

Peran Larva *Black Soldier Fly* dalam Pengurangan Limbah Kotoran Sapi dan Pilihan Pakan Unggas Ayam

Ilham Lacta Praditya¹, Yayok Suryo Purnomo^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Koresponden email: yayoksp.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 23 April 2024

Disetujui: 26 April 2024

Abstract

Livestock waste is a major concern due to its negative impact on the environment and society. Waste processing methods such as organic fertiliser production, biogas and the use of Black Soldier Fly (BSF) have been proposed as solutions to reduce the negative impacts of livestock waste. This research aims to investigate the potential of BSF larvae to manage cow dung waste and use it as an alternative feed source. The research included variations in feeding with a combination of local microorganisms (MOL) and Effective Microorganisms-4 (EM4) and analysis of the efficiency of decomposition of cow dung waste by BSF larvae. Initial observations show that cow dung waste has an alkaline pH and optimal temperature for the growth of BSF larvae. The research results showed that the combination of feeding cow dung waste with MOL EM4 Animal Husbandry at a ratio of 5:1 provided the highest percentage of waste reduction (59%) and optimal growth of BSF larvae. Variations in bioactivators and MOL feeding ratios also had a significant effect on waste reduction efficiency and BSF larval growth. BSF larvae fed with the EM4 Livestock mixture have high protein and fat content, making it a good alternative feed source for livestock. These results confirm the potential of BSF larvae to reduce livestock waste and provide an alternative feed source that is useful for agriculture and livestock.

Keywords: *BSF larvae, cow waste, bioactivators, waste processing, waste reduction*

Abstrak

Limbah peternakan sapi menjadi perhatian utama karena dampaknya yang merugikan pada lingkungan dan masyarakat. Metode pengolahan limbah, seperti produksi pupuk organik, biogas dan penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF), telah diusulkan sebagai solusi untuk mengurangi dampak negatif limbah peternakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi larva BSF dalam mengatasi limbah kotoran sapi dan memanfaatkannya sebagai sumber pakan alternatif. Penelitian melibatkan variasi pemberian pakan dengan kombinasi mikroorganisme lokal (MOL) dan Efektif Mikroorganisme-4 (EM4) serta analisis efisiensi dekomposisi limbah kotoran sapi oleh larva BSF. Pengamatan awal menunjukkan bahwa limbah kotoran sapi memiliki pH basa dan suhu optimal untuk pertumbuhan larva BSF. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pemberian pakan limbah kotoran sapi dengan MOL EM4 Peternakan pada rasio 5:1 memberikan presentase reduksi limbah tertinggi (59%) dan pertumbuhan larva BSF yang optimal. Variasi bioaktivator dan rasio pemberian MOL juga berpengaruh signifikan terhadap efisiensi dekomposisi limbah dan pertumbuhan larva BSF. Larva BSF yang diberi pakan dengan campuran EM4 Peternakan menunjukkan kandungan protein dan lemak yang tinggi, menjadikannya sumber pakan alternatif yang baik untuk ternak. Hasil ini menegaskan potensi larva BSF dalam mengurangi limbah peternakan sapi dan menyediakan sumber pakan alternatif yang berguna bagi pertanian dan peternakan.

Kata Kunci: *larva bsf, limbah sapi, bioaktivator, pengolahan limbah, reduksi limbah*

1. Pendahuluan

Limbah peternakan sapi telah menjadi perhatian utama dalam konteks lingkungan, karena dampaknya yang merugikan bagi masyarakat dan ekosistem sekitar. Hidayatullah et al. (2005) menunjukkan bahwa kotoran sapi dapat menciptakan masalah lingkungan yang mengganggu kenyamanan hidup masyarakat peternakan [1]. Seiring dengan peningkatan permintaan sapi di Indonesia, masalah limbah dari industri peternakan semakin memperburuk kondisi lingkungan [2], terutama limbah cair dan padat yang sering dibuang tanpa pengolahan yang memadai.

Karakteristik limbah peternakan sapi mencakup komposisi bahan organik yang tinggi, seperti protein, lemak, dan karbohidrat. Sebagai contoh, slurry dari kotoran sapi memiliki kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium yang signifikan [3]. Ini menciptakan potensi untuk berbagai metode pengolahan limbah ternak, termasuk produksi pupuk organik dan biogas.

Pupuk organik adalah salah satu alternatif yang umum digunakan dalam pengolahan limbah kotoran sapi. Kotoran sapi secara khusus memiliki potensi untuk dijadikan pupuk organik yang bermanfaat bagi lingkungan dan pertanian [4]. Selain itu, penggunaan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas juga merupakan solusi yang efisien untuk mengurangi kelangkaan bahan bakar di daerah pedesaan [5].

Metode lain untuk pengolahan limbah kotoran sapi adalah melalui penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF). Larva BSF telah terbukti efektif dalam mencerna bahan organik kompleks, termasuk kotoran sapi, dan mengubahnya menjadi larva yang kaya protein dan lemak [6]. Proses transformasi ini memiliki potensi untuk mengurangi limbah dan menciptakan sumber pakan alternatif untuk hewan ternak.

Siklus hidup *Black Soldier Fly* (BSF) juga memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana larva ini dapat digunakan secara efektif dalam pengolahan limbah. Tahapan dari telur hingga lalat dewasa memiliki implikasi praktis dalam manajemen limbah dan produksi larva untuk berbagai tujuan [7].

Terlepas dari penggunaan larva BSF, pemanfaatan bioaktivator seperti Mikroorganisme Lokal (MOL) dan Efektif Mikroorganisme-4 (EM4) juga menunjukkan potensi dalam pengelolaan limbah kotoran sapi. Bioaktivator ini membantu dalam proses dekomposisi dan konversi limbah menjadi produk yang lebih bernilai [8]. Dengan demikian, strategi yang holistik dan terintegrasi diperlukan dalam mengelola limbah peternakan sapi untuk meminimalkan dampak negatifnya pada lingkungan dan masyarakat sekitar.

Kotoran sapi merupakan sumber pencemaran lingkungan yang signifikan, terutama dalam industri peternakan yang sering menghadapi masalah besar akibat jumlah sapi yang dipelihara secara massal. Limbah tersebut mengandung bahan organik tinggi dan gas metana berbahaya, serta dapat menyimpan patogen dan bakteri penyebab penyakit. Peternakan tidak hanya menjadi sarana investasi tetapi juga berperan dalam meningkatkan perekonomian masyarakat pedesaan. *Black Soldier Fly* (BSF) telah muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi masalah limbah kotoran sapi dengan efektif mengonversi bahan organik menjadi larva BSF yang kaya protein dan lemak. Metode ini dikenal sebagai reduksi kotoran sapi menggunakan BSF, dimana larva BSF diakui sebagai konsumen yang efisien terhadap kotoran sapi [9].

Para peneliti telah mengungkap berbagai hasil penelitian terkait biokonversi limbah menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Fajri et al. (2021) menemukan bahwa pertumbuhan larva BSF dari kotoran ayam dan sapi hampir tidak berbeda, tetapi produksi larva lebih tinggi saat diberi pakan kotoran sapi [10]. Hasil serupa juga ditemukan oleh Buana dan Alfiah (2021), yang menunjukkan bahwa kotoran sapi cocok sebagai pakan larva BSF dengan tingkat survival rate di atas 85% [6]. Sementara itu, penelitian oleh Hakim et al. (2017) menemukan bahwa pakan optimum untuk biokonversi limbah tuna adalah kepala tuna sebanyak 60 mg [11]. Selain itu, Fakhrieza et al. (2023) menemukan bahwa pemberian kotoran sapi menghasilkan indeks reduksi sampah tertinggi [12], sementara Cheng et al. (2017) menunjukkan bahwa kadar air 80% pada sampah mempercepat pertumbuhan larva BSF [13]. Selain menghasilkan larva yang kaya protein, BSF juga dapat menghasilkan biodiesel dari kotoran sapi, mengurangi pencemaran lingkungan dan menyediakan alternatif pakan baru [14].

Penelitian terkait telah menunjukkan bahwa pemberian EM4 dan mikroorganisme lokal (MOL) dari nasi basi pada limbah kotoran sapi dapat mempengaruhi efisiensi dekomposisi oleh larva BSF. Variasi dalam komposisi pakan dan rasio kombinasi umpan pada larva BSF dapat memengaruhi pertumbuhan dan efisiensi larva dalam mendekomposisi limbah kotoran sapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi larva BSF dalam mendekomposisi limbah kotoran sapi dengan berbagai metode pemberian pakan serta memanfaatkannya sebagai sumber pakan alternatif untuk ternak atau ikan setelah proses penguraian selesai [15].

2. Metode Penelitian

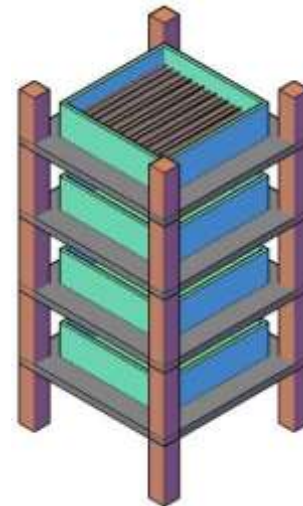
Penelitian ini melibatkan tahapan persiapan dengan menggunakan alat dan bahan yang diperlukan, termasuk reaktor plastik, larva *Black Soldier Fly* (BSF), limbah kotoran sapi, mikroorganisme lokal, dan bioaktivator. Sebelum memberi makan larva BSF, limbah kotoran sapi didiamkan untuk mengurangi kadar gas amonia, dan pendiaman ini dapat digantikan dengan proses pembuatan biogas dari kotoran sapi. Penelitian dilakukan dengan memberi makan larva BSF dalam reaktor yang telah dimodifikasi dengan pemberian bioaktivator seperti EM4 pada jenis mikroorganisme lokal. Sebelum pencampuran dengan limbah kotoran sapi, limbah tersebut didiamkan untuk mengurangi kadar ammonia, dan pencampuran dengan bioaktivator dilakukan seminggu sebelum pemberian pakan agar fermentasi mikroorganisme berjalan optimal.

Data dalam penelitian ini akan diambil dari beberapa tahap, termasuk total reduksi limbah kotoran sapi, pertumbuhan larva BSF, dan efisiensi konsumsi larva BSF. Dalam penelitian ini, terdapat beberapa kriteria variabel yang mempengaruhi hasilnya. Variabel bebas mencakup modifikasi pakan, seperti

kombinasi kotoran sapi dengan MOL Nasi dan EM4 dari sektor pertanian, peternakan, perikanan, serta limbah/toilet, serta variasi rasio kombinasi umpan. Variabel terikat meliputi presentase reduksi limbah kotoran sapi, efisiensi konsumsi larva BSF, dan pertumbuhan larva BSF. Sedangkan, variabel kontrol mencakup penggunaan limbah kotoran sapi tanpa campuran bioaktivator dan parameter yang diamati, seperti bobot larva, reduksi limbah, suhu, dan pH.. Analisis data akan melibatkan pengolahan data reduksi limbah, presentase pertumbuhan larva, serta efisiensi konsumsi larva BSF dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan. Tahap analisis ini akan menghasilkan laporan yang memuat gambar, tabel, dan grafik untuk menjelaskan hasil penelitian dengan lebih baik.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Reaktor Penelitian Wadah Plastik

Tabel 1. Variasi Kombinasi

Reaktor	Pakan (P)	Rasio Kombinasi Umpan
S	Kotoran Sapi	l = 30 gram
SA1	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Pertanian	5:1
SA2	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Pertanian	10:1
SA3	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Pertanian	15:1
SA4	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Pertanian	30:1
SB1	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Peternakan	5:1
SB2	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Peternakan	10:1
SB3	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Peternakan	15:1
SB4	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Peternakan	30:1
SC1	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Perikanan	5:1
SC2	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Perikanan	10:1
SC3	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Perikanan	15:1
SC4	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Perikanan	30:1
SD1	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Limbah	5:1
SD2	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Limbah	10:1
SD3	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Limbah	15:1
SD4	Kotoran Sapi + MOL Nasi + EM4 Limbah	30:1

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Awal Limbah Kotoran Sapi

Larva Black Soldier Fly (BSF), sering disebut sebagai "belatung," memasuki berbagai fase, termasuk fase larva, di mana mereka tidak memerlukan media tumbuh tetapi menggunakan makanan sebagai tempat tinggal. Dalam penelitian ini, kotoran sapi digunakan sebagai media pakan larva BSF, dengan pengukuran pH dan suhu limbah kotoran sapi sebagai pertimbangan utama sebelum diberikan kepada larva BSF. Pengukuran awal menunjukkan pH limbah kotoran sapi berada pada kondisi basa (pH 9,0), yang masih sesuai untuk pertumbuhan larva BSF menurut penelitian [7]. Suhu limbah kotoran sapi, yang berada pada kisaran 30-31°C, juga sesuai dengan kondisi yang diperlukan untuk pertumbuhan larva BSF, meskipun suhu yang terlalu tinggi harus dihindari. Kondisi ini menunjukkan pentingnya memperhatikan kualitas limbah kotoran sapi sebagai media pakan untuk memastikan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan larva BSF serta menyesuaikan campuran media pakan untuk menyesuaikan suhu [16].

Tabel 2. pH Awal dan Suhu Awal Limbah Kotoran Sapi

Sampel	pH Awal	Suhu Awal (°C)
Kotoran Sapi	9,0	31
Kotoran Sapi + MOL EM4 Pertanian	9,0	30
Kotoran Sapi + MOL EM4 Peternakan	9,0	30
Kotoran Sapi + MOL EM4 Perikanan	9,0	30
Kotoran Sapi + MOL EM4 Limbah	9,0	30

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

3.2 Presentase Reduksi Limbah Kotoran Sapi

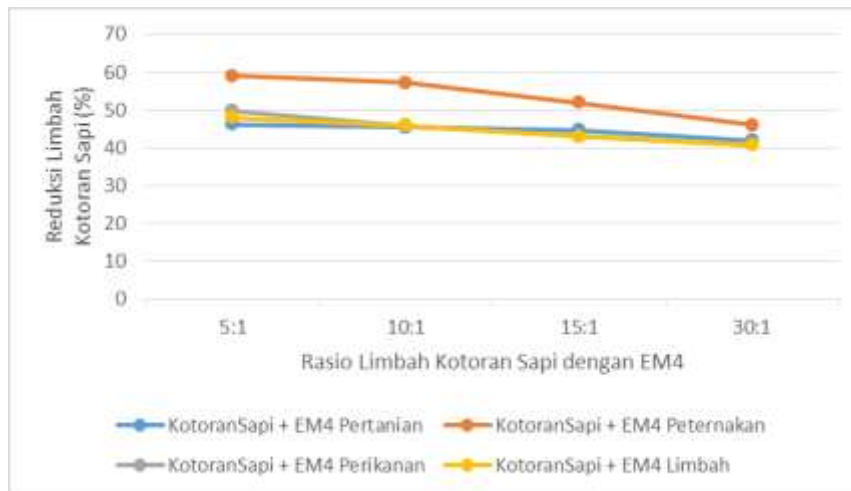
Efektivitas penggunaan larva Black Soldier Fly (BSF) dalam mengurangi kotoran sapi dengan berbagai campuran Enhanced Microorganisms (EM4) tercermin dari presentase reduksi limbahnya, yang berkorelasi dengan pertumbuhan bobot larva BSF. Reduksi limbah kotoran sapi meningkat seiring dengan pertumbuhan larva BSF. Menurut Diener (2010), perhitungan reduksi limbah organik dapat dilakukan dengan mengurangi total pakan yang diberikan dengan sisa pakan [17]. Hasil perhitungan reduksi limbah kotoran sapi dengan berbagai campuran EM4 dan rasio pemberian MOL ditampilkan dalam **Tabel 3**. Reduksi tertinggi terjadi pada limbah kotoran sapi yang dicampur EM4 Peternakan dengan rasio 5:1, mencapai 59% dengan jumlah pakan total 300 mg/0,9 gr larva/10 hari.

Hal ini disebabkan oleh aktivitas bakteri asam laktat dalam EM4 yang mempercepat fermentasi senyawa organik dalam limbah, serta kerjasama dengan jamur untuk menguraikan senyawa organik menjadi yang lebih sederhana [18]. Sedangkan reduksi terendah terdapat pada limbah kotoran sapi tanpa pencampuran, sebesar 39,89%. **Gambar 3** menunjukkan hubungan antara reduksi limbah kotoran sapi dengan rasio campuran EM4.

Tabel 3. Pengaruh Variasi EM4 dan Rasio Pemberian MOL Terhadap Presentase Reduksi Limbah Kotoran Sapi

Sampel	Kode	Rasio	Berat Media (gram)		Susut Media (%)
			Total	Sisa	
Kotoran Sapi	S	1	300	180,31	39,89
	SA1	5:1	300	161,52	46,16
Kotoran Sapi + MOL Nasi EM4 Pertanian	SA2	10:1	300	163,45	45,52
	SA3	15:1	300	166	44,67
	SA4	30:1	300	174,21	41,93
	SB1	5:1	300	122,99	59
Kotoran Sapi + MOL Nasi EM4 Peternakan	SB2	10:1	300	128,32	57,22
	SB3	15:1	300	144,3	51,9
	SB4	30:1	300	161,67	46,11
	SC1	5:1	300	150,31	49,89
Kotoran Sapi + MOL Nasi EM4 Perikanan	SC2	10:1	300	162,4	45,86
	SC3	15:1	300	170,84	43,05
	SC4	30:1	300	177,63	40,79
	SD1	5:1	300	156,61	48
Kotoran Sapi + MOL Nasi EM4 Limbah	SD2	10:1	300	162,22	45,92
	SD3	15:1	300	170,71	43,09
	SD4	30:1	300	177,56	40,81

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 3. Grafik hubungan antara reduksi limbah kotoran sapi dengan pemberian rasio campuran
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

3.2.1 Pengaruh Rasio Variasi Pakan terhadap Presentase Reduksi Limbah Kotoran Sapi

Hasil perhitungan presentase reduksi limbah kotoran sapi menunjukkan bahwa larva yang diberi limbah kotoran sapi yang dicampur dengan MOL EM4 dengan rasio 5:1 memiliki tingkat reduksi limbah yang lebih tinggi daripada rasio lainnya, mencapai 59%. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kelembaban media pakan larva BSF memengaruhi pertumbuhan mereka. Penelitian yang dilakukan oleh Dortmans (2017), menyatakan bahwa semakin rendah kadar air dalam media pakan, semakin optimal pertumbuhan larva BSF [19]. Nilai presentase reduksi limbah dipengaruhi oleh jumlah limbah dan kadar air yang diberikan, serta waktu reduksi. Perhitungan dilakukan setelah 10 hari larva BSF mereduksi limbah kotoran sapi, menunjukkan bahwa pemberian limbah kotoran sapi dengan rasio 5:1 optimal untuk pertumbuhan larva BSF dalam 10 hari.

3.2.2 Pengaruh Modifikasi Pakan terhadap Presentase Reduksi Limbah Kotoran Sapi

Penelitian ini memperlihatkan bahwa pencampuran bioaktivator sebagai variasi pakan untuk larva BSF memiliki dampak signifikan terhadap reduksi limbah kotoran sapi. Variasi bioaktivator, seperti MOL EM4 Pertanian, EM4 Peternakan, EM4 Perikanan, dan EM4 Limbah, dicampurkan dengan limbah kotoran sapi dalam berbagai rasio. Pencampuran tersebut dilakukan seminggu sebelum pemberian kepada larva BSF untuk memungkinkan proses fermentasi MOL. Larva BSF yang diberi limbah kotoran sapi tanpa campuran bioaktivator menunjukkan pertumbuhan yang kurang maksimal dibandingkan dengan yang diberi campuran, karena kurangnya mikroorganisme yang membantu dalam proses degradasi. Hasil menunjukkan bahwa larva yang diberi limbah kotoran sapi dengan campuran MOL EM4 memiliki nilai reduksi yang optimal, karena mikroorganisme dalam EM4, seperti *Lactobacillus* sp. dan bakteri fotosintetik, membantu dalam degradasi limbah. Selain itu, larva yang diberi campuran EM4 menunjukkan nilai reduksi yang lebih tinggi daripada yang tidak. EM4 adalah larutan yang mengandung berbagai mikroorganisme yang berperan dalam penguraian bahan organik secara alami.

3.2.3 Pengaruh pH dan Suhu terhadap Reduksi Limbah Kotoran Sapi

Hasil pengamatan suhu pada media tumbuh larva BSF dari limbah kotoran sapi menunjukkan rata-rata suhu sekitar 30°C, yang masih berada dalam rentang suhu optimal pertumbuhan larva. Penelitian ini mendukung temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa suhu optimal untuk pertumbuhan larva BSF berada antara 30°C hingga 36°C [20]. Perlu dicatat bahwa suhu media pertumbuhan larva BSF cenderung meningkat seiring waktu karena aktivitas larva yang mengonsumsi makanan. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pertumbuhan larva yang tidak optimal. Selain itu, korelasi antara pH dengan presentase reduksi kotoran sapi menunjukkan nilai Pearson sebesar 0,009, menunjukkan hubungan positif antara pH dan nilai reduksi limbah. Meskipun demikian, nilai Pearson yang mendekati 0 menunjukkan bahwa hubungan antara pH dan presentase reduksi limbah relatif lemah.

3.3 Pertumbuhan Larva BSF

3.3.1 Pertambahan Panjang Larva BSF

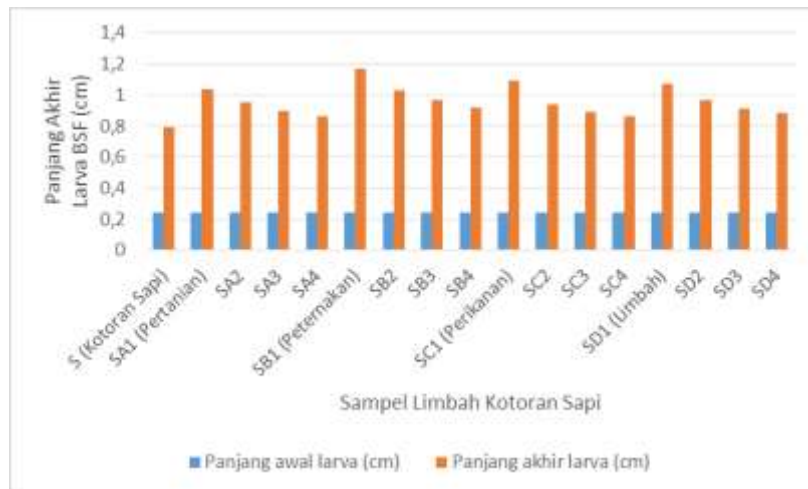
Pertumbuhan larva BSF yang diukur berdasarkan panjang dan beratnya menunjukkan hasil yang signifikan dalam penelitian ini. Larva BSF mengalami pertambahan panjang yang bervariasi tergantung pada variasi media pakan dan rasio pemberian bioaktivator EM4. Larva dengan pemberian limbah kotoran sapi yang dicampur dengan bioaktivator MOL EM4 Peternakan dengan rasio 5:1 menunjukkan

pertambahan panjang terbesar, mencapai 0,93 cm, sementara larva yang diberi limbah kotoran sapi tanpa campuran bioaktivator hanya tumbuh sekitar 0,55 cm. Pengukuran panjang larva menggunakan jangka sorong dengan skala terkecil 0,01 cm atau 0,1 mm, dengan pengambilan sampel 5 ekor larva tiap reaktornya selama 10 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian bioaktivator MOL EM4 mempengaruhi pertumbuhan larva BSF, dengan rasio 5:1 memberikan pertumbuhan yang optimal. Hal ini sesuai dengan temuan sebelumnya bahwa fase larva merupakan periode efektif konsumsi media pertumbuhan oleh larva BSF. Namun, penting untuk dicatat bahwa pertumbuhan larva BSF tidak hanya dipengaruhi oleh pemberian pakan, tetapi juga oleh faktor lain seperti suhu dan kondisi lingkungan lainnya.

Tabel 4. Perbandingan panjang awal larva dan panjang akhir larva

Jenis Limbah	Panjang awal larva (cm)	Panjang akhir larva (cm)
S (Kotoran Sapi)	0,24	0,79
SA1 (Pertanian)	0,24	1,04
SA2	0,24	0,95
SA3	0,24	0,90
SA4	0,24	0,86
SB1 (Pternakan)	0,24	1,17
SB2	0,24	1,03
SB3	0,24	0,97
SB4	0,24	0,92
SC1 (Perikanan)	0,24	1,09
SC2	0,24	0,94
SC3	0,24	0,89
SC4	0,24	0,86
SD1 (Limbah)	0,24	1,07
SD2	0,24	0,97
SD3	0,24	0,91
SD4	0,24	0,88

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 4. Grafik pertambahan panjang akhir larva BSF dengan pemberian berbagai sampel campuran pakan

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

3.3.2 Pertambahan Berat Larva BSF

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan berat tubuh larva BSF dipengaruhi oleh jenis pakan dan rasio campuran bioaktivator yang diberikan. Larva BSF yang diberi limbah kotoran sapi tanpa campuran bioaktivator memiliki pertambahan berat yang paling kecil, sementara larva yang diberi campuran MOL EM4 Pertanian dan MOL EM4 Peternakan menunjukkan pertambahan berat yang paling signifikan. Pemberian pakan limbah kotoran sapi dengan campuran MOL EM4 Peternakan pada rasio 5:1 menunjukkan pertambahan berat terbesar, yaitu 0,1027 gram, dibandingkan dengan perlakuan lainnya bisa dilihat dalam **Tabel 5**. Hal ini konsisten dengan temuan bahwa kandungan nutrisi yang baik dalam MOL EM4 Peternakan mendukung pertumbuhan optimal larva BSF. Kandungan bakteri fotosintetik dalam EM4 juga berkontribusi pada pertumbuhan larva BSF. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa bakteri fotosintetik dapat memanfaatkan bahan organik untuk mempercepat pertumbuhan. Oleh karena itu, pemberian pakan limbah kotoran sapi yang dicampur dengan MOL EM4 Peternakan pada rasio 5:1 menjadi pilihan yang optimal untuk meningkatkan pertumbuhan larva BSF.

Tabel 5. Perbandingan berat awal larva dan berat akhir larva

Jenis Limbah	Berat awal larva (gr)	Berat akhir larva (gr)
S (Kotoran Sapi)	0,0023	0,061
SA1 (Pertanian)	0,0023	0,070
SA2	0,0023	0,069
SA3	0,0023	0,068
SA4	0,0023	0,062
SB1 (Peternakan)	0,0023	0,105
SB2	0,0023	0,081
SB3	0,0023	0,079
SB4	0,0023	0,070
SC1 (Perikanan)	0,0023	0,084
SC2	0,0023	0,071
SC3	0,0023	0,069
SC4	0,0023	0,069
SD1 (Limbah)	0,0023	0,080
SD2	0,0023	0,072
SD3	0,0023	0,070
SD4	0,0023	0,066

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 5. Grafik pertambahan berat pada larva BSF dengan pemberian berbagai campuran pakan

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

3.4 Karakteristik Larva BSF sebagai Pakan Ayam

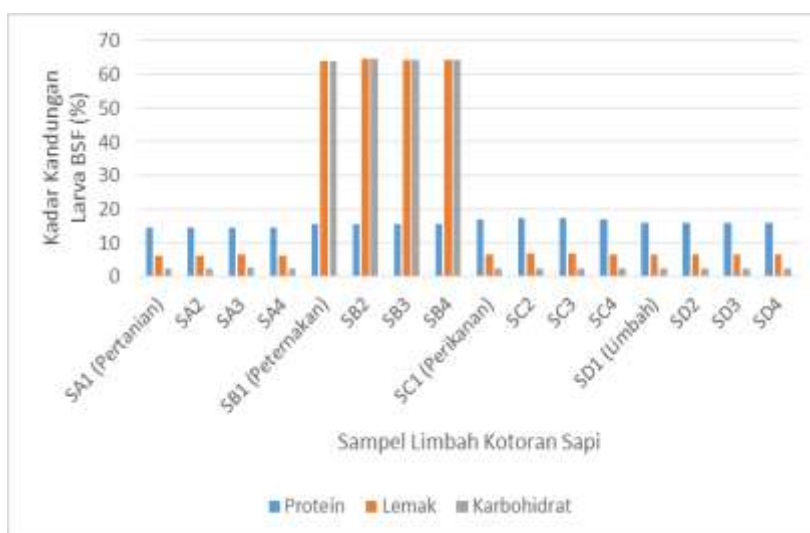
Pakan ternak, baik organik maupun anorganik yang dapat dicerna tanpa mengganggu kesehatan ternak, merupakan bahan pakan. Larva BSF, yang merupakan organisme fagositik, dapat memakan tumbuhan dan hewan yang membusuk secara efektif tanpa mengeluarkan bau yang menyengat. Pemanfaatan larva BSF sebagai pakan ternak memiliki manfaat langsung dan tidak langsung. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa larva BSF memiliki kandungan protein dan lemak yang cukup tinggi, terutama pada pemberian pakan dengan campuran EM4 Peternakan bisa di lihat dalam **Tabel 6**. Kandungan protein yang tinggi ini sesuai dengan standar mutu pakan ayam ras petelur. Selain itu, penggunaan insekta sebagai sumber protein juga telah terbukti lebih murah, ramah lingkungan, dan sesuai untuk pakan ternak, termasuk unggas dan ikan [21]. Untuk memastikan kualitas pakan, penting untuk menjaga agar kandungan nutrisinya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia [22].

Dari **Tabel 6** dapat dilihat bahwa rata-rata kandungan protein yang didapatkan sebesar 15% dan rata-rata nilai kandungan lemak sebesar 19%. Nilai kandungan yang terbaik dapat dilihat pada perlakuan pemberian kotoran sapi yang dicampurkan dengan mol EM4 Peternakan. Nilai protein yang dihasilkan sebesar 15% dan nilai lemak sebesar 64%. Diketahui pada limbah kotoran sapi dengan campuran EM4 Peternakan memiliki kandungan karbohidrat dan lemak yang tinggi diantara yang lain. Ini disebabkan karena EM4 Peternakan memiliki kandungan bahan yang berkarbohidrat tinggi yang baik untuk hewan ternak. Kandungan protein yang terdapat pada kotoran sapi yang ddiberikan ini kemudian yang akan dimanfaatkan oleh larva BSF untuk membentuk protein pada tubuhnya [16]. Pakan harus terjaga kualitasnya agar sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Kelayakan bahan yang akan dijadikan pakan harus mengikuti uji kelulusan mutu dan keamanan yang telah ditentukan oleh pemenuhan kandungan nutrisi yang telah dipersyaratkan dalam SNI. Pada **Tabel 7** dapat dilihat perbandingan kandungan larva BSF dengan SNI pakan ayam ras petelur.

Tabel 6. Hasil Uji Kadar Kandungan Protein Lemak dan Karbohidrat Larva BSF

No	Limbah Kotoran Sapi	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
1	SA1 (Pertanian)	14,45	6,29	2,48
2	SA2	14,61	6,34	2,49
3	SA3	14,65	6,35	2,56
4	SA4	14,60	6,24	2,50
5	SB1 (Peternakan)	15,60	64,20	64,20
6	SB2	15,70	64,60	64,62
7	SB3	15,71	64,50	64,38
8	SB4	15,65	64,48	64,35
9	SC1 (Perikanan)	17,10	6,63	2,39
10	SC2	17,20	6,75	2,42
11	SC3	17,18	6,76	2,50
12	SC4	17,09	6,58	2,50
13	SD1 (Limbah)	15,80	6,51	2,28
14	SD2	15,95	6,60	2,30
15	SD3	15,98	6,62	2,36
16	SD4	15,78	6,55	2,28

Sumber : Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya, 2023



Gambar 6. Grafik hasil uji kadar kandungan protein lemak dan karbohidrat pada larva BSF

Tabel 7. Perbandingan Kadar Kandungan Protein dan Lemak Larva BSF dengan SNI Pakan Ayam

No	Limbah Kotoran Sapi	Protein (%)	Lemak (%)
	SNI Pakan Ayam (min)	15,5	3
1	SA1 (Pertanian)	14,45	6,29
2	SA2	14,61	6,34
3	SA3	14,65	6,35
4	SA4	14,60	6,24
5	SB1 (Peternakan)	15,60	64,20
6	SB2	15,70	64,60
7	SB3	15,71	64,50
8	SB4	15,65	64,48
9	SC1 (Perikanan)	17,10	6,63
10	SC2	17,20	6,75
11	SC3	17,18	6,76
12	SC4	17,09	6,58
13	SD1 (Limbah)	15,80	6,51
14	SD2	15,95	6,60
15	SD3	15,98	6,62
16	SD4	15,78	6,55

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

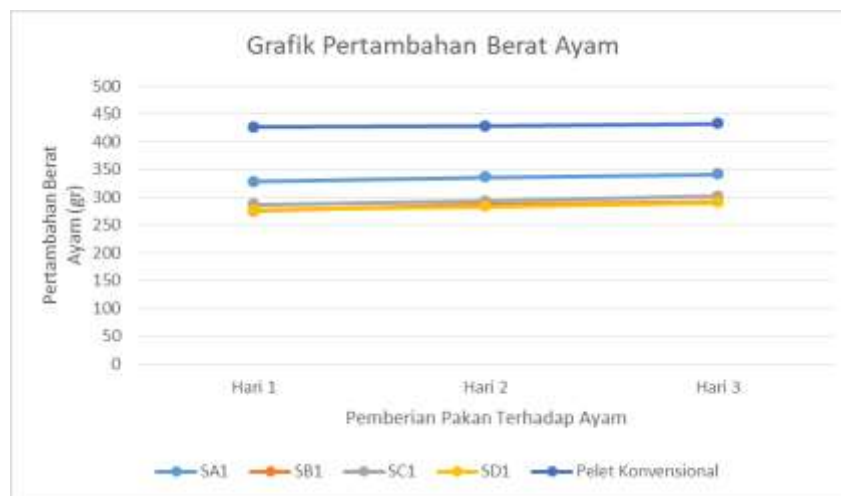
3.5 Perlakuan Pemberian Pakan Ayam dengan BSF atau Pakan Konvensional

Penelitian ini melakukan eksperimen langsung terhadap ayam dengan memberikan pakan yang mengandung larva BSF, yang sebelumnya telah diberi makan limbah kotoran sapi dengan berbagai campuran, sebagai perbandingan, sebagian ayam diberi pakan berupa pelet ayam konvensional tanpa larva. **Tabel 8** menunjukkan pertumbuhan ayam dengan dua jenis pakan tersebut selama tiga hari.

Tabel 8. Perbandingan Berat Ayam
Pemberian Pakan Ayam Hari ke-

Pakan	1	2	3
SB1	275,7	285,9	292,2
SA1	328,2	335,8	341,6
SC1	287,4	293,2	301,8
SD1	277,8	283,3	290,5
Pelet Konvensional	426,4	428,4	432,2

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 7. Grafik Pertambahan berat ayam dengan pemberian pakan menggunakan larva BSF dan pelet konvensional

Grafik **Gambar 7** yang menggambarkan pertambahan berat ayam selama periode tersebut menunjukkan perbedaan signifikan dalam pertumbuhan ayam antara dua jenis pakan. Pertumbuhan berat ayam yang paling signifikan terjadi pada ayam yang diberi pakan yang mengandung lemak dan karbohidrat tertinggi, yaitu pada perlakuan SA1, yang telah memenuhi standar pakan ayam sesuai SNI. Oleh karena itu, pemberian pakan ayam dengan larva BSF memiliki potensi sebagai pengganti yang cukup signifikan untuk pelet ayam konvensional. Uji coba untuk menilai palatabilitas berdasarkan tingkat aktivitas ternak saat pemberian pakan juga dilakukan, dengan kriteria termasuk pertumbuhan ayam, frekuensi patukan saat pakan diberikan, waktu istirahat makan, dan tingkat agresivitas ayam.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pendekatan holistik dalam pengelolaan limbah peternakan sapi dengan menggunakan kombinasi larva Black Soldier Fly (BSF) dan bioaktivator seperti Mikroorganisme Lokal (MOL) dan Efektif Mikroorganisme-4 (EM4) memiliki potensi besar untuk mengurangi dampak negatif limbah peternakan pada lingkungan dan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat peternak. Studi menunjukkan bahwa kombinasi limbah kotoran sapi dengan EM4 Peternakan pada rasio 5:1 memberikan hasil optimal dalam hal reduksi limbah, pertumbuhan larva BSF, dan kualitas larva sebagai pakan ternak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva BSF mampu mereduksi limbah kotoran sapi secara optimal hingga 59% ketika diberi pakan limbah kotoran sapi yang dicampur dengan EM4 Peternakan dengan rasio 5:1.

Selain itu, karakteristik larva BSF memenuhi standar SNI Pakan Ayam Ras Petelur dalam hal nilai protein dan lemak, menunjukkan potensi besar larva BSF sebagai sumber pakan ternak yang berkualitas. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan solusi berkelanjutan untuk mengatasi masalah limbah peternakan sapi dan meningkatkan pemanfaatan limbah sebagai sumber daya yang bernilai.

5. Referensi

- [1] Hidayatullah, Gunawan, K. Mudikdjo, and N. Erliza, "Pengelolaan Limbah Cair Usaha Peternakan Sapi Perah Melalui Penerapan Konsep Produksi Bersih," *J. Pengkaj. dan Pengemb. Teknol.*, vol. 8, no. 1, pp. 124–136, 2005.
- [2] D. Sumiarsa, R. Jatnika, T. B. A. Kurnani, and M. W. Lewaru, "Perbaikan Kualitas Limbah Cair Peternakan Sapi Perah Oleh Spirulina SP," *J. Akuatika*, vol. II, no. September, pp. 91–97, 2011.
- [3] G. P. Tangkas and Y. Trihadiningrum, "Kajian Pengelolaan Limbah Padat Peternakan Sapi Simantri Berbasis 2R (Reduce dan Recycle) di Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. D86–D91, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.17071.
- [4] S. P. Nugraha and F. N. Amini, "Pemanfaatan Kotoran Sapi Menjadi Pupuk Organik," *J. Inov. dan Kewirausahaan*, vol. 2, no. 3, pp. 193–197, 2013.
- [5] S. Huda and W. Wikanta, "Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Pupuk Organik Sebagai Upaya Mendukung Usaha Peternakan Sapi Potong di Kelompok Tani Ternak Mandiri Jaya Desa Moropelang Kecamatan Babat Kabupaten Lamongan," *Aksiologi J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–35, 2017, doi: 10.30651/aks.v1i1.303.
- [6] S. M. Buana and T. Alfiah, "Biokonversi Kotoran Ternak Sapi menggunakan Larva Black SoldierFly (*Hermetia illucens*)," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. IX 2021*, pp. 406–412, 2021.
- [7] R. Suciati and H. Faruq, "Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots *Hermetia illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik," *Biosf. J. Biol. dan Pendidik. Biol.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–13, 2017, doi: 10.23969/biosfer.v2i1.356.
- [8] E. L. Fitria, W. S. D. Yamika, and S. Mudji, "Pengaruh Biourin, Em4 Dan Pupuk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah (*Allium Ascalonicum L.*) Pada Kondisi Ternaungi," *J. Produksi Tanam.*, vol. 5, no. 3, pp. 475–483, 2017, [Online]. Available: <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/402>.
- [9] P. W. Westerman and J. R. Bicudo, "Management considerations for organic waste use in agriculture," *Bioresour. Technol.*, vol. 96, no. 2, pp. 215–221, 2005, doi: 10.1016/j.biortech.2004.05.011.
- [10] N. A. Fajri and N. M. A. Kartika, "Produksi Magot Menggunakan Manur Ayam Sebagai Pakan Unggas," *AGRIPTEK J. Agribisnis dan Peternak.*, vol. 1, no. 2, pp. 66–71, 2021.
- [11] A. R. Hakim, A. Prasetya, and H. T. B. M. Petrus, "Studi Laju Umpan Pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*," *J. Pascapanen dan Bioteknol. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 12, no. 2, pp. 179–192, 2017, [Online]. Available: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/Buku_Panduan_BSF_LR.pdf.
- [12] M. H. Fakhrieza, D. Sari, and T. Yuniastuti, "Biokonversi Kotoran Sapi, Ampas Tahu Dan Sampah Sayuran Menggunakan Maggot," *PREPOTIF J. Kesehat. Masy.*, vol. 7, no. 1, pp. 604–610, 2023.
- [13] Q. Li, L. Zheng, N. Qiu, H. Cai, J. K. Tomberlin, and Z. Yu, "Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production," *Waste Manag.*, vol. 31, no. 6, pp. 1316–1320, 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.005.
- [14] P. M. Cahyani, D. E. Maretha, and Asnilawati, "Uji Kandungan Protein, Karbohidrat Dan Lemak Pada Larva Maggot (*Hermetia illucens*) Yang Di Produksi Di Kalidoni Kota Palembang Dan Sumbangsihnya Pada Materi Insecta Di Kelas X SMA/MA," *Bioilmi J. Pendidik.*, vol. 6, no. 2, pp. 120–128, 2020, doi: 10.19109/bioilmi.v6i2.7036.
- [15] Royaeni, Pujiono, and D. T. Pudjowati, "Pengaruh Penggunaan Bioaktivator MOL Nasi dan MOL Tapai Terhadap Lama Waktu Pengomposan Sampah Organik pada Tingkat Rumah Tangga," *VisiKes*, vol. 13, no. 1, pp. 1–102, 2014.
- [16] F. A. Katayane, B. Bagau, F.R. Wolayan, and M.R.Imbar, "Produksi dan Kandungan Protein Maggot (*Hermetia illucens*) Dengan Menggunakan Media Tumbuh Berbeda," *J. Zootek*, vol. 34, pp. 27–36, 2014.
- [17] S. DIENER, "Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly , *Hermetia illucens* , in Low and Middle - Income Countries," *ETH ZURICH degree Dr. Sci.*, no. 19330, pp. 1–77, 2010.
- [18] U. Munawaroh, M. Sutisna, and K. Pharmawati, "Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) Serta Pemanfaatannya," *J. Inst. Teknol. Nas.*, vol. 1, no. 2, pp. 93–104, 2013, [Online]. Available: <file:///Users/macbook/Downloads/345-502-3-PB.pdf>.
- [19] B. Dortmans, J. Egger, S. Diener, and C. Zurbrügg, *Pengolahan Sampah Organik Dengan Black Soldier Fly (BSF) : Panduan Langkah-langkah Lengkap*. 2017.

-
- [20] T. Popa, R. and Green, “Diptera LCC e-Book ‘Biology and Ecology of the Black Soldier Fly’.” *DipTerra LCC*, 2012.
- [21] T. Veldkamp *et al.*, “Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study,” *Wageningen UR Livest. Res.*, vol. (report 63, no. October, p. 62, 2012.
- [22] I. Ningrumsari and L. Herlinawati, “Role of *Lactobacillus Acidophilus* in Fermented Feed To Feed To Improve the Quality of Broiler Chicken Meat (Protein, Cholesterol),” *J. Pertan.*, vol. 10, no. 2, pp. 93–101, 2019, doi: 10.30997/jp.v10i2.1954.