilai yang dihasilkan negatif atau masih mengalami kerugian, maka grafik menghadap ke bawah. Hasil simulasi loop kapasitas pengolahan BSF dapat dilihat pada Gambar 5. Maka dapat disimpulkan perilaku loop kapasitas pengolahan BSF positif adalah valid.



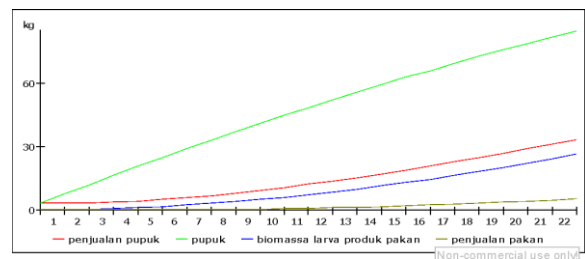
Gambar 1. Causal Loop Diagram Pengelolaan Sampah dengan Biokonversi Black Soldier Fly Berbasis Masyarakat



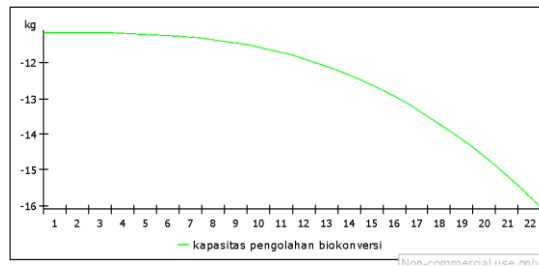
Gambar 2. Stock Flow Diagram Pengelolaan Sampah dengan Biokonversi Black Soldier Fly Berbasis Masyarakat



Gambar 3. Grafik Hasil Simulasi Timbulan Sampah Organik B di TPA BSF dengan Pengolahan BSF



Gambar 4. Grafik Hasil Simulasi Penjualan dengan Pakan dan Pupuk



Gambar 5. Grafik Hasil Simulasi Kapasitas Pengolahan BSF

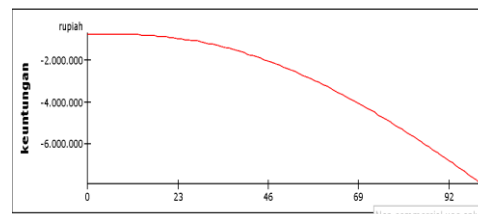
Tabel 1. Hasil Uji Validitas

No.	Hari Ke-	Timbulan Sampah Anorganik		Sampah Organik A di TPA BSF		Sampah Organik B di TPA BSF		Massa Larva Produk Pakan	
		Model	Riil	Model	Riil	Model	Riil	Model	Riil
1.	1	70,35	70,35	95,24	95,235 4	3,12	3,115	0,02	0,018
2.	2	74,94	46,755	96,01	51,565	7,76	6,23	0,1	0,99
3.	3	79,54	98,115	96,74	129,895	12,32	12,04	0,3	1,96
4.	4	84,13	142,764	97,44	158,315	16,8	17,85	0,62	2,93
5.	5	88,72	204,65	98,1	93,35	21,2	23,66	1,05	3,9
6.	6	93,31	204,65	98,73	93,35	25,51	28,46	1,6	4,9
7.	7	97,91	204,65	99,33	93,35	29,75	33,25	2,26	5,84
8.	8	102,5	206,65	99,9	93,35	33,91	36,59	3,03	6,81
9.	9	107,09	207,65	100,44	93,35	37,98	39,94	3,91	7,78
10.	10	111,69	98,115	100,96	129,895	41,96	43,28	4,9	8,75
11.	11	116,28	205	101,44	93	45,9	46,62	5,98	9,72
12.	12	120,87	204,65	101,91	93,35	49,74	49,96	7,17	10,69
13.	13	125,47	0	102,35	0	53,51	49,96	8,46	11,66
14.	14	130,06	0	102,77	0	57,2	49,96	9,85	12,63
15.	15	134,65	102,095	103,17	96,92	60,82	54,86	11,33	13,6
16.	16	139,24	102,095	103,55	96,92	64,36	59,76	12,9	14,57
17.	17	143,84	42,371	104,25	81,43	67,83	68,15	14,57	15,54
18.	18	148,43	42,371	104,57	81,43	71,22	76,54	16,33	16,51
19.	19	153,02	42,371	104,88	81,43	74,55	84,93	18,17	17,48
20.	20	157,62	42,371	104,88	81,43	77,81	88,12	20,1	18,45
21.	21	162,21	42,371	105,18	81,43	80,99	91,3	22,12	19,42
22.	22	166,8	116,628	105,46	77,012	84,11	94,57	24,22	20,39
23.	23	171,4	116,628	105,72	77,012	87,16	97,84	26,39	22,35
Rata-rata		120,87	110,58	101,44	85,78	48,07	50,30	9,36	10,73
MAE		9,31%		18,25%		4,45%		12,74%	

Sumber data diolah dari hasil simulasi model sistem dinamik

3.1.4. Simulasi Model Business As Usual (BAU)

Business As Usual atau yang perlakuan yang biasa dilakukan tanpa intervensi apapun adalah menggunakan sampah dari masyarakat sebagai formula nutrisi pakan. Masyarakat memilah sampahnya di rumah masing-masing, sampah yang telah dipilah kemudian diangkut ke tempat pengolahan, selanjutnya dilakukan pemilihan ulang untuk memastikan tidak adanya sampah anorganik yang tersisa, kemudian diolah dengan *Black Soldier Fly*. Setelah dilakukan pemilihan ulang maka didapatkan jumlah sampah yang dapat diolah hanya sebesar 4,96% dari sampah yang diangkut ke tempat pengolahan. Hal ini dikarenakan jumlah masyarakat yang memilah masih sangat sedikit, sehingga menyebabkan sampah anorganik yang ikut terangkut ke tempat pengolahan masih cukup banyak, dan menyulitkan proses pemilihan ulang. Hasil dari simulasi perlakuan sampah dari masyarakat sebagai formula nutrisi pakan dapat dilihat pada Gambar 6.

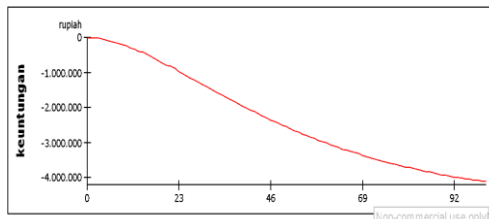


Gambar 6. Hasil Simulasi Keuntungan Business As Usual (BAU) Pada intervensi perlakuan sampah dari masyarakat sebagai nutrisi pakan dengan sampah yang terolah hanya 4,96% masih belum menghasilkan keuntungan. Hasil dari simulasi model justru menunjukkan nilai kerugian. Nilai kerugian yang dihasilkan semakin besar apabila tidak dilakukan intervensi lebih lanjut.

Selanjutnya, peneliti melakukan intervensi terkait formulasi nutrisi pakan, untuk mengetahui formulasi nutrisi pakan seperti apa sehingga menghasilkan keuntungan tertinggi. Intervensi yang dilakukan oleh peneliti adalah :

1. Sisa pemotongan ikan sebagai formula nutrisi pakan.

Peneliti melakukan penggantian formula nutrisi pakan menjadi sisa pemotongan ikan yang didominasi dengan protein sebagai nutrisi pakan. Sisa pemotongan ikan yang didapatkan dari pasar sejumlah 4,5-14,5 kg, jumlahnya bergantung pada keadaan laut, dan hasil tangkapan nelayan. Maka peneliti menggunakan data median yaitu pemberian sisa pemotongan sejumlah 9,5 kg per hari. Hasil dari simulasi model dapat dilihat pada Gambar 7.

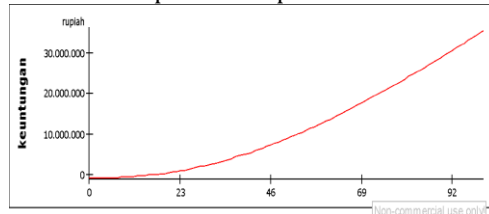


Gambar 7. Hasil Simulasi Keuntungan Intervensi 1

Hasil simulasi masih belum menghasilkan keuntungan. Hal ini dikarenakan jumlah sampah sebagai formulasi nutrisi pakan yang belum memadai untuk menghasilkan produk dalam jumlah besar. Namun kerugian yang dihasilkan sudah lebih kecil dibandingkan dengan *Business As Usual*.

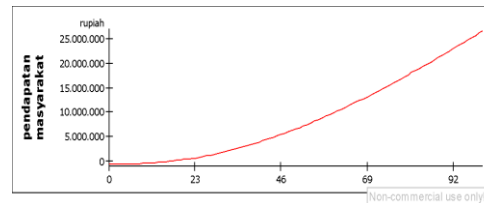
2. Sampah dari masyarakat sebagai formula nutrisi pakan (apabila 100% dipilah)

Intervensi ini sama dengan intervensi sebelumnya, namun model yang disimulasikan apabila seluruh masyarakat telah memilah sempurna dan seluruh sampah yang diangkut dapat diolah 100%. Hasil dari simulasi model dapat dilihat pada Gambar 8.

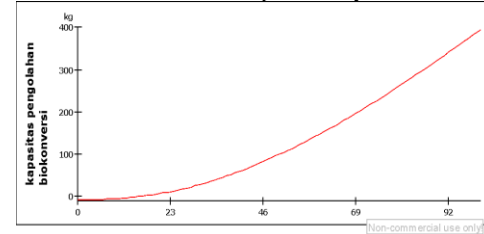


Gambar 8. Hasil Simulasi Keuntungan Intervensi 2

Hasil simulasi intervensi penggunaan sampah dari masyarakat dengan 100% sampah telah terpisah dari rumah sudah bisa menghasilkan keuntungan. Hal ini dikarenakan jumlah sampah yang terolah telah mencukupi kebutuhan pakan larva, sehingga dapat menghasilkan biomassa produk larva yang lebih besar. Keuntungan yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk investasi manajerial guna memperbesar kapasitas pengolahan, dan dapat dibagikan pada masyarakat sebagai pendapatan tambahan masyarakat. Pendapatan masyarakat dan kenaikan kapasitas pengolahan dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



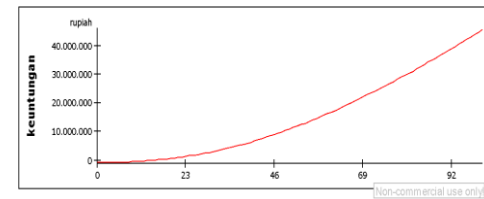
Gambar 9. Hasil Simulasi Pendapatan Masyarakat Intervensi 2



Gambar 10. Hasil Simulasi Kapasitas Pengolahan Biokonversi Intervensi 2

3. Formula nutrisi pakan campuran antara sampah dari masyarakat dan sisa pemotongan ikan

Pada intervensi ini, disimulasikan apabila diberikan sampah campuran antara sampah dari masyarakat dan sisa pemotongan ikan sebagai formulasi nutrisi pakan. Pada intervensi ini disimulasikan apabila seluruh sampah dari masyarakat terolah 100% dan jumlah sisa pemotongan ikan diambil dari nilai median yaitu sebesar 9,5 kg per hari. Hasil dari simulasi model dapat dilihat pada Gambar 11.

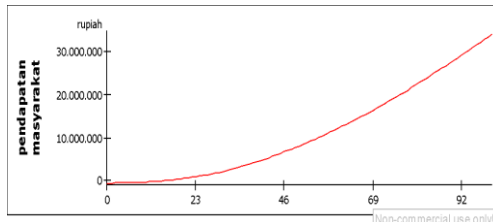


Gambar 11. Hasil Simulasi Keuntungan Intervensi 3

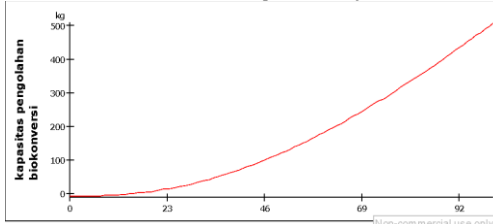
Simulasi intervensi ini sudah bisa menghasilkan keuntungan dan keuntungannya lebih besar dibandingkan hanya menggunakan sampah dari masyarakat sebagai formulasi pakan dengan sampah terolah 100%. Hal ini dikarenakan jumlah sampah yang terolah lebih banyak dan dapat mencukupi kebutuhan nutrisi larva untuk menghasilkan biomassa produk larva yang lebih besar. Selain itu, nutrisi yang diberikan lebih lengkap dibandingkan hanya memberikan sampah dari masyarakat. Sehingga biomassa produk larva dapat menghasilkan keuntungan yang bertambah lebih cepat. Keuntungan yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk investasi manajerial sehingga dapat memperbesar kapasitas pengolahan, dan dapat dibagikan pada masyarakat sebagai pendapatan tambahan masyarakat. Pendapatan masyarakat dan kenaikan kapasitas pengolahan dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil dari penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Barry (2004), bahwa penggunaan *Black Soldier Fly* sebagai metode pengolahan dapat menghasilkan

keuntungan ekonomi. Namun, besaran keuntungan yang didapatkan dipengaruhi oleh faktor pendukungnya, salah satunya adalah jenis sampah yang diolah sebagai nutrisi pakan.



Gambar 12. Hasil Simulasi Pendapatan Masyarakat Intervensi 3.



Gambar 13. Hasil Simulasi Kapasitas Pengolahan Biokonversi Intervensi 3.

3.2. Pengelolaan Sampah dengan Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* dalam Aspek Lingkungan.

Dalam aspek lingkungan, pengelolaan sampah dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap reduksi sampah ($p=0,008$, $p<0,05$). Persentase pengurangan sampah tertinggi mencapai 83,52% pada jenis sampah campuran. Hasil analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fadhilah & Bagastyo (2020), bahwa penggunaan *Black Soldier Fly* mempengaruhi secara signifikan terhadap pengurangan sampah organik dengan persentase pengurangan sampah tertinggi mencapai 82,2%. Menurut analisis statistik yang dilakukan, formula nutrisi pakan hanya memiliki pengaruh signifikan terhadap total biomassa produk ($p=0,0005$, $p<0,005$), namun tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap *Waste Reduction Index* (WRI) dan efisiensi Konversi Pakan. Sampah campuran memiliki nilai rata-rata peringkat terbesar yaitu sebesar 36,5. Hasil analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 3. Hal ini dapat disebabkan karena pakan campuran memiliki kandungan nutrisi lebih lengkap, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan biomassa larva. Penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Cicilia & Susila (2018) dan Nguyen et al (2015), bahwa terdapat perbedaan rata-rata total biomassa produk larva pada perbedaan pemberian pakan. Untuk menghasilkan produk larva dengan total biomassa tinggi, maka dibutuhkan formula nutrisi yang lengkap untuk mempercepat perkembangan biomassa larva. Namun hasil penelitian terkait hubungan antara formula nutrisi pakan terhadap WRI dan efisiensi konversi pakan tidak sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nguyen et al (2015) dan Mahmood et al (2001),

bahwa perbedaan pemberian formula nutrisi pakan memiliki pengaruh signifikan terhadap WRI dan efisiensi konversi pakan. Hal ini dapat disebabkan karena sampah yang mengandung protein dapat mengundang kehadiran lalat rumah dari bau yang dihasilkan. Sehingga pakan dari sampah campuran dan sisa pemotongan ikan yang disediakan tidak hanya dikonsumsi oleh *Black Soldier Fly*, tapi juga sebagian dimakan oleh lalat rumah yang hinggap. Sedangkan untuk sampah dari masyarakat yang didominasi oleh campuran sayur, buah, dan karbohidrat hanya dikonsumsi oleh *Black Soldier Fly*.

3.3. Pengelolaan Sampah dengan Biokonversi larva *Black Soldier Fly* dalam Aspek Sosial (Pengetahuan dan Kesadaran Lingkungan).

Berdasarkan hasil analisis sistem dinamik, menghasilkan bahwa sampah dari warga harus sudah terpilah sempurna terlebih dahulu sebelum diangkat dan dilakukan pengolahan. Sehingga, sampah yang diangkat dapat terolah seluruhnya. Maka perlu dilakukan edukasi, sosialisasi, dan pendampingan untuk masyarakat. Berdasarkan hasil analisis statistik dari data yang didapatkan, bahwa sosialisasi dan edukasi memberikan perbedaan signifikan terhadap nilai pengetahuan dan kesadaran lingkungan masyarakat ($p=0,0005$, $p<0,05$). Hasil analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati, Karmini, dan Tjahjani (2017), bahwa intervensi pemberdayaan masyarakat memiliki pengaruh signifikan terhadap pengetahuan dan sikap masyarakat. Pada penelitian ini, edukasi lebih berdampak pada kesadaran lingkungan Masyarakat dibandingkan dengan pengetahuan Masyarakat. Hal ini dikarenakan pengetahuan Masyarakat sebelum dilakukan edukasi sudah menunjukkan nilai pengetahuan yang tinggi, sehingga edukasi dan sosialisasi hanya menaikkan nilai pengetahuan sebesar 0,84. Sedangkan pada kesadaran lingkungan naik sebesar 6,24. Meskipun pertambahan jumlah masyarakat yang memilah masih sangat sedikit yang memilah sampah sebelum dilakukan edukasi dan sosialisasi sebanyak 4% dari 114. Setelah dilakukan edukasi dan sosialisasi jumlah masyarakat yang telah memilah sampah mereka bertambah menjadi 25% dari 114 responden. Namun sosialisasi dan edukasi mempengaruhi jumlah masyarakat yang melakukan pembakaran sampah dan membuang sampah sembarangan. Sebelum dilakukannya edukasi dan sosialisasi sejumlah 39% dari 114 responden mengelola sampahnya dengan membakar, dan 4% dari 114 responden mengelola sampah dengan dibuang sembarangan. Setelah dilakukan edukasi dan sosialisasi, tidak ada lagi masyarakat yang membuang sampah sembarangan dan masyarakat yang membakar sampah berkurang jumlah menjadi 9% dari 114 responden. Hasil statistik dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15.

Alasan dari masyarakat tidak memilah sampah dan masih membakar sampah sebelum dan sesudah dilakukan edukasi dan sosialisasi didominasi oleh tidak tersedianya tempat sampah terpisah baik di rumah ataupun tempat penampungan sampah sementara. Hasil statistik dapat dilihat pada Gambar 16-19. Tempat penampungan sementara yang telah disediakan oleh pihak desa dinilai masih terlalu jauh dari rumah mereka. Maka perlu adanya penambahan titik tempat penampungan sementara untuk masyarakat. Sehingga tidak ada lagi masyarakat yang membakar sampah dan menambah jumlah masyarakat yang memilah sampah.

Keuntungan ekonomi masyarakat yang dihasilkan dari pengelolaan sampah biokonversi larva *Black Soldier Fly* dapat menjadi sebuah motivasi masyarakat untuk semakin rajin memilah sampahnya di rumah. Meskipun berdasarkan data statistik yang didapatkan hanya 1% dari 114 responden yang menjadikan keuntungan ekonomi sebagai motivasi pemilahan sampah, sisanya murni berdasarkan kepedulian pada lingkungan dan kesehatan. Hasil statistik dapat dilihat pada Gambar 20. Hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Boonrod et al (2015), bahwa insentif ekonomi meningkatkan perilaku pemilahan sampah terbesar dibandingkan dengan efisiensi sukarela (51%).

3.4. Model Pengelolaan Sampah dengan Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* Berbasis Pemberdayaan Masyarakat dalam Aspek Lingkungan, sosial, dan Ekonomi.

Berdasarkan analisis sistem dinamik dan statistik yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Model pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* berbasis pemberdayaan masyarakat dalam aspek lingkungan, sosial, ekonomi, dengan pemberian sampah campuran antara sampah dari masyarakat 100% terolah dan sampah sisa pemotongan ikan. Karena, sampah campuran menghasilkan total biomassa produk terbesar dan menghasilkan nilai ekonomi yang paling menguntungkan. Selain itu dari aspek lingkungan sampah campuran menghasilkan reduksi sampah terbesar sebesar 83,52%.

Nilai keuntungan ekonomi yang dihasilkan dapat sebagai motivasi tambahan masyarakat dalam memilah sampah, dan investasi manajerial untuk penambahan tempat penampungan sementara. Sehingga tidak ada alasan lagi untuk masyarakat tidak memilah sampah dan mengelola sampah dengan membakar. Selain itu, investasi manajerial dapat digunakan untuk penambahan kapasitas pengolahan. Sehingga selanjutnya tidak hanya 1 RT yang dapat dilakukan pengolahan, namun bisa bertambah menjadi 1 RW atau 1 Desa yang diolah sampahnya menggunakan biokonversi larva *Black Soldier Fly*.

Untuk mencapai target seluruh sampah terpilah sebelum dilakukan pengangkutan dan pengolahan, perlu dilakukan edukasi, sosialisasi, dan pendampingan secara rutin oleh kader lingkungan atau pihak pemerintah setempat. Sehingga jumlah masyarakat yang memilah sampah dapat bertambah dan sampah dapat terpilah seluruhnya sebelum diangkut dan diolah.

Tabel 2. Hasil Analisis Statistik Pengaruh Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* terhadap Reduksi Sampah Organik

Variabel	Rata-rata	Standar Deviasi	Standar Error	P faktor	N
Sampah yang diolah	36,4	31,24	12,7		
Sisa sampah	15,03	13,64	5,57	0,008	6

Sumber data diolah dari hasil Uji Analisis Statistik

Tabel 3. Hasil Analisis Statistik Pengaruh Jenis Sampah sebagai Formulasi Nutrisi Pakan terhadap Efektivitas Pengolahan

Variabel	Waste Reduction Index		Total Biomassa		Efisiensi Konversi pakan	
	Mean rank	P value	Mean rank	P value	Mean rank	P value
Sampah dari warga	2,5		19		5,5	
Sisa pemotongan ikan	4	0,651	8	0,0005	2,5	0,180
campuran	4		36,5		2,5	

Sumber data diolah dari hasil Uji Analisis Statistik

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Pengaruh Edukasi dan Sosialisasi terhadap Nilai Pengetahuan Masyarakat

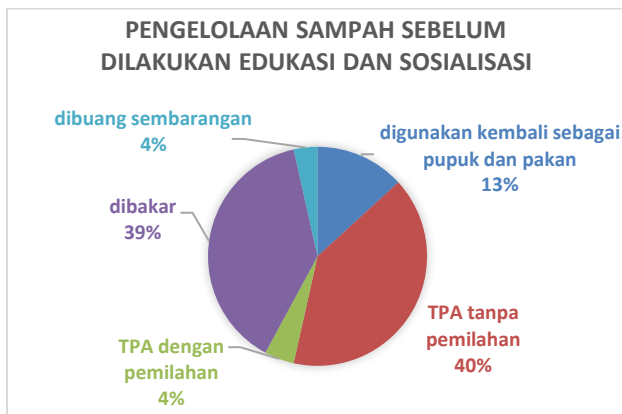
Variabel	Rata-rata	Standar Deviasi	Standar Error	P faktor
Nilai pre test pengetahuan	95,34	5,00	0,47	
Nilai post test pengetahuan	96,2	4,98	0,47	0,0005

Sumber data diolah dari hasil Uji Analisis Statistiik

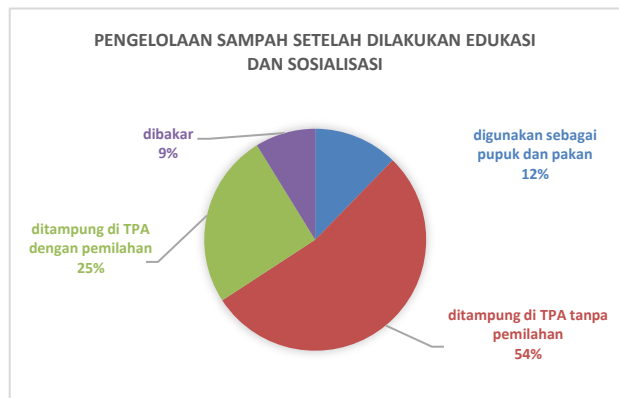
Tabel 5. Hasil Analisis Statistik Pengaruh Edukasi dan Sosialisasi terhadap Nilai Kesadaran Masyarakat

Variabel	Rata-rata	Standar Deviasi	Standar Error	P faktor
Nilai pretest kesadaran	37,3	3,66	0,34	
Nilai post test kesadaran	43,54	5,83	0,54	0,0005

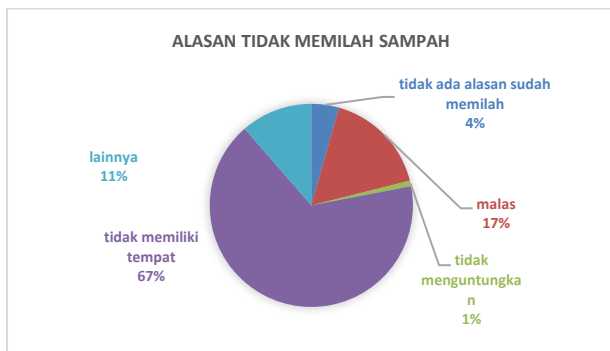
Sumber data diolah dari hasil Uji Analisis Statistik



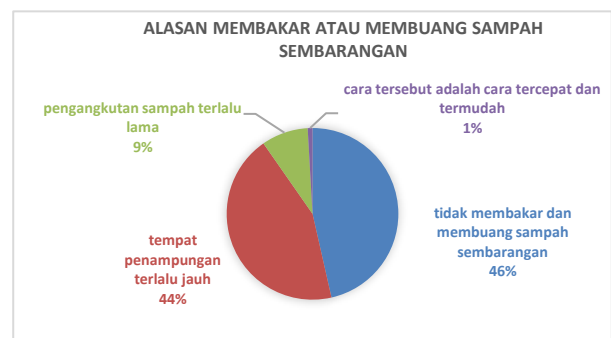
Gambar 14. Pengelolaan Sampah Masyarakat sebelum Dilakukan Edukasi dan Sosialisasi



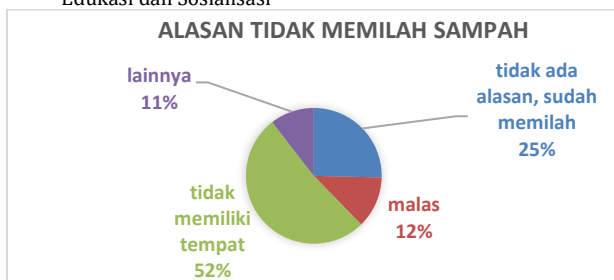
Gambar 15. Pengelolaan Sampah Masyarakat setelah Dilakukan Edukasi dan Sosialisasi



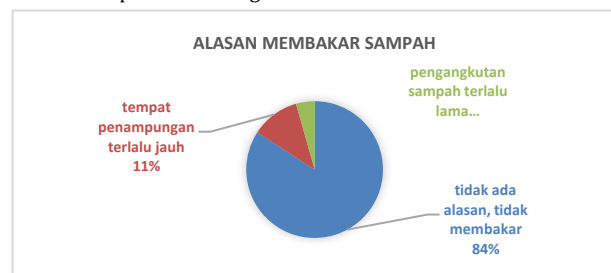
Gambar 16. Alasan Masyarakat Tidak Memilah Sampah sebelum Edukasi dan Sosialisasi



Gambar 17. Alasan Masyarakat Membakar atau Membuang Sampah Sembarangan sebelum Edukasi dan Sosialisasi



Gambar 18. Alasan Masyarakat tidak Memilah Sampah setelah Edukasi dan Sosialisasi



Gambar 19. Alasan Masyarakat Masih Membakar Sampah setelah Edukasi dan Sosialisasi



Gambar 4. 9 Motivasi Masyarakat dalam Memilah Sampah

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis dapat disimpulkan bahwa pengelolaan sampah organik dengan biokonversi larva *Black Soldier Fly* memiliki pengaruh signifikan terhadap reduksi sampah organik. Jenis sampah yang tepat untuk digunakan sebagai formula nutrisi pakan adalah sampah campuran (sampah dari masyarakat yang dapat terolah 100% dan sisa pemotongan ikan). Karena menghasilkan keuntungan ekonomi tertinggi dan dapat mereduksi sampah hingga 83,52%.

Keterbatasan penelitian ini adalah pemberdayaan masyarakat yang belum maksimal. Karena pembentukan sikap kesadaran lingkungan pada masyarakat membutuhkan waktu jangka panjang dan koordinasi dengan banyak pihak yang terintegrasi. Sehingga jumlah sampah yang dapat dianalisis pada penelitian ini masih sangat terbatas dan belum dapat menghasilkan nilai keuntungan ekonomi. Keuntungan ekonomi yang dihasilkan masih bersifat prediktif dengan simulasi sistem dinamik. Selain itu, pada penelitian ini masih terdapat bias pada analisis variable WRI dan efisiensi konversi pakan dikarenakan masih adanya makhluk hidup lain yang hinggap pada bahan penelitian. Penelitian ini juga belum melakukan analisis terkait keuntungan masyarakat yang dihasilkan dengan perubahan daya pilah sampah masyarakat. Hal ini dapat dijadikan sebagai saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

Saran dari Peneliti, pemerintah setempat disarankan untuk merancang regulasi yang tegas terkait pengelolaan sampah, mulai dari pengelolaan sampah di rumah masing-masing hingga dibuang ke tempat pembuangan akhir, dan dilakukan evaluasi secara berkala. Selain itu, pemerintah disarankan untuk melakukan edukasi dan sosialisasi atau pendampingan terhadap masyarakat terkait pemilahan sampah. Sehingga sistem pengelolaan dapat berjalan dengan baik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pemerintah Desa Tubanan, Kecamatan Kembangan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah dan PT Adil Makmur Sentosa yang telah membantu Peneliti selama melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

Avilés-Palacios, C., & Rodríguez-Olalla, A. (2021). The Sustainability of Waste Management Models in Circular Economies. *Sustainability*, 13(13), 7105. <https://doi.org/10.3390/su13137105>

- Barry, T. (2004). Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). In *UNT Digital Library*.
- Bava, L., Jucker, C., Gislou, G., Lupi, D., Savoldelli, S., Zucali, M., & Colombini, S. (2019). Rearing of *hermetia illucens* on different organic by-products: Influence on growth, waste reduction, and environmental impact. *Animals*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/ani9060289>
- Boonrod, K., Towprayoon, S., Bonnet, S., & Tripetchkul, S. (2015). Enhancing organic waste separation at the source behavior: A case study of the application of motivation mechanisms in communities in Thailand. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.12.002>
- Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elder, B., Givens, M., Jeffay, N., Pierce, B., & Robinson, W. (2013). The Black Soldier Fly. In *Institute for The Environment*.
- Cicilia, A. P., & Susila, N. (2018). Potensi Ampas Tahu Terhadap Produksi Maggot (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Pakan Ikan. *Anterior Jurnal*, 18(1), 40–47. <https://doi.org/10.33084/anterior.v18i1.407>
- Dinas Kepemudaan Olahraga dan Pariwisata Provinsi Jateng. (2020). *Pariwisata Jawa Tengah Dalam Angka* (Vol. 53, Issue 9).
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jepara. (2019). *Pengelolaan Sampah di Indonesia*. <https://dlh.jepara.go.id/2019/04/01/penge-lolaan-sampah-di-indonesia/>
- Dirjen PUPR. (2020). *Rekapitulasi Data Persampahan Provinsi*. <http://ciptakarya.pu.go.id/plp/simpersampahan/baseline/rosampahdataproplist.php?id=3300&tabid=dataumum>
- Fadhillah, N., & Bagastyo, A. Y. (2020). Utilization of *Hermetia illucens* Larvae as A Bioconversion Agent to Reduce Organic Waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1), 0–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/506/1/012005>
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2020). *Capaian Kerja Pengelolaan Sampah*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/capaian>
- Lord, J., & Hutchison, P. (2019). The process of empowerment: Implications for theory and practice. *Canadian Journal of Community Mental Health*, 12(1), 5–22.

- <https://doi.org/10.7870/cjcmh-1993-0001>
Mahmood, S., Zurbrügg, C., Tabinda, A. B., Ali, A., & Ashraf, A. (2021). *Sustainable Waste Management at Household Level with Black Soldier Fly Larvae (Hermetia illucens)*. 1–18.
- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 406–410.
<https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>
- Rahmawati, T., Karmini, M., & Tjahjani P, D. (2017). Peningkatan Pengetahuan dan Sikap Kepala Keluarga tentang Pengelolaan Sampah melalui Pemberdayaan Keluarga di Kelurahan Tamansari Kota Bandung. *Journal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 16(1), 1–7.
- Rozie, A. (2018). The Influence of Empowerment and Community Participation towards the Improvement of Community Welfare Recipient Community Empowerment Program Based in the City of Pekanbaru Riau Province. *Journal of Public Administration and Governance*, 8(3), 251.
<https://doi.org/10.5296/jpag.v8i3.13460>
- Tschirner, M., & Simon, A. (2015). Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 249–259.
<https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008>