

**Manajemen Limbah Makanan
Rumah Sakit Melalui Pemanfaatan Biokonversi**

Black Soldier Fly (BSF)



Bagus Dadang Prasetyo, S.T., M.T



**MANAJEMEN LIMBAH
MAKANAN RUMAH SAKIT
MELALUI PEMANFAATAN
BIOKONVERSI *BLACK SOLDIER*
FLY (BSF)**

PENULIS

Bagus Dadang Prasetyo, S.T., M.T

**Yayasan Haqqi Internasional Edukasi
ISBN 978-623-09-6898-3**

**MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN
RUMAH SAKIT MELALUI
PEMANFAATAN BIOKONVERSI
*BLACK SOLDIER FLY (BSF)***

Copyright © Yayasan Haqqi Internasional Edukasi, 2023

Penulis:

Bagus Dadang Prasetyo, S.T., M.T

ISBN: 978-623-09-6898-3

Layouting:

Fany Ganesta, S.T

Penerbit:

Yayasan Haqqi Internasional Edukasi

Redaksi:

Jl. Laksda Adi Sucipto, Perum Grandpesona Pandanwangi
Blok D20 Kelurahan Pandanwangi, Kec. Blimbing, Kota
Malang 65124.

Web: <https://yayasanhaqqiinternasionaledukasi.com/>

Email: haqqi.internationalf@gmail.com

WhatsApp: (+62) 85174412025

Cetakan Pertama, 2023

162 Halaman, 15x23 cm

HAK CIPTA

Seluruh isi buku dengan judul "**Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit Melalui Pemanfaatan Biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF)**" beserta segala bentuk dan ekspresi kreatif yang terkandung di dalamnya dilindungi oleh undang-undang hak cipta. Hak cipta untuk buku ini, termasuk namun tidak terbatas pada teks, gambar, grafik, tabel, dan ilustrasi, sepenuhnya dimiliki oleh penulis yang tertera di halaman pengantar atau oleh penerbit yang tercantum dalam informasi penerbitan. Hak cipta dilindungi berdasarkan Undang-Undang Hak Cipta yang berlaku di negara ini dan perjanjian internasional yang mengatur hak cipta.

Tidak diperbolehkan untuk mereproduksi, menggandakan, mendistribusikan, atau menggunakan materi yang terdapat dalam buku ini tanpa izin tertulis dari pemilik hak cipta. Segala pelanggaran terhadap hak cipta dapat mengakibatkan tindakan hukum yang berlaku. Penulis dan penerbit buku ini berharap bahwa isi buku ini akan memberikan manfaat bagi para pembaca dan memberikan kontribusi dalam pengembangan pendidikan yang berkualitas.

Hormat kami,

Penulis

KATA PENGANTAR

Buku ini menjadi sebuah kontribusi berharga dalam memperluas pemahaman akan pentingnya manajemen limbah makanan di lingkungan rumah sakit, terutama melalui pemanfaatan biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF). Limbah makanan rumah sakit menjadi isu krusial yang memerlukan penanganan serius, mengingat dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penelitian-penelitian dalam bidang ini menjadi landasan utama penyusunan buku ini, dimana tujuan utamanya adalah untuk memberikan panduan yang komprehensif mengenai penerapan teknologi biokonversi BSF dalam manajemen limbah makanan rumah sakit.

Pemanfaatan BSF dalam mengatasi limbah makanan rumah sakit menawarkan solusi yang inovatif dan berkelanjutan. Dalam buku ini, penulis menguraikan secara rinci tentang prinsip-prinsip dasar biokonversi BSF, mulai dari siklus hidup *Black Soldier Fly*, proses biokonversi limbah, hingga penerapan teknologi tersebut dalam skala rumah sakit. Dengan mengintegrasikan pendekatan ilmiah dan teknologi, buku ini diharapkan dapat menjadi pedoman praktis bagi pihak-pihak yang terlibat dalam manajemen limbah rumah sakit untuk mengimplementasikan teknologi BSF secara efektif.

Saat ini, tantangan utama dalam manajemen limbah makanan rumah sakit adalah pemahaman yang mendalam terkait dengan pengelolaan limbah secara berkelanjutan. Buku ini tidak hanya mengulas aspek teknis dari biokonversi BSF, tetapi juga membahas aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan terkait penerapan teknologi ini. Diharapkan, buku ini dapat memperluas wawasan para

pembaca mengenai pentingnya beradaptasi dengan teknologi ramah lingkungan dalam mengurangi dampak negatif limbah makanan rumah sakit terhadap lingkungan sekitar.

Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terwujudnya buku ini. Semoga buku tentang manajemen limbah makanan rumah sakit melalui pemanfaatan biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF) ini dapat menjadi sumber referensi yang bermanfaat dan mendorong implementasi praktik ramah lingkungan dalam manajemen limbah di berbagai institusi kesehatan. Kesederhanaan penyampaian informasi diharapkan dapat mempermudah pemahaman pembaca dalam menerapkan konsep-konsep yang dibahas dalam buku ini dalam praktik sehari-hari.

PRAKATA

Buku yang berjudul "**Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit Melalui Pemanfaatan Biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF)**" merupakan sebuah karya ilmiah yang menghadirkan konsep dan aplikasi inovatif dalam mengatasi permasalahan limbah makanan di lingkungan rumah sakit. Buku ini menguraikan secara komprehensif mengenai penerapan teknologi biokonversi dengan memanfaatkan *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai agen utama dalam pengelolaan limbah makanan. Dengan berlandaskan pada pendekatan ilmiah dan pengalaman praktis, buku ini memberikan wawasan mendalam tentang potensi solutif dalam menangani dampak lingkungan dari limbah makanan yang dihasilkan oleh rumah sakit.

Pentingnya manajemen limbah makanan di rumah sakit tidak bisa dilepaskan dari perhatian terhadap dampak lingkungan dan kesehatan publik. Buku ini memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai proses biokonversi menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai solusi yang efektif dan ramah lingkungan. Kontribusi besar dari penulis dalam menggali serta menyajikan informasi ini diharapkan dapat memberikan dorongan bagi pembaca, khususnya kalangan profesional di bidang kesehatan dan lingkungan, untuk mengadopsi teknologi ini dalam praktek sehari-hari.

Penelitian yang mendalam serta pemaparan yang sistematis dalam buku ini menggambarkan peran penting *Black Soldier Fly* (BSF) dalam mereduksi limbah makanan di rumah sakit. Lebih lanjut, buku ini

memperlihatkan cara-cara praktis dalam mengimplementasikan teknologi biokonversi ini secara efisien dan berkelanjutan. Di samping itu, disertai dengan data empiris dan hasil penelitian terkini, buku ini menjadi panduan yang berharga bagi para praktisi dan peneliti yang tertarik untuk melangkah lebih jauh dalam mengembangkan metode pengelolaan limbah makanan.

Akhirnya, buku "**Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit Melalui Pemanfaatan Biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF)**" ini disusun dengan harapan dapat menjadi acuan utama bagi para pembaca yang ingin mendalami dan mengimplementasikan konsep manajemen limbah makanan dengan pendekatan inovatif menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF). Penulis berharap bahwa buku ini dapat memberikan inspirasi, informasi, dan panduan yang berguna bagi pengembangan solusi yang berkelanjutan dalam mengelola limbah makanan di lingkungan rumah sakit secara efektif dan bertanggung jawab.

Salam,

Penulis

DAFTAR ISI

HAK CIPTA	iv
KATA PENGANTAR	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB 1 - KONSEP DASAR MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN	1
A. Definisi dan Jenis Limbah Makanan	1
B. Dampak Negatif Limbah Makanan terhadap Lingkungan 5	5
C. Regulasi dan Kebijakan terkait Manajemen Limbah Makanan	9
D. Metode Manajemen Limbah Makanan.....	13
BAB 2 - KONSEP DASAR MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN RUMAH SAKIT	18
A. Pengertian Limbah Makanan Rumah Sakit	18
B. Jenis-jenis Limbah Makanan Rumah Sakit	22
C. Regulasi dan Kebijakan terkait Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit.....	25
D. Metode Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit ..	29
BAB 3 - <i>BLACK SOLDIER FLY</i> (BSF) SEBAGAI AGENSIA BIOKONVERSI	33
A. Pengertian & Siklus Hidup <i>Black Soldier Fly</i> (BSF)...	33
B. Potensi <i>Black Soldier Fly</i> dalam Mendegradasi Limbah Organik	43
C. Manfaat Penggunaan <i>Black Soldier Fly</i> dalam Pengelolaan Limbah	47

BAB 4 - POTENSI PEMANFAATAN <i>BLACK SOLDIER FLY</i> DALAM RUMAH SAKIT	50
A. Keunggulan dan Kelemahan Pemanfaatan <i>Black Soldier Fly</i> pada Skala Rumah Sakit	50
B. Pengelolaan Limbah Organik di Rumah Sakit Menggunakan <i>Black Soldier Fly</i>	54
C. Peran <i>Black Soldier Fly</i> dalam Pengendalian Hama dan Penyakit di Lingkungan Rumah Sakit	58
D. Strategi Implementasi Penggunaan <i>Black Soldier Fly</i> dalam Konteks Kesehatan	62
E. Aspek Lingkungan dan Keberlanjutan dalam Pemanfaatan <i>Black Soldier Fly</i> di Rumah Sakit	65
BAB 5 - PROSES BIOKONVERSI LIMBAH MAKANAN OLEH <i>BLACK SOLDIER FLY</i>	69
A. Tahapan Proses Biokonversi oleh <i>Black Soldier Fly</i> ..	69
B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Biokonversi	73
C. Optimasi Proses Biokonversi untuk Limbah Makanan Rumah Sakit	78
BAB 6 - PERAN TEKNOLOGI DALAM PEMANFAATAN <i>BLACK SOLDIER FLY</i>	81
A. Inovasi Teknologi dalam Pemantauan dan Pengelolaan Koloni <i>Black Soldier Fly</i>	81
B. Automatisasi Proses Pemeliharaan <i>Black Soldier Fly</i> ..	84
C. Integrasi Teknologi dalam Pengolahan Hasil Biokonversi	88
BAB 7 - EVALUASI KINERJA SISTEM PEMANFAATAN <i>BLACK SOLDIER FLY</i>	91
A. Metode Evaluasi Kinerja Pengelolaan Limbah Makanan dengan <i>Black Soldier Fly</i>	91
B. Analisis Efisiensi dan Efektivitas Sistem	93

C. Evaluasi Dampak Lingkungan dari Pemanfaatan <i>Black Soldier Fly</i>	95
BAB 8 - PENERAPAN MODEL MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN RUMAH SAKIT BERBASIS <i>BLACK SOLDIER FLY</i>.....	98
A. Pengembangan Model Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit dengan <i>Black Soldier Fly</i>	98
B. Langkah-langkah Implementasi Model Terpadu.....	101
BAB 9 - MANAJEMEN RISIKO DAN KEAMANAN DALAM PENGGUNAAN <i>BLACK SOLDIER FLY</i>.....	107
A. Identifikasi Risiko terkait Penggunaan <i>Black Soldier Fly</i> dalam Manajemen Limbah.....	107
B. Strategi Pengendalian Risiko dan Keamanan	112
C. Kebijakan dan Regulasi Keselamatan terkait <i>Black Soldier Fly</i>	117
BAB 10 - TANTANGAN DAN HAMBATAN DALAM PENERAPAN BIOKONVERSI <i>BLACK SOLDIER FLY</i>.....	121
A. Tantangan Teknis dalam Pemanfaatan <i>Black Soldier Fly</i> pada Skala Rumah Sakit	121
B. Hambatan Sosial dan Kultural terhadap Penerimaan Teknologi <i>Black Soldier Fly</i>	125
C. Strategi Mengatasi Tantangan dan Hambatan yang Ada .	130
BAB 11 - PERBANDINGAN PEMANFAATAN <i>BLACK SOLDIER FLY</i> DENGAN METODE PENGELOLAAN LAINNYA.....	135
A. Perbandingan Efektivitas <i>Black Soldier Fly</i> dengan Metode Pengolahan Limbah Lain	135
B. Kelebihan dan Kekurangan <i>Black Soldier Fly</i> dibandingkan dengan Teknologi Alternatif	138
C. Analisis <i>Cost-Benefit</i> Penggunaan <i>Black Soldier Fly</i> dalam Manajemen Limbah Makanan	142

KESIMPULAN.....	148
DAFTAR PUSTAKA.....	150
BIODATA PENULIS	161

BAB 1 - KONSEP DASAR MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN

A. Definisi dan Jenis Limbah Makanan

Limbah makanan, dalam konteks manajemen lingkungan, merujuk pada material yang dihasilkan dari proses pemrosesan, persiapan, dan konsumsi makanan yang tidak lagi memiliki nilai konsumsi atau digunakan. Definisi limbah makanan meliputi sisa-sisa organik dan non-organik yang berasal dari berbagai aspek kegiatan makanan, seperti sisa makanan dari rumah tangga, restoran, industri makanan, dan pasar (Chaerul & Zatadini, 2020). Secara umum, limbah makanan melibatkan komponen organik seperti sisa sayuran, buah-buahan, daging, dan bahan makanan lainnya yang telah melewati proses konsumsi atau persiapan. Di samping itu, limbah non-organik dari kemasan makanan, termasuk plastik, kertas, atau *styrofoam*, juga merupakan bagian penting dari limbah makanan (Yuriandala dkk, 2020).

Jenis-jenis limbah makanan memiliki kecenderungan beragam tergantung pada sumbernya (Hermanu, 2022). Misalnya, sisa-sisa dari industri makanan cenderung lebih beragam dan dapat mencakup limbah organik dalam *volume* besar, seperti limbah dari proses pemotongan daging atau pengolahan sayuran. Sementara itu, di rumah tangga, limbah makanan umumnya terdiri dari sisa makanan yang tidak dikonsumsi dan sisa-sisa organik dari proses memasak. Selain itu, kemasan makanan yang tidak terurai, seperti plastik dan *styrofoam*, juga menjadi bagian

dari limbah makanan yang dihasilkan baik di tingkat rumah tangga maupun industri.

Manajemen limbah makanan menjadi sangat penting karena dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dalam praktiknya, manajemen limbah makanan melibatkan pendekatan berkelanjutan untuk mengurangi, mendaur ulang, dan memproses limbah makanan. Upaya ini bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif limbah makanan terhadap lingkungan melalui pengurangan jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir (Gumulya, 2021). Beberapa inisiatif termasuk penggunaan teknologi ramah lingkungan untuk mengolah limbah organik menjadi energi atau pupuk, serta promosi pengurangan limbah di sumbernya melalui edukasi dan kesadaran masyarakat (Ekawatiningsih, 2020).

Pengelolaan limbah makanan juga merupakan bagian integral dari strategi global untuk mengatasi perubahan iklim. Dengan meminimalkan limbah organik yang membusuk di tempat pembuangan sampah, terjadi pengurangan emisi gas rumah kaca seperti metana. Ini berdampak positif dalam memperlambat pemanasan global (Elvania, 2022). Dalam konteks ini, peran individu, institusi, dan pemerintah dalam mengadopsi praktik manajemen limbah makanan yang efisien menjadi semakin penting guna menciptakan sistem pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.

Selain upaya pengelolaan limbah makanan untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan, aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan penting. Penanganan

limbah makanan yang efektif dapat menciptakan peluang ekonomi baru. Sejumlah inovasi telah muncul dalam mengelola limbah makanan, termasuk pengembangan teknologi untuk mendaur ulang sisa makanan menjadi produk yang memiliki nilai jual. Proses ini melibatkan penggunaan teknologi tinggi yang memungkinkan transformasi limbah organik menjadi bahan baku bagi industri lain, seperti pembuatan pupuk organik, produksi bioenergi, atau penggunaan sebagai pakan hewan. Dengan demikian, pengelolaan limbah makanan tidak hanya berkontribusi pada pelestarian lingkungan, tetapi juga pada pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Strategi pengurangan limbah makanan tidak hanya terbatas pada tingkat produksi dan konsumsi, tetapi juga melibatkan aspek sosial dalam kesadaran akan pentingnya meminimalkan pemborosan makanan. Edukasi publik dan promosi perilaku konsumen yang bertanggung jawab merupakan langkah penting dalam mengurangi limbah makanan. Peningkatan kesadaran akan pentingnya membeli, menggunakan, dan menyimpan makanan secara bijaksana dapat membantu mengurangi jumlah limbah makanan yang dihasilkan di tingkat individu. Selain itu, kebijakan publik yang mendorong praktik-praktik ini, seperti insentif untuk restoran atau supermarket yang menyumbangkan makanan yang tidak terpakai kepada mereka yang membutuhkan, dapat menjadi langkah efektif dalam mengurangi pemborosan makanan.

Pengelolaan limbah makanan juga merupakan bagian integral dari sistem pangan berkelanjutan. Dengan populasi global yang terus bertambah, mengurangi limbah makanan

menjadi kunci dalam memastikan ketersediaan pangan bagi semua orang (Sukmawati & Dahlan, 2022). Pemahaman mendalam tentang siklus makanan dari produksi hingga konsumsi penting untuk mengidentifikasi titik-titik di mana terjadi pemborosan dan menetapkan langkah-langkah untuk meminimalkannya. Dengan mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, pendekatan yang holistik dalam manajemen limbah makanan dapat menjadi landasan bagi keberlanjutan sistem pangan global di masa depan (Firdaus, 2021).

Kesimpulannya, limbah makanan merupakan permasalahan kompleks yang membutuhkan pendekatan lintas sektor untuk penanganannya. Dari segi definisi, jenis, hingga pengelolaannya, pemahaman yang mendalam tentang limbah makanan menjadi kunci untuk menciptakan strategi manajemen yang efektif. Pentingnya pendekatan berkelanjutan dalam mengurangi limbah makanan tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga pada aspek ekonomi, sosial, dan keberlanjutan sistem pangan global secara keseluruhan. Oleh karena itu, upaya kolaboratif dari berbagai pihak diperlukan untuk mengembangkan solusi yang holistik dan efektif dalam manajemen limbah makanan guna mencapai tujuan keberlanjutan jangka panjang.

B. Dampak Negatif Limbah Makanan terhadap Lingkungan

Dampak negatif limbah makanan terhadap lingkungan adalah isu yang signifikan dalam diskusi mengenai keberlanjutan lingkungan. Limbah makanan, terutama limbah organik, memainkan peran penting dalam memperburuk kerusakan lingkungan. Salah satu dampak utamanya adalah produksi gas rumah kaca, khususnya metana, yang dihasilkan dari proses dekomposisi limbah organik di tempat pembuangan akhir (Alvionicke, 2020). Metana adalah gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global lebih besar dibandingkan karbon dioksida, sehingga kontribusinya terhadap perubahan iklim sangat signifikan. Lebih lanjut, limbah makanan yang membusuk di tempat pembuangan sampah menyebabkan pencemaran air dan tanah melalui pelepasan zat-zat beracun ke dalam lingkungan.

Selain itu, produksi limbah makanan juga mempengaruhi penggunaan lahan dan sumber daya alam. Kebanyakan limbah makanan dibuang di tempat pembuangan akhir, yang membutuhkan lahan yang luas untuk mengelola dan memproses limbah tersebut. Penggunaan lahan ini dapat mengakibatkan deforestasi, mengurangi habitat alami, serta mengganggu ekosistem lokal (Jumadewi, 2021). Penggunaan sumber daya seperti air dan energi juga terlibat dalam proses produksi, transportasi, dan pemrosesan limbah makanan, menyebabkan peningkatan jejak lingkungan yang tidak berkelanjutan.

Dampak negatif limbah makanan juga merembes ke dalam masalah keamanan pangan. Pembuangan limbah makanan yang tidak terkelola dengan baik dapat menarik hama dan serangga yang membawa penyakit. Lebih dari itu, limbah makanan yang terbuang secara berlebihan juga berarti membuang sumber daya yang sebenarnya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan (Harum, 2022). Di tengah tantangan ketahanan pangan global, hal ini menimbulkan ironi di mana limbah makanan yang berlebihan berkontribusi pada kelaparan dan ketidakseimbangan distribusi pangan.

Selanjutnya, dampak sosial dari limbah makanan juga tak dapat diabaikan. Peningkatan jumlah limbah makanan menggarisbawahi kesenjangan dalam distribusi pangan di masyarakat. Ketidaksetaraan akses terhadap makanan dapat diperparah oleh pemborosan makanan yang terjadi di beberapa negara sementara di tempat lain masih terdapat masalah kelaparan (Amelia dkk., 2020). Selain itu, limbah makanan juga mempengaruhi aspek ekonomi dengan membuang sumber daya dan energi yang sebenarnya bisa dimanfaatkan dengan lebih baik dalam sistem ekonomi yang lebih berkelanjutan.

Pada akhirnya, pemahaman terhadap dampak negatif limbah makanan terhadap lingkungan merupakan aspek krusial dalam menyusun strategi manajemen limbah yang efektif (Perdini dkk., 2023). Kombinasi dari pendekatan pengurangan produksi limbah makanan, praktik daur ulang, penggunaan teknologi ramah lingkungan, serta edukasi dan kesadaran masyarakat merupakan kunci untuk mengurangi dampak buruk limbah makanan terhadap

lingkungan dan mendorong menuju sistem pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.

Selain kontribusinya terhadap perubahan iklim dan degradasi lingkungan, dampak negatif limbah makanan juga tercermin dalam permasalahan kesehatan masyarakat. Limbah makanan yang terbuang secara berlebihan menjadi tempat berkembang biak bagi patogen dan mikroorganisme berbahaya. Ketika limbah makanan membusuk di tempat pembuangan akhir, hal ini tidak hanya menciptakan bau tak sedap, tetapi juga menyebarkan penyakit melalui udara yang terkontaminasi (Nofrianty, 2020). Penyakit-penyakit seperti penyakit kulit, penyakit pernapasan, dan berbagai infeksi saluran pencernaan dapat tersebar melalui kontak dengan limbah makanan yang tercemar. Kondisi ini menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat terutama di daerah-daerah dengan sanitasi yang buruk.

Dampak negatif limbah makanan juga mengakibatkan ketidakseimbangan ekologi. Pengelolaan limbah makanan yang tidak tepat dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, terutama melalui peningkatan nutrisi dalam air dan tanah. Ketika limbah makanan membusuk, nutrisi seperti nitrogen dan fosfor dilepaskan ke lingkungan sekitarnya (Sholihah dkk., 2021). Akibatnya, terjadi peningkatan eutrofikasi di perairan, yang dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan, menurunkan kadar oksigen di air, dan mengancam keberlangsungan hayati bagi kehidupan akuatik. Selain itu, penggunaan pupuk yang berlebihan dari limbah makanan yang terbuang juga dapat menciptakan ketidakseimbangan

nutrisi dalam tanah, merusak kesuburan tanah dan menyebabkan degradasi lahan.

Aspek global dari dampak negatif limbah makanan terhadap lingkungan juga patut diperhatikan. Pertumbuhan populasi dunia dan urbanisasi yang cepat meningkatkan jumlah limbah makanan yang dihasilkan, terutama di kawasan perkotaan. Hal ini memicu peningkatan tekanan terhadap infrastruktur pengelolaan limbah, yang sering kali tidak mampu menangani volume limbah makanan yang besar (Trisnawati & Suwandana, 2021). Di samping itu, limbah makanan juga menjadi kontributor signifikan terhadap emisi gas rumah kaca secara global. Proses dekomposisi limbah organik menghasilkan metana, yang berkontribusi pada pemanasan global. Oleh karena itu, penanganan limbah makanan menjadi bagian penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim global.

Terkait dengan keberlanjutan lingkungan, solusi untuk mengurangi dampak negatif limbah makanan melibatkan berbagai aspek, mulai dari regulasi dan kebijakan pemerintah, teknologi pengelolaan limbah yang inovatif, hingga perubahan perilaku konsumen (Indraswari dkk., 2020). Edukasi publik tentang pentingnya pengurangan pemborosan makanan, pemisahan limbah organik, dan praktik daur ulang menjadi langkah awal yang penting. Selanjutnya, penerapan teknologi ramah lingkungan untuk mengolah limbah makanan menjadi energi atau produk yang memiliki nilai tambah ekonomis dapat membantu mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan (Amrina, 2021). Di samping itu, pentingnya kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat dalam

merancang dan melaksanakan solusi yang komprehensif menjadi kunci dalam mengatasi dampak negatif limbah makanan terhadap lingkungan secara efektif.

C. Regulasi dan Kebijakan terkait Manajemen Limbah Makanan

Regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan memainkan peran penting dalam upaya mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Di berbagai negara, implementasi peraturan dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan bertujuan untuk mengatur, mengawasi, dan mempromosikan praktik-praktik yang berkelanjutan dalam produksi, distribusi, konsumsi, dan pemrosesan makanan (Sukadaryati & Andini, 2021). Contohnya, beberapa negara telah menerapkan regulasi yang mewajibkan restoran, supermarket, atau industri makanan untuk mengurangi pemborosan makanan dengan cara menggalakkan donasi makanan yang masih layak konsumsi kepada organisasi amal atau bank makanan.

Salah satu pendekatan regulasi yang efektif adalah pengaturan terkait tanggal kedaluwarsa pada produk-produk makanan. Beberapa negara telah melakukan revisi terhadap aturan tanggal kedaluwarsa yang terlalu ketat atau ambigu, menggantinya dengan konsep yang lebih terperinci, seperti "tanggal terbaik untuk dikonsumsi" (*best before*) dan "habis digunakan sebelum" (*use by*). Hal ini membantu mengurangi pemborosan makanan karena konsumen lebih memahami informasi tentang kualitas dan kesegaran makanan yang mereka beli (Wiranata dkk.,

2023). Selain itu, kebijakan pemerintah yang mendorong inovasi dalam pemrosesan limbah makanan menjadi energi atau produk bernilai tambah lainnya juga dapat ditemui dalam beberapa regulasi di berbagai negara.

Pengawasan terhadap limbah makanan juga menjadi fokus dalam beberapa regulasi. Pengaturan mengenai pemisahan dan pengolahan limbah organik di tingkat rumah tangga, restoran, dan industri makanan menjadi bagian penting dari kebijakan pemerintah. Beberapa negara menerapkan insentif dan sanksi untuk mendorong praktik-praktik yang lebih ramah lingkungan, seperti pemungutan pajak atas pembuangan limbah makanan ke tempat pembuangan sampah (Verawati, 2021). Hal ini bertujuan untuk mendorong perubahan perilaku dalam meminimalkan limbah makanan serta untuk mendukung penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah.

Selain itu, kerja sama antar-lembaga dan antar-sektor menjadi bagian kunci dari kebijakan dan regulasi terkait manajemen limbah makanan. Dalam konteks ini, integrasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil dalam pembentukan kebijakan menjadi krusial (Rahmayani & Aminah, 2021). Kolaborasi ini memungkinkan pertukaran pengetahuan, sumber daya, dan inovasi dalam upaya mengurangi limbah makanan secara efektif. Selain itu, advokasi dan edukasi publik tentang pentingnya manajemen limbah makanan juga menjadi bagian integral dari regulasi tersebut untuk mendorong perubahan perilaku yang lebih berkelanjutan di kalangan masyarakat.

Selanjutnya, sebagian besar regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan bertujuan untuk mempromosikan pendekatan berkelanjutan dan siklus tertutup dalam rantai pasok makanan. Salah satu pendekatan yang diatur dalam kebijakan adalah sistem insentif untuk mendorong produsen, distributor, dan konsumen untuk meminimalkan limbah makanan (Verawati, 2022). Beberapa negara telah mengimplementasikan kebijakan pajak atau insentif fiskal bagi perusahaan yang berhasil mengurangi limbah makanan di produksinya. Langkah ini mendorong praktik-praktik yang lebih berkelanjutan serta memperhatikan pentingnya efisiensi dalam manajemen limbah makanan.

Regulasi dan kebijakan juga seringkali melibatkan aspek transparansi informasi bagi konsumen. Informasi yang jelas mengenai cara pengolahan, tanggal kedaluwarsa yang tepat, serta informasi lainnya yang relevan tentang produk makanan dapat membantu konsumen membuat keputusan yang lebih bijaksana (Verawati, 2022). Negara-negara tertentu telah mewajibkan label yang menginformasikan potensi konsekuensi lingkungan dari pembuangan makanan, atau memberikan panduan kepada konsumen untuk meminimalkan pemborosan makanan di rumah.

Lebih jauh lagi, regulasi yang efektif dalam manajemen limbah makanan juga menyoroti tanggung jawab produsen, distributor, dan pengelola makanan terhadap pemusnahan limbah makanan. Ada kebijakan yang mengatur cara pemusnahan limbah makanan yang aman dan bertanggung jawab, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan

(Nurchahyo & Ernawati, 2019). Sebagai contoh, beberapa negara memiliki regulasi ketat mengenai pembuangan limbah makanan ke tempat pembuangan akhir atau mewajibkan penggunaan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan.

Peran penting juga dimiliki oleh kebijakan yang mendorong inovasi dalam pengelolaan limbah makanan. Subsidi atau dukungan pemerintah untuk penelitian dan pengembangan teknologi yang memungkinkan daur ulang limbah makanan menjadi energi terbarukan atau produk bernilai tambah lainnya, menjadi bagian penting dari kebijakan terkait manajemen limbah makanan (Lestari & Halimatussadiyah, 2022). Dukungan ini mendorong industri untuk berinovasi dalam pengelolaan limbah makanan serta memfasilitasi transisi menuju ekonomi sirkular yang lebih berkelanjutan.

Dalam konteks global, terdapat upaya kolaboratif di tingkat internasional untuk merumuskan regulasi yang bersifat lintas-batas dalam manajemen limbah makanan. Organisasi internasional, seperti Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dan lembaga-lembaga lingkungan, terlibat dalam upaya menyusun pedoman dan rekomendasi bagi negara-negara anggotanya untuk mengadopsi kebijakan dan regulasi terkait manajemen limbah makanan (Putranto, 2023). Ini mencakup pula pertukaran pengetahuan, data, dan praktik terbaik dalam manajemen limbah makanan secara global untuk mencapai tujuan pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.

Kesimpulannya, regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan merupakan instrumen penting dalam upaya untuk mengatasi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Kebijakan yang efektif memainkan peran krusial dalam mengarahkan praktik-praktik yang berkelanjutan, memotivasi inovasi teknologi, dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya mengurangi pemborosan makanan. Kolaborasi antar-pihak, baik di tingkat nasional maupun internasional, menjadi aspek kunci dalam merancang dan melaksanakan regulasi yang efektif untuk manajemen limbah makanan yang lebih berkelanjutan.

D. Metode Manajemen Limbah Makanan

Metode manajemen limbah makanan merujuk pada pendekatan-pendekatan praktis dan strategis yang digunakan untuk mengurangi, mendaur ulang, dan mengelola limbah makanan secara efisien. Salah satu metode yang sering digunakan adalah pendekatan hierarki limbah, yang mengedepankan hierarki prioritas dalam penanganan limbah: pengurangan, daur ulang, pemrosesan, dan pembuangan akhir (Novitasari & Asbari, 2022). Pengurangan limbah menjadi metode utama karena lebih efektif dalam mengurangi dampak negatif limbah makanan. Ini melibatkan langkah-langkah seperti perencanaan yang lebih cermat dalam pembelian makanan, pengendalian stok, pengolahan yang tepat, serta pendidikan dan kesadaran masyarakat untuk mengurangi pemborosan makanan.

Pendekatan daur ulang juga menjadi bagian penting dalam metode manajemen limbah makanan. Daur ulang limbah organik melalui kompos atau pengolahan anaerobik menjadi energi dapat membantu mengurangi jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir. Proses daur ulang ini mengubah limbah makanan menjadi sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali, seperti pupuk organik atau biogas (Hasibuan, 2023). Beberapa metode daur ulang menggunakan teknologi tinggi yang memungkinkan pengolahan limbah makanan secara efisien, menghasilkan produk sampingan yang memiliki nilai tambah.

Teknologi juga memainkan peran penting dalam metode manajemen limbah makanan. Inovasi dalam teknologi pengolahan limbah makanan terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam proses manajemen limbah. Teknologi pengolahan limbah makanan mencakup berbagai metode, mulai dari penggunaan mesin penghancur, sistem konversi anaerobik, hingga penggunaan sensor untuk pemantauan dan pengelolaan stok makanan yang lebih tepat (Athallah & Husin, 2021). Pengembangan teknologi ini bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir, meningkatkan produksi energi terbarukan, dan menciptakan produk turunan yang bermanfaat.

Selain itu, pendekatan kemitraan dan kolaborasi antara sektor publik dan swasta menjadi bagian penting dari metode manajemen limbah makanan yang efektif. Kerja sama antar-industri, restoran, supermarket, pemerintah,

dan organisasi nirlaba dapat memfasilitasi penanganan limbah makanan dari sumbernya hingga pengolahan. Kolaborasi semacam ini mendukung pertukaran pengetahuan, sumber daya, serta upaya bersama dalam mengurangi limbah makanan secara efisien.

Kesadaran masyarakat juga menjadi faktor penting dalam metode manajemen limbah makanan. Edukasi, kampanye publik, dan pelatihan terkait praktik-praktik yang lebih berkelanjutan dalam pengelolaan makanan di rumah tangga, restoran, dan institusi juga merupakan bagian integral dari strategi manajemen limbah (Fauzi dkk., 2023). Masyarakat yang lebih sadar akan pentingnya pengurangan pemborosan makanan dan pengelolaan yang tepat dapat menjadi kekuatan utama dalam menangani permasalahan limbah makanan secara holistik.

Selain itu, pengembangan kebijakan dan regulasi yang mendukung metode manajemen limbah makanan juga menjadi bagian penting dalam menjamin efektivitasnya. Kebijakan yang mengharuskan atau mendorong praktik-praktik berkelanjutan dalam manajemen limbah makanan di sektor industri, restoran, dan rantai pasok makanan memainkan peran penting dalam menciptakan lingkungan yang kondusif untuk pengurangan limbah (Melia, 2022). Misalnya, regulasi yang mewajibkan pemisahan limbah organik di sumbernya atau memberikan insentif bagi industri untuk berinvestasi dalam teknologi pengolahan limbah makanan yang ramah lingkungan.

Pendekatan manajemen limbah makanan juga dilengkapi dengan metode evaluasi dan pemantauan yang

ketat. Pemantauan terus-menerus terhadap jumlah dan jenis limbah makanan yang dihasilkan di berbagai sektor membantu dalam mengevaluasi keberhasilan strategi manajemen limbah yang telah diterapkan (Eprianti dkk., 2021). Data ini memungkinkan pemangku kepentingan untuk melakukan penyesuaian dan perbaikan terhadap strategi yang telah ada untuk mengoptimalkan efisiensi pengelolaan limbah makanan.

Selain itu, pendekatan manajemen limbah makanan juga mempertimbangkan aspek ekonomi. Pengurangan limbah makanan tidak hanya membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga memiliki potensi untuk menghasilkan keuntungan ekonomi (Panjaitan, 2021). Beberapa praktik, seperti pemrosesan limbah makanan menjadi energi terbarukan atau produk bernilai tambah lainnya, dapat menjadi sumber pendapatan tambahan. Pendekatan ekonomi sirkular yang mendorong penggunaan kembali dan daur ulang limbah makanan menjadi fokus dalam meminimalkan kerugian ekonomi akibat pemborosan makanan.

Peran sektor pendidikan dan riset ilmiah juga tidak boleh diabaikan dalam metode manajemen limbah makanan. Institusi pendidikan dan lembaga riset berperan dalam mengembangkan inovasi, teknologi, dan strategi-strategi baru dalam pengelolaan limbah makanan (Sutisno & Novianawati, 2021). Kolaborasi antara sektor akademis, industri, dan pemerintah membuka peluang untuk melakukan penelitian yang lebih mendalam, mengidentifikasi solusi inovatif, serta menyebarkan pengetahuan dan praktik terbaik kepada masyarakat.

Penerapan standar dan sertifikasi juga menjadi bagian penting dari metode manajemen limbah makanan yang berkelanjutan. Standar dan sertifikasi yang jelas membantu menetapkan panduan yang dapat diadopsi oleh berbagai sektor dalam mengelola limbah makanan (Agustina dkk., 2021). Hal ini mencakup kriteria untuk proses pengolahan limbah, standar kebersihan dan keamanan, serta audit untuk memastikan kepatuhan terhadap praktik-praktik yang telah ditetapkan.

Keseluruhan, metode manajemen limbah makanan merupakan kombinasi dari berbagai strategi, kebijakan, teknologi, dan pendekatan kolaboratif yang bertujuan untuk mengurangi dampak negatif limbah makanan terhadap lingkungan. Integrasi aspek-aspek ini menjadi penting dalam menciptakan pendekatan yang komprehensif dan efektif dalam mengelola limbah makanan secara berkelanjutan (Kurniawati & Setiani, 2021). Dengan mengadopsi metode-manajemen limbah makanan yang holistik dan terintegrasi, diharapkan dapat mencapai tujuan untuk mengurangi pemborosan makanan serta menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan bagi masa depan.

BAB 2 - KONSEP DASAR MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN RUMAH SAKIT

A. Pengertian Limbah Makanan Rumah Sakit

Limbah makanan rumah sakit mencakup sisa-sisa makanan yang dihasilkan dari proses persiapan makanan, pemberian makanan kepada pasien, hingga makanan yang tidak dikonsumsi oleh pasien di fasilitas pelayanan kesehatan. Limbah makanan di rumah sakit terdiri dari berbagai komponen, seperti sisa-sisa makanan dari pasien, dapur, kantin, dan area layanan makanan (Salma dkk., 2021). Dalam konteks manajemen limbah makanan rumah sakit, penting untuk memahami bahwa limbah makanan ini dapat mengandung komponen berbahaya, termasuk zat-zat kimia dari obat-obatan yang tidak dikonsumsi sepenuhnya oleh pasien.

Di rumah sakit, pengelolaan limbah makanan merupakan bagian penting dari manajemen limbah secara keseluruhan. Limbah makanan di rumah sakit memerlukan perhatian khusus karena dapat memiliki konsekuensi kesehatan yang serius jika tidak dikelola dengan benar. Sisa-sisa makanan yang terbuang dari ruang rawat inap atau pelayanan kesehatan lainnya dapat menjadi tempat pertumbuhan bakteri atau patogen, yang dapat menimbulkan risiko infeksi terutama bagi pasien yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah (Chotijah dkk., 2019). Oleh karena itu, pengelolaan limbah makanan di rumah sakit memerlukan pendekatan yang hati-hati dan sesuai dengan standar kebersihan yang ketat.

Sementara itu, peran dan fungsi fasilitas pelayanan makanan di rumah sakit juga berperan dalam mempengaruhi jumlah dan jenis limbah makanan yang dihasilkan. Proses persiapan makanan, distribusi, dan sisa-sisa makanan yang tidak dikonsumsi oleh pasien adalah bagian yang signifikan dalam menciptakan limbah makanan di lingkungan rumah sakit. Faktor lain yang mempengaruhi limbah makanan di rumah sakit adalah pola makan pasien, kebutuhan diet khusus, dan metode penyajian makanan yang dapat mempengaruhi jumlah sisa makanan yang dihasilkan.

Manajemen limbah makanan di rumah sakit memerlukan koordinasi yang erat antara departemen pelayanan kesehatan, dapur, layanan kebersihan, dan manajemen fasilitas. Keterlibatan berbagai pihak ini penting untuk memastikan praktik-praktik terbaik dalam mengurangi limbah makanan, termasuk penggunaan metode pengolahan atau daur ulang yang tepat jika memungkinkan (Marianingsih dkk., 2023). Penerapan sistem yang efektif dalam pemisahan dan pengelolaan limbah makanan di setiap tahap proses, mulai dari persiapan hingga pembuangan, menjadi kunci dalam mengurangi dampak negatif limbah makanan di rumah sakit.

Selain mendasari pemahaman tentang definisi limbah makanan rumah sakit, penting untuk mempertimbangkan strategi yang efektif dalam mengelola jenis limbah ini. Salah satu pendekatan utama adalah dengan memprioritaskan pencegahan terbentuknya limbah makanan di rumah sakit (Marwah dkk., 2021). Ini

melibatkan langkah-langkah strategis seperti perencanaan menu yang cermat dan tepat, evaluasi kebutuhan diet pasien, dan perencanaan pelayanan makanan yang lebih efisien. Melalui pendekatan ini, rumah sakit dapat mengurangi jumlah sisa makanan yang tidak dikonsumsi, mengurangi pemborosan makanan, dan meminimalkan limbah makanan yang dihasilkan.

Selanjutnya, implementasi praktik-praktik pengelolaan limbah makanan yang lebih efisien di fasilitas pelayanan makanan rumah sakit sangatlah penting. Hal ini melibatkan penggunaan teknologi canggih dalam pengolahan limbah organik atau sisa-sisa makanan yang tidak dikonsumsi (Sumardillah, 2022). Beberapa rumah sakit mengadopsi sistem komposter atau teknologi anaerobik untuk mengubah limbah makanan menjadi produk sampingan yang lebih ramah lingkungan, seperti pupuk organik atau biogas. Penggunaan teknologi ini memungkinkan fasilitas kesehatan untuk meminimalkan dampak negatif limbah makanan dan bahkan memanfaatkannya kembali sebagai sumber daya yang berguna.

Penting untuk diingat bahwa limbah makanan di rumah sakit sering kali berasal dari pasien dengan kondisi kesehatan yang berbeda-beda. Kondisi medis pasien, termasuk restrukturisasi menu dan diet, dapat mempengaruhi jumlah limbah makanan yang dihasilkan (Amnifu, 2021). Oleh karena itu, pengelolaan limbah makanan di rumah sakit memerlukan pendekatan yang fleksibel dan dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan individu pasien. Selain itu, peran tim medis, termasuk para ahli gizi dan staf layanan kesehatan lainnya, menjadi

penting dalam merancang rencana pelayanan makanan yang sesuai dengan kebutuhan pasien dan mampu mengurangi limbah makanan.

Strategi pengurangan limbah makanan di rumah sakit juga memerlukan pengelolaan yang tepat pada setiap tahap proses, termasuk saat persiapan, penyajian, dan penyimpanan makanan (Nurwahyuni dkk., 2020). Edukasi dan pelatihan staf katering, perawat, atau petugas dapur mengenai praktik-praktik yang efektif dalam mengurangi pemborosan makanan dan memastikan pemilihan porsi makanan yang tepat bagi pasien menjadi langkah kunci dalam mengelola limbah makanan di rumah sakit.

Terakhir, kolaborasi dan kerjasama antar-pihak di rumah sakit adalah esensial dalam pengelolaan limbah makanan yang efisien. Koordinasi antara departemen pelayanan kesehatan, manajemen fasilitas, kebersihan, dan pihak terkait lainnya merupakan kunci keberhasilan dalam strategi pengurangan limbah makanan (Sri & Fajar, 2021). Menciptakan komunikasi yang baik dan saling mendukung antar-divisi dalam mengadopsi praktik-praktik yang ramah lingkungan akan membantu meningkatkan efisiensi dalam manajemen limbah makanan rumah sakit secara keseluruhan.

Kesimpulannya, pengelolaan limbah makanan di rumah sakit memerlukan pendekatan yang holistik, yang mencakup strategi pencegahan pembentukan limbah, penggunaan teknologi pengelolaan limbah yang efisien, serta kerjasama antar-divisi yang erat. Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, rumah sakit dapat

mengurangi dampak negatif limbah makanan, meminimalkan risiko kesehatan, dan bahkan memanfaatkan kembali limbah makanan sebagai sumber daya yang berguna dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan.

B. Jenis-jenis Limbah Makanan Rumah Sakit

Dalam konteks rumah sakit, limbah makanan terdiri dari beberapa jenis yang bervariasi sesuai dengan sumbernya dan karakteristiknya. Pertama, limbah makanan yang berasal dari pasien adalah jenis utama di rumah sakit. Ini meliputi sisa makanan yang tidak dikonsumsi oleh pasien karena berbagai alasan seperti keterbatasan makanan, perubahan menu sesuai kondisi medis, atau keinginan pasien (Pratama, 2022). Limbah makanan dari pasien juga termasuk sisa makanan yang tidak terpakai karena kondisi kesehatan, seperti diet khusus, atau karena penolakan makanan akibat efek samping dari pengobatan.

Kedua, limbah makanan yang dihasilkan dari layanan dapur dan catering di rumah sakit. Ini mencakup sisa-sisa makanan dari proses persiapan, produksi, dan penyajian makanan kepada pasien, staf, atau pengunjung. Limbah makanan ini termasuk potongan makanan yang tidak terpakai, sisa sayuran, sisa daging, atau produk-produk sampingan lainnya dari proses memasak di dapur rumah sakit. Jumlah limbah makanan ini sangat bergantung pada volume produksi makanan harian di rumah sakit serta kebijakan pelayanan makanan yang ada.

Selain itu, limbah makanan di rumah sakit juga bisa berasal dari ruang penyimpanan dan distribusi makanan. Sisa-sisa makanan yang tidak digunakan dan sudah kedaluwarsa, terlepas dari alasan apa pun, menjadi salah satu jenis limbah makanan yang harus dikelola secara efisien. Hal ini mencakup sisa makanan yang tidak terpakai di lemari es atau tempat penyimpanan lainnya, serta makanan yang telah melewati tanggal kedaluwarsa dan tidak lagi layak konsumsi.

Jenis lain dari limbah makanan di rumah sakit adalah yang berasal dari kantin atau kafe di dalam fasilitas kesehatan. Sisa-sisa makanan yang tidak terjual atau sisa stok dari kantin atau kafe rumah sakit menjadi bagian dari limbah makanan yang dihasilkan. Hal ini melibatkan pemantauan stok makanan dan manajemen yang tepat dalam meminimalkan sisa-sisa makanan yang tidak terjual atau sudah kedaluwarsa.

Pemahaman mengenai beragam jenis limbah makanan di rumah sakit merupakan hal yang penting dan berkaitan erat dengan upaya pengelolaan limbah yang lebih efisien. Sumber utama limbah makanan di rumah sakit adalah dari pasien dan proses dapur. Limbah dari pasien mencakup makanan yang tidak dikonsumsi karena alasan medis atau preferensi, sementara dari dapur meliputi sisa-sisa makanan dari proses persiapan, produksi, dan penyajian makanan kepada pasien dan staf. Pemahaman yang jelas terhadap berbagai jenis limbah ini menjadi kunci dalam merancang strategi manajemen limbah yang efektif di rumah sakit.

Perlu dipertimbangkan juga bahwa pemisahan limbah makanan di rumah sakit menjadi langkah awal yang penting dalam proses pengelolaan yang lebih baik. Hal ini dapat membantu mengarahkan limbah makanan ke proses pengolahan yang sesuai seperti komposting atau teknologi anaerobik. Manfaat lain dari pemisahan limbah adalah untuk menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan serta mencegah penyebaran penyakit atau zat berbahaya.

Selain dari aspek kebersihan, pemahaman akan dampak lingkungan juga perlu diperhatikan. Limbah makanan yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan jika tidak ditangani secara tepat (Nur'aini dkk., 2020). Oleh karena itu, pemilihan metode pengolahan yang sesuai dan pematuhan terhadap peraturan lingkungan menjadi kunci dalam mencegah dampak negatif terhadap ekosistem sekitar fasilitas kesehatan.

Upaya untuk mengurangi jumlah limbah makanan di rumah sakit juga penting untuk dilakukan. Analisis mendalam mengenai pola makan pasien, penyesuaian menu, atau edukasi kepada pasien tentang pilihan makanan yang lebih sesuai dengan kondisi medis dapat membantu mengurangi pemborosan makanan. Langkah-langkah ini menjadi bagian penting dalam mengurangi jumlah limbah makanan yang dihasilkan di lingkungan rumah sakit.

Selain dari aspek teknis, kesadaran lingkungan juga menjadi kunci dalam mengurangi limbah makanan di rumah sakit. Pelatihan dan edukasi kepada staf mengenai manajemen limbah, termasuk pemahaman mendalam tentang jenis-jenis limbah makanan dan cara

pengelolaannya, sangat penting dalam membangun kesadaran akan dampak lingkungan serta pentingnya peran individu dalam mengurangi dampak negatif limbah di rumah sakit.

C. Regulasi dan Kebijakan terkait Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit

Regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan di rumah sakit menjadi poin krusial dalam memastikan pengelolaan limbah yang efektif dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pemerintah biasanya memiliki peraturan yang mengatur tentang manajemen limbah kesehatan, termasuk limbah makanan di rumah sakit. Beberapa negara memiliki peraturan khusus yang mengatur prosedur pemisahan, penanganan, pengolahan, dan pembuangan limbah medis, termasuk limbah makanan. Regulasi ini mencakup standar kebersihan, identifikasi, dan penanganan limbah yang mengandung bahan-bahan berbahaya atau infeksius (Halomoan, 2020). Menerapkan kebijakan yang mematuhi regulasi ini adalah langkah penting yang harus diambil oleh rumah sakit untuk memastikan kepatuhan terhadap aturan yang berlaku.

Selain regulasi pemerintah, banyak rumah sakit juga mengadopsi kebijakan internal terkait manajemen limbah makanan. Kebijakan internal ini seringkali mengacu pada panduan yang lebih spesifik, mengatur prosedur internal, pemisahan limbah, penggunaan peralatan khusus, dan pelatihan staf. Kebijakan ini dirancang untuk mencapai standar tertinggi dalam manajemen limbah makanan sesuai dengan prinsip-prinsip kesehatan dan kebersihan

lingkungan. Kebijakan internal ini membantu menciptakan pedoman yang jelas bagi staf dan memastikan konsistensi dalam pelaksanaan manajemen limbah makanan di rumah sakit.

Selain aspek regulasi dan kebijakan internal, keterlibatan lembaga atau organisasi pemerintah dalam memberikan panduan dan rekomendasi terkait manajemen limbah makanan di rumah sakit menjadi hal yang signifikan (Al kholif, 2020). Misalnya, badan lingkungan atau kesehatan setempat mungkin memberikan pedoman, pelatihan, atau bahkan penilaian tentang manajemen limbah makanan. Kerjasama antara rumah sakit dan lembaga-lembaga ini membantu dalam membangun kapasitas serta memastikan adopsi praktik-praktik terbaik dalam manajemen limbah.

Penegakan regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan di rumah sakit juga melibatkan proses pemantauan dan evaluasi secara berkala. Pengawasan terhadap implementasi kebijakan, pelaporan atas pencapaian, serta evaluasi terhadap efektivitas strategi yang telah dijalankan menjadi bagian integral dalam menjamin kepatuhan terhadap regulasi dan kebijakan. Hasil evaluasi ini dapat digunakan untuk melakukan penyesuaian dan perbaikan dalam praktik manajemen limbah makanan di rumah sakit.

Regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan di rumah sakit memainkan peran integral dalam memastikan kepatuhan terhadap standar kebersihan, keselamatan, dan lingkungan. Pengaturan ini sering kali

melibatkan keterlibatan pemerintah dalam membentuk regulasi yang mengatur pengelolaan limbah medis termasuk limbah makanan. Di berbagai negara, lembaga pemerintah terkait kesehatan atau lingkungan bertanggung jawab dalam membuat dan menegakkan aturan yang berkaitan dengan pengelolaan limbah di rumah sakit. Misalnya, aturan tentang prosedur pemilahan, pengolahan, dan pembuangan limbah medis, termasuk limbah makanan, yang diatur agar sesuai dengan standar kebersihan dan keselamatan.

Selain regulasi dari pemerintah, rumah sakit juga membuat kebijakan internal yang mengatur aspek-aspek spesifik dalam manajemen limbah makanan. Kebijakan ini umumnya didesain untuk memastikan bahwa setiap tahapan dalam proses manajemen limbah makanan mematuhi standar tertinggi kesehatan dan keamanan. Selain itu, kebijakan internal ini membantu menciptakan pedoman yang jelas bagi staf dalam mengelola limbah makanan serta memastikan konsistensi dalam penerapan praktik-praktik yang sesuai.

Seringkali, lembaga-lembaga terkait, seperti badan lingkungan atau kesehatan setempat, memberikan panduan dan rekomendasi terkait manajemen limbah makanan. Badan-badan ini menyediakan pedoman, pelatihan, atau bahkan penilaian terhadap praktik-praktik yang ada dalam manajemen limbah di rumah sakit (Malonda dkk., 2022). Dukungan dari lembaga-lembaga ini penting dalam membangun kapasitas, menyediakan pembaruan terkait perkembangan terbaru dalam manajemen limbah, serta

memastikan penerapan praktik-praktik terbaik di lingkungan rumah sakit.

Penegakan regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan di rumah sakit melibatkan pemantauan dan evaluasi secara berkala (Wicaksono dkk., 2023). Prosedur ini mencakup pengawasan terhadap implementasi kebijakan, pelaporan atas pencapaian, dan evaluasi terhadap efektivitas strategi yang telah dijalankan. Hasil evaluasi ini berperan dalam menentukan apakah langkah-langkah yang telah diambil telah memenuhi tujuan, serta memberikan arahan untuk perbaikan dan penyesuaian jika diperlukan.

Kesimpulannya, regulasi dan kebijakan terkait manajemen limbah makanan di rumah sakit membentuk dasar penting dalam pengelolaan limbah yang bertanggung jawab. Langkah-langkah ini mencakup berbagai aspek, mulai dari standar kebersihan, pemisahan limbah, penggunaan peralatan khusus, hingga pemantauan dan evaluasi rutin. Dengan menerapkan regulasi dan kebijakan ini secara cermat, rumah sakit dapat memastikan pengelolaan limbah makanan yang efektif, sesuai standar, dan berperan dalam memelihara lingkungan yang bersih dan sehat.

D. Metode Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit

Manajemen limbah makanan di rumah sakit melibatkan beberapa metode yang ditujukan untuk mengelola limbah dengan cara yang efisien dan bertanggung jawab (Firdaus, 2021). Salah satu metode utama yang digunakan dalam manajemen limbah makanan di rumah sakit adalah pemilahan limbah. Pemilahan ini melibatkan klasifikasi limbah makanan berdasarkan jenisnya untuk memfasilitasi pengolahan yang lebih efektif. Misalnya, pemisahan antara limbah makanan yang terkontaminasi dengan bahan berbahaya, limbah organik, dan limbah lainnya menjadi bagian penting dalam merancang strategi pengelolaan limbah makanan yang tepat di rumah sakit.

Selain pemilahan limbah, metode lain yang umum diterapkan dalam manajemen limbah makanan di rumah sakit adalah penggunaan teknologi pengolahan limbah. Teknologi ini mencakup metode seperti komposting, *anaerobic digestion*, atau penggunaan alat-alat khusus untuk mengurangi *volume* limbah. Misalnya, penggunaan komposter dapat mengubah sisa-sisa makanan menjadi pupuk organik yang dapat digunakan kembali. Begitu pula dengan teknologi anaerobik yang mengolah limbah organik menjadi biogas atau pupuk, memberikan solusi yang ramah lingkungan dalam mengelola limbah makanan di rumah sakit.

Selain metode pengolahan, pendekatan pencegahan juga menjadi bagian penting dalam manajemen limbah makanan di rumah sakit. Langkah-langkah ini mencakup

penyesuaian menu, edukasi kepada pasien tentang pilihan makanan yang sesuai dengan kondisi medis, serta perencanaan yang cermat dalam pelayanan makanan untuk mengurangi sisa makanan yang tidak dikonsumsi (Togatorop & Husna, 2022). Pendekatan ini membantu dalam mengurangi limbah makanan yang dihasilkan dan merupakan strategi yang proaktif dalam manajemen limbah di fasilitas kesehatan.

Selanjutnya, praktik-praktik berkelanjutan juga menjadi bagian integral dalam manajemen limbah makanan di rumah sakit. Upaya untuk mengurangi penggunaan kantong plastik, penggunaan ulang bahan-bahan kemasan, atau pengoptimalan penggunaan sumber daya dalam pelayanan makanan merupakan langkah-langkah berkelanjutan yang membantu dalam mengurangi dampak limbah di lingkungan rumah sakit. Praktik-praktik ini mencerminkan komitmen rumah sakit dalam menerapkan solusi yang ramah lingkungan dalam manajemen limbah makanan.

Metode manajemen limbah makanan di rumah sakit terus berkembang dan mencakup pendekatan-pendekatan yang lebih inovatif untuk mengurangi dampak lingkungan serta memaksimalkan pemanfaatan limbah (Fandeli, 2021). Salah satu metode yang menjadi sorotan adalah pendekatan hierarki limbah, yang mencakup langkah-langkah seperti pencegahan, pengurangan, daur ulang, penggunaan kembali, dan pengolahan akhir limbah. Fokus utamanya adalah pada pencegahan dan pengurangan limbah makanan dengan mengidentifikasi dan mengurangi sumber limbah serta memaksimalkan penggunaan sisa-sisa makanan yang

masih layak konsumsi. Pendekatan ini memiliki tujuan untuk meminimalkan limbah makanan yang harus diolah secara lanjutan, sehingga mengurangi dampak lingkungan.

Teknologi menjadi salah satu komponen penting dalam metode manajemen limbah makanan rumah sakit. Selain komposter dan teknologi anaerobik yang telah disebutkan sebelumnya, ada berbagai inovasi teknologi lainnya yang digunakan untuk mengelola limbah makanan (Suryaningsih dkk., 2023). Misalnya, beberapa rumah sakit mengadopsi sistem pengomposan cepat yang menggunakan teknologi modern untuk mempercepat proses kompos, menghasilkan pupuk organik dalam waktu yang lebih singkat. Teknologi pemisahan makanan dari limbah lainnya juga menjadi fokus, memungkinkan rumah sakit untuk memisahkan sisa makanan yang masih dapat dimanfaatkan atau didaur ulang.

Penting untuk menekankan peran edukasi dan kesadaran di kalangan staf rumah sakit dalam menjalankan metode manajemen limbah makanan yang efektif (Wicaksono dkk., 2023). Pelatihan dan edukasi tentang pentingnya manajemen limbah, teknik-teknik pengelolaan limbah yang efisien, serta peran individu dalam mengurangi limbah makanan menjadi kunci. Peningkatan kesadaran ini membantu dalam meningkatkan partisipasi staf dalam penerapan praktik-praktik yang ramah lingkungan, memperkuat aspek berkelanjutan dari manajemen limbah di rumah sakit.

Penerapan teknologi informasi dan sistem manajemen juga berperan penting dalam metode manajemen limbah

makanan rumah sakit. Penggunaan aplikasi atau sistem yang memungkinkan untuk pemantauan, analisis data limbah, dan pelaporan secara *real-time* menjadi strategi efektif dalam mengelola dan mengevaluasi jumlah limbah yang dihasilkan (Efendi dkk., 2021). Sistem ini dapat membantu dalam mengidentifikasi pola limbah, menganalisis efisiensi praktik-praktik manajemen limbah, serta membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat terkait strategi pengelolaan limbah yang akan diadopsi.

Keterlibatan masyarakat juga menjadi faktor penting dalam metode manajemen limbah makanan rumah sakit (Ariga, 2020). Kolaborasi dengan komunitas sekitar untuk meningkatkan kesadaran akan dampak limbah makanan, edukasi tentang praktik-praktik berkelanjutan, serta mengajak partisipasi masyarakat dalam program-program pengelolaan limbah merupakan langkah-langkah yang berpotensi meningkatkan kesadaran dan memperkuat tanggung jawab bersama dalam upaya pengelolaan limbah yang lebih baik.

BAB 3 - BLACK SOLDIER FLY (BSF) SEBAGAI AGENSIA BIOKONVERSI

A. Pengertian & Siklus Hidup *Black Soldier Fly* (BSF)

Black Soldier Fly dengan nama larva *Hermetia illucens* masuk di dalam *Ordo Diptera*, *Famili Stratiomyidae*. Serangga ini hidup tersebar di penjuru dunia dengan area iklim subtropis dan tropis. Telur sebagai awal mula siklus hidup BSF, serangga ini menghasilkan kelompok telur. BSF betina bertelur kurang lebih 400 hingga 800 butir telur di area zat organik yang busuk dan telur berada dalam rongga kecil, kering, dan terlindung (Putro, 2023). Setelah bertelur, betina BSF akan mati. Telur diletakkan di wadah yang berdekatan bahan organik busuk, yang dimaksudkan supaya setelah menetas menjadi larva, larva akan mengkonsumsi bahan organik busuk tersebut. Suatu rongga yang terlindung dari faktor lingkungan, merupakan suatu tempat berlindung larva dari ancaman predator, sinar matahari yang mampu menurunkan kadar air telur BSF.

Telur BSF menetas kurang lebih empat hari. Larva yang baru menetas mempunyai ukuran beberapa millimeter dan mengkonsumsi sampah organik di sekitarnya yang tersedia. Larva memakan zat organik yang busuk dengan rakus, sehingga ukuran tubuhnya meningkat secara cepat bertambah panjang menjadi 2,5 cm dan lebar 0,5 cm, serta warna larva menjadi agak krem (Putro, 2023). Pada kondisi optimal dengan kuantitas dan kualitas makanan yang baik, pertumbuhan larva BSF berlangsung kurun waktu 14-16 hari. Tahap perkembangan larva ini merupakan langkah mereka menyimpan protein dan cadangan lemak, berubah

menjadi prapupa hingga menjadi BSF, kemudian menemukan pasangan, kawin, dan bertelur (bagi betina) sebelum akhirnya mati.

Lima fase larva (lima instar) akan dilalui oleh setiap larva hidup kemudian akan memasuki fase prapupa. Transformasi larva menjadi prapupa menunjukkan perubahan struktur seperti mulut menjadi struktur yang mempunyai bentuk seperti kait diikuti perubahan warna menjadi coklat tua sampai abu-abu arang. Mulut berstruktur bentuk kait mempunyai fungsi yang memudahkan berpindah tempat dari sumber makanannya masuk ke dalam lingkungan barunya yang kering, bertekstur seperti humus, terlindung, dan teduh, sehingga aman dari predator. Tempat seperti inilah perubahan pupa menjadi imago dan selanjutnya terbang. Pupasi adalah proses transformasi perubahan dari pupa menjadi lalat. Awal tahap pupasi yaitu prapupa menemukan lingkungan yang cocok kemudian berhenti beraktivitas kemudian menjadi kaku. Agar pupasi berhasil, sebaiknya tempat mempunyai kondisi lingkungan yang tidak mengalami banyak perubahan, atau dapat disebutkan bahwa tempatnya selalu kering, hangat, teduh dan kering. Proses pupasi membutuhkan periode kurang lebih dua hingga tiga minggu. Akhir pupasi dapat dilihat ketika lalat keluar dari dalam pupa dan sangat singkat. Membutuhkan waktu kurang dari lima menit, lalat berhasil membuka bagian pupa yang merupakan bagian kepala, merangkak dan keluar, serta mengeringkan dan mengembungkan sayap kemudian terbang (Dortmans et al., 2022).

Selama siklus hidup, lalat BSF dapat hidup kurang lebih satu minggu. Lalat BSF berpasangan, kawin, dan betina bertelur. Lalat BSF tidak membutuhkan makan, hanya membutuhkan sumber air dan memerlukan permukaan yang lembab untuk menjaga tubuh selalu terhidrasi. Pada fase lalat, tersedia cukup cahaya alami dan temperatur yang hangat (25-32°C) merupakan hal yang sangat penting. Sedangkan lingkungan dan sumber makanan yang optimal untuk larva adalah sebagai berikut:

1. Iklim hangat: temperatur ideal antara 24°C hingga 30°C. Bila terlalu panas, larva keluar dari media makanannya dan mencari tempat media yang lebih dingin. Bila terlalu dingin, larva akan melambat dalam metabolisme. Mengakibatkan nafsu makan larva lebih sedikit yang akan mempengaruhi pertumbuhannya menjadi lambat.
2. Lingkungan teduh: larva berusaha menghindari dari cahaya sehingga didapatkan lingkungan yang teduh, jauh dari cahaya matahari. Bila media makanannya terpapar cahaya, larva akan berusaha pindah ke lapisan media makanan yang terhindar dari cahaya.
3. Kadar air dalam makanan: sumber makanan cukup lembab dengan kadar air berkisar 60% sampai 90% sehingga mampu dicerna oleh larva
4. Kebutuhan nutrisi dalam makanan: makanan yang kaya protein serta karbohidrat mampu menjadikan pertumbuhan yang optimal bagi larva. Suatu penelitian menunjukkan bahwa limbah yang telah dilakukan proses penguraian bakteri atau jamur, larva akan lebih mudah mengkonsumsinya.

Ukuran partikel makanan: larva tidak mempunyai bagian mulut yang digunakan untuk mengunyah, namun nutrisi akan lebih mudah diserap bila substratnya adalah bagian-bagian kecil, bentuk cair atau seperti bubur (Dortmans et al., 2022). Lalat BSF mempunyai warna hitam yang terlihat segmen basal abdomen nampak transparan (*wasp waist*) dan sekilas serupa dengan abdomen lebah. Panjang BSF antara 15-20 mm dan memiliki waktu hidup 5 hingga 8 hari. Ketika Lalat BSF dewasa berkembang mulai dari pupa, sayap terlipat yang selanjutnya mengembang sempurna sampai menutupi bagian torak. Lalat BSF dewasa tidak mempunyai mulut yang fungsional, sebab lalat dewasa dalam beraktivitas hanya untuk kawin dan bereproduksi. Nutrien lalat BSF dewasa terpenuhi dari kandungan lemak saat masa menjadi pupa. Bila lemak habis, Lalat BSF akan mati. Menurut jenis kelamin, Lalat BSF betina pada umumnya mempunyai daya tahan hidup lebih pendek daripada Lalat BSF jantan (Wardhana, 2016).

Larva BSF mampu makan dengan cepat, 25 sampai 500 mg bahan organik / larva / hari, yaitu berbagai macam bahan organik busuk, seperti sayuran dan buah, jeroan ikan, kotoran manusia dan kotoran hewan (Makkar et al., 2014). Sebanyak 10.000 larva BSF 5-DOL (*Five Day Old Larvae*) dalam satu wadah pertumbuhan berukuran 40x60x12 cm, mengkonsumsi sejumlah 15 kg sampah basah dengan kadar air 75%, dibutuhkan 12 hari. Perbandingan lain dapat disimpulkan sejumlah 40.000 larva BSF 5-DOL pada setiap 1 m² area pengolahan, mengkonsumsi sebanyak 60 kg sampah organik dalam waktu 12 hari. Setelah 12 hari pengelolaan sampah organik

dengan larva BSF, panen (memisahkan larva dari residu) akan dilakukan. Periode 12 hari dinilai mencapai berat maksimal larva, dan belum menjadi prapupa. Nilai nutrisi larva 12 hari ini adalah pada titik yang maksimal. Telur lalat BSF membutuhkan waktu empat hari untuk menetas dan satu butir telur mempunyai berat sekitar 25 μg (Dortmans et al., 2022). Diketahui 1 g sama dengan 1.000.000 μg , sehingga didapatkan dalam perhitungan, 1 g telur mempunyai sekitar 40.000 butir telur.



Gambar 1 Morfologi Lalat, Pupa dan Lalat Dewasa BSF(Wardhana, 2016).

Siklus hidup BSF dimulai dari telur tumbuh menjadi lalat dewasa kurang lebih 40-43 hari, yang mempengaruhi yaitu media pakan dan kondisi lingkungan (Tabel 2.1). Lalat BSF betina bertelur dan meletakkan di dekat sumber makanannya, seperti kotoran unggas / ternak, dan limbah organik. Telur lalat BSF tidak akan diletakkan di atas pakan secara langsung dan lalat tidak mudah terusik bila sedang bertelur. Pada umumnya di atas media pertumbuhan diletakkan daun pisang kering dan potongan kardus berongga sebagai tempat telur. Di alam terbuka, lalat BSF betina akan tertarik terhadap bau senyawa aromatik limbah organik (*atraktan*) yang memungkinkan lalat BSF betina

datang dan bertelur ke lokasi tersebut. Atraktan dapat dibuat dari proses fermentasi limbah organik, yaitu limbah sayuran atau buah-buahan dengan penambahan EM4 dan mikroba rumen. Lalat BSF betina yang meletakkan telur di media tersebut pada umumnya lebih dari satu ekor. Lalat BSF betina mengeluarkan penanda kimia sebagai sinyal ke lalat BSF betina lainnya untuk meletakkan telur di media tempat tersebut. Telur BSF berwarna putih, berbentuk lonjong dan mempunyai panjang kurang lebih 1 mm berkumpul berbentuk koloni. Telur yang dihasilkan seekor lalat BSF betina mampu memproduksi sekitar 185-1235 butir. Referensi lain mengatakan bahwa seekor BSF betina membutuhkan waktu 20 hingga 30 menit selama bertelur dan jumlah telurnya antara 546 hingga 1.505 butir. Telur lalat BSF mempunyai berat massa telur sekitar 15,8 hingga 19,8 mg dan berat setiap telurnya antara 0,026 hingga 0,030 mg. Pukul 14.00 hingga 15.00 merupakan waktu puncak lalat BSF betina untuk bertelur, dan hanya sekali dalam siklus hidupnya, setelah itu lalat BSF betina mati (Wardhana, 2016). Berikut tabel 1 siklus hidup BSF :

Tabel 1 **Siklus Hidup BSF**

BSF	Periode Perkembangan (hari)
Inkubasi Telur	3
Larva	18
Pupa	14
Dewasa	3
Kawin	3
Bertelur	3

(Wardhana, 2016)

Jumlah telur lalat BSF berbanding lurus terhadap ukuran tubuh lalat BSF dewasa. Lalat BSF betina berukuran tubuh lebih besar dan sayap lebih lebar dinilai lebih subur dibandingkan sebaliknya. Demikian juga akan mempengaruhi terhadap jumlah telur yang dihasilkan. Faktor lingkungan yaitu kelembaban, mempunyai pengaruh terhadap produksi telur yang dihasilkan lalat BSF. Sebesar delapan puluh persen lalat BSF betina bertelur pada kelembaban lebih besar dari 60% dan hanya empat puluh persen lalat BSF betina bertelur pada kelembaban kurang dari 60%. Telur akan menetas kurang lebih 2 hingga 4 hari menjadi larva instar satu hingga menjadi instar enam selama periode 22 sampai 24 hari atau rata-rata 18 hari. Ukuran larva BSF baru menetas kurang lebih 2 mm, dan berkembang sampai 5 mm. Larva tumbuh kembang menjadi panjang tubuh hingga 20-25 mm, dan selanjutnya masuk pada tahap prepupa. Larva BSF betina lebih lama berada dalam media serta mempunyai bobot lebih berat dibanding larva jantan. Larva instar tahap akhir (prepupa) meninggalkan media pakan dan berpindah tempat yang kering, seperti ke tanah yang selanjutnya membuat terowongan yang digunakan untuk menghindari predator. Larva BSF mengandung protein 40-50%, dan asam amino esensial yang mana dapat digunakan untuk mengganti bungkil kedelai dan tepung ikan sebagai pakan ternak (Wardhana, 2016).

Kondisi percobaan, kepadatan larva BSF adalah 1,2 larva/cm², sedangkan percepatan dalam memberikan makan larva adalah 163 mg/larva/hari dan menghasilkan pupuk kompos 1,1 kg/m²/hari dan 59 g/m²/hari *biomassa*

larva. Rekomendasi dapat menghasilkan jumlah biomassa tertinggi, masih mentolerir dengan kepadatan larva 5 larva/cm² yang tidak mempunyai pengaruh signifikan selama pemberian pakan tidak lebih dari 95 mg/larva/hari (Parra Paz et al., 2015). Ukuran kandang tidak mempengaruhi peningkatan berat telur dan *oviposisi*/perteluran, yaitu kepadatan tetap dengan ukuran kandang yang berbeda. Sedangkan bertambahnya kepadatan akan lebih produktif mempengaruhi kuantitas telur yang dihasilkan. Disampaikan bahwa dalam penelitian ini, kepadatan 0,0005 lalat/cm³ hingga 0,0085 lalat/cm³ dalam lingkungan buatan (ruang terkontrol dan menggunakan cahaya buatan). Penelitian lain yang diuji oleh Oonincx et al. (2016) adalah 0,0007 lalat/cm³, dan oleh Nakamura et al. (2016) adalah 0,0050 lalat/cm³ sebagai hal penentu faktor untuk memperoleh telur hasil kawin dalam *volume* terbatas (Hoc et al., 2019).

BSF dikenal memiliki keunggulan dalam proses biokonversi limbah. Larva BSF merupakan konsumen yang sangat efisien terhadap berbagai jenis limbah organik, termasuk sisa-sisa makanan, limbah pertanian, dan limbah lainnya. Larva BSF mampu memakan dan mencerna material organik dengan cepat, mengubahnya menjadi *biomassa*-nya sendiri, yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, pupa BSF yang merupakan sumber protein tinggi, serta pupa dewasa yang berguna dalam siklus reproduksi.

Selain itu, *Black Soldier Fly* juga dikenal sebagai serangga yang tidak mengganggu dan tidak menyebarkan penyakit. Pada fase larva, BSF tidak mengkonsumsi

makanan atau beraktivitas dalam bentuk yang mengganggu, sehingga serangga ini tidak menjadi gangguan di lingkungan tempat pemrosesan limbah organik. Selain itu, larva BSF juga memiliki sifat yang sangat tahan terhadap bakteri patogen. Hal ini membuat mereka menjadi pilihan yang aman untuk digunakan dalam pengolahan limbah dan produksi berbagai produk hasil biokonversi.

Salah satu keistimewaan dari BSF terletak pada kemampuannya dalam menghasilkan produk yang bernilai ekonomis tinggi. Larva BSF memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi, membuatnya cocok sebagai pakan alternatif untuk hewan ternak. Pupa BSF juga memiliki nilai tinggi dalam industri pakan karena memiliki kandungan nutrisi yang penting, termasuk protein, lemak, dan mineral, sehingga dapat digunakan dalam pakan unggas, ikan, dan hewan lainnya. Kemampuan BSF dalam mengkonversi limbah organik menjadi sumber daya bernilai tinggi menempatkannya sebagai agen biokonversi yang potensial dalam upaya pengelolaan limbah dan produksi bahan bermanfaat.

BSF memiliki peran penting dalam siklus alamiah penguraian bahan organik. Kemampuannya untuk mendaur ulang limbah organik menjadi biomassa yang berguna membantu mengurangi jumlah limbah yang masuk ke dalam lingkungan. Proses biokonversi yang dilakukan oleh BSF dapat membantu dalam mengurangi pencemaran lingkungan karena larva BSF mampu mengkonversi limbah menjadi produk yang bermanfaat, sehingga

mengurangi dampak negatif dari penimbunan limbah organik di tempat pembuangan akhir.

Selain itu, penggunaan BSF dalam pengolahan limbah juga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Dalam proses konversi limbah oleh larva BSF, terjadi pengurangan emisi metana yang umumnya dihasilkan dari proses dekomposisi limbah organik di tempat pembuangan sampah. Dengan memanfaatkan BSF sebagai agen biokonversi, dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim.

Lebih jauh lagi, penelitian terus dilakukan untuk mengeksplorasi potensi BSF dalam bidang-bidang lain, termasuk bidang kedokteran dan farmasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa BSF memiliki sifat antimikroba yang mungkin dapat dimanfaatkan dalam pengembangan antibiotik alami. Selain itu, kandungan nutrisi yang tinggi pada larva dan pupa BSF menjadi subjek penelitian dalam upaya memanfaatkannya sebagai bahan dasar dalam produksi obat-obatan dan suplemen kesehatan.

Kendati demikian, dalam pemanfaatan BSF sebagai agen biokonversi, terdapat tantangan dan hambatan yang perlu diatasi. Pengembangan teknologi untuk skala produksi yang besar dan efisien serta pengelolaan BSF secara komersial masih memerlukan penelitian dan inovasi lebih lanjut. Selain itu, aspek regulasi dan peraturan terkait penggunaan BSF dalam pengelolaan limbah juga perlu diperhatikan guna memastikan keamanan dan keberlanjutan dalam pemanfaatannya.

Kesimpulannya, *Black Soldier Fly* (BSF) telah dikenal sebagai agen biokonversi yang potensial dalam mengelola limbah organik. Karakteristik fisik dan siklus hidupnya, efisiensi dalam mengkonversi limbah, serta potensi penggunaannya dalam produksi berbagai produk bermanfaat membuat BSF menjadi fokus penelitian dan pengembangan dalam upaya pengelolaan limbah secara berkelanjutan. Meskipun demikian, tantangan teknis, regulasi, dan pengelolaan tetap menjadi aspek yang harus diperhatikan dalam pemanfaatan BSF sebagai agen biokonversi yang efektif dan berkelanjutan.

B. Potensi *Black Soldier Fly* dalam Mendegradasi Limbah Organik

Black Soldier Fly (BSF) telah dikenal karena potensinya dalam mendegradasi limbah organik menjadi sumber daya yang bernilai. Potensi BSF terletak pada kemampuannya untuk memproses berbagai jenis limbah organik menjadi produk yang bermanfaat, seperti larva, pupa, dan pupa dewasa (Sholahuddin dkk., 2022). Larva BSF memiliki peran utama dalam proses biokonversi ini karena mampu mengonsumsi limbah organik dengan cepat dan mengubahnya menjadi biomassa yang berguna. Kemampuan adaptasi BSF dalam memakan berbagai jenis limbah organik, mulai dari sisa-sisa makanan hingga limbah pertanian, menjadi keunggulan utama dalam mendegradasi limbah organik yang bervariasi.

Selain itu, proses biokonversi yang dilakukan oleh BSF membantu dalam mengurangi jumlah limbah organik yang masuk ke tempat pembuangan sampah atau *landfill*.

Dengan memanfaatkan BSF sebagai agen biokonversi, limbah organik dapat didegradasi secara efisien sebelum mencapai tempat pembuangan akhir. Hal ini dapat membantu mengurangi tekanan terhadap lahan pembuangan sampah yang terbatas serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran tanah dan air.

Selanjutnya, BSF memiliki peran penting dalam mendukung konsep ekonomi sirkular. Dalam konteks ini, limbah organik diubah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi, seperti larva dan pupa BSF yang memiliki kandungan nutrisi tinggi. Larva BSF dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak, sedangkan pupa BSF memiliki potensi sebagai sumber protein yang berguna dalam industri pakan. Dengan demikian, pemanfaatan BSF dalam mendegradasi limbah organik tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga menghasilkan produk yang bernilai ekonomi.

Keberadaan BSF dalam proses mendegradasi limbah organik juga memberikan kontribusi pada aspek keberlanjutan. Dalam perannya sebagai agen biokonversi, BSF membantu mengurangi penggunaan lahan untuk tempat pembuangan sampah serta mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari dekomposisi limbah organik. Dengan demikian, pemanfaatan BSF dalam mendegradasi limbah organik dapat berperan dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan mendorong prinsip-prinsip ekologi yang lebih berkelanjutan.

Kendati demikian, untuk memanfaatkan potensi BSF secara maksimal dalam mendegradasi limbah organik, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terutama terkait peningkatan efisiensi proses biokonversi, pengelolaan skala produksi yang besar, serta aspek regulasi dan keamanan dalam penggunaannya. Dengan upaya-upaya penelitian yang terus dilakukan, potensi BSF sebagai agen biokonversi dalam mendegradasi limbah organik menjadi sumber daya yang bernilai diharapkan dapat terus dioptimalkan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan ekonomi.

Black Soldier Fly (BSF) merupakan serangga yang memiliki peran krusial dalam proses mendegradasi limbah organik. Dalam konteks ini, karakteristik biologi dan perilaku BSF menjadi faktor penting dalam efektivitasnya sebagai agensia biokonversi. Siklus hidup BSF yang melibatkan empat tahap, yakni telur, larva, pupa, dan imago, menjadi dasar bagi peran BSF dalam proses ini. Fase larva menjadi fokus utama, karena dalam tahap ini terjadi proses biokonversi limbah yang efisien. Larva BSF mempunyai daya konsumsi yang tinggi terhadap berbagai jenis limbah organik, menyebabkan perubahan signifikan dari limbah tersebut menjadi biomassa yang lebih berguna.

Salah satu aspek kunci yang membuat BSF potensial dalam mendegradasi limbah organik adalah kemampuannya dalam memproses berbagai jenis limbah. BSF mampu memakan sisa-sisa makanan, limbah pertanian, serta limbah lainnya dengan efisien. Keefisienan ini memberikan peluang besar dalam mengurangi jumlah limbah organik yang mencapai tempat pembuangan akhir.

BSF juga menawarkan solusi yang ramah lingkungan dengan mengubah limbah organik menjadi produk yang berguna, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran tanah dan air yang dapat ditimbulkan oleh limbah yang terbuang secara tidak terkelola.

Selain itu, potensi ekonomi dari BSF menjadi perhatian utama dalam proses mendegradasi limbah organik. Kemampuan BSF dalam menghasilkan produk berharga, seperti larva dan pupa yang memiliki kandungan nutrisi tinggi, menjadi nilai tambah dalam siklus ekonomi sirkular. Larva BSF digunakan sebagai pakan alternatif untuk ternak, sementara pupa BSF memiliki potensi sebagai sumber protein yang berharga dalam industri pakan. Dengan cara ini, BSF berperan dalam mendegradasi limbah organik sekaligus menghasilkan produk yang bernilai ekonomi.

Kehadiran BSF dalam proses mendegradasi limbah organik juga mengikuti prinsip-prinsip keberlanjutan. Kontribusi BSF dalam mengurangi lahan yang digunakan untuk tempat pembuangan sampah, serta mengurangi emisi gas rumah kaca dari dekomposisi limbah organik, menjadi bagian dari upaya menjaga keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, peran BSF dalam mendegradasi limbah organik menjadi sumber daya yang berguna memberikan kontribusi penting dalam penerapan prinsip keberlanjutan (Sholahuddin dkk., 2021).

Meskipun demikian, tantangan dalam pemanfaatan potensi BSF masih ada. Penelitian lebih lanjut terkait efisiensi biokonversi, pengelolaan skala produksi, dan

aspek regulasi masih dibutuhkan. Selain itu, pendekatan multidisiplin yang melibatkan ilmuwan, insinyur, dan pemangku kepentingan lainnya diperlukan untuk mengoptimalkan peran BSF dalam mendegradasi limbah organik. Dengan upaya kolaboratif ini, potensi BSF dalam mendegradasi limbah organik menjadi sumber daya yang bernilai dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk mendukung prinsip-prinsip ekologi yang lebih berkelanjutan.

C. Manfaat Penggunaan *Black Soldier Fly* dalam Pengelolaan Limbah

Pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai agensia biokonversi menawarkan beragam manfaat penting dalam konteks pengelolaan limbah. Salah satu manfaat utama adalah kemampuannya dalam mendegradasi limbah organik menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi. BSF memiliki daya konsumsi yang tinggi terhadap limbah organik, mengubahnya menjadi larva dan pupa yang berguna, seperti pakan ternak dengan nilai gizi tinggi. Proses biokonversi ini menciptakan sebuah siklus ekonomi sirkular yang mengubah limbah yang tadinya tidak bernilai menjadi produk yang dapat dimanfaatkan (Sulaiman dkk., 2023).

Selanjutnya, penggunaan BSF membantu dalam mengurangi limbah yang mencapai tempat pembuangan sampah. Dengan memanfaatkan BSF untuk mendegradasi limbah organik sebelum mencapai *landfill*, jumlah limbah yang memenuhi tempat pembuangan akhir dapat dikurangi. Hal ini berdampak positif terhadap lingkungan dengan

mengurangi dampak pencemaran tanah dan air yang disebabkan oleh limbah organik yang terakumulasi. Sebagai contoh, larva BSF mampu mengonsumsi sisa-sisa makanan, limbah sayuran, atau limbah pertanian seperti ampas jagung, dan mengubahnya menjadi larva yang kaya protein dan lemak. Larva BSF ini kemudian dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif yang berkualitas tinggi untuk ternak, termasuk unggas, ikan, babi, dan reptil lainnya. Proses biokonversi ini menciptakan nilai tambah ekonomi dari limbah yang sebelumnya dianggap tidak bernilai.

Selain itu, penggunaan BSF membantu dalam mengurangi jumlah limbah organik yang mencapai tempat pembuangan akhir atau *landfill*. Contohnya, dalam sebuah studi yang dilakukan di fasilitas pengolahan makanan, penggunaan larva BSF mengurangi volume limbah makanan hingga 50–60%. Dengan memanfaatkan BSF sebagai agensia biokonversi, limbah organik yang diproses menjadi biomasnya sendiri mengurangi dampak lingkungan dan tekanan terhadap lahan pembuangan sampah yang terbatas.

Selain manfaat lingkungan, penggunaan BSF juga memiliki kontribusi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. BSF membantu mengurangi emisi metana yang biasanya dihasilkan dari proses dekomposisi limbah organik di tempat pembuangan sampah. Dengan mengurangi emisi gas ini, penggunaan BSF berpotensi memberikan dampak positif terhadap mitigasi perubahan iklim. Studi telah menunjukkan bahwa pengolahan limbah organik dengan menggunakan larva BSF dapat mengurangi

emisi gas metana hingga 50–60% dibandingkan dengan limbah yang hanya dibuang begitu saja ke tempat pembuangan sampah. Hal ini mengindikasikan potensi penggunaan BSF dalam meminimalkan kontribusi terhadap perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca dari limbah organik.

Manfaat sosial juga menjadi aspek penting dari penggunaan BSF. Larva BSF memiliki potensi sebagai sumber protein yang berkualitas baik untuk pakan hewan ternak dan juga sebagai sumber pangan alternatif untuk manusia. Selain itu, pengelolaan limbah dengan memanfaatkan BSF juga menciptakan peluang pekerjaan baru di sektor pengelolaan limbah dan industri yang terkait. Pupa BSF, sebagai salah satu hasil dari proses biokonversi, memiliki potensi sebagai sumber protein hewani yang tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pupa BSF memiliki kandungan protein yang serupa dengan daging, sehingga dapat menjadi sumber protein alternatif yang lebih berkelanjutan dan berpotensi menjadi solusi kesehatan dan gizi, terutama dalam masyarakat yang kekurangan sumber protein (Rukmini, 2020).

Namun, seperti halnya dengan setiap teknologi baru, penggunaan BSF dalam pengelolaan limbah juga memiliki tantangan, termasuk pengelolaan skala produksi yang besar, aspek regulasi yang kompleks, dan penelitian yang terus-menerus untuk meningkatkan efisiensi biokonversi. Upaya dalam mengatasi tantangan ini akan menjadi kunci dalam memaksimalkan manfaat BSF dalam pengelolaan limbah secara berkelanjutan.

BAB 4 - POTENSI PEMANFAATAN *BLACK SOLDIER FLY* DALAM RUMAH SAKIT

A. Keunggulan dan Kelemahan Pemanfaatan *Black Soldier Fly* pada Skala Rumah Sakit

Pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam konteks rumah sakit menawarkan sejumlah keunggulan yang signifikan dalam pengelolaan limbah. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuan BSF dalam mengolah limbah organik, terutama sisa-sisa makanan, yang merupakan salah satu limbah yang cukup besar di rumah sakit. Larva BSF dapat mencerna berbagai jenis limbah organik, termasuk sisa-sisa makanan yang berasal dari dapur rumah sakit, dan mengubahnya menjadi biomassa yang berguna seperti larva dan pupa. Sebagai contoh, di beberapa rumah sakit, limbah organik dari dapur dan sisa-sisa makanan yang tidak dimakan pasien dapat diolah oleh larva BSF menjadi pakan ternak atau pupa yang dapat dimanfaatkan sebagai produk bernilai seperti pupa yang kaya akan protein (Da Rizano & Rifin, 2022).

Keunggulan lainnya adalah BSF membantu dalam mengurangi *volume* limbah organik yang masuk ke tempat pembuangan sampah. Dengan mengintegrasikan BSF dalam sistem pengelolaan limbah rumah sakit, limbah organik dapat didaur ulang dan diubah menjadi produk yang memiliki nilai, mengurangi jumlah limbah yang mencapai *landfill*. Hal ini berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Namun, ada beberapa kelemahan dan tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam pemanfaatan BSF di lingkungan rumah sakit. Salah satu kelemahan utamanya adalah penanganan limbah medis yang spesifik. Limbah medis seperti jarum suntik, peralatan medis sekali pakai, atau limbah infeksius tidak dapat diolah oleh larva BSF dan memerlukan penanganan khusus sesuai dengan protokol pengelolaan limbah medis yang telah ditetapkan. Selain itu, kebersihan dan keamanan harus dijaga agar tidak terjadi kontaminasi antara limbah medis dan limbah organik yang akan diolah oleh BSF.

Ketersediaan lahan dan ruang untuk memfasilitasi unit pemrosesan BSF juga menjadi kendala dalam penerapan sistem ini di rumah sakit. Dalam lingkungan rumah sakit yang umumnya memiliki keterbatasan lahan, penempatan fasilitas pemrosesan BSF yang memadai dapat menjadi kendala utama (Nurul, 2022). Perlu direncanakan dengan baik agar proses pemrosesan limbah oleh BSF tidak mengganggu operasional rumah sakit atau menimbulkan risiko kesehatan bagi pasien, staf medis, atau pengunjung.

Dalam mengaplikasikan BSF di rumah sakit, diperlukan koordinasi yang baik antara manajemen limbah, tenaga medis, dan pihak terkait lainnya untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan kepatuhan terhadap peraturan terkait pengelolaan limbah, terutama limbah medis. Meskipun memiliki keunggulan dalam mendegradasi limbah organik, penerapan BSF di rumah sakit memerlukan perencanaan dan pengelolaan yang matang agar manfaatnya dapat dioptimalkan sambil

memperhatikan segala kelemahan dan tantangan yang terkait.

Keunggulan pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam rumah sakit meliputi kemampuannya dalam mengurangi limbah organik yang berasal dari sisa-sisa makanan atau limbah dapur (Farid, 2021). Sebagai contoh, di beberapa rumah sakit, penelitian menunjukkan bahwa integrasi larva BSF dalam pengelolaan limbah telah berhasil mengurangi hingga 50% dari volume limbah organik dapur yang dihasilkan. Hal ini memperlihatkan potensi BSF dalam mengolah limbah organik yang berasal dari sisa-sisa makanan menjadi produk bernilai seperti pupa yang kaya akan protein, yang dapat digunakan sebagai pakan alternatif untuk ternak.

Namun demikian, kelemahan yang muncul terkait penggunaan BSF dalam rumah sakit terkait penanganan limbah medis yang khusus. Limbah medis yang termasuk dalam kategori limbah infeksius atau berbahaya tidak dapat diproses oleh larva BSF. Limbah seperti jarum suntik, peralatan medis sekali pakai, atau bahan infeksius memerlukan penanganan khusus sesuai dengan protokol pengelolaan limbah medis yang telah ditetapkan. Contoh konkretnya adalah limbah medis yang telah terkontaminasi dengan bahan-bahan berbahaya, yang memerlukan perlakuan dan pembuangan yang sesuai dengan regulasi kesehatan dan keamanan.

Selanjutnya, pengelolaan lahan dan ruang juga menjadi kendala dalam penerapan BSF di rumah sakit. Dalam konteks ini, rumah sakit umumnya memiliki keterbatasan

lahan yang memadai untuk menempatkan fasilitas pemrosesan BSF secara efisien. Perencanaan lokasi yang tepat untuk unit pemrosesan BSF perlu dipertimbangkan dengan baik agar tidak mengganggu operasional rumah sakit atau menimbulkan risiko kesehatan bagi pasien, staf medis, atau pengunjung.

Dalam praktiknya, perlu dilakukan koordinasi yang baik antara manajemen limbah, tenaga medis, dan pihak terkait lainnya dalam menerapkan BSF di rumah sakit. Tujuannya adalah memastikan keselamatan, keamanan, dan kepatuhan terhadap peraturan terkait pengelolaan limbah, khususnya limbah medis. Pengelolaan limbah medis yang tepat sesuai dengan standar dan regulasi kesehatan merupakan salah satu contoh pentingnya koordinasi yang baik antara departemen yang terlibat dalam pengelolaan limbah di rumah sakit.

Selain itu, pengenalan teknologi BSF di rumah sakit juga memerlukan edukasi dan pelatihan bagi staf yang terlibat dalam proses pengelolaan limbah. Mereka perlu memahami cara memisahkan limbah organik yang dapat diolah oleh BSF dan limbah medis yang memerlukan penanganan khusus. Training ini juga mencakup aspek keamanan dan kepatuhan terhadap regulasi, serta pengelolaan fasilitas BSF untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi ini dilakukan secara aman dan efektif.

Terakhir, meskipun pemanfaatan BSF di rumah sakit memiliki keunggulan dalam mengelola limbah organik, beberapa kelemahan dan tantangan harus diatasi agar

implementasinya dapat berjalan dengan sukses (Dinata, 2021). Pengelolaan limbah medis yang khusus, ketersediaan lahan dan ruang, serta koordinasi antardepartemen dan pelatihan staf menjadi kunci dalam menghadapi tantangan dalam menerapkan teknologi BSF secara efektif di lingkungan rumah sakit.

B. Pengelolaan Limbah Organik di Rumah Sakit Menggunakan *Black Soldier Fly*

Pengelolaan limbah organik di rumah sakit dengan memanfaatkan *Black Soldier Fly* (BSF) telah menjadi salah satu solusi yang menarik dalam mengatasi masalah limbah organik. BSF menawarkan metode biokonversi yang efisien, di mana larva BSF digunakan untuk mendegradasi limbah organik menjadi produk bernilai seperti larva yang kaya akan nutrisi dan pupa yang bermanfaat (Nuryaman & A'yunin, 2020). Dalam konteks rumah sakit, penggunaan BSF dalam pengelolaan limbah organik, terutama sisa-sisa makanan dan limbah organik non-medis, menjadi alternatif yang menarik untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menghasilkan produk yang bermanfaat. Sebagai contoh, larva BSF yang dihasilkan dari proses biokonversi limbah organik dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak di luar rumah sakit, mengurangi ketergantungan pada pakan ternak konvensional.

Penerapan BSF dalam pengelolaan limbah organik rumah sakit menawarkan manfaat ganda. Pertama, mengurangi volume limbah organik yang masuk ke tempat pembuangan akhir. Dengan mengolah limbah organik menggunakan larva BSF, *volume* limbah yang akan

memenuhi *landfill* dapat dikurangi secara signifikan. Hal ini dapat mengurangi beban pada sistem pembuangan sampah dan membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Kedua, pemanfaatan larva BSF sebagai produk bernilai meningkatkan nilai dari limbah organik itu sendiri. Larva yang kaya akan nutrisi menjadi alternatif yang menarik untuk digunakan sebagai pakan ternak, dan pupa BSF dapat diolah menjadi sumber protein yang berguna.

Namun, pengelolaan limbah organik dengan menggunakan BSF di lingkungan rumah sakit juga menghadapi sejumlah tantangan. Salah satunya adalah pengelolaan limbah medis yang khusus, seperti limbah infeksius, yang tidak dapat diolah oleh larva BSF. Limbah-limbah medis ini memerlukan penanganan khusus sesuai dengan protokol pengelolaan limbah medis yang telah ditetapkan (Firdaus, 2021). Contoh konkretnya adalah limbah medis yang telah terkontaminasi dengan bahan-bahan berbahaya, yang memerlukan perlakuan dan pembuangan yang sesuai dengan regulasi kesehatan dan keamanan yang berlaku.

Selain itu, penempatan dan pengelolaan fasilitas pemrosesan BSF juga menjadi tantangan tersendiri di lingkungan rumah sakit yang sering kali memiliki keterbatasan lahan. Dibutuhkan perencanaan yang cermat untuk menempatkan fasilitas pemrosesan BSF agar tidak mengganggu operasional rumah sakit dan memperhatikan faktor keamanan serta regulasi kesehatan yang berlaku. Dalam pengelolaan limbah organik di rumah sakit menggunakan BSF, koordinasi antardepartemen dan

pengelolaan yang cermat menjadi kunci dalam memastikan keberhasilan implementasi teknologi ini secara efisien dan efektif.

Pengelolaan limbah organik di rumah sakit melalui penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) memerlukan pendekatan yang hati-hati dalam menghadapi tantangan teknis dan regulasi. Salah satu tantangan teknisnya adalah bagaimana mengelola limbah medis yang tidak dapat diolah oleh larva BSF. Limbah medis seperti jarum suntik, peralatan medis sekali pakai, atau limbah infeksius memerlukan penanganan yang khusus dan sesuai dengan peraturan kesehatan dan keamanan. Sebagai contoh, di beberapa rumah sakit, limbah medis harus dipisahkan dengan limbah organik yang akan diolah oleh BSF untuk mencegah risiko kontaminasi dan penyebaran penyakit yang mungkin terjadi.

Selanjutnya, pengelolaan limbah organik menggunakan BSF di lingkungan rumah sakit membutuhkan ruang dan infrastruktur yang memadai. Rumah sakit umumnya memiliki keterbatasan lahan, sehingga penempatan fasilitas pemrosesan BSF perlu direncanakan dengan cermat agar tidak mengganggu operasional rumah sakit atau menimbulkan risiko kesehatan bagi pasien, staf medis, atau pengunjung. Perlu juga dicatat bahwa lokasi yang tepat untuk unit pemrosesan BSF harus mempertimbangkan aspek keamanan, kenyamanan, dan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.

Selain itu, koordinasi yang baik antara departemen yang terlibat dalam pengelolaan limbah di rumah sakit sangat penting. Hal ini termasuk manajemen limbah, tenaga medis, dan pihak terkait lainnya. Mereka perlu memahami secara menyeluruh tentang metode dan kebutuhan BSF dalam mengelola limbah organik, termasuk pemahaman tentang limbah yang dapat diolah oleh BSF dan limbah yang memerlukan penanganan khusus. Kerjasama yang kuat antardepartemen akan memastikan proses pengelolaan limbah organik di rumah sakit menggunakan BSF berjalan dengan efektif.

Selanjutnya, edukasi dan pelatihan bagi staf yang terlibat dalam proses pengelolaan limbah juga menjadi faktor kunci. Mereka perlu diberikan pelatihan tentang pengelolaan fasilitas BSF, prinsip-prinsip keamanan dan kepatuhan terhadap regulasi, serta pentingnya pemisahan limbah yang sesuai. Dengan pelatihan yang adekuat, staf akan lebih mampu mengelola limbah dengan tepat sesuai prosedur yang telah ditetapkan.

Penerapan BSF dalam pengelolaan limbah organik rumah sakit juga memerlukan pemantauan dan evaluasi secara berkala. Pengawasan terus-menerus terhadap proses pemrosesan limbah dengan menggunakan BSF diperlukan untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai dengan standar keamanan dan efektivitas yang diharapkan. Evaluasi rutin juga membantu dalam mengevaluasi keberhasilan penerapan teknologi ini serta menemukan ruang perbaikan yang mungkin dibutuhkan.

Dalam rangka menghadapi tantangan dan memaksimalkan potensi BSF dalam mengelola limbah organik di rumah sakit, kerja sama antara pihak terkait, peningkatan infrastruktur dan fasilitas, edukasi, pemantauan, dan evaluasi berkala menjadi langkah penting yang harus ditempuh secara holistic (Faris, 2021). Dengan pendekatan yang terintegrasi, diharapkan penggunaan BSF dalam pengelolaan limbah rumah sakit dapat berjalan lebih efisien dan berkelanjutan.

C. Peran *Black Soldier Fly* dalam Pengendalian Hama dan Penyakit di Lingkungan Rumah Sakit

Penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam lingkungan rumah sakit memiliki potensi untuk berperan dalam pengendalian hama dan penyakit. Salah satu peran utama BSF adalah kemampuannya dalam mendegradasi limbah organik, termasuk sisa-sisa makanan, yang dapat menjadi tempat berkembang biak bagi hama dan patogen. Dengan mengonsumsi limbah organik tersebut, larva BSF dapat mengurangi jumlah bahan organik yang memungkinkan pertumbuhan hama seperti lalat dan tikus, yang umumnya menjadi masalah di lingkungan rumah sakit (Dinata, 2021). Contohnya, larva BSF dapat mengonsumsi sisa-sisa makanan atau bahan organik lainnya sebelum menjadi sumber makanan bagi hama seperti lalat, membantu mengurangi populasi hama tersebut di sekitar area rumah sakit.

Selain itu, BSF juga dapat berperan dalam mengurangi risiko penyebaran penyakit di lingkungan rumah sakit. Dengan menurunkan populasi hama seperti lalat dan tikus

yang merupakan pembawa penyakit, penggunaan BSF secara tidak langsung dapat membantu dalam mengendalikan penyebaran penyakit yang mungkin ditularkan oleh hama tersebut. Dalam beberapa kasus, lalat dan tikus dapat membawa kuman atau bakteri patogen yang dapat menyebabkan infeksi, terutama di lingkungan kesehatan yang rentan terhadap infeksi nosokomial.

Namun, penting untuk dicatat bahwa efektivitas BSF dalam pengendalian hama dan penyakit di lingkungan rumah sakit belum sepenuhnya teruji dan perlu penelitian lebih lanjut untuk mendukung klaim ini. Meskipun BSF memiliki potensi untuk mengurangi populasi hama tertentu, penggunaan BSF dalam konteks pengendalian hama dan penyakit di lingkungan rumah sakit harus diperhatikan secara holistik. Misalnya, perlu dipertimbangkan bagaimana penempatan unit pemrosesan BSF dapat diintegrasikan dengan strategi pengendalian hama dan penyakit yang sudah ada di rumah sakit.

Kendati demikian, penggunaan BSF dalam pengendalian hama dan penyakit di lingkungan rumah sakit masih menjadi bidang penelitian yang menarik. Studi lanjutan perlu dilakukan untuk memahami secara lebih mendalam efektivitas BSF dalam menekan populasi hama, mengurangi risiko penyebaran penyakit, dan pengintegrasian BSF ke dalam strategi pengelolaan lingkungan rumah sakit secara menyeluruh. Dengan penelitian yang lebih lanjut, BSF dapat menjadi bagian yang berpotensi penting dalam menjaga kebersihan dan keamanan lingkungan rumah sakit serta mengurangi risiko penularan penyakit di lingkungan tersebut.

Penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam lingkungan rumah sakit menarik perhatian dalam upaya pengendalian hama dan penyakit. BSF memiliki potensi untuk membantu mengurangi populasi hama yang seringkali menjadi masalah di rumah sakit, seperti lalat dan tikus. Larva BSF, dengan kebiasaannya mengonsumsi limbah organik termasuk sisa-sisa makanan, dapat menjadi pesaing bagi hama yang mengincar sumber makanan yang sama. Sebagai contoh, lalat adalah pembawa potensial patogen dan mikroorganisme penyebab penyakit. Dengan mengurangi populasi lalat melalui pemrosesan limbah menggunakan larva BSF, risiko penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat dapat berkurang, membantu menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan rumah sakit.

Selain itu, tikus seringkali menjadi masalah di lingkungan rumah sakit karena dapat menyebarkan berbagai penyakit melalui kontaminasi bahan makanan atau tempat-tempat yang sering dijangkau. Larva BSF, dengan cara mereka mengonsumsi limbah organik, dapat mengurangi jumlah sumber makanan yang tersedia bagi tikus. Dalam situasi di mana sisa-sisa makanan atau limbah organik menjadi sumber daya bagi tikus, pengurangan sumber makanan tersebut melalui pemrosesan oleh larva BSF dapat membantu mengontrol populasi tikus di sekitar rumah sakit.

Meskipun demikian, penting untuk dicatat bahwa studi yang secara spesifik membuktikan peran BSF dalam pengendalian hama dan penyakit di lingkungan rumah sakit masih terbatas. Sebuah penelitian yang mendalam dan terkontrol perlu dilakukan untuk memastikan efektivitas

BSF dalam mengendalikan populasi hama dan mengurangi risiko penularan penyakit yang disebarkan oleh hama tersebut. Hal ini melibatkan pemantauan terhadap populasi hama sebelum dan setelah implementasi BSF, serta analisis dampak terhadap penyebaran penyakit yang terkait dengan populasi hama tersebut.

Penerapan BSF sebagai metode pengendalian hama juga harus dipertimbangkan dengan berbagai faktor, termasuk pengaturan lokasi dan infrastruktur unit pemrosesan BSF. Penempatan fasilitas ini perlu diperhatikan agar tidak mengganggu operasional rumah sakit serta memperhatikan aspek keamanan dan kepatuhan terhadap regulasi kesehatan yang berlaku. Pada akhirnya, penggunaan BSF dalam pengendalian hama dan penyakit di lingkungan rumah sakit harus diintegrasikan dengan strategi pengelolaan lingkungan rumah sakit secara menyeluruh.

Kajian lebih lanjut terkait penggunaan BSF dalam mengendalikan populasi hama dan meminimalkan risiko penularan penyakit di rumah sakit perlu dilakukan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam. Langkah ini akan membantu memastikan bahwa penggunaan BSF sebagai bagian dari strategi pengelolaan limbah dan pengendalian hama di rumah sakit dapat diterapkan dengan efektif dan aman. Dengan demikian, BSF dapat menjadi alternatif yang menjanjikan dalam menjaga kebersihan lingkungan rumah sakit dan mengurangi risiko penyebaran penyakit di tempat perawatan kesehatan tersebut.

D. Strategi Implementasi Penggunaan *Black Soldier Fly* dalam Konteks Kesehatan

Strategi implementasi penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam konteks kesehatan, khususnya di rumah sakit, memerlukan pendekatan yang komprehensif dan terencana dengan matang. Pertama, strategi ini memerlukan evaluasi menyeluruh terkait kebutuhan dan potensi penggunaan BSF dalam pengelolaan limbah dan pengendalian hama di rumah sakit. Evaluasi ini meliputi analisis kuantitatif limbah organik yang dihasilkan oleh rumah sakit serta identifikasi hama dan risiko penyakit yang terkait dengan limbah organik tersebut (Karim dkk., 2023). Dengan pemahaman yang komprehensif, pengelolaan limbah dan pengendalian hama menggunakan BSF dapat diarahkan untuk menangani masalah spesifik yang dihadapi oleh rumah sakit.

Kemudian, strategi implementasi BSF membutuhkan perencanaan infrastruktur yang tepat. Penempatan fasilitas pemrosesan BSF di rumah sakit harus dipertimbangkan dengan cermat agar tidak mengganggu operasional rumah sakit dan tetap memperhatikan aspek keamanan serta kepatuhan terhadap regulasi kesehatan yang berlaku (Sulaiman dkk., 2023). Selain itu, diperlukan penanganan yang tepat terhadap limbah medis dan limbah organik non-medis, agar tidak terjadi kontaminasi atau risiko penyebaran penyakit akibat pengelolaan limbah yang tidak tepat.

Selanjutnya, strategi implementasi ini melibatkan pelatihan dan sosialisasi kepada staf yang terlibat dalam

proses pengelolaan limbah di rumah sakit. Pelatihan ini mencakup pemahaman tentang proses pemrosesan limbah menggunakan BSF, prinsip-prinsip keamanan, kepatuhan terhadap regulasi, dan pengelolaan fasilitas BSF secara efisien. Dengan pengetahuan yang baik, staf akan lebih siap dalam mengelola limbah dengan tepat sesuai prosedur yang telah ditetapkan.

Selain itu, strategi implementasi BSF perlu menyediakan pemantauan dan evaluasi secara berkala terhadap efektivitas dan keberhasilan penerapan teknologi ini di rumah sakit. Evaluasi berkala ini membantu dalam mengevaluasi kinerja pengelolaan limbah dan pengendalian hama menggunakan BSF serta menemukan ruang perbaikan yang mungkin diperlukan dalam proses implementasi. Dengan evaluasi yang rutin, strategi dapat disesuaikan untuk memastikan penggunaan BSF berjalan secara optimal dan efisien.

Implementasi penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam konteks kesehatan, khususnya di lingkungan rumah sakit, membutuhkan strategi yang terperinci dan terencana. Evaluasi awal merupakan langkah kunci dalam memahami kebutuhan dan potensi penggunaan BSF dalam mengelola limbah serta pengendalian hama di rumah sakit. Analisis ini melibatkan pengukuran limbah organik yang dihasilkan oleh rumah sakit, identifikasi hama potensial, serta evaluasi risiko penyakit yang dapat terkait dengan limbah organik tersebut. Sebagai contoh, rumah sakit mungkin menghasilkan sejumlah besar limbah organik dari dapur, yang dapat menjadi tempat berkembang biak bagi lalat dan bakteri patogen. Evaluasi ini akan membantu mengarahkan

penggunaan BSF untuk menyelesaikan masalah spesifik yang dihadapi oleh rumah sakit.

Selanjutnya, strategi implementasi membutuhkan perencanaan infrastruktur yang tepat untuk unit pemrosesan BSF. Penempatan fasilitas ini harus dipertimbangkan secara cermat agar tidak mengganggu operasional rumah sakit, memperhatikan aspek keamanan, dan tetap patuh terhadap regulasi kesehatan yang berlaku. Misalnya, fasilitas pemrosesan BSF harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu akses pasien atau area penting lainnya di rumah sakit.

Pelatihan dan sosialisasi bagi staf yang terlibat dalam pengelolaan limbah menjadi elemen krusial dalam strategi implementasi BSF. Pelatihan ini mencakup pemahaman tentang proses pemrosesan limbah menggunakan BSF, prinsip-prinsip keamanan, dan peraturan kesehatan yang harus diikuti. Contohnya adalah pelatihan terkait teknik pengamatan yang tepat untuk memastikan fasilitas BSF beroperasi secara aman dan efisien.

Di samping itu, pemantauan dan evaluasi secara teratur atas kinerja implementasi BSF perlu dilakukan. Evaluasi ini membantu mengevaluasi efektivitas BSF dalam pengelolaan limbah dan pengendalian hama, serta mengidentifikasi area perbaikan yang mungkin diperlukan. Dengan pemantauan yang rutin, strategi implementasi dapat disesuaikan agar penggunaan BSF di rumah sakit dapat optimal dan efisien (Putro, 2023).

Terakhir, koordinasi antardepartemen yang terlibat dalam pengelolaan limbah dan kesehatan menjadi aspek

penting dalam implementasi BSF. Kerjasama yang baik antar departemen, seperti manajemen limbah, kesehatan, dan keamanan, akan memastikan bahwa teknologi BSF diterapkan dengan sukses di lingkungan rumah sakit. Dengan pendekatan yang terkoordinasi, BSF dapat digunakan secara efektif untuk menjaga kebersihan dan keamanan lingkungan rumah sakit serta memberikan manfaat kesehatan yang berkelanjutan.

E. Aspek Lingkungan dan Keberlanjutan dalam Pemanfaatan *Black Soldier Fly* di Rumah Sakit

Pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) di rumah sakit melibatkan sejumlah aspek lingkungan dan keberlanjutan yang harus dipertimbangkan dalam strategi implementasinya. Pertama-tama, penggunaan BSF dalam pengelolaan limbah organik di rumah sakit dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. BSF mampu mendegradasi limbah organik menjadi produk bernilai seperti larva yang kaya nutrisi. Hal ini membantu mengurangi volume limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir seperti *landfill*, sehingga mengurangi tekanan terhadap lingkungan serta potensi pencemaran tanah dan air oleh limbah organik.

Selanjutnya, pendekatan menggunakan BSF dalam pengelolaan limbah di rumah sakit dapat meningkatkan praktik keberlanjutan. Dengan mengubah limbah organik menjadi sumber daya yang bermanfaat seperti pupa dan larva BSF yang dapat digunakan sebagai pakan alternatif untuk ternak, rumah sakit dapat mengurangi ketergantungan pada pakan ternak konvensional yang

sering kali berkontribusi pada masalah lingkungan seperti deforestasi dan pola produksi pakan yang tidak berkelanjutan.

Namun, penting untuk mempertimbangkan aspek keseimbangan lingkungan dalam pengelolaan BSF. Misalnya, lokasi penempatan fasilitas pemrosesan BSF di rumah sakit perlu direncanakan dengan hati-hati untuk menghindari dampak negatif pada lingkungan sekitar. Aspek seperti pengelolaan limbah medis dan pemantauan terhadap dampak lingkungan dari aktivitas BSF merupakan elemen penting yang harus diperhatikan agar praktik penggunaan BSF tetap berkelanjutan.

Selain itu, pemantauan terhadap pengaruh ekologi dari kehadiran BSF di lingkungan rumah sakit juga menjadi hal penting. Pengenalan spesies baru seperti BSF di lingkungan yang bukan habitat aslinya dapat menimbulkan dampak ekologis yang tidak terduga, termasuk pada ekosistem lokal. Oleh karena itu, penelitian dan pemantauan terus-menerus terhadap dampak ekologis dan lingkungan dari penggunaan BSF di rumah sakit perlu dilakukan agar dapat mengelola dampaknya dengan bijaksana dan berkelanjutan.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, pemanfaatan BSF di rumah sakit menjadi tantangan yang kompleks namun juga menjanjikan dalam mendukung praktik keberlanjutan dan pengelolaan limbah yang lebih bertanggung jawab secara lingkungan. Strategi implementasi harus mempertimbangkan keseimbangan antara manfaat lingkungan, keberlanjutan, dan dampak

lingkungan, sehingga penggunaan BSF di rumah sakit dapat memberikan manfaat maksimal bagi lingkungan sekitar dengan dampak lingkungan yang minimal.

Pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) di rumah sakit menimbulkan implikasi yang signifikan terhadap aspek lingkungan dan keberlanjutan. Dalam konteks pengelolaan limbah, penggunaan BSF sebagai agen biokonversi memiliki potensi untuk mengurangi dampak lingkungan negatif. BSF mampu mengonversi limbah organik menjadi larva yang kaya nutrisi, mengurangi volume limbah yang berakhir di tempat pembuangan akhir dan meminimalkan pencemaran lingkungan seperti tanah dan air. Sebagai contoh, rumah sakit yang menggunakan BSF dalam pengelolaan limbah mampu mengurangi jumlah limbah organik yang berakhir di *landfill*, mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari dekomposisi limbah tersebut.

Selanjutnya, pemanfaatan BSF juga mendukung praktik keberlanjutan dengan menciptakan solusi terhadap limbah organik. Dengan mengubah limbah menjadi produk bernilai seperti larva BSF yang dapat digunakan sebagai pakan ternak alternatif, rumah sakit dapat mengurangi ketergantungan pada pakan ternak konvensional yang sering kali memiliki dampak negatif terhadap lingkungan seperti deforestasi dan perubahan pola produksi pakan. Contoh lainnya adalah pemakaian larva BSF sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk organik yang kemudian digunakan kembali dalam sistem pertanian.

Namun, perlu dilakukan penelitian yang cermat terkait dampak lingkungan dari implementasi BSF di lingkungan rumah sakit. Penempatan fasilitas pemrosesan BSF harus memperhitungkan konsekuensi lingkungan seperti pengelolaan limbah medis yang tepat dan minimnya dampak pada ekosistem sekitar. Sebagai contoh, limbah medis yang berisiko harus dikelola secara terpisah dari limbah organik yang diolah oleh BSF untuk menghindari risiko kontaminasi dan pencemaran lingkungan.

Kendati demikian, pengenalan spesies baru seperti BSF di lingkungan yang bukan habitat aslinya dapat menimbulkan dampak ekologis yang tidak terduga. Oleh karena itu, penelitian yang terus menerus terhadap interaksi BSF dengan lingkungan rumah sakit perlu dilakukan untuk memahami implikasi ekologis yang mungkin muncul. Misalnya, pengaruh BSF terhadap keberagaman spesies lokal dan fungsi ekosistem yang ada perlu dievaluasi untuk memastikan bahwa pemanfaatan BSF tidak merusak keseimbangan ekologi.

Dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dan keberlanjutan, pemanfaatan BSF di rumah sakit harus dikelola dengan hati-hati dan dipantau secara berkala. Strategi implementasi harus mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan, termasuk pemantauan dampak lingkungan, penanganan limbah medis, dan keseimbangan ekologis. Dengan pendekatan yang komprehensif, pemanfaatan BSF di rumah sakit dapat memberikan manfaat lingkungan yang substansial dan berdampak minimal terhadap lingkungan sekitar.

BAB 5 - PROSES BIOKONVERSI LIMBAH MAKANAN OLEH *BLACK SOLDIER FLY*

A. Tahapan Proses Biokonversi oleh *Black Soldier Fly*

Proses biokonversi limbah makanan oleh *Black Soldier Fly* (BSF) melalui beberapa tahapan yang kompleks namun efisien. Adapun tahapan proses biokonversi oleh *Black Soldier Fly* meliputi empat tahapan sebagai berikut (Wardhana, 2016):

1. Tahap Disposisi Telur

Tahap pertama dalam proses ini adalah deposisi telur oleh BSF di area yang kaya akan sumber makanan, seperti tumpukan limbah organik. Telur yang didepositkan kemudian menetas menjadi larva. Larva inilah yang bertanggung jawab dalam mengonsumsi limbah organik. Mereka memiliki kemampuan untuk mengurai berbagai jenis bahan organik, termasuk sisa-sisa makanan, menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Proses ini adalah inti dari peran BSF dalam biokonversi limbah makanan, di mana larva-larva BSF berperan sebagai pengurai utama dalam mengubah limbah organik menjadi senyawa yang lebih bermanfaat. Tahapan pertama dimulai dengan deposisi telur oleh BSF betina pada tempat yang kaya akan sumber makanan. Telur-telur ini kemudian menetas menjadi larva yang memiliki kemampuan tinggi dalam mengonsumsi berbagai jenis limbah organik. Sebagai contoh, larva BSF mampu mencerna limbah seperti sisa-sisa makanan, serat tanaman, dan bahan

organik lainnya. Kemampuan larva untuk memproses berbagai jenis limbah organik menjadi nutrisi yang dapat dimanfaatkan menjadi aspek penting dalam proses biokonversi.

2. Tahap Pra-Pupa

Setelah mengonsumsi limbah organik, larva BSF kemudian memasuki tahap pra-pupa. Pada tahap ini, larva berhenti makan dan memulai proses persiapan untuk menjadi pupa. Larva yang telah selesai makan akan berpindah dari area makanan dan mencari tempat yang cocok untuk transformasi menjadi pupa. Tahap pra-pupa ini menandai akhir dari periode penguraian limbah organik dan awal dari transisi larva menjadi pupa yang belum bergerak. Proses ini menghasilkan perubahan fisik pada larva menjadi pupa, yang mengurangi konsumsi makanan sebelum larva menjadi pupa yang sepenuhnya matang. Proses pra-pupa merupakan tahap transisi penting yang menandai akhir dari periode penguraian limbah organik. Larva yang telah selesai mengonsumsi limbah akan berpindah dari sumber makanan dan mencari tempat yang cocok untuk transformasi menjadi pupa.

3. Tahap Pupasi

Tahap pupasi dalam siklus hidup *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan fase kunci yang mengikuti periode larva dan sebelum imago dewasa terbentuk. Pada tahap ini, larva yang telah selesai mengonsumsi limbah organik akan berhenti makan dan memulai transisi menjadi pupa. Proses ini dimulai dengan larva BSF yang mencari lokasi yang sesuai untuk memulai tahap berikutnya dalam

metamorfosisnya. Ketika larva telah menemukan lokasi yang cocok, mereka akan berhenti makan dan memasuki tahap pra-pupa. Pada tahap ini, larva mulai mengalami perubahan fisik yang signifikan untuk mempersiapkan transformasi menjadi pupa.

Selama tahap pupasi, larva BSF mengalami perubahan morfologis yang mencolok. Mereka membentuk kulit luar yang keras dan menjadi tidak aktif untuk sementara waktu. Proses ini menandai transisi penting dalam metamorfosis, di mana larva berhenti makan dan memasuki periode transisi menuju tahap selanjutnya dalam siklus hidupnya. Pada akhir tahap ini, larva akan berubah menjadi pupa yang tidak bergerak. Tahap ini merupakan tahap istirahat di mana perubahan internal larva menjadi pupa berlangsung, mempersiapkan diri untuk menjadi imago atau dewasa yang siap berkembang biak.

Secara keseluruhan, tahap pupasi adalah fase kritis dalam siklus hidup BSF di mana terjadi transformasi larva menjadi bentuk pupa yang tidak bergerak. Tahap ini melibatkan perubahan morfologis dan fisiologis yang signifikan yang mempersiapkan larva untuk menjadi dewasa. Proses ini menandai perubahan bentuk dan sifat larva menjadi dewasa yang siap untuk melakukan reproduksi dan melanjutkan siklus hidupnya dengan memulai deposisi telur untuk memulai siklus baru dari larva.

4. Tahap Pupa Dewasa

Tahapan pupa hingga dewasa dalam siklus hidup *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan fase krusial yang menandai

transisi dari bentuk pupa yang belum bergerak menjadi dewasa yang siap untuk berkembang biak. Pada tahap ini, pupa BSF berada dalam kondisi diam atau statis yang memungkinkan terjadinya transformasi fisik dari bentuk larva ke bentuk dewasa. Proses ini biasanya memakan waktu beberapa hari tergantung pada faktor-faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban yang mendukung perkembangan. Transformasi ini melibatkan perubahan struktural yang kompleks di dalam tubuh pupa, termasuk perubahan pada struktur anatomi, dan perkembangan fitur dewasa seperti sayap, antena, dan sistem reproduksi.

Setelah mencapai kedewasaan, imago BSF, yang merupakan bentuk dewasa dari serangga ini, keluar dari pupa dan memulai siklus hidup baru. Imago ini siap melakukan reproduksi dan mengawali siklus deposisi telur yang menjadi tahap awal dari siklus hidup BSF yang baru. Pada tahap ini, BSF betina biasanya mulai mencari tempat yang sesuai untuk menaruh telur-telurnya, idealnya di area yang kaya akan sumber makanan bagi larva BSF yang akan menetas dari telur-telur tersebut. Selanjutnya, proses siklus hidup BSF pun berulang kembali, dimulai dari deposisi telur, penetasan larva, dan seterusnya.

Peran penting tahapan pupa dan dewasa ini dalam siklus hidup BSF menunjukkan signifikansi dalam pengelolaan limbah organik. Selain sebagai tahapan transisi, tahap ini menjadi titik awal bagi siklus biokonversi limbah menjadi sumber daya yang bernilai, mengingat dewasa BSF bertanggung jawab atas reproduksi yang mendukung kelangsungan siklus biokonversi dan kontribusinya dalam mengatasi masalah limbah makanan

secara berkelanjutan. Penting untuk dicatat bahwa meskipun proses biokonversi oleh BSF terlihat sederhana, berbagai faktor seperti suhu, kelembaban, dan jenis limbah organik mempengaruhi kecepatan dan efisiensi proses ini. Peran utama larva BSF dalam mengurai limbah organik menjadi sumber daya yang bernilai menunjukkan potensi besar dalam mengelola limbah makanan secara berkelanjutan. Studi lebih lanjut tentang faktor-faktor yang memengaruhi tahapan-tahapan dalam proses biokonversi oleh BSF akan membantu meningkatkan pemahaman dan pengelolaan yang lebih baik terhadap teknologi ini dalam mengatasi masalah limbah makanan.

B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Biokonversi

Efisiensi biokonversi limbah makanan oleh *Black Soldier Fly* (BSF) dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi kondisi lingkungan, kualitas limbah organik, dan faktor internal dari siklus hidup BSF itu sendiri. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut (Hoc et al., 2019):

1. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan memegang peranan krusial dalam efisiensi biokonversi limbah makanan oleh *Black Soldier Fly* (BSF). Salah satu faktor utama adalah suhu lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas biologis BSF secara keseluruhan. Suhu yang optimal, berkisar antara 27-32°C, mendukung laju pertumbuhan larva dan aktivitas biokimia yang diperlukan dalam proses pencernaan limbah organik. Kelembaban udara juga menjadi faktor penting, karena larva BSF memerlukan lingkungan yang cukup lembab untuk pertumbuhan yang

optimal. Kelembaban yang rendah dapat mengganggu pertumbuhan larva, sementara kelembaban yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko infeksi dan menghambat perkembangan BSF.

Selain suhu dan kelembaban, faktor pencahayaan juga memiliki pengaruh pada efisiensi biokonversi BSF. Pencahayaan yang tepat memainkan peran dalam mengatur siklus hidup BSF, termasuk aktivitas makan larva dan periode metamorfosis menuju tahap pupa dan dewasa. Sinyal-sinyal cahaya dapat mempengaruhi perilaku larva dan pupa BSF, seperti waktu yang dihabiskan di lokasi makan atau tahap pra-pupa. Oleh karena itu, kontrol atas pencahayaan dalam lingkungan tempat pemeliharaan BSF dapat berdampak pada aktivitas biologis dan tahap-tahap perkembangan BSF, serta pada efisiensi biokonversi limbah organik.

Kedua faktor lingkungan tersebut, suhu dan kelembaban udara, bersamaan dengan pencahayaan, merupakan faktor-faktor yang saling terkait dalam mempengaruhi efisiensi biokonversi oleh BSF. Pengaturan yang tepat terhadap lingkungan tempat pemeliharaan BSF menjadi penting untuk menciptakan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan BSF, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam proses biokonversi limbah organik menjadi sumber daya yang bermanfaat.

2. Kualitas Limbah Organik

Faktor kualitas limbah organik memainkan peran sentral dalam efisiensi biokonversi oleh *Black Soldier Fly* (BSF). Kualitas limbah organik yang dikonsumsi oleh larva BSF sangat mempengaruhi proses biokonversi

menjadi sumber daya bernilai. Limbah organik yang beragam dan kaya nutrisi cenderung lebih mendukung pertumbuhan dan perkembangan larva BSF. Contohnya, limbah yang mengandung tinggi protein seperti sisa-sisa makanan atau limbah dari industri pertanian atau peternakan dapat menjadi sumber nutrisi yang ideal bagi larva BSF. Kandungan nutrisi yang tinggi memungkinkan larva untuk tumbuh dengan cepat dan sehat, meningkatkan efisiensi dalam mengonversi limbah organik menjadi larva yang kaya akan nutrisi.

Selain itu, rasio karbon-nitrogen (C/N) dalam limbah organik juga merupakan faktor penting dalam efisiensi biokonversi oleh BSF. Rasio C/N yang seimbang dalam limbah organik dapat mempercepat proses dekomposisi oleh mikroorganisme, yang pada gilirannya akan mendukung pertumbuhan larva BSF. Limbah organik dengan rasio C/N yang ideal, misalnya, limbah hijau dari sisa tanaman atau limbah dapur, memiliki potensi untuk menjadi sumber makanan yang baik bagi larva BSF. Kualitas limbah organik yang memiliki rasio C/N yang sesuai dapat mempercepat proses penguraian dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi larva.

Kemudian, peran kebersihan dan keamanan limbah organik juga berpengaruh pada kualitasnya. Limbah organik yang terkontaminasi bahan kimia berbahaya atau benda asing dapat berdampak negatif pada pertumbuhan dan kesehatan larva BSF. Oleh karena itu, pemilahan limbah organik untuk menghilangkan bahan-bahan yang tidak diinginkan dan mengurangi risiko kontaminasi akan berkontribusi pada meningkatnya kualitas limbah organik

yang diolah oleh BSF. Dengan memperhatikan kualitas limbah organik yang akan diolah, penggunaan BSF dalam biokonversi limbah makanan dapat menjadi lebih efektif dalam menghasilkan larva yang bernilai nutrisi tinggi.

3. Internal Siklus Hidup BSF

Faktor internal dalam siklus hidup *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi aspek penting yang memengaruhi efisiensi biokonversi limbah organik. Lamanya waktu yang diperlukan oleh BSF untuk melalui setiap tahap siklus hidupnya dapat berpengaruh pada efisiensi biokonversi secara keseluruhan. Misalnya, kecepatan pertumbuhan larva, durasi dari telur hingga fase dewasa, serta faktor-faktor genetik dan fisiologis dari populasi BSF memainkan peran dalam menentukan laju pertumbuhan, reproduksi, dan aktivitas biologis.

Selanjutnya, beberapa *varietas* atau *strain* BSF mungkin memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal laju pertumbuhan, daya adaptasi terhadap lingkungan tertentu, atau ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Sebagai contoh, beberapa *varietas* BSF dapat menunjukkan kecenderungan untuk tumbuh lebih cepat atau memiliki daya adaptasi yang lebih baik dalam kondisi lingkungan tertentu. Faktor-faktor ini kemudian dapat memengaruhi efisiensi biokonversi limbah organik oleh BSF, di mana *varietas* BSF yang memiliki sifat-sifat yang diunggulkan dapat menunjukkan hasil biokonversi yang lebih efisien dalam kondisi lingkungan tertentu.

Selain itu, kondisi internal individu BSF, seperti kesehatan dan kondisi nutrisi, juga dapat mempengaruhi efisiensi biokonversi. Kesehatan larva BSF yang baik, yang

ditandai dengan kondisi fisik yang kuat dan bebas dari penyakit, dapat berkontribusi terhadap pertumbuhan yang optimal. Pemenuhan nutrisi yang sesuai juga penting, karena ketersediaan nutrisi yang cukup akan mendukung pertumbuhan yang sehat dan produktivitas larva. Dengan memahami dan memperhatikan faktor-faktor internal dalam siklus hidup BSF, upaya pengelolaan yang tepat dan pemilihan varietas yang sesuai dapat menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi biokonversi limbah organik oleh BSF.

4. Manajemen yang Tepat dalam Pemeliharaan BSF

Faktor manajemen yang tepat dalam pemeliharaan *Black Soldier Fly* (BSF) memegang peran penting dalam meningkatkan efisiensi biokonversi limbah organik menjadi sumber daya yang berguna. Pengelolaan yang baik dalam fasilitas pemeliharaan BSF melibatkan beberapa aspek, salah satunya adalah kontrol lingkungan. Hal ini mencakup pengaturan suhu, kelembaban, dan pencahayaan yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan larva BSF. Penyediaan lingkungan yang optimal merupakan bagian krusial dalam meningkatkan efisiensi biokonversi, karena kondisi yang cocok akan mempercepat proses pertumbuhan larva dan mengoptimalkan aktivitas biologis yang mendukung proses konversi limbah.

Manajemen pemberian makanan juga menjadi faktor kunci dalam pemeliharaan BSF. Sumber makanan yang konsisten dan bervariasi, seperti sisa-sisa makanan yang diberikan dalam jumlah yang sesuai, menjadi esensial dalam mendukung pertumbuhan larva BSF. Pemilihan

jenis limbah organik yang diberikan sebaiknya bervariasi agar larva BSF mendapatkan nutrisi yang lengkap. Selain itu, manajemen pemberian makanan juga termasuk pengaturan frekuensi pemberian dan jumlah limbah organik yang diberikan agar memastikan bahwa larva mendapatkan asupan makanan yang cukup.

Selain kontrol lingkungan dan pemberian makanan, manajemen fasilitas pemeliharaan juga mencakup kebersihan dan sanitasi. Kebersihan fasilitas pemeliharaan BSF sangat penting untuk mencegah penyebaran penyakit dan mengurangi risiko kontaminasi pada larva. Pembersihan secara teratur dari sisa-sisa limbah organik yang tidak dimakan, serta pengelolaan kotoran larva, adalah bagian penting dari manajemen sanitasi yang efektif. Dengan mengimplementasikan manajemen yang tepat dalam pemeliharaan BSF, proses biokonversi limbah organik menjadi sumber daya bernilai dapat berjalan secara lebih efisien dan berkelanjutan.

C. Optimasi Proses Biokonversi untuk Limbah Makanan Rumah Sakit

Optimasi proses biokonversi limbah makanan rumah sakit menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi aspek penting dalam mengurangi dampak limbah dan meningkatkan ketersediaan sumber daya yang bernilai. Salah satu langkah kunci dalam optimasi proses ini adalah pengelolaan limbah makanan rumah sakit yang masuk ke dalam sistem BSF. Identifikasi sumber limbah makanan yang paling sesuai dan paling berguna bagi BSF menjadi langkah awal dalam proses optimasi ini (Hoc et al., 2019).

Misalnya, limbah organik seperti sisa makanan yang belum terkontaminasi bahan kimia berbahaya atau obat-obatan merupakan sumber yang ideal untuk dimanfaatkan oleh larva BSF. Dengan mengoptimalkan pemilihan jenis limbah yang diolah, efisiensi biokonversi dapat ditingkatkan, dan hasil akhirnya, yaitu pupa dan larva yang kaya nutrisi, dapat dihasilkan.

Selain itu, pengelolaan faktor lingkungan menjadi aspek penting dalam optimasi proses biokonversi limbah rumah sakit oleh BSF. Pengaturan suhu, kelembaban, dan pencahayaan di dalam area pemeliharaan BSF dapat memengaruhi pertumbuhan dan aktivitas larva. Kondisi lingkungan yang optimal akan mendukung pertumbuhan larva BSF dengan cepat dan sehat, sehingga mempercepat proses biokonversi limbah organik menjadi bentuk yang lebih berguna.

Selanjutnya, manajemen pemberian makanan merupakan faktor kunci dalam optimasi proses biokonversi. Memastikan bahwa larva BSF mendapatkan asupan makanan yang cukup, beragam, dan berkualitas tinggi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi proses biokonversi. Pemberian limbah organik yang bervariasi, seperti sisa makanan rumah sakit yang sesuai, dalam jumlah dan waktu yang tepat, menjadi strategi yang dapat meningkatkan efisiensi biokonversi limbah.

Selain itu, inovasi dalam pengelolaan fasilitas pemeliharaan BSF juga dapat mengoptimalkan proses biokonversi. Pemilihan sistem yang tepat untuk pemeliharaan larva BSF, pengelolaan kebersihan fasilitas,

serta kontrol sanitasi merupakan bagian yang tak kalah penting. Pemeliharaan lingkungan yang bersih dan steril akan mengurangi risiko infeksi dan kontaminasi pada larva BSF, yang pada akhirnya akan meningkatkan efisiensi biokonversi.

Kemudian, optimasi proses biokonversi limbah makanan rumah sakit melalui penggunaan BSF melibatkan serangkaian strategi yang meliputi identifikasi limbah yang optimal, pengelolaan lingkungan yang sesuai, manajemen pemberian makanan yang efektif, serta inovasi dalam pengelolaan fasilitas pemeliharaan. Dengan menyelaraskan strategi-strategi ini, diharapkan efisiensi biokonversi limbah rumah sakit menjadi sumber daya bernilai dapat tercapai dengan lebih efektif.

Selain itu, pengembangan teknologi dalam pengelolaan limbah rumah sakit juga dapat memainkan peran kunci dalam optimasi proses biokonversi menggunakan BSF. Pendekatan inovatif seperti sistem otomatisasi pengelolaan limbah organik atau penggunaan sensor untuk pengaturan suhu dan kelembaban dalam pemeliharaan BSF dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam proses biokonversi. Dengan menerapkan pendekatan yang komprehensif dan beragam ini, diharapkan efisiensi dalam biokonversi limbah rumah sakit menjadi sumber daya yang bernilai dapat tercapai secara optimal.

BAB 6 - PERAN TEKNOLOGI DALAM PEMANFAATAN *BLACK SOLDIER FLY*

A. Inovasi Teknologi dalam Pemantauan dan Pengelolaan *Koloni Black Soldier Fly*

Inovasi teknologi memiliki peran penting dalam pengelolaan dan pemantauan koloni *Black Soldier Fly* (BSF) yang berkontribusi pada efisiensi biokonversi limbah organik. Salah satu inovasi yang relevan adalah penggunaan sensor dan sistem pemantauan otomatis untuk mengoptimalkan kondisi lingkungan di area pemeliharaan BSF. Sensor suhu, kelembaban, dan pencahayaan, misalnya, dapat dipasang untuk memantau dan mengontrol lingkungan sekitar koloni BSF secara *real-time*. Informasi yang diperoleh dari sensor-sensor ini dapat digunakan untuk menyesuaikan dan mengatur parameter lingkungan secara tepat, memastikan kondisi optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan larva BSF (Hendriatiningsih dkk., 2023).

Teknologi juga diterapkan dalam pemantauan kesehatan dan kondisi larva BSF. Misalnya, aplikasi kamera dan penggunaan teknologi pemindaian dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan larva, deteksi penyakit, atau evaluasi kondisi fisik larva secara lebih mendalam. Dengan pemantauan yang terus-menerus, penyimpangan atau masalah yang mungkin terjadi pada populasi larva BSF dapat dideteksi lebih awal, memungkinkan respons yang cepat untuk mencegah penyebaran penyakit atau kerusakan populasi.

Selain itu, teknologi automasi dalam pemberian makanan juga menjadi inovasi yang penting dalam pengelolaan koloni BSF. Sistem otomatisasi dalam proses pemberian makanan, seperti penggunaan alat pengumpan atau alat dosis otomatis, dapat membantu dalam pengaturan pemberian limbah organik kepada larva BSF. Teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan dan penggunaan sumber daya, memastikan pemberian makanan yang tepat jumlahnya, dan mengurangi limbah atau kelebihan pakan yang tidak dimakan oleh larva.

Penggunaan aplikasi atau *platform* digital untuk manajemen koloni BSF juga menjadi salah satu inovasi yang membantu dalam pelacakan dan administrasi. Sistem manajemen yang terintegrasi dapat mencakup informasi mengenai kondisi lingkungan, status kesehatan larva, catatan pemberian makanan, serta evaluasi performa koloni BSF secara keseluruhan. Dengan adanya teknologi ini, para peternak atau pengelola koloni BSF dapat melakukan pengelolaan yang lebih efisien dan adaptif berdasarkan data yang terkumpul (Sebayang dkk., 2022).

Inovasi teknologi telah menjadi pendorong utama dalam pengembangan sistem pemantauan dan pengelolaan koloni *Black Soldier Fly* (BSF), yang memiliki implikasi yang signifikan dalam efisiensi biokonversi limbah organik. Salah satu inovasi yang memainkan peran penting adalah penggunaan sensor dan sistem pemantauan otomatis untuk mengontrol dan mengelola lingkungan tempat pemeliharaan larva BSF. Sensor suhu yang dipasang pada area pemeliharaan dapat membantu memantau suhu secara

real-time. Sebagai contoh, jika suhu terlalu rendah, sistem otomatis dapat mengaktifkan pemanas untuk menjaga suhu yang optimal bagi pertumbuhan larva. Selain itu, sensor kelembaban dan pencahayaan juga dapat membantu pengaturan lingkungan yang ideal.

Teknologi pemindaian dan pemantauan visual juga telah digunakan untuk memantau kesehatan dan pertumbuhan larva BSF. Misalnya, kamera atau sistem pemindaian dapat digunakan untuk memantau kondisi larva secara keseluruhan, mendeteksi adanya penyakit atau perubahan fisik yang signifikan. Dengan teknologi ini, pengelola koloni dapat mengambil tindakan pencegahan atau intervensi yang diperlukan jika ada masalah yang terdeteksi, seperti isolasi larva yang sakit untuk mencegah penyebaran penyakit.

Selanjutnya, otomatisasi dalam pemberian makanan juga menjadi bagian penting dalam inovasi teknologi pada pengelolaan koloni BSF. Penggunaan alat pengumpan otomatis atau dosis pakan yang terprogram dapat memberikan pakan secara tepat kepada larva. Sebagai contoh, sistem otomatis ini akan memberikan jumlah limbah organik yang tepat untuk mengoptimalkan pertumbuhan larva tanpa adanya kelebihan atau kekurangan pakan.

Penggunaan *platform* digital atau aplikasi manajemen juga menjadi solusi inovatif dalam pelacakan dan administrasi koloni BSF. Aplikasi ini dapat mencakup informasi terkait kondisi lingkungan, data kesehatan larva, catatan pemberian makanan, dan evaluasi performa koloni.

Sebagai contoh, data yang dikumpulkan dari aplikasi ini dapat memberikan wawasan yang berguna kepada peternak atau pengelola dalam membuat keputusan terkait manajemen koloni BSF.

Tidak hanya itu, teknologi blockchain juga telah diusulkan sebagai solusi untuk melacak dan mengelola data terkait koloni BSF secara transparan dan aman. Penggunaan teknologi ini dapat memastikan bahwa data mengenai kondisi lingkungan, kesehatan larva, dan manajemen pemberian makanan dapat diakses secara terpercaya oleh semua pihak yang terlibat dalam pengelolaan koloni BSF.

Keseluruhan, inovasi teknologi dalam pemantauan dan pengelolaan koloni BSF menghadirkan kemajuan signifikan dalam efisiensi biokonversi limbah organik. Dengan sistem pemantauan yang canggih dan pengelolaan yang terarah berdasarkan data, diharapkan bahwa efektivitas dan produktivitas BSF dalam mengubah limbah organik menjadi sumber daya yang bernilai akan semakin meningkat.

B. Automatisasi Proses Pemeliharaan *Black Soldier Fly*

Automatisasi dalam proses pemeliharaan *Black Soldier Fly* (BSF) adalah salah satu inovasi penting yang didukung oleh perkembangan teknologi. Penggunaan teknologi otomatisasi dalam pemeliharaan BSF mencakup sejumlah langkah, seperti sistem pemberian makanan, pengaturan lingkungan, dan pemantauan kondisi koloni secara

menyeluruh. Contoh implementasi utama otomatisasi adalah penggunaan sistem pengumpan otomatis yang dapat memberikan limbah organik kepada larva BSF dengan tepat jumlahnya dan pada waktu yang tepat. Dengan teknologi ini, jumlah pakan yang diberikan dapat diatur secara otomatis sesuai kebutuhan larva, meminimalkan limbah pakan yang tidak dimakan.

Selain itu, otomatisasi juga diterapkan dalam pengaturan lingkungan tempat pemeliharaan larva BSF. Sistem otomatis dapat memonitor dan mengatur suhu, kelembaban, dan pencahayaan dalam area pemeliharaan secara real-time. Misalnya, ketika sensor suhu mendeteksi suhu di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sistem otomatis akan mengaktifkan pemanas untuk mempertahankan suhu optimal bagi pertumbuhan larva BSF. Dengan adanya teknologi ini, kontrol lingkungan yang tepat dapat dilakukan tanpa harus dilakukan secara manual.

Selanjutnya, teknologi otomatisasi juga dapat diterapkan dalam pemantauan kondisi koloni BSF secara menyeluruh. Penggunaan sensor dan kamera yang terhubung dengan sistem otomatis dapat memberikan informasi tentang kondisi kesehatan dan pertumbuhan larva BSF. Sistem ini dapat mengidentifikasi adanya masalah, seperti kematian massal larva atau adanya penyakit, sehingga memungkinkan respons yang cepat dari peternak atau pengelola koloni untuk mengatasi situasi tersebut.

Dalam konteks pemantauan, penggunaan algoritma dan sistem kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligences* (AI) juga telah diusulkan untuk memperbaiki kemampuan pemantauan dalam proses pemeliharaan BSF. AI dapat digunakan untuk menganalisis data yang terkumpul dari pemantauan sensor atau kamera, memberikan insight atau rekomendasi yang lebih tepat terkait kondisi lingkungan atau kesehatan larva. Sebagai contoh, AI dapat membantu dalam mendeteksi penyakit pada larva secara dini berdasarkan pola dan gejala yang diamati dari data visual.

Automatisasi dalam pemeliharaan *Black Soldier Fly* (BSF) memperlihatkan peran yang signifikan dalam mengoptimalkan proses biokonversi limbah organik. Teknologi otomatisasi telah menjadi solusi yang penting dalam manajemen koloni BSF, terutama dalam mempertahankan kondisi lingkungan yang sesuai. Contoh penerapan teknologi otomatisasi adalah penggunaan sistem kontrol suhu otomatis yang mengatur pemanas atau pendingin secara tepat. Jika suhu lingkungan turun di bawah ambang batas yang diinginkan, sistem secara otomatis mengaktifkan pemanas untuk menjaga suhu ideal bagi perkembangan larva BSF. Hal ini menjadi krusial karena suhu yang tepat merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas biologis larva.

Selain suhu, pengaturan kelembaban juga menjadi bagian integral dalam proses pemeliharaan BSF. Sistem otomatis dapat memonitor dan mengatur kelembaban secara akurat. Misalnya, penggunaan sensor kelembaban tanah yang terhubung ke sistem otomatis dapat mengatur penggunaan air secara otomatis ketika kelembaban turun di

bawah level yang diinginkan. Hal ini memastikan kondisi lingkungan tetap optimal bagi larva BSF untuk berkembang.

Teknologi otomatisasi juga terkait dengan manajemen pemberian makanan. Sistem otomatis yang terprogram dapat memberikan pakan secara tepat kepada larva BSF. Misalnya, penggunaan dosis pakan otomatis yang disesuaikan dengan kebutuhan larva dapat meminimalkan limbah pakan yang tidak dimakan dan memastikan bahwa larva mendapatkan asupan makanan yang tepat.

Penggunaan sensor dan kamera yang terhubung ke sistem otomatis juga telah menjadi inovasi penting dalam pemantauan kondisi koloni BSF. Teknologi ini memungkinkan pemantauan secara real-time terhadap kondisi larva dan lingkungan. Sebagai contoh, sensor keberadaan atau berat larva dapat memberikan informasi tentang tingkat kelangsungan hidup dan kesehatan populasi larva. Kemampuan untuk secara aktif memantau secara *real-time* memberikan kesempatan untuk respons yang cepat terhadap perubahan yang mungkin terjadi dalam koloni BSF.

Selain itu, pengembangan sistem AI yang terhubung ke sistem otomatisasi juga diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam pemeliharaan BSF. AI dapat memproses data yang terkumpul dari sensor dan kamera untuk mengidentifikasi pola atau gejala yang mungkin menunjukkan kondisi kesehatan larva atau lingkungan yang tidak ideal.

Penggunaan teknologi otomatisasi dalam pemeliharaan BSF menggambarkan potensi besar dalam memajukan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hasil akhir. Dengan sistem yang terhubung secara otomatis, diharapkan bahwa manajemen koloni BSF akan menjadi lebih efektif dan adaptif, serta memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat berdasarkan data yang terkumpul.

C. Integrasi Teknologi dalam Pengolahan Hasil Biokonversi

Integrasi teknologi dalam pengolahan hasil biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan aspek penting dalam memaksimalkan nilai dari produk yang dihasilkan oleh larva BSF. Salah satu teknologi yang dapat diintegrasikan adalah proses pengeringan hasil biokonversi. Salah satu contoh integrasi teknologi yang krusial adalah penggunaan teknik pengeringan. Metode pengeringan yang efisien dan tepat seperti pengeringan vakum atau pengeringan konvensional dapat diaplikasikan untuk mengurangi kadar air pada larva atau pupa BSF. Hal ini tidak hanya meningkatkan daya simpan produk tetapi juga mempertahankan kualitas nutrisi dan tekstur produk. Misalnya, produk hasil biokonversi yang dikeringkan dengan baik dapat digunakan sebagai pakan ternak atau bahan baku dalam industri pangan.

Selain pengeringan, penggunaan teknologi dalam proses pengolahan lebih lanjut hasil biokonversi menjadi produk akhir merupakan langkah penting dalam mengoptimalkan nilai tambah. Penggunaan mesin

penggiling, pemecah, atau blender dalam menghasilkan tepung larva BSF dapat meningkatkan keberagaman produk yang dapat dihasilkan dari hasil biokonversi tersebut. Contoh lainnya adalah pemanfaatan teknologi ekstraksi yang dapat menghasilkan minyak dari larva BSF yang kaya akan lemak, yang kemudian dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti pembuatan biodiesel atau produk perawatan kulit.

Penerapan teknologi sensorik dan analisis kimiawi juga penting dalam pengolahan hasil biokonversi. Penggunaan sensor untuk menganalisis kualitas nutrisi atau komposisi kimia dari produk hasil biokonversi dapat memberikan informasi yang berguna untuk pengembangan produk yang lebih bermutu. Sebagai contoh, analisis komposisi kimia larva BSF dapat memungkinkan pemetaan potensi pemanfaatan produk tersebut dalam pakan ternak dengan komposisi nutrisi yang optimal.

Selanjutnya, integrasi teknologi dalam pengemasan hasil biokonversi juga memiliki peran yang signifikan. Penggunaan teknologi kemasan yang sesuai seperti pengemasan vakum atau pengemasan atmosfer termodifikasi dapat memperpanjang masa simpan produk dan menjaga kualitasnya. Sebagai contoh, pengemasan yang tepat dapat mengurangi paparan oksigen yang dapat mempengaruhi stabilitas produk.

Terakhir, teknologi blockchain atau sistem pelacakan digital juga dapat diintegrasikan dalam proses pengolahan hasil biokonversi. Penggunaan teknologi ini memungkinkan pelacakan produk secara transparan dari

hulu ke hilir, memberikan informasi kepada konsumen tentang asal-usul dan kualitas produk yang mereka beli (Yasri, 2023).

Dengan mengintegrasikan teknologi-teknologi ini dalam proses pengolahan hasil biokonversi BSF, diharapkan bahwa nilai tambah produk hasil biokonversi dapat ditingkatkan. Penerapan teknologi-teknologi tersebut juga mendukung peningkatan efisiensi, kualitas, dan daya saing produk dalam pasar.

BAB 7 - EVALUASI KINERJA SISTEM PEMANFAATAN *BLACK SOLDIER FLY*

A. Metode Evaluasi Kinerja Pengelolaan Limbah Makanan dengan *Black Soldier Fly*

Evaluasi kinerja sistem pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam pengelolaan limbah makanan memerlukan pendekatan yang komprehensif untuk menilai efisiensi, keberlanjutan, dan hasil yang dihasilkan. Salah satu metode evaluasi yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment* (LCA), yang mempertimbangkan dampak lingkungan selama siklus hidup produk, dari produksi hingga pembuangan. Penggunaan LCA memungkinkan untuk menilai dampak positif sistem BSF dalam mengelola limbah makanan, termasuk efisiensi konversi limbah menjadi produk berguna, seperti pakan ternak atau pupuk organik (Sari dkk., 2023).

Selain itu, LCA juga membantu dalam mengidentifikasi potensi reduksi emisi gas rumah kaca dan peningkatan keberlanjutan dari perspektif lingkungan. Misalnya, jika sebuah perusahaan menerapkan sistem BSF untuk mengelola sisa-sisa organik, LCA dapat membantu dalam mengukur pengurangan emisi gas metana dari pembuangan limbah organik yang tidak terkelola sebelumnya. Selain itu, dapat mengukur berapa banyak limbah yang terkelola dengan efisien dan berkontribusi pada siklus pemulihan nutrisi. Sebagai contoh, LCA dapat menunjukkan berapa banyak nutrisi yang dapat dikembalikan ke tanah melalui pupa BSF yang diubah menjadi pupuk organik.

Pendekatan evaluasi kinerja juga dapat melibatkan analisis ekonomi untuk menilai efisiensi dari segi biaya dan nilai yang dihasilkan dari pemanfaatan larva BSF dalam mengubah limbah makanan menjadi produk yang bernilai. Dalam hal ini, perhitungan biaya produksi larva BSF, nilai jual produk yang dihasilkan, serta analisis investasi dalam infrastruktur dapat membantu mengukur efektivitas sistem BSF dari sudut pandang ekonomi. Sebagai contoh, metode evaluasi ini dapat membuktikan keunggulan ekonomi dalam mengolah limbah makanan menggunakan BSF dibandingkan dengan metode pengelolaan limbah konvensional.

Selain itu, evaluasi kinerja sistem BSF juga memerlukan aspek kesehatan dan keamanan pangan. Metode analisis risiko terkait penggunaan hasil biokonversi larva BSF dalam pakan ternak atau produk konsumsi manusia dapat memberikan gambaran tentang potensi risiko kontaminasi mikroba atau zat berbahaya. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa produk hasil biokonversi telah memenuhi standar keamanan pangan yang diperlukan.

Dalam evaluasi kinerja, penilaian terhadap aspek sosial dan masyarakat juga menjadi bagian penting. Ini melibatkan pemantauan dampak sosial dari sistem pengelolaan limbah menggunakan BSF, seperti penciptaan lapangan kerja lokal, peningkatan kesadaran lingkungan, atau partisipasi masyarakat dalam program pengelolaan limbah. Melalui pendekatan ini, dapat diukur dampak positif yang dihasilkan oleh pemanfaatan BSF terhadap masyarakat sekitar.

Terakhir, penggunaan indikator kinerja khusus yang terukur dapat membantu dalam evaluasi kinerja sistem pengelolaan limbah dengan BSF. Indikator ini dapat mencakup tingkat konversi limbah menjadi produk, laju pertumbuhan larva, atau jumlah limbah yang berhasil diolah. Melalui indikator yang jelas, sistem pengelolaan limbah dengan BSF dapat dinilai secara kuantitatif dalam mencapai tujuan-tujuan tertentu yang telah ditetapkan.

Secara keseluruhan, evaluasi kinerja sistem pemanfaatan *Black Soldier Fly* melibatkan beragam metode dan aspek, termasuk aspek lingkungan, ekonomi, kesehatan, sosial, dan indikator kinerja yang terukur. Pendekatan yang holistik dalam evaluasi kinerja menjadi kunci dalam menilai efektivitas dan keberlanjutan sistem pengelolaan limbah makanan dengan menggunakan BSF.

B. Analisis Efisiensi dan Efektivitas Sistem

Analisis efisiensi dan efektivitas sistem pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam mengelola limbah makanan membutuhkan evaluasi yang cermat terhadap sejumlah faktor yang mencakup keefisienan proses konversi limbah, produktivitas larva, dan hasil yang dihasilkan. Salah satu metode untuk menganalisis efisiensi sistem BSF adalah melalui pengukuran efisiensi konversi limbah menjadi produk larva. Ini melibatkan perbandingan antara jumlah limbah organik yang diolah dengan jumlah larva yang dihasilkan. Misalnya, jika satu ton limbah organik menghasilkan seribu kilogram larva, maka efisiensi konversinya adalah 50%.

Selanjutnya, evaluasi efektivitas sistem BSF juga melibatkan analisis produktivitas larva. Produktivitas larva dapat diukur melalui parameter seperti laju pertumbuhan, tingkat konversi pakan, atau bobot rata-rata larva pada fase tertentu. Misalnya, jika larva BSF yang diberi makanan tertentu memiliki laju pertumbuhan lebih cepat atau konversi pakan yang lebih baik, itu menunjukkan tingkat produktivitas yang lebih tinggi.

Pengukuran hasil yang dihasilkan oleh sistem BSF juga penting dalam menganalisis efektivitasnya. Misalnya, jika hasil yang diinginkan adalah pupuk organik, efektivitas sistem dapat dievaluasi berdasarkan kualitas dan kuantitas pupuk yang dihasilkan. Evaluasi ini membantu menilai sejauh mana produk yang dihasilkan memenuhi tujuan utama dari sistem pengelolaan limbah menggunakan BSF.

Selain itu, dalam konteks evaluasi kinerja, aspek lain yang perlu dipertimbangkan adalah keberlanjutan sistem. Evaluasi keberlanjutan tidak hanya mempertimbangkan hasil langsung dari konversi limbah menjadi produk, tetapi juga memerhatikan dampak sistem terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar. Sebagai contoh, keberlanjutan dapat dinilai melalui analisis siklus hidup, penilaian dampak sosial, atau ketersediaan bahan baku yang berkelanjutan untuk pakan larva (Hartono dkk., 2021).

Keseluruhan, analisis efisiensi dan efektivitas sistem pemanfaatan *Black Soldier Fly* dalam mengelola limbah makanan melibatkan penilaian terhadap konversi limbah, produktivitas larva, hasil yang dihasilkan, dan keberlanjutan sistem. Pendekatan yang holistik dalam

evaluasi ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang sejauh mana sistem ini efisien dan efektif dalam mencapai tujuan pengelolaan limbah organik.

C. Evaluasi Dampak Lingkungan dari Pemanfaatan *Black Soldier Fly*

Evaluasi dampak lingkungan yang disebabkan oleh pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam pengelolaan limbah makanan merupakan aspek penting untuk memahami kontribusi sistem ini terhadap upaya pelestarian lingkungan. Salah satu metode evaluasi yang relevan adalah analisis siklus hidup (LCA), yang memungkinkan penilaian menyeluruh terhadap jejak lingkungan dari produksi hingga pembuangan produk atau limbah. Sebagai contoh, ketika diterapkan pada sistem BSF, LCA dapat mengukur pengurangan emisi gas rumah kaca dalam fase konversi limbah menjadi pupa atau pupuk organik, dibandingkan dengan metode pengelolaan limbah konvensional (Sulaiman dkk., 2023). Penurunan emisi gas rumah kaca yang signifikan merupakan indikator potensial dari dampak lingkungan yang positif dari penggunaan BSF.

Selanjutnya, evaluasi dampak lingkungan juga memperhitungkan faktor-faktor seperti penggunaan sumber daya alam, laju pertumbuhan larva, dan pemulihan nutrisi dari limbah organik. Sebagai contoh, evaluasi ini dapat menunjukkan bahwa larva BSF efisien dalam memanfaatkan limbah organik dan mengubahnya menjadi pupa yang kaya akan nutrisi, yang nantinya dapat digunakan kembali sebagai pakan ternak atau sebagai

pupuk organik. Pemanfaatan kembali nutrisi ini adalah salah satu contoh keuntungan lingkungan dari penggunaan BSF dalam mengelola limbah.

Dalam mengevaluasi dampak lingkungan, aspek lain yang penting adalah analisis mengenai kemungkinan pencemaran air atau tanah yang mungkin dihasilkan oleh sistem BSF. Sebagai contoh, penelitian menunjukkan bahwa larva BSF dapat mengurangi tingkat BOD (Biochemical Oxygen Demand) dalam limbah organik, mengurangi beban pencemaran lingkungan akibat limbah tersebut saat dibuang kembali ke alam. Pengurangan tingkat BOD adalah salah satu indikator utama dari dampak positif terhadap kualitas air lingkungan.

Evaluasi dampak lingkungan juga perlu mempertimbangkan potensi kehilangan biodiversitas atau perubahan lingkungan lain yang mungkin terjadi akibat dari pemanfaatan BSF dalam pengelolaan limbah. Studi mengenai interaksi BSF dengan lingkungan sekitarnya membantu dalam memahami sejauh mana spesies ini mempengaruhi ekosistem lokal. Meskipun sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa BSF memiliki dampak minim terhadap biodiversitas lokal, evaluasi ini penting untuk mengidentifikasi dan mengurangi dampak negatif potensial.

Secara keseluruhan, evaluasi dampak lingkungan dari pemanfaatan *Black Soldier Fly* dalam pengelolaan limbah makanan mengharuskan adanya pengukuran yang teliti dan terintegrasi atas aspek lingkungan, termasuk analisis LCA, efisiensi pemanfaatan sumber daya, pengurangan

pencemaran, dan potensi dampak terhadap ekosistem lokal. Pendekatan komprehensif ini diperlukan untuk memastikan bahwa sistem ini memberikan kontribusi positif yang signifikan dalam menjaga keberlanjutan lingkungan.

BAB 8 - PENERAPAN MODEL MANAJEMEN LIMBAH MAKANAN RUMAH SAKIT BERBASIS *BLACK SOLDIER FLY*

A. Pengembangan Model Manajemen Limbah Makanan Rumah Sakit dengan *Black Soldier Fly*

Pengembangan model manajemen limbah makanan rumah sakit dengan menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan langkah signifikan dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan dan pengelolaan limbah yang efektif. Model ini melibatkan proses pemrosesan limbah organik rumah sakit oleh larva BSF, yang kemudian diubah menjadi pupa untuk dijadikan pupuk organik atau pakan ternak (Dinata, 2021). Contoh konkret dari penerapan model ini adalah ketika sebuah rumah sakit mengintegrasikan sistem BSF dalam pengelolaan limbah mereka. Limbah organik seperti sisa makanan atau bahan medis yang dapat diuraikan menjadi komponen organik, diberikan kepada larva BSF untuk dikonversi menjadi produk akhir yang bermanfaat.

Pengembangan model ini juga melibatkan aspek perencanaan infrastruktur yang sesuai dengan kebutuhan rumah sakit. Misalnya, desain unit pemrosesan limbah yang dapat mendukung pertumbuhan larva BSF, pengaturan sistem pengelolaan dan pemantauan limbah, serta alokasi tempat untuk mengolah produk akhir seperti pupuk organik. Penerapan model ini juga melibatkan pengadaan infrastruktur yang sesuai dengan regulasi kesehatan dan keamanan, agar memastikan bahwa produk akhir yang dihasilkan aman untuk digunakan.

Selain itu, pengembangan model ini memerlukan pendekatan pengelolaan yang berkelanjutan. Rumah sakit yang mengadopsi model ini harus memiliki strategi manajemen limbah yang komprehensif, meliputi pelatihan tenaga kerja, perencanaan pengumpulan limbah, dan manajemen operasional yang efisien. Contoh dari strategi ini adalah melibatkan staf rumah sakit dalam proses pemisahan limbah organik yang dapat diuraikan oleh BSF dan memastikan bahwa limbah tersebut disalurkan ke unit pemrosesan yang sesuai.

Pengembangan model manajemen limbah ini juga membutuhkan evaluasi rutin terhadap kinerja sistem. Hal ini melibatkan pengukuran tingkat efisiensi konversi limbah, produktivitas larva, dan hasil akhir yang dihasilkan. Contoh nyata dari evaluasi ini adalah dengan membandingkan jumlah limbah yang diolah dengan jumlah larva yang dihasilkan dan kualitas produk akhir yang dibuat dari hasil biokonversi limbah.

Dalam pengembangan model manajemen limbah makanan rumah sakit berbasis *Black Soldier Fly* (BSF), implementasi teknologi menjadi elemen kunci untuk memastikan efisiensi dan keberhasilan sistem. Salah satu contoh teknologi yang dapat diadopsi adalah penggunaan sensor dan pemantauan otomatis untuk mengontrol kondisi lingkungan tempat larva BSF hidup. Sensor suhu, kelembaban, dan kondisi lingkungan lainnya dapat membantu dalam menciptakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan larva, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi risiko kegagalan dalam proses biokonversi limbah.

Penerapan teknologi juga dapat meliputi integrasi sistem manajemen data yang canggih untuk memonitor dan mengelola informasi terkait jumlah limbah yang masuk, jumlah larva yang diproduksi, serta volume produk akhir yang dihasilkan. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi yang terintegrasi ini memungkinkan rumah sakit untuk melacak dan menganalisis kinerja sistem dengan lebih efisien, sehingga dapat melakukan penyesuaian dan perbaikan yang diperlukan pada model manajemen limbah.

Selain itu, pengembangan model ini membutuhkan penelitian dan inovasi berkelanjutan untuk meningkatkan efektivitas sistem. Misalnya, riset yang terus-menerus dalam bidang nutrisi larva BSF dapat memperbaiki kualitas produk akhir yang dihasilkan. Inovasi terkait formula pakan untuk larva BSF juga dapat membantu meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi konversi limbah menjadi produk akhir yang lebih bernilai.

Pengembangan model manajemen limbah makanan rumah sakit berbasis BSF juga memerlukan kolaborasi antara pihak rumah sakit, institusi pendidikan, dan industri. Kolaborasi ini penting untuk berbagi pengetahuan, sumber daya, dan teknologi terbaru yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem. Dalam skala yang lebih luas, kolaborasi ini juga dapat mempromosikan adopsi model ini oleh sektor kesehatan yang lebih luas.

Terakhir, penting untuk mencatat bahwa pengembangan model ini harus memperhatikan regulasi dan kebijakan yang relevan. Sistem manajemen limbah

harus sejalan dengan peraturan lingkungan dan kesehatan yang berlaku. Contoh dari hal ini adalah memastikan bahwa proses biokonversi limbah dengan menggunakan larva BSF sesuai dengan standar kesehatan dan keamanan pangan yang berlaku, untuk memastikan produk akhir yang dihasilkan aman digunakan atau dikonsumsi.

Kesimpulannya, pengembangan model manajemen limbah makanan rumah sakit berbasis *Black Soldier Fly* memerlukan integrasi teknologi yang canggih, inovasi yang berkelanjutan, kolaborasi antar-stakeholder, serta kesesuaian dengan regulasi yang berlaku. Dengan pendekatan holistik yang mencakup semua aspek tersebut, implementasi model ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengurangan limbah organik, pengelolaan limbah yang efektif, dan pencapaian tujuan keberlanjutan di sektor kesehatan.

B. Langkah-langkah Implementasi Model Terpadu

Langkah-langkah implementasi model terpadu dalam penerapan manajemen limbah makanan rumah sakit berbasis *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan upaya terstruktur dalam mengintegrasikan berbagai komponen agar sistem berjalan dengan efisien dan efektif (Yasri, 2023). Adapun penjelasan detail mengenai langkah-langkah ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Kebutuhan dan Potensi

Langkah pertama dalam implementasi manajemen limbah berbasis *Black Soldier Fly* (BSF) adalah identifikasi kebutuhan dan potensi limbah organik yang dapat dimanfaatkan. Rumah sakit harus mengidentifikasi jenis-jenis limbah organik yang dihasilkan dalam operasional

sehari-hari. Contohnya, sisa makanan dari dapur rumah sakit, limbah medis seperti pembalut atau perban bekas, dan kertas dari kantor administrasi. Identifikasi ini penting untuk mengetahui jenis limbah mana yang dapat diuraikan oleh larva BSF dan berpotensi untuk diubah menjadi produk akhir yang bermanfaat seperti pupuk organik atau pakan ternak.

Selanjutnya, identifikasi potensi limbah organik yang dapat dimanfaatkan dalam model manajemen BSF adalah langkah kunci. Misalnya, rumah sakit mungkin menghasilkan jumlah limbah organik yang cukup besar dari sektor dapur atau unit perawatan medis. Pengidentifikasi potensi limbah ini penting untuk memastikan bahwa jumlah limbah yang diolah oleh larva BSF sesuai dengan kapasitas sistem dan dapat menghasilkan produk akhir yang bermanfaat secara signifikan.

Selain itu, identifikasi kebutuhan juga melibatkan penilaian terhadap volume dan karakteristik limbah yang dihasilkan untuk menentukan skala operasional yang tepat dari sistem manajemen limbah berbasis BSF. Misalnya, rumah sakit dengan produksi limbah yang tinggi memerlukan infrastruktur yang lebih besar dan sistem pengolahan yang lebih kuat untuk memastikan pengelolaan limbah yang efisien. Identifikasi ini memberikan panduan yang jelas bagi rumah sakit dalam menentukan strategi dan infrastruktur yang dibutuhkan dalam mengadopsi model manajemen limbah berbasis BSF secara efektif.

2. Perencanaan Infrastruktur dan Fasilitas

Perencanaan infrastruktur dan fasilitas merupakan langkah krusial dalam implementasi manajemen limbah

berbasis *Black Soldier Fly* (BSF) di rumah sakit. Ini melibatkan perancangan dan pengadaan infrastruktur yang mendukung pertumbuhan larva BSF serta konversi limbah organik menjadi produk akhir yang berguna. Misalnya, rumah sakit perlu merancang unit pemrosesan limbah yang memadai, dengan desain yang memungkinkan pengelolaan larva dalam lingkungan yang optimal. Infrastruktur ini juga harus mematuhi standar kebersihan dan keamanan yang berlaku dalam industri kesehatan.

Selanjutnya, perencanaan infrastruktur juga melibatkan alokasi lokasi yang sesuai untuk membangun fasilitas pemrosesan limbah. Contohnya, pemilihan lokasi yang tepat dan strategis agar memudahkan akses bagi staf yang bertanggung jawab dalam pengelolaan limbah organik. Selain itu, rumah sakit juga perlu mempertimbangkan kapasitas unit pemrosesan agar sesuai dengan volume limbah yang dihasilkan, memastikan bahwa fasilitas yang dibangun mampu menampung dan mengolah limbah secara efisien.

Langkah selanjutnya adalah memastikan bahwa infrastruktur yang dibangun sesuai dengan regulasi kesehatan dan keamanan yang berlaku. Contohnya, pemilihan material bangunan yang ramah lingkungan dan tidak mengandung bahan berbahaya, serta penerapan standar kebersihan yang ketat dalam pengelolaan limbah di fasilitas tersebut. Hal ini penting untuk memastikan bahwa semua proses yang terkait dengan manajemen limbah berbasis BSF di rumah sakit berada dalam kerangka regulasi yang ditetapkan untuk sektor kesehatan.

Rumah sakit perlu merancang unit pemrosesan limbah yang memadai untuk memfasilitasi pertumbuhan larva BSF dan konversi limbah organik menjadi produk akhir

yang bermanfaat. Ini melibatkan pemilihan lokasi, desain unit pemrosesan, dan pengadaan infrastruktur yang sesuai dengan regulasi kesehatan dan keamanan. Sebagai contoh, pembangunan fasilitas pemrosesan limbah yang memenuhi standar kebersihan dan keamanan merupakan langkah kunci dalam implementasi model ini.

3. Implementasi

Langkah implementasi dalam menerapkan model manajemen limbah rumah sakit berbasis *Black Soldier Fly* (BSF) mencakup serangkaian proses yang terorganisir. Pertama, langkah implementasi ini dimulai dengan perencanaan infrastruktur yang mendukung sistem pengolahan limbah berbasis BSF. Misalnya, rumah sakit perlu merancang unit pemrosesan limbah yang memadai, mempertimbangkan lokasi, desain unit pemrosesan yang optimal, dan memastikan bahwa infrastruktur tersebut memenuhi regulasi kesehatan dan keamanan. Sebagai contoh, pembangunan fasilitas pemrosesan limbah yang memenuhi standar kebersihan dan keamanan merupakan langkah kunci dalam implementasi ini.

Selanjutnya, langkah implementasi mencakup pengembangan prosedur operasional standar (SOP) untuk mengatur pengumpulan, pemisahan, dan pengolahan limbah organik. Rumah sakit perlu melatih staf terkait dengan SOP yang baru, serta memastikan bahwa sistem pengumpulan limbah terorganisir untuk memfasilitasi pengolahan oleh larva BSF. Sebagai contoh, pihak rumah sakit dapat memberikan pelatihan kepada petugas yang bertanggung jawab dalam memisahkan limbah organik yang akan diuraikan oleh larva BSF.

Langkah implementasi selanjutnya adalah pengawasan dan pemantauan secara rutin terhadap kinerja sistem. Rumah sakit perlu melakukan pemantauan terhadap jumlah limbah yang diolah, pertumbuhan larva, dan kualitas produk akhir yang dihasilkan. Dengan pemantauan yang cermat, rumah sakit dapat mengidentifikasi potensi perbaikan atau penyesuaian yang diperlukan dalam sistem. Sebagai contoh, melalui pengawasan yang berkala, rumah sakit dapat mengetahui apakah jumlah larva yang diproduksi sudah sesuai dengan kapasitas sistem atau perlu dilakukan penyesuaian dalam manajemen larva.

4. Evaluasi Kinerja Berkala

Terakhir, langkah evaluasi kinerja berkala merupakan proses yang penting dalam mengukur efektivitas dan efisiensi dari model manajemen limbah berbasis *Black Soldier Fly* (BSF) di rumah sakit. Evaluasi ini melibatkan pemantauan dan analisis terhadap berbagai parameter untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh. Contoh dari parameter yang dievaluasi adalah jumlah limbah organik yang diolah, pertumbuhan dan produktivitas larva, serta kualitas produk akhir yang dihasilkan. Misalnya, rumah sakit dapat membandingkan volume limbah organik yang masuk dengan volume larva yang dihasilkan untuk menilai sejauh mana sistem mampu mengkonversi limbah tersebut.

Selain itu, evaluasi kinerja berkala juga melibatkan analisis terhadap efisiensi operasional sistem. Misalnya, pengukuran efisiensi konversi limbah menjadi pupa atau pupuk organik dapat memberikan gambaran tentang seberapa efisien larva BSF dalam memproses limbah. Dalam hal ini, rumah sakit dapat mengukur jumlah pupa

yang dihasilkan dari volume limbah tertentu dan membandingkannya dengan sistem lain yang mungkin digunakan sebelumnya untuk mengelola limbah.

Langkah evaluasi kinerja berkala juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan sistem dalam jangka panjang. Evaluasi ini memungkinkan untuk melihat apakah sistem manajemen limbah berbasis BSF di rumah sakit dapat terus beroperasi dengan baik dan memberikan kontribusi positif dalam pengurangan limbah organik serta menjaga kualitas lingkungan. Sebagai contoh, pemantauan yang rutin terhadap output produk akhir seperti pupuk organik yang dihasilkan dari proses biokonversi dapat memberikan gambaran tentang keberlanjutan sistem ini dalam mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

BAB 9 - MANAJEMEN RISIKO DAN KEAMANAN DALAM PENGGUNAAN *BLACK SOLDIER FLY*

A. Identifikasi Risiko terkait Penggunaan *Black Soldier Fly* dalam Manajemen Limbah

Identifikasi risiko terkait penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam manajemen limbah menjadi suatu langkah kritis dalam memastikan implementasi yang sukses dan aman. Pertama-tama, risiko terkait kesehatan dan keamanan harus diperhatikan dengan seksama. Adanya kemungkinan kontaminasi patogen atau zat beracun pada larva BSF yang dihasilkan dapat menjadi risiko kesehatan manusia dan hewan jika tidak dikelola dengan baik (Wardhana, 2016). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian menyeluruh untuk memastikan bahwa larva BSF yang dihasilkan bebas dari kontaminan yang dapat membahayakan.

Risiko terkait biosekuriti juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan. Jika larva BSF dilepaskan atau lolos dari sistem yang dirancang, mereka dapat menjadi invasif dan memiliki dampak ekologis yang merugikan. Oleh karena itu, implementasi teknologi BSF harus mempertimbangkan langkah-langkah pengendalian yang efektif untuk mencegah kemungkinan pelepasan dan penyebaran larva di lingkungan yang tidak diinginkan.

Dalam konteks pertanian dan produksi pakan ternak, risiko kualitas pakan harus diperhitungkan. Variabilitas dalam komposisi nutrisi larva BSF yang diproduksi dapat memengaruhi kualitas pakan ternak yang dihasilkan.

Identifikasi risiko ini penting untuk memastikan bahwa pakan yang dihasilkan sesuai dengan standar nutrisi yang diperlukan oleh ternak.

Selain itu, risiko terkait dengan fluktuasi harga pakan dan permintaan pasar juga harus dievaluasi. Ketergantungan pada larva BSF sebagai sumber protein pakan dapat membuat produksi pakan ternak rentan terhadap perubahan dalam pasokan dan permintaan. Oleh karena itu, strategi pengelolaan risiko perlu dikembangkan untuk mengatasi potensi volatilitas ekonomi yang dapat memengaruhi keberlanjutan bisnis.

Langkah-langkah pengelolaan risiko yang efektif juga harus mencakup risiko terkait perubahan iklim dan cuaca. Perubahan suhu dan kondisi iklim dapat mempengaruhi produktivitas dan efisiensi biokonversi BSF. Evaluasi dampak potensial perubahan iklim dan pengembangan strategi adaptasi menjadi langkah krusial untuk meminimalkan risiko yang dapat muncul seiring waktu.

Selanjutnya, risiko terkait dengan perubahan regulasi dan kebijakan perlu dipertimbangkan dalam konteks penggunaan *Black Soldier Fly*. Kebijakan lingkungan dan pertanian yang dapat berubah secara tiba-tiba dapat berdampak pada izin operasional, standar keamanan, atau insentif finansial yang mungkin telah diandalkan oleh proyek-proyek pengelolaan limbah dengan menggunakan BSF. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan dan analisis terus-menerus terhadap perkembangan regulasi untuk memitigasi risiko ini.

Risiko terkait dengan variabilitas genetik larva BSF juga dapat menjadi pertimbangan penting. Perbedaan dalam sifat nutrisi atau toleransi lingkungan antar populasi larva BSF dapat mempengaruhi konsistensi kualitas pakan atau produk lainnya yang dihasilkan (Julita dkk., 2023). Oleh karena itu, diperlukan upaya dalam penelitian genetika dan pemantauan kualitas genetik larva BSF untuk meminimalkan risiko ini.

Dalam aspek sosial, risiko terkait dengan penerimaan masyarakat terhadap larva BSF sebagai sumber pakan atau produk lainnya perlu diperhitungkan. Potensi stigma terhadap konsep "makan serangga" atau ketidaknyamanan terhadap penggunaan larva BSF dalam produksi pakan ternak dapat berdampak pada penerimaan pasar. Oleh karena itu, strategi komunikasi dan edukasi masyarakat perlu dirancang untuk memitigasi risiko ini dan membangun pemahaman positif terkait manfaat teknologi BSF.

Risiko kegagalan teknologi dan infrastruktur juga perlu diperhatikan. Kesalahan dalam desain sistem, masalah operasional, atau kegagalan infrastruktur dapat menyebabkan gangguan dalam proses biokonversi BSF. Evaluasi risiko ini memerlukan pendekatan proaktif dalam perawatan dan pemeliharaan infrastruktur, serta perencanaan kontinjensi untuk mengatasi potensi masalah teknis.

Risiko pasar terkait dengan keberlanjutan produk BSF juga perlu diidentifikasi dan dikelola. Fluktuasi pasar dan perubahan preferensi konsumen terhadap produk berbasis

BSF dapat memengaruhi daya saing dan keberlanjutan bisnis. Pengembangan strategi pemasaran yang adaptif dan analisis pasar yang berkelanjutan dapat membantu mengidentifikasi peluang dan risiko pasar yang mungkin timbul seiring berjalannya waktu. Dengan merinci risiko-risiko ini, implementasi penggunaan *Black Soldier Fly* dapat diarahkan untuk mencapai hasil yang optimal dan mengurangi ketidakpastian yang dapat terjadi selama siklus hidup proyek.

Dalam mendukung upaya mitigasi risiko, pengembangan sistem pemantauan dan evaluasi yang efektif menjadi langkah penting. Sistem ini dapat melibatkan pemantauan rutin terhadap parameter kritis, seperti kualitas larva BSF, keefektifan sistem biokonversi, dan dampak lingkungan. Melalui analisis data yang cermat, proyek dapat merespon perubahan kondisi dengan cepat dan mengimplementasikan tindakan korektif yang diperlukan. Sistem pemantauan ini juga dapat memberikan dasar yang kuat untuk pelaporan kinerja kepada pemangku kepentingan dan pihak berwenang.

Dalam konteks risiko kesehatan manusia dan hewan, implementasi protokol keamanan dan pengujian standar menjadi krusial. Uji laboratorium yang ketat dan pemantauan kontaminan potensial dalam larva BSF perlu diintegrasikan ke dalam sistem produksi. Ini dapat mencakup pengujian mikrobiologis dan kimia secara teratur untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar keamanan pangan dan nutrisi yang berlaku.

Keterlibatan pemangku kepentingan, termasuk masyarakat lokal, dalam proses pengambilan keputusan dan pelaksanaan dapat membantu mengelola risiko sosial dan budaya. Dialog terbuka dan inklusif dapat membantu mengidentifikasi keprihatinan masyarakat dan merancang solusi bersama yang dapat diterima oleh semua pihak. Pemangku kepentingan yang terlibat secara aktif juga dapat menjadi pendukung penting dalam membangun penerimaan masyarakat terhadap teknologi BSF.

Dalam keseluruhan, pemahaman mendalam tentang risiko-risiko yang terkait dengan penggunaan *Black Soldier Fly* dalam manajemen limbah merupakan langkah penting dalam merancang strategi pengelolaan yang efektif. Dengan pendekatan proaktif dan holistik terhadap identifikasi dan mitigasi risiko, implementasi teknologi BSF dapat menjadi lebih aman, berkelanjutan, dan dapat diterima oleh masyarakat dan pemangku kepentingan terkait.

Strategi pengelolaan risiko yang efektif juga harus mencakup pengembangan rencana darurat dan pemulihan. Melalui pemahaman yang baik tentang potensi risiko yang mungkin terjadi, proyek dapat merancang prosedur darurat yang memadai untuk mengatasi situasi yang kritis. Pemulihan pasca-kejadian, termasuk rehabilitasi lingkungan dan pemulihan operasional, harus menjadi fokus utama untuk meminimalkan dampak jangka panjang dan memastikan keberlanjutan proyek.

Penting untuk mendekati risiko secara adaptif dan responsif terhadap perubahan kontekstual. Kondisi

eksternal yang berubah, seperti faktor iklim atau perubahan pasar, dapat memicu risiko yang sebelumnya tidak teridentifikasi. Dengan mengadopsi pendekatan yang adaptif, proyek dapat melakukan evaluasi risiko secara berkala dan memodifikasi strategi manajemen risiko sesuai dengan perkembangan baru yang muncul (Sari dkk., 2022).

Selain itu, kolaborasi dan pertukaran informasi antarproyek dan antarindustri dapat membantu mengidentifikasi risiko potensial yang mungkin serupa dan memberikan solusi yang telah teruji. Forum seperti konferensi, workshop, dan kelompok diskusi dapat menjadi wadah untuk berbagi pengalaman dan praktik terbaik dalam pengelolaan risiko terkait penggunaan BSF. Dengan saling belajar dari pengalaman satu sama lain, industri dapat meningkatkan kapabilitas kolektifnya dalam mengatasi risiko-risiko yang muncul.

B. Strategi Pengendalian Risiko dan Keamanan

Strategi pengendalian risiko dan keamanan dalam manajemen limbah dengan menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan aspek penting dalam memastikan keberhasilan implementasi teknologi ini. Analisis risiko yang cermat merupakan langkah awal yang diperlukan untuk mengidentifikasi potensi ancaman dan dampak yang mungkin terjadi selama siklus hidup proyek (Azriya dkk., 2022). Faktor-faktor seperti risiko invasivitas akibat pelepasan larva BSF, dampak kesehatan manusia, dan potensi kerugian ekonomi harus dievaluasi secara komprehensif untuk membentuk dasar strategi pengendalian risiko yang kokoh.

Dalam konteks pengendalian biosekuriti, perlu diimplementasikan langkah-langkah untuk mencegah pelepasan larva BSF yang tidak terkendali ke lingkungan. Sistem penahanan dan pengendalian akses harus dirancang secara hati-hati untuk mencegah potensi risiko invasivitas yang dapat merugikan ekosistem lokal. Protokol biosekuriti harus mencakup pemantauan rutin terhadap kualitas larva BSF, memastikan bahwa produk yang dihasilkan bebas dari kontaminan yang dapat membahayakan kesehatan manusia atau hewan.

Aspek pengendalian operasional menjadi krusial dalam meminimalkan risiko teknis dan operasional. Sistem pengelolaan limbah dengan menggunakan BSF harus didesain untuk efisiensi dan keamanan operasional. Penerapan prosedur operasional standar dan pemeliharaan rutin infrastruktur menjadi elemen esensial untuk mengurangi risiko kegagalan teknis atau insiden operasional yang dapat merugikan keberlanjutan proyek.

Pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan terhadap parameter kunci, seperti kualitas larva BSF, operasional sistem, dan dampak lingkungan, menjadi langkah strategis untuk mengidentifikasi perubahan kondisi yang dapat menimbulkan risiko baru. Analisis data dari pemantauan tersebut memungkinkan pengambilan tindakan korektif yang cepat dan berkelanjutan, meningkatkan efektivitas strategi pengendalian risiko.

Pentingnya upaya penyuluhan dan edukasi masyarakat terkait teknologi BSF juga tidak boleh diabaikan. Meningkatkan pemahaman masyarakat tentang manfaat,

risiko, dan langkah-langkah keamanan yang diimplementasikan dapat membantu mengurangi resistensi sosial dan budaya. Komunikasi yang efektif tentang potensi risiko dan strategi pengendalian yang diterapkan dapat membentuk persepsi positif dan mendukung partisipasi masyarakat dalam proses ini.

Dalam strategi pengendalian risiko dan keamanan dalam manajemen limbah dengan menggunakan *Black Soldier Fly* (BSF) melibatkan penekanan pada aspek kualitas larva BSF yang dihasilkan. Pemantauan dan evaluasi berkala terhadap kualitas nutrisi dan kebersihan larva BSF menjadi kunci untuk memastikan bahwa produk ini memenuhi standar keamanan pangan dan dapat diandalkan sebagai sumber pakan atau bahan lainnya. Selain itu, pemantauan tersebut memberikan dasar untuk tindakan korektif yang diperlukan dalam hal perubahan kondisi yang dapat mempengaruhi kualitas larva.

Pengendalian operasional mencakup perlunya penerapan sistem manajemen kualitas yang efektif. Standar operasional untuk produksi larva BSF perlu diterapkan secara konsisten untuk memastikan konsistensi dalam kualitas dan keamanan produk. Ini mencakup langkah-langkah kontrol kualitas yang cermat selama seluruh proses produksi, mulai dari pengumpulan sampah organik hingga pengolahan dan pemantauan larva BSF. Dengan demikian, pengendalian operasional menjadi landasan untuk keberhasilan jangka panjang dan keberlanjutan proyek.

Dalam konteks risiko sosial dan budaya, strategi pengendalian harus mencakup upaya yang signifikan

dalam penyuluhan dan partisipasi masyarakat. Program edukasi yang efektif harus dirancang untuk mengubah persepsi masyarakat terhadap teknologi BSF, mengatasi potensi stigma terhadap konsep "makan serangga," dan menjelaskan manfaatnya bagi lingkungan dan pangan ternak. Pemahaman masyarakat tentang manfaat dan keamanan teknologi BSF dapat membentuk dukungan yang kuat dan mengurangi resistensi terhadap adopsi teknologi ini.

Pentingnya regulasi dan kebijakan yang jelas juga harus ditekankan dalam strategi ini. Keterlibatan pemerintah dalam menyusun regulasi yang mengatur penggunaan BSF dalam manajemen limbah dapat menciptakan kerangka kerja hukum yang jelas dan mendukung. Regulasi yang memperhatikan aspek keamanan, lingkungan, dan kesehatan dapat memberikan arahan yang diperlukan bagi pelaku industri dan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap teknologi ini.

Langkah strategis terakhir adalah pengembangan rencana darurat dan pemulihan. Seiring berjalannya waktu, perubahan kondisi atau kejadian tak terduga mungkin memunculkan risiko baru atau memperburuk kondisi yang sudah ada. Oleh karena itu, rencana darurat yang terstruktur dan pemulihan pasca-kejadian menjadi esensial untuk meminimalkan dampak negatif dan menjaga keberlanjutan proyek.

Dengan mengintegrasikan semua elemen ini, strategi pengendalian risiko dan keamanan dalam manajemen

limbah dengan menggunakan BSF dapat menjadi landasan yang kokoh untuk keberhasilan proyek secara keseluruhan. Melibatkan berbagai aspek ini dengan hati-hati dan proaktif dapat membantu mengelola risiko dengan efektif dan mendukung implementasi teknologi ini secara berkelanjutan.

Sebagai langkah tambahan dalam strategi pengendalian risiko dan keamanan, implementasi protokol keamanan dan pengujian standar merupakan unsur kunci. Uji laboratorium yang ketat dan pemantauan kontaminan potensial dalam larva *Black Soldier Fly* (BSF) perlu diintegrasikan ke dalam proses produksi. Ini mencakup pengujian mikrobiologis dan kimia secara teratur untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar keamanan pangan dan nutrisi yang berlaku. Dengan mengutamakan keamanan produk, strategi ini tidak hanya melibatkan perlindungan terhadap lingkungan, tetapi juga menjaga kesehatan konsumen dan kepercayaan pasar terhadap produk yang dihasilkan oleh teknologi BSF.

Selain itu, strategi pengendalian risiko dan keamanan perlu mencakup penerapan sistem pemantauan dan evaluasi yang efektif. Pemantauan berkala terhadap parameter kritis seperti kualitas larva BSF, keefektifan sistem biokonversi, dan dampak lingkungan menjadi dasar untuk identifikasi dini terhadap perubahan kondisi atau risiko baru (Dinata, 2021). Dengan menggunakan data yang diperoleh dari pemantauan ini, proyek dapat merespons perubahan dengan cepat dan mengimplementasikan tindakan korektif yang diperlukan

untuk menjaga keberlanjutan dan keamanan dalam implementasi teknologi BSF.

C. Kebijakan dan Regulasi Keselamatan terkait *Black Soldier Fly*

Dalam konteks manajemen risiko dan keamanan memegang peran sentral dalam memastikan keberlanjutan dan penerapan teknologi ini secara aman. perlu diperhatikan bahwa setiap kebijakan dan regulasi yang diterapkan harus mencakup langkah-langkah preventif terhadap pelepasan larva BSF ke lingkungan yang dapat membahayakan ekosistem lokal. Regulasi ini perlu memuat persyaratan biosekuriti yang ketat dan menekankan pada sistem penahanan yang efektif untuk mencegah invasivitas larva BSF (Dinata, 2021).

Kebijakan dan regulasi harus memperhatikan aspek kesehatan manusia terkait dengan penggunaan BSF. Hal ini mencakup penetapan standar keamanan pangan untuk larva BSF yang dihasilkan, termasuk pengujian mikrobiologis dan kimia secara rutin. Regulasi ini harus mencakup langkah-langkah pemantauan kualitas produk yang ketat untuk memastikan bahwa larva BSF yang digunakan sebagai pakan atau bahan pangan lainnya memenuhi standar keamanan yang ditetapkan oleh otoritas kesehatan.

Selain itu, regulasi keselamatan harus mengakomodasi aspek operasional dalam pengelolaan limbah menggunakan BSF. Proses produksi dan manajemen limbah harus mematuhi standar operasional yang jelas untuk menghindari risiko teknis atau insiden operasional

yang dapat membahayakan lingkungan dan keberlanjutan proyek. Oleh karena itu, regulasi tersebut harus mengatur pengelolaan dan pemeliharaan infrastruktur yang berkaitan dengan penggunaan BSF.

Dalam mengembangkan kebijakan dan regulasi, keterlibatan pihak berkepentingan, termasuk pelaku industri, pemerintah, dan masyarakat, menjadi penting. Mekanisme konsultasi dan kolaborasi perlu diterapkan untuk memastikan bahwa kebijakan yang dihasilkan mencerminkan berbagai perspektif dan kebutuhan. Pemangku kepentingan juga dapat memberikan masukan yang berharga dalam merancang kebijakan yang dapat diterima oleh masyarakat dan mendukung penerapan teknologi BSF dengan aman.

Kebijakan dan regulasi keselamatan harus bersifat dinamis dan mampu beradaptasi dengan perubahan kondisi, teknologi, dan informasi baru yang muncul seiring waktu. Evaluasi rutin terhadap efektivitas kebijakan dan regulasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa mereka tetap relevan dan responsif terhadap perkembangan ilmiah, teknologi, dan lingkungan. Dengan mengimplementasikan kebijakan dan regulasi keselamatan yang holistik dan responsif, penggunaan *Black Soldier Fly* dapat terus berkontribusi pada manajemen limbah secara berkelanjutan. Dalam memandang penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam manajemen limbah, pentingnya kebijakan dan regulasi keselamatan menjadi fokus utama. Kebijakan ini tidak hanya menjadi landasan hukum, tetapi juga instrumen penting untuk memitigasi risiko dan menjaga keberlanjutan implementasi teknologi BSF. Salah satu aspek yang

esensial adalah kebijakan biosekuriti, yang merinci langkah-langkah untuk mencegah invasivitas larva BSF ke lingkungan sekitar. Regulasi ini mencakup persyaratan ketat terkait desain dan pemeliharaan sistem penahanan, dengan pengawasan dan inspeksi rutin yang diintegrasikan untuk memastikan efektivitasnya.

Regulasi keselamatan harus membahas dengan detail aspek kesehatan manusia yang terkait dengan produksi dan penggunaan larva BSF. Standar keamanan pangan harus dijelaskan secara rinci, termasuk uji rutin untuk mengidentifikasi dan mengontrol kontaminan yang berpotensi membahayakan kesehatan konsumen. Dengan merinci persyaratan ini, regulasi dapat memberikan keyakinan bahwa larva BSF yang dihasilkan memenuhi standar keamanan pangan yang tinggi.

Regulasi juga perlu mengatasi aspek operasional, termasuk standar untuk instalasi pengelolaan limbah dengan BSF. Hal ini melibatkan rincian mengenai tata kelola limbah, perlakuan larva BSF, dan pemeliharaan peralatan untuk memastikan operasional yang aman dan melindungi lingkungan. Dengan regulasi yang jelas, industri dapat beroperasi sesuai dengan standar tinggi yang ditetapkan untuk menjaga keberlanjutan proyek.

Dalam merancang kebijakan dan regulasi, partisipasi pihak berkepentingan menjadi aspek yang tidak dapat diabaikan. Melibatkan publik, industri, dan berbagai stakeholder lainnya dapat memberikan perspektif yang komprehensif. Mekanisme partisipatif seperti konsultasi publik dan dialog industri dapat memastikan regulasi lebih

responsif terhadap kebutuhan dan keprihatinan masyarakat, sehingga meningkatkan penerimaan dan keberlanjutan implementasi teknologi BSF.

Selanjutnya, regulasi harus mencakup fleksibilitas untuk mengakomodasi perkembangan ilmiah dan teknologi yang terus muncul. Evaluasi berkala dan pembaruan regulasi menjadi langkah kritis dalam menjaga relevansi dan efektivitasnya seiring waktu. Dengan demikian, regulasi tidak hanya mengikuti tren inovatif, tetapi juga dapat mengakomodasi peningkatan pengetahuan dan pemahaman terkait teknologi BSF berkelanjutan.

Penting untuk mencapai sinergi dengan regulasi yang ada di sektor lain, seperti limbah, pertanian, dan keamanan pangan. Integrasi kebijakan dan regulasi dapat memastikan bahwa penggunaan BSF dalam manajemen limbah menciptakan dampak positif secara holistik pada berbagai sektor. Keseluruhan regulasi keselamatan harus merangkul pendekatan yang berbasis pada risiko dan memberikan insentif bagi praktik-praktik terbaik untuk mendukung implementasi BSF sebagai solusi yang berkelanjutan dalam manajemen limbah.

BAB 10 - TANTANGAN DAN HAMBATAN DALAM PENERAPAN BIOKONVERSI *BLACK SOLDIER FLY*

A. Tantangan Teknis dalam Pemanfaatan *Black Soldier Fly* pada Skala Rumah Sakit

Di tengah tuntutan akan pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan, rumah sakit mulai mempertimbangkan pemanfaatan larva *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai solusi inovatif. Meskipun konsep ini menjanjikan keberlanjutan dalam mengatasi limbah organik, beberapa tantangan teknis perlu diatasi agar implementasinya di rumah sakit dapat berjalan efektif (Julian, 2022).

Kompleksitas komposisi limbah medis menjadi hambatan utama. Limbah medis sering mengandung berbagai bahan kimia dan zat berbahaya yang dapat memengaruhi kesehatan larva BSF. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan formula optimal yang dapat menangani karakteristik khusus limbah medis rumah sakit.

Selain itu, kontrol lingkungan di lingkungan rumah sakit menjadi aspek krusial. Fluktuasi suhu dan kelembaban yang mungkin terjadi di ruang penyimpanan limbah dapat mempengaruhi pertumbuhan larva. Oleh karena itu, sistem pengendalian suhu dan kelembaban yang efektif perlu diterapkan agar kondisi lingkungan tetap ideal.

Manajemen logistik dan penanganan limbah juga merupakan tantangan signifikan. Dengan volume limbah organik dan medis yang bervariasi setiap hari, perlu adanya perencanaan logistik yang cermat untuk memastikan kelancaran proses biokonversi. Pengumpulan, penyortiran, dan penyimpanan limbah harus diatur sedemikian rupa agar efisiensi dan keamanan terjaga.

Tidak kalah penting adalah aspek keamanan dan kesehatan. Potensi kontaminasi silang dan penyebaran penyakit melalui larva BSF memerlukan protokol kebersihan dan perlindungan yang ketat. Pemilihan lokasi yang aman untuk instalasi biokonversi juga menjadi langkah krusial untuk meminimalkan risiko kesehatan bagi personel dan pasien.

Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, pemanfaatan *Black Soldier Fly* di rumah sakit dapat menjadi langkah inovatif menuju pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan. Melalui penelitian mendalam, inovasi teknologi, dan implementasi protokol keamanan yang ketat, rumah sakit dapat menjadikan BSF sebagai alat efektif dalam upaya mereka untuk mengadopsi praktik pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan.

Kemudian, perlu diperhatikan manajemen logistik dan penanganan limbah yang efisien. Dengan volume limbah yang bervariasi setiap harinya, rumah sakit perlu merancang sistem pengumpulan yang terkoordinasi dan efektif. Proses penyortiran limbah organik dan medis juga harus diintegrasikan dengan baik, sehingga larva BSF dapat dihadapkan pada sumber limbah yang sesuai untuk

pertumbuhannya. Selain itu, kebijakan penyimpanan limbah yang tepat perlu diimplementasikan untuk menghindari potensi pencemaran dan memastikan ketersediaan limbah yang diperlukan untuk proses biokonversi.

Dalam rangka mengoptimalkan implementasi Black Soldier Fly, perlu juga mempertimbangkan infrastruktur dan investasi yang diperlukan. Sistem biokonversi BSF memerlukan perangkat dan fasilitas khusus yang dapat menangani limbah medis dan organik dengan baik. Oleh karena itu, rumah sakit perlu mengalokasikan sumber daya yang memadai untuk pembangunan, pemeliharaan, dan pembaruan infrastruktur tersebut. Investasi ini dapat dianggap sebagai langkah strategis dalam jangka panjang untuk mencapai keberlanjutan pengelolaan limbah di lingkungan rumah sakit.

Selanjutnya, partisipasi dan keterlibatan aktif dari pihak-pihak terkait, termasuk tenaga medis, petugas kebersihan, dan manajemen rumah sakit, menjadi kunci keberhasilan implementasi BSF. Pelatihan dan sosialisasi mengenai konsep dan manfaat BSF perlu diselenggarakan secara menyeluruh. Penerimaan dan pemahaman dari seluruh staf rumah sakit terhadap konsep ini dapat membantu menciptakan lingkungan yang mendukung dan meminimalkan hambatan operasional sehari-hari.

Dalam mengatasi semua tantangan ini, perlu adanya kerjasama antara rumah sakit, pemerintah, dan lembaga penelitian. Kolaborasi ini dapat mempercepat riset dan pengembangan terkait pemanfaatan BSF, menciptakan

regulasi yang mendukung, dan memfasilitasi pertukaran informasi yang diperlukan. Dengan pendekatan holistik ini, diharapkan solusi berbasis *Black Soldier Fly* dapat menjadi model yang dapat diterapkan di rumah sakit secara luas, membuka jalan menuju praktik pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di sektor kesehatan.

Tindak lanjut terhadap pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam konteks rumah sakit menuntut pertimbangan mendalam terkait infrastruktur dan investasi yang diperlukan. Implementasi sistem biokonversi BSF memerlukan infrastruktur khusus yang dapat menangani limbah medis dan organik dengan efektif. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya dan alokasi anggaran menjadi esensial dalam memastikan keberlanjutan operasional dan pemeliharaan fasilitas BSF. Investasi jangka panjang ini seharusnya dipandang sebagai strategi integral untuk mewujudkan pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan di lingkungan rumah sakit.

Selain itu, peningkatan partisipasi dan keterlibatan pemangku kepentingan, termasuk tenaga medis, petugas kebersihan, dan manajemen rumah sakit, menampilkan signifikansi dalam kesuksesan implementasi BSF. Dalam kerangka ini, program pelatihan yang menyeluruh dan mendalam perlu disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif terkait prinsip dan manfaat BSF. Penerimaan dan keterlibatan yang tinggi dari seluruh staf rumah sakit diharapkan dapat menciptakan budaya kerja yang mendukung dan mendorong adaptasi terhadap

perubahan menuju praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Kesimpulannya, untuk mengatasi tantangan teknis yang kompleks, kolaborasi multi-pihak menjadi suatu keharusan. Kerjasama antara rumah sakit, pemerintah, dan lembaga penelitian dapat mempercepat pengembangan regulasi yang mendukung dan mendorong inovasi terkait BSF. Pertukaran pengetahuan dan temuan riset dapat memperkaya pemahaman bersama dan menyusun dasar bagi implementasi yang sukses. Dengan pendekatan akademik ini, diharapkan pemanfaatan *Black Soldier Fly* pada skala rumah sakit dapat menjadi model terintegrasi yang berkelanjutan, mengukuhkan peran sektor kesehatan dalam upaya global untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

B. Hambatan Sosial dan Kultural terhadap Penerimaan Teknologi *Black Soldier Fly*

Hambatan sosial dan kultural memainkan peran kritis dalam penerimaan teknologi *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai metode biokonversi limbah. Meskipun potensinya dalam mengatasi masalah limbah organik dan menyediakan sumber protein alternatif, faktor-faktor ini dapat menjadi penghambat serius terhadap adopsi teknologi ini dalam masyarakat. Salah satu hambatan yang signifikan adalah kurangnya pemahaman dan kesadaran masyarakat terhadap manfaat ekologis dan ekonomis dari penggunaan BSF (Ahmad & Sulistyowati, 2021). Keterbatasan pengetahuan ini dapat menciptakan resistensi

terhadap perubahan dan mengurangi minat masyarakat untuk mengadopsi teknologi baru.

Selain itu, aspek kultural juga dapat memainkan peran dalam menghambat penerimaan teknologi BSF. Nilai-nilai budaya tertentu mungkin mempengaruhi pandangan masyarakat terhadap larva BSF sebagai sumber pangan atau pakan. Misalnya, adanya stigma terhadap konsep "makan serangga" dalam beberapa budaya dapat menciptakan ketidaknyamanan dan penolakan terhadap ide pemanfaatan BSF dalam aspek pangan.

Kesenjangan generasi dan perbedaan dalam pemahaman teknologi antara generasi yang lebih tua dan lebih muda juga dapat menjadi hambatan. Masyarakat yang lebih tua mungkin lebih enggan menerima perubahan teknologi, sedangkan generasi muda yang lebih terbuka terhadap inovasi mungkin memerlukan pendekatan komunikasi yang berbeda untuk membangun pemahaman dan dukungan.

Aspek keberlanjutan dan etika juga dapat memainkan peran dalam hambatan sosial. Pertanyaan terkait keamanan pangan, keberlanjutan produksi BSF, dan dampaknya terhadap lingkungan dapat menciptakan ketidakpercayaan masyarakat. Oleh karena itu, perlu adanya komunikasi yang transparan dan edukasi yang efektif untuk mengatasi kekhawatiran ini dan membangun kepercayaan masyarakat terhadap teknologi BSF.

Untuk mengatasi hambatan sosial dan kultural ini, perlu dilakukan upaya komunikasi yang berkelanjutan dan melibatkan berbagai pihak, termasuk pemerintah, lembaga

penelitian, dan pelaku industri. Edukasi publik yang terfokus pada manfaat teknologi BSF, keberlanjutan, dan aspek keamanan dapat membantu mengubah persepsi masyarakat dan memfasilitasi penerimaan teknologi ini. Selain itu, pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat dalam proses pengembangan dan implementasi teknologi dapat membantu membangun dukungan yang lebih kuat dari tingkat lokal hingga nasional.

Selanjutnya, penting untuk mempertimbangkan konteks regulasi dan kebijakan dalam mengatasi hambatan sosial dan kultural terhadap penerimaan teknologi BSF. Kebijakan yang mendukung dan memberikan insentif bagi penerapan teknologi ramah lingkungan seperti BSF dapat membantu meredakan kekhawatiran masyarakat. Oleh karena itu, perlu adanya kerjasama antara pemerintah, pemangku kepentingan, dan lembaga-lembaga terkait untuk merancang kebijakan yang mendukung implementasi teknologi BSF dengan mempertimbangkan aspek-aspek sosial dan budaya.

Tingkat pendidikan juga menjadi faktor penentu dalam mengatasi hambatan sosial terhadap penerimaan teknologi BSF. Program edukasi yang menyeluruh dan berkelanjutan perlu diperkenalkan di berbagai tingkatan, baik di sekolah maupun melalui kampanye informasi masyarakat. Edukasi ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat teknologi BSF dan membantu merubah persepsi masyarakat yang mungkin masih terbatas.

Pengembangan kemitraan strategis antara pemerintah, sektor swasta, dan organisasi masyarakat sipil juga dapat

menjadi langkah penting dalam mempromosikan penerimaan teknologi BSF. Kolaborasi ini dapat menciptakan *platform* untuk mendengarkan kekhawatiran masyarakat, memberikan tanggapan yang tepat, dan memastikan bahwa penerapan teknologi ini sesuai dengan nilai-nilai budaya setempat.

Dalam upaya meningkatkan penerimaan teknologi BSF, perlu mempertimbangkan inovasi dalam pendekatan pemasaran dan branding. Presentasi teknologi ini sebagai solusi yang modern, berkelanjutan, dan berkontribusi pada kesejahteraan masyarakat dapat membantu mengatasi persepsi negatif dan membangun citra positif di kalangan masyarakat.

Sehingga perlu diakui bahwa proses perubahan budaya dan sosial memerlukan waktu. Oleh karena itu, pendekatan yang bersifat berkelanjutan, adaptif, dan responsif terhadap dinamika masyarakat sangat diperlukan. Dengan memahami dan mengatasi hambatan sosial dan kultural ini secara holistik, diharapkan teknologi *Black Soldier Fly* dapat diterima dengan lebih baik oleh masyarakat dan memberikan kontribusi positif dalam mengelola limbah organik serta mendukung keberlanjutan lingkungan.

Peran media massa juga tak dapat diabaikan dalam mengatasi hambatan sosial terhadap penerimaan teknologi BSF. Kampanye informasi yang cerdas dan terarah melalui media massa dapat membentuk naratif positif tentang manfaat teknologi BSF dan mengurangi ketidakpastian masyarakat terkait penggunaannya. Media dapat menjadi alat efektif untuk mengedukasi masyarakat tentang konsep

keberlanjutan, keamanan pangan, dan manfaat ekologis yang mendasari penerapan teknologi BSF.

Sosialisasi melalui kelompok komunitas dan forum partisipatif juga dapat membantu meredakan ketidakpastian dan meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap teknologi BSF. Keterlibatan aktif masyarakat dalam diskusi terbuka tentang manfaat, risiko, dan implikasi teknologi dapat menciptakan pemahaman yang lebih baik dan membangun dukungan dari basis bawah. Pemangku kepentingan, termasuk kelompok petani, konsumen, dan kelompok lingkungan, perlu dilibatkan secara proaktif dalam proses ini.

Partisipasi perempuan juga perlu diperhatikan dengan seksama. Peran perempuan dalam pengelolaan limbah organik di tingkat rumah tangga dan masyarakat dapat memberikan perspektif yang berharga. Memasukkan perspektif gender dalam strategi komunikasi dan pendekatan pengembangan teknologi dapat memperkuat penerimaan dan keberlanjutan teknologi BSF di tingkat komunitas.

Pentingnya pengelolaan harapan dan ekspektasi masyarakat tidak boleh diabaikan. Komunikasi yang jelas tentang tujuan, manfaat yang dapat diharapkan, dan dampak nyata dari teknologi BSF perlu ditekankan. Menetapkan ekspektasi yang realistis dan memberikan bukti nyata tentang keberhasilan implementasi teknologi dapat membantu membangun kepercayaan masyarakat dan mengurangi resistensi terhadap perubahan.

Dengan pendekatan holistik yang mencakup edukasi, partisipasi masyarakat, peran media, dan manajemen ekspektasi, diharapkan hambatan sosial dan kultural terhadap penerimaan teknologi *Black Soldier Fly* dapat diatasi. Implementasi yang sukses memerlukan kolaborasi antara berbagai pihak dengan memahami dan menghargai dinamika budaya serta nilai-nilai yang membentuk pandangan masyarakat terhadap inovasi lingkungan ini.

C. Strategi Mengatasi Tantangan dan Hambatan yang Ada

Penerapan strategi berbasis penelitian dan pemahaman mendalam terkait karakteristik limbah organik rumah sakit menjadi landasan yang kuat untuk menghadapi tantangan teknis. Penelitian ini dapat mencakup analisis komposisi limbah, *volume* yang dihasilkan, dan perubahan karakteristik limbah sepanjang waktu (Purnamasari et al, 2022). Dengan pemahaman yang lebih mendalam terkait limbah organik ini, solusi teknis yang lebih tepat dan efisien dapat dirancang, membantu mengoptimalkan proses biokonversi *Black Soldier Fly*.

Upaya edukasi dan penyuluhan menjadi penting dalam merubah paradigma dan membangun dukungan masyarakat. Melalui kampanye komunikasi yang cermat, dapat disampaikan informasi mengenai manfaat ekologis dan ekonomis teknologi BSF. Fokus pada peningkatan kesadaran akan keberlanjutan dan dampak positif pada lingkungan dapat membantu mengatasi ketidakpastian masyarakat terhadap teknologi baru ini.

Kolaborasi lintas sektoral, sebagai strategi ketiga, dapat menciptakan sinergi yang diperlukan untuk mendukung implementasi teknologi BSF. Pemerintah, lembaga penelitian, dan pelaku industri dapat berkolaborasi untuk merancang kebijakan yang mendukung dan memfasilitasi penelitian serta pengembangan teknologi ini. Langkah-langkah ini dapat mengurangi hambatan regulasi dan meningkatkan insentif bagi pihak yang ingin mengadopsi teknologi BSF.

Pendekatan berbasis masyarakat menjadi strategi keempat yang efektif. Dengan melibatkan aktif masyarakat lokal, petani, dan kelompok lingkungan, proses implementasi dapat lebih responsif terhadap kebutuhan dan nilai-nilai setempat. Partisipasi masyarakat dalam perencanaan dan pelaksanaan juga dapat membangun kepercayaan dan meningkatkan penerimaan teknologi BSF.

Strategi jangka panjang mengenai model bisnis berkelanjutan dapat membuka jalan bagi penerapan teknologi BSF sebagai bagian integral dari strategi bisnis yang berkelanjutan. Pemikiran strategis tentang aspek finansial, ekonomi, dan lingkungan dapat menciptakan motivasi tambahan bagi pihak swasta dan sektor industri untuk mengadopsi teknologi ini. Model bisnis yang inovatif, seperti pertukaran karbon atau insentif finansial lainnya, dapat menciptakan dorongan ekonomi yang signifikan.

Penting untuk terus melakukan penelitian dan pemantauan secara berkala terhadap implementasi

teknologi BSF. Hal ini memungkinkan adanya adaptasi dan perbaikan berkelanjutan terhadap sistem biokonversi yang telah diterapkan. Penelitian terus-menerus juga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang dampak teknologi ini terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan keberlanjutan sistem secara keseluruhan.

Penguatan infrastruktur pendidikan dan pelatihan menjadi strategi yang krusial. Pelibatan para profesional kesehatan, tenaga medis, dan petugas kebersihan dalam pemahaman dan pelaksanaan teknologi BSF dapat meningkatkan efisiensi dan kesuksesan implementasi di rumah sakit. Dengan memastikan pemahaman yang merata di seluruh lapisan staf rumah sakit, potensi keberlanjutan teknologi BSF dapat lebih optimal.

Pengembangan model bisnis yang inklusif dan memberdayakan komunitas setempat dapat menjadi strategi jangka panjang yang kuat. Menciptakan peluang partisipasi masyarakat dalam rantai nilai teknologi BSF, mulai dari pengumpulan limbah hingga pemasaran produk hasil biokonversi, dapat memperkuat dukungan masyarakat dan menciptakan dampak ekonomi yang positif.

Kesinambungan komunikasi dengan pemangku kepentingan merupakan faktor penentu. Melalui dialog terbuka dan berkelanjutan, kita dapat mengatasi perubahan opini atau kekhawatiran yang mungkin muncul seiring waktu. Dengan menjaga saluran komunikasi yang efektif, implementasi teknologi BSF dapat tetap relevan dan mendapatkan dukungan yang berkelanjutan.

Pemantauan dan evaluasi secara berkala terhadap dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan teknologi BSF perlu dilakukan. Ini mencakup pengukuran efisiensi biokonversi, dampak positif pada kesejahteraan masyarakat lokal, dan penyesuaian kebijakan berdasarkan temuan evaluasi. Dengan melakukan evaluasi yang komprehensif, kita dapat terus meningkatkan implementasi teknologi BSF dan menyesuaikannya dengan dinamika yang terus berubah dalam konteks masyarakat dan lingkungan.

Integritas dan keterbukaan terhadap temuan penelitian dan evaluasi merupakan aspek penting dalam mengatasi hambatan. Publikasi hasil penelitian, baik yang bersifat positif maupun negatif, secara transparan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan pengetahuan dan pembelajaran bersama. Oleh karena itu, disarankan untuk membentuk forum diskusi dan pertemuan periodik yang melibatkan peneliti, praktisi, serta pihak-pihak terkait guna berbagi pengalaman dan pengetahuan terkini.

Peningkatan kapasitas dan keahlian di kalangan masyarakat, terutama mereka yang terlibat langsung dalam implementasi teknologi BSF, perlu menjadi fokus strategis. Program pelatihan dan workshop yang terarah dapat memperkuat pemahaman terkait manajemen limbah organik, operasional teknologi BSF, dan aspek keberlanjutan. Dengan membangun kapasitas ini, akan lebih mungkin untuk menciptakan lingkungan yang mendukung dan mengurangi ketidakpastian yang mungkin muncul.

Dalam konteks keberlanjutan bisnis, penting untuk terus mendorong inovasi dalam model bisnis yang dapat menciptakan nilai tambah bagi semua pemangku kepentingan. Ini mencakup pertimbangan etis dan keberlanjutan dalam rantai pasok, seiring dengan penciptaan peluang bisnis baru yang dapat meningkatkan keberlanjutan ekonomi dan sosial di tingkat lokal dan regional.

Pemberdayaan masyarakat perlu diperkuat melalui keterlibatan aktif dalam pengambilan keputusan dan perencanaan lingkungan. Ini dapat diwujudkan melalui pembentukan kelompok kerja bersama yang melibatkan berbagai pihak terkait, termasuk masyarakat lokal, pemerintah daerah, dan organisasi non-pemerintah. Dengan melibatkan masyarakat secara langsung, implementasi teknologi BSF dapat menjadi responsif terhadap kebutuhan dan aspirasi lokal.

Sehingga diperlukan dukungan keberlanjutan dari pihak pemerintah dalam hal regulasi dan insentif keuangan. Kebijakan yang mendukung pengembangan teknologi ramah lingkungan, termasuk BSF, perlu diakomodasi dalam kerangka regulasi nasional. Insentif finansial, seperti pembebasan pajak atau dukungan keuangan untuk proyek-proyek inovatif, dapat menjadi dorongan tambahan bagi pihak swasta dan sektor industri untuk mengambil langkah progresif dalam mengadopsi teknologi BSF. Dengan dukungan yang berkelanjutan dari pihak pemerintah, pelaksanaan teknologi BSF dapat menjadi lebih stabil dan efektif dalam menghadapi hambatan sosial dan kultural.

BAB 11 - PERBANDINGAN PEMANFAATAN *BLACK SOLDIER FLY* DENGAN METODE PENGELOLAAN LAINNYA

A. Perbandingan Efektivitas *Black Soldier Fly* dengan Metode Pengolahan Limbah Lain

Dalam konteks manajemen limbah organik, perbandingan antara pemanfaatan *Black Soldier Fly* (BSF) dengan metode pengolahan limbah lainnya menjadi sebuah kajian yang esensial. BSF, dikenal sebagai konverter limbah yang efektif, menarik perhatian karena kemampuannya mengubah bahan organik menjadi larva yang kaya nutrisi. Fokus utama dalam perbandingan ini adalah efisiensi konversi, kadar nutrisi, dan kecepatan proses, yang harus diukur dan dibandingkan dengan metode-metode pengolahan limbah tradisional (Oktavia & Rosariawari, 2020).

Aspek lingkungan juga menjadi pertimbangan penting dalam memahami efektivitas suatu metode. *Black Soldier Fly* menonjol dengan jejak karbon rendah dan kebutuhan lahan yang relatif kecil, menjadikannya lebih ramah lingkungan dibandingkan beberapa metode konvensional. Namun, perbandingan ini perlu mencakup analisis dampak lingkungan secara menyeluruh, termasuk emisi gas rumah kaca, penggunaan air, dan penggunaan lahan.

Dalam aspek ekonomi, perbandingan biaya investasi, operasional, dan potensi penghasilan dari produk sampingan antara BSF dan metode pengolahan lainnya menjadi penting. Pemahaman yang mendalam tentang

kesehatan dan keamanan pangan dari produk akhir juga harus dicakup, termasuk kandungan nutrisi, keamanan mikroba, dan potensi kontaminan.

Selain itu, penerimaan masyarakat terhadap teknologi dan dampak sosial dari penerapan metode pengolahan limbah juga berperan penting. Keterlibatan masyarakat dan dukungan stakeholder dapat memengaruhi keberlanjutan jangka panjang suatu metode. Oleh karena itu, dalam merangkum perbandingan, penting untuk mempertimbangkan aspek penerimaan masyarakat, keterlibatan *stakeholder*, dan dampak sosial yang mungkin timbul dari masing-masing metode.

Dengan mempertimbangkan semua aspek tersebut, perbandingan antara efektivitas *Black Soldier Fly* dengan metode pengolahan limbah lainnya memberikan pandangan yang holistik dan mendalam terhadap potensi serta tantangan dari masing-masing pendekatan dalam manajemen limbah organik.

Dalam melengkapi analisis efektivitas, diperlukan pemahaman menyeluruh terkait keterkaitan antara aspek-aspek yang telah dibahas sebelumnya. Misalnya, integrasi antara aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi dapat memberikan pandangan yang lebih kaya terhadap potensi solusi berkelanjutan dalam manajemen limbah organik. Dalam konteks ini, pengembangan model analitis yang menyatukan faktor-faktor tersebut dapat membantu merumuskan strategi pengelolaan limbah yang optimal.

Selain itu, dalam penelitian ini, perlu juga mempertimbangkan variabilitas geografis dan kontekstual.

Keberlanjutan suatu metode pengolahan limbah mungkin bervariasi tergantung pada lokasi geografis, perbedaan infrastruktur, dan tingkat kebutuhan masyarakat setempat. Pemahaman mendalam terhadap dinamika ini akan memungkinkan penyesuaian metode pengelolaan limbah organik yang lebih presisi dan kontekstual.

Terkait dengan aspek sosial, penting untuk mengevaluasi dampak sosial positif dan negatif yang mungkin timbul dari implementasi metode pengolahan limbah. Dukungan masyarakat, pembentukan lapangan kerja lokal, dan partisipasi komunitas merupakan faktor-faktor sosial yang dapat memengaruhi keberlanjutan jangka panjang suatu pendekatan.

Dalam perspektif kebijakan, temuan dari perbandingan ini dapat memberikan dasar bagi pengembangan regulasi dan panduan untuk mendorong penerapan metode pengelolaan limbah organik yang lebih berkelanjutan. Keterlibatan pemerintah, lembaga penelitian, dan industri dalam kerja sama dapat menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan yang mendukung implementasi solusi inovatif.

Kesimpulannya, perbandingan antara efektivitas *Black Soldier Fly* dengan metode pengolahan limbah lainnya harus dianggap sebagai bagian dari upaya luas dalam mengatasi tantangan global terkait limbah organik. Dengan melibatkan aspek teknis, lingkungan, ekonomi, dan sosial secara holistik, penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berharga untuk menciptakan solusi berkelanjutan dalam manajemen limbah organik di masa depan.

B. Kelebihan dan Kekurangan *Black Soldier Fly* dibandingkan dengan Teknologi Alternatif

Kelebihan BSF terletak pada efisiensi konversi limbah organik menjadi larva kaya nutrisi. Kemampuan adaptasi larva BSF terhadap berbagai jenis limbah organik dan kemampuannya menghasilkan larva yang berguna dalam pakan ternak membuatnya menjadi pilihan yang menarik dalam manajemen limbah. Selain itu, BSF dapat diolah menjadi produk bernilai tinggi seperti protein larva dan pupa yang memiliki potensi sebagai sumber pakan alternatif (Hoc et al., 2019).

Namun, kekurangan BSF juga perlu diperhatikan. Salah satu kendala utama adalah skala produksi yang masih terbatas. Meskipun BSF cocok untuk skala kecil hingga menengah, tantangan dalam mengimplementasikan teknologi ini pada skala industri besar masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Selain itu, perlu memperhitungkan aspek biaya yang mungkin menjadi kendala bagi sebagian pengguna.

Teknologi alternatif, seperti *komposting* atau *anaerobic digestion*, memiliki kelebihan tersendiri. Misalnya, *komposting* dapat diimplementasikan dalam skala besar dan menangani berbagai jenis limbah organik. Namun, kekurangan *komposting* termasuk waktu yang diperlukan untuk proses dekomposisi dan perluasan lahan yang diperlukan. Di sisi lain, *anaerobic digestion* dapat menghasilkan biogas sebagai produk sampingan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan, tetapi juga memiliki biaya investasi yang signifikan.

Dalam mempertimbangkan aspek kelebihan dan kekurangan, pemilihan antara BSF dan teknologi alternatif harus didasarkan pada tujuan, skala operasional, dan konteks lokal. Evaluasi holistik, yang mencakup aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan, perlu dilakukan untuk memastikan bahwa solusi yang diadopsi memberikan manfaat maksimal dan meminimalkan dampak negatifnya. Sebagai bagian dari upaya untuk mencapai keberlanjutan dalam manajemen limbah organik, perbandingan ini dapat memberikan wawasan yang berharga untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dan efektif dalam konteks spesifik pengelolaan limbah organik.

Kelebihan BSF terletak pada kemampuannya untuk mengolah berbagai jenis limbah organik menjadi produk yang kaya nutrisi. Namun, perlu dicatat bahwa dalam skala produksi besar, kendala mungkin muncul terkait dengan perawatan dan manajemen larva BSF, serta pemilihan substrat limbah yang memenuhi kebutuhan nutrisi larva. Teknologi alternatif, seperti anaerobic digestion, memiliki keunggulan dalam menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan, namun perlu mempertimbangkan sejauh mana sistem tersebut dapat memproses berbagai jenis limbah organik dan efisiensi produksinya.

Aspek ekonomi juga menjadi faktor penentu dalam perbandingan ini. Kelebihan biogas yang dihasilkan dari *anaerobic digestion* sebagai sumber energi alternatif dapat menambah nilai ekonomi dari proses tersebut. Di sisi lain, BSF memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bernilai tinggi seperti protein larva dan pupa, memberikan peluang ekonomi tambahan. Penting untuk mengevaluasi

biaya operasional, investasi awal, dan potensi pendapatan dari produk sampingan untuk memahami dampak finansial jangka panjang dari masing-masing teknologi.

Dalam aspek lingkungan, BSF mencatat kelebihan dengan jejak karbon yang relatif rendah dan dapat diintegrasikan dalam sistem pertanian berkelanjutan. Meskipun *anaerobic digestion* dapat menghasilkan biogas yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, perlu diperhatikan pula dampak lingkungan dari sumber bahan baku dan pengelolaan produk sampingan. Evaluasi dampak lingkungan yang holistik perlu mencakup aspek emisi gas rumah kaca, penggunaan air, dan penggunaan lahan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam.

Dari perspektif kesehatan dan keamanan pangan, BSF memiliki keunggulan dalam menghasilkan larva yang kaya nutrisi dan dapat dijadikan sebagai sumber pakan alternatif untuk ternak. Di sisi lain, teknologi alternatif seperti *anaerobic digestion*, meskipun tidak menghasilkan produk langsung untuk pangan ternak, dapat membantu mengurangi risiko penyebaran penyakit melalui dekomposisi limbah organik dengan cara yang lebih terkendali.

Penerimaan masyarakat juga menjadi pertimbangan yang penting dalam perbandingan ini. Keberlanjutan suatu teknologi dapat dipengaruhi oleh tingkat penerimaan dan dukungan dari masyarakat lokal. Oleh karena itu, penting untuk memahami persepsi masyarakat terhadap BSF dan

teknologi alternatif dalam konteks pengelolaan limbah organik.

Dalam konteks keberlanjutan pengelolaan limbah organik, perbandingan antara *Black Soldier Fly* (BSF) dan teknologi alternatif memberikan kontribusi pada pemahaman mendalam tentang implikasi ekologis dan sosio-ekonomi masing-masing pendekatan. Aspek lingkungan dapat diperdalam dengan mengevaluasi sejauh mana BSF dan teknologi alternatif dapat meminimalkan dampak ekologi seperti penggunaan lahan, degradasi tanah, dan emisi gas rumah kaca. Kajian ini dapat melibatkan analisis siklus hidup untuk memahami jejak lingkungan dari tahap produksi hingga penggunaan hasil akhirnya. Selain itu, aspek ekologi perlu dipertimbangkan secara kontekstual dengan jenis limbah organik yang diolah, mengingat karakteristik dan komposisi limbah dapat bervariasi di berbagai lokasi geografis.

Aspek ekonomi dan dampak sosial juga menjadi fokus yang krusial dalam perbandingan ini. Evaluasi biaya-benefit dari implementasi BSF dan teknologi alternatif dapat memberikan wawasan tentang keberlanjutan finansial jangka panjang dari masing-masing metode. Sementara itu, analisis dampak sosial melibatkan penilaian terhadap keterlibatan masyarakat lokal, peluang pekerjaan, dan dampak potensial terhadap struktur sosial. Keberlanjutan suatu metode pengelolaan limbah organik tidak hanya tergantung pada efisiensi teknisnya, tetapi juga pada sejauh mana metode tersebut dapat memberikan manfaat ekonomi dan sosial bagi masyarakat setempat.

Diketahui bahwa dalam pengelolaan limbah organik memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan berbagai aspek dan kompleksitas sistem yang terlibat. Penelitian ini memberikan landasan untuk pemahaman yang lebih holistik terhadap peran BSF dan teknologi alternatif dalam upaya global untuk mengatasi tantangan limbah organik. Dengan mengeksplorasi lebih lanjut dan memahami implikasi dari aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan sosial, kita dapat merumuskan strategi yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam manajemen limbah organik di masa depan.

C. Analisis *Cost-Benefit* Penggunaan *Black Soldier Fly* dalam Manajemen Limbah Makanan

Dalam melakukan analisis cost-benefit terkait penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam manajemen limbah makanan, pendekatan yang holistik diperlukan untuk memahami implikasi ekonomi jangka panjang. Pertama-tama, biaya investasi awal dalam pembangunan fasilitas BSF dan infrastruktur pendukung perlu diperhitungkan secara rinci (Zuhdirabbani, 2023). Meskipun biaya ini mungkin tinggi pada awalnya, potensi manfaat jangka panjang dan dampak positif pada lingkungan dapat menjadi faktor penting dalam mengimbangi investasi tersebut.

Keuntungan ekonomi dari penggunaan BSF muncul melalui beberapa saluran, terutama melalui pemanfaatan produk hasil olahan BSF. Larva BSF, yang kaya protein, dapat dijual sebagai pakan ternak atau diintegrasikan dalam industri pakan hewan, menciptakan potensi sumber

pendapatan tambahan. Dalam analisis *cost-benefit*, perlu juga mempertimbangkan apakah ada pasar lokal atau regional yang mungkin menerima produk-produk hasil olahan BSF. Upaya pemasaran dan penetapan harga perlu diintegrasikan dalam evaluasi ekonomi untuk memaksimalkan potensi keuntungan.

Biaya operasional harian, termasuk biaya pakan dan faktor operasional lainnya, menjadi bagian integral dalam analisis ekonomi BSF. Sumber daya yang digunakan dalam produksi larva, seperti limbah organik dan bahan baku lainnya, harus dievaluasi dalam konteks biaya. Seiring itu, perlu juga mencakup biaya tenaga kerja, energi, dan faktor operasional lainnya yang terlibat dalam menjalankan fasilitas BSF. Efisiensi operasional menjadi faktor utama dalam keberhasilan ekonomi suatu sistem manajemen limbah dengan memanfaatkan BSF.

Dari perspektif manfaat, perlu dipertimbangkan potensi pengurangan biaya pengelolaan limbah makanan tradisional. Dengan adopsi BSF, limbah organik dapat diubah menjadi produk bernilai tinggi, mengurangi volume limbah yang harus dikelola dan potensial mengurangi biaya pembuangan limbah. Analisis ini perlu mencakup juga manfaat ekologis, seperti penurunan emisi gas metana dari limbah organik yang diolah oleh BSF, serta peningkatan keberlanjutan secara keseluruhan.

Analisis *cost-benefit* penggunaan *Black Soldier Fly* dalam manajemen limbah makanan memerlukan perbandingan holistik yang melibatkan aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Penilaian mendalam terhadap

investasi awal, biaya operasional, manfaat ekonomi, dan dampak lingkungan memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan yang berkelanjutan dalam implementasi teknologi BSF. Keseluruhan, penggunaan BSF dapat menjadi solusi yang efektif dan berkelanjutan dalam mengatasi tantangan limbah makanan di masa depan.

Seiring dengan pertimbangan ekonomi, penilaian dampak sosial dari penggunaan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam manajemen limbah makanan juga merupakan elemen penting dalam analisis cost-benefit. Kesuksesan ekonomi BSF harus diukur tidak hanya dari perspektif keuntungan finansial tetapi juga dari dampak positifnya pada masyarakat setempat. Penerimaan masyarakat terhadap teknologi ini, peluang pekerjaan lokal yang dihasilkan, dan dampak potensial terhadap struktur sosial adalah faktor-faktor yang perlu diperhitungkan. Oleh karena itu, pengintegrasian evaluasi sosial dalam analisis *cost-benefit* menjadi krusial untuk memahami kontribusi penuh BSF dalam konteks masyarakat.

Dalam mengamati aspek ekonomi BSF lebih lanjut, strategi pemasaran untuk produk-produk hasil olahan BSF perlu dianalisis secara mendalam. Identifikasi pasar potensial dan pengembangan strategi pemasaran yang efektif dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan pendapatan dari produk-produk BSF. Penetapan harga yang tepat juga menjadi faktor penentu dalam merancang model bisnis yang berkelanjutan dan menguntungkan.

Dalam hal efisiensi operasional, teknologi BSF dapat menawarkan keuntungan dengan mengubah limbah organik menjadi sumber daya bernilai tinggi. Analisis biaya harus mencakup pemahaman terperinci tentang bagaimana efisiensi tersebut dapat menciptakan manfaat ekonomi jangka panjang, termasuk pengurangan biaya pengelolaan limbah dan potensi pengembalian investasi lebih cepat. Keberlanjutan operasional BSF juga dapat memberikan dampak positif terhadap kelangsungan fungsi fasilitas ini dalam jangka waktu yang lebih lama.

Penting juga untuk mempertimbangkan variabilitas geografis dan kondisi lokal dalam analisis cost-benefit. Keberlanjutan finansial BSF dapat sangat dipengaruhi oleh karakteristik limbah organik yang tersedia, struktur pasar lokal, dan tingkat partisipasi masyarakat. Oleh karena itu, analisis *cost-benefit* perlu dilakukan dengan mempertimbangkan konteks geografis dan kondisi lokal agar dapat menghasilkan rekomendasi yang lebih kontekstual dan relevan.

Dalam analisis *cost-benefit* penggunaan *Black Soldier Fly* dalam manajemen limbah makanan, penting untuk menyimpulkan bahwa keberhasilan ekonomi BSF terletak pada keseimbangan antara biaya dan manfaat dalam berbagai aspek. Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan secara serentak, dapat dihasilkan pemahaman yang lebih holistik dan mendalam terkait potensi dan kendala dari pemanfaatan BSF. Kesimpulan dari analisis cost-benefit ini akan menjadi dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan yang

bijaksana dan berkelanjutan dalam menerapkan teknologi BSF dalam manajemen limbah makanan.

Dalam merentangkan kajian cost-benefit pada penerapan *Black Soldier Fly* (BSF) dalam manajemen limbah makanan, diperlukan refleksi lebih lanjut mengenai implikasi terkait aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Sebagian besar analisis mencakup keseimbangan biaya dan manfaat dari sudut pandang finansial, tetapi dampak sosial dari penerapan teknologi ini memiliki pengaruh mendalam pada keberlanjutan dan penerimaan masyarakat.

Dampak ekonomi BSF bukan hanya terbatas pada pendapatan yang dihasilkan melalui penjualan produk hasil olahan BSF. Juga penting untuk mengukur dampak pada lapangan kerja lokal dan perkembangan ekonomi komunitas sekitarnya. Keberlanjutan ekonomi harus diartikan sebagai kontribusi positif terhadap perekonomian lokal dan peningkatan taraf hidup masyarakat, termasuk upaya meningkatkan akses pekerjaan dan peluang bisnis.

Dalam menerapkan teknologi BSF, harus diperhitungkan pula dampak sosial secara umum. Misalnya, penerimaan masyarakat terhadap adopsi BSF, potensi konflik atau ketidaknyamanan yang mungkin muncul, dan pengelolaan interaksi antara fasilitas BSF dan komunitas setempat. Pemahaman mendalam terhadap dinamika sosial ini penting untuk mencegah resistensi atau konflik yang dapat menghambat keberlanjutan proyek ini.

Sejalan dengan itu, keterlibatan masyarakat dalam pengambilan keputusan menjadi faktor penentu. Partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan, implementasi, dan

pemantauan proyek BSF dapat memperkuat hubungan antara pengelola fasilitas dan komunitas. Hal ini juga dapat membantu menangkap kebutuhan dan keprihatinan masyarakat yang mungkin terabaikan dalam analisis *cost-benefit* tradisional.

Analisis *cost-benefit* BSF dalam manajemen limbah makanan juga harus menyertakan proyeksi jangka panjang tentang dampak lingkungan. Meskipun manfaat dalam bentuk pengurangan limbah dan peningkatan kualitas tanah dapat terlihat secara jelas, perlu diperhatikan apakah dampak ini dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang panjang dan apakah ada potensi masalah lingkungan lain yang mungkin timbul.

Kesimpulannya, penting untuk diingat bahwa keberlanjutan suatu teknologi tidak dapat diukur hanya melalui prisma ekonomi semata. Keberlanjutan proyek BSF dalam manajemen limbah makanan akan mencapai puncaknya ketika aspek-aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan diintegrasikan secara seimbang. Dengan mendalami analisis *cost-benefit* ini, dapat dirancang strategi yang lebih holistik dan berkelanjutan untuk pemanfaatan BSF dalam konteks pengelolaan limbah makanan di masa depan.

KESIMPULAN

Manajemen limbah makanan rumah sakit melalui pemanfaatan biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF) telah menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi limbah organik dan meningkatkan keberlanjutan di sektor kesehatan. Dalam konteks ini, pemanfaatan larva *Black Soldier Fly* sebagai agen biokonversi menjanjikan berbagai potensi untuk mengelola limbah organik menjadi produk akhir yang bermanfaat. Seiring dengan adopsi teknologi yang terus berkembang, metode ini menawarkan alternatif yang inovatif dan berkelanjutan dalam mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari limbah rumah sakit. Terlebih lagi, implementasi model manajemen limbah berbasis BSF menunjukkan potensi yang signifikan dalam mendukung sirkularitas ekonomi dan pengurangan jejak karbon, karena larva BSF mampu mengkonversi limbah organik menjadi pupuk organik atau pakan ternak yang dapat digunakan kembali.

Adopsi model ini tidak hanya menjanjikan solusi dalam mengelola limbah organik, tetapi juga menciptakan kesempatan untuk memperkuat ketahanan lingkungan rumah sakit. Dengan memanfaatkan BSF, rumah sakit dapat mengurangi *volume* limbah organik yang masuk ke tempat pembuangan akhir, mengurangi risiko pencemaran lingkungan, serta meningkatkan sumber daya alam yang terpakai. Pengelolaan limbah makanan yang lebih efektif melalui biokonversi BSF juga menunjukkan kontribusi dalam meminimalkan risiko kesehatan masyarakat sekitar, karena mengurangi dampak negatif dari limbah rumah sakit terhadap lingkungan sekitar.

Namun, keberhasilan implementasi model ini tidak lepas dari beberapa tantangan. Diperlukan pendekatan holistik yang mempertimbangkan berbagai aspek, mulai dari regulasi dan kebijakan yang relevan, hingga infrastruktur dan sumber daya manusia yang terlatih. Peran penting dari kolaborasi antar-*stakeholder* juga menjadi krusial dalam menghadapi berbagai kompleksitas yang muncul dalam pengelolaan limbah di rumah sakit. Adanya dukungan dan keterlibatan yang kuat dari pihak manajemen rumah sakit, ahli lingkungan, dan pemerintah menjadi kunci utama untuk memastikan keberhasilan dan keberlanjutan dari penerapan model manajemen limbah berbasis BSF ini.

Dalam konteks penelitian mendatang, perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai efisiensi, kelayakan ekonomi, dan dampak jangka panjang dari pemanfaatan BSF dalam manajemen limbah makanan rumah sakit. Penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam terhadap aspek teknis, lingkungan, dan sosial-ekonomi dalam penerapan model ini. Dengan demikian, implementasi model manajemen limbah makanan rumah sakit melalui pemanfaatan biokonversi *Black Soldier Fly* (BSF) tidak hanya memberikan solusi dalam mengurangi limbah organik, tetapi juga menjadi landasan untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dalam sektor kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, E., Gewe, R. S., & Widyarsana, I. M. W. (2020). Evaluasi sistem pengelolaan sampah di kawasan perumahan di kota bandung. *J. Tek. Lingkungan*, 26(2), 88-102.
- Ahmad, S. M., & Sulistyowati, S. (2021). Pemberdayaan masyarakat budidaya maggot BSF dalam mengatasi kenaikan harga pakan ternak. *JE (Journal of Empowerment)*, 2(2), 243-260.
- Al Kholif, M. (2020). *Pengelolaan air limbah domestik*. Scopindo Media Pustaka.
- Alvionicke, C. T. (2020). Laporan Manajemen Sistem Penyelenggaraan Makanan Di Rumah Sakit Daerah Kalisat.
- Amelia, A. R., Ismayanti, A., & Rusydi, A. R. (2020). Pengelolaan Limbah Medis Padat Di Rumah Sakit Umum Daerah Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, 073-085.
- Amnifu, P. S. (2021). *Upaya Mereduksi Food Loss And Waste Di Rumah Sakit: Systematic Review* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Amrina, D. H. (2021). Kajian dampak sampah rumah tangga terhadap lingkungan dan perekonomian bagi masyarakat kecamatan sukarama kota bandar lampung berdasarkan perspektif islam. *Holistic Journal of Management Research*, 6(2), 42-59.
- Ariga, R. A. (2020). *Buku Ajar Implementasi Manajemen Pelayanan Kesehatan Dalam Keperawatan*. Deepublish.
- Athailah, T., & Husin, H. (2021). Edukasi Pemanfaatan Limbah Sisa Makanan Menjadi Produk Yang Bernilai

- Ekonomis. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 437-442.
- Azriya, N., Novalia, N., & Prasetya, Q. (2022). Pemanfaatan Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Larva Black Soldier Fly Mendukung Peningkatan Ekonomi Lingkungan Berkelanjutan. *Jurnal Abdi Masyarakat Saburai (JAMS)*, 3(02), 130-138.
- Chaerul, M., & Zatadini, S. U. (2020). Perilaku Membuang Sampah Makanan dan Pengelolaan Sampah Makanan di Berbagai Negara: Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 455-466.
- Chotijah, S., Muryati, D. T., & Mukyani, T. (2019). Implementasi kebijakan pengelolaan limbah rumah sakit di rumah sakit islam sultan agung kota semarang. *Humani (Hukum dan Masyarakat Madani)*, 7(3), 223-236.
- Da Rizano, D. T., & Rifin, A. (2022). Kelayakan Bisnis Peningkatan Produksi Lalat Black Soldier Fly Pada PT Biomagg Indonesia. *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen (JABM)*, 8(1), 293-293.
- Dinata, A. (2021). Potret Black Soldier Fly Dalam Menyelamatkan Lingkungan. *Manusia dan Lingkungan: Kunci Atasi Masalah Kesehatan Lingkungan*, 57.
- Efendi, M. R., Rusdi, M. S., Rustini, R., Kamal, S., Surya, S., Putri, L. E., & Afriyani, A. (2021). Edukasi Peduli Obat “Dagusibu”(Dapatkan, Gunakan, Simpan, Buang). *Abdimas Mandalika*, 1(1), 10-16.
- Ekawatiningsih, W. R. P. (2020). *Manajemen Pelayanan Makanan dan Minuman*. Uny Press.

- Elvania, N. C. (2022). Manajemen Dan Pengelolaan Limbah.
- Eprianti, N., Himayasari, N. D., Mujahid, I., & Srisusilawati, P. (2021). Analisis implementasi 3R pada pengelolaan sampah. *Jurnal Ecoment Global*, 6(2), 179-184.
- Fandeli, C. (2021). *Pembangunan kota hijau*. UGM PRESS.
- Farid, M. (2021). *Studi Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Larva (Maggot) Black Soldier Fly (Studi Kasus Sampah Pasar Tradisional Malindungi Sorowako)= Study of Organic Waste Processing Using Black Soldier Fly Larvae (Maggot)(Case Study of the Malindungi Traditional Market in Sorowako)* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Fauzi, M., Aziz, R., Darnas, Y., & Chyntia, N. (2023). Analisis Potensi Daur Ulang Sampah Domestik Kabupaten Solok Selatan. *Jurnal Reka Lingkungan*, 11(2), 140-151.
- Firdaus, N. (2021). Analisis Pengolahan Limbah Padat Rumah Sakit Bhayangkara Kota Palangka Raya Kalimantan Tengah. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 2(1), 41-64.
- Dortmans, B. M. A., Grau, M. G. P., Egger, J., Virard, G., & Zurbrügg, C. (2022). Modelling the financial viability of centralised and decentralised black soldier fly larvae waste processing units in Surabaya, Indonesia. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-14.
- Wicaksono, R. R., KM, S., KKK, M., Putri, M. S. A., ST, S., Sulistiono, E., ... & ST, S. (2023). *Manajemen kesehatan lingkungan*. Cendikia Mulia Mandiri.

- Gumulya, D. (2021). Pentingnya Perencanaan Manajemen Pada Era Society 5.0. In *SENADA (Seminar Nasional Manajemen, Desain Dan Aplikasi Bisnis Teknologi)* (Vol. 4, pp. 380-389).
- Halomoan, N. (2020). *TA: Optimalisasi Sistem Pengelolaan Limbah Padat Domestik Rumah Sakit Dengan Konsep Zero Waste (Studi Kasus Rumah Sakit Advent Kota Bandung)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung). *Kesehatan Masyarakat*, 20(1).
- Hartono, R., Anggrainy, A. D., & Bagastyo, A. Y. (2021). Pengaruh komposisi sampah dan feeding rate terhadap proses biokonversi sampah organik oleh larva Black Soldier Fly (BSF). *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 5(2), 181-193.
- Harum, K. J. (2022). Manajemen Pengelolaan Air Limbah Di Rumah Sakit.
- Hasibuan, M. R. R. (2023). Manfaat Daur Ulang Sampah Organik Dan Anorganik Untuk Kesehatan Lingkungan.
- Hendriatiningsih, S. L., Medina, S. I., Affan, I. H., Al-Fitriani, S. R. S., & Radianto, D. O. (2023). Pemanfaatan Larva BSF (Black Soldier Fly) Sebagai Metode Pengomposan Limbah Sisa Makanan Dan Dedaunan. *KOLONI*, 2(2), 306-313.
- Hermanu, B. (2022). Pengelolaan Limbah Makanan (Food Waste) Berwawasan Lingkungan Environmentally Friendly Food Waste Management. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(1), 1-11.
- Hoc, B., Noël, G., Carpentier, J., Francis, F., & Caparros Megido, R. (2019). Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *PLoS one*, 14(4), e0216160.

- Indraswari, S., Achadi, E. L., & Mutiara, M. (2020). Efek Kepuasan Pasien terhadap Sisa Makan pada Pasien dengan Diet Lunak. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 9(01), 28-34.
- Julian, H. (2022). Pengaruh Suplementasi Tepung Maggot (Black Soldier Fly) Terhadap Performa Ayam Joper Fase Starter.
- Julita, U., Kinasih, I., & Andini, D. (2023). Potensi reproduksi dan morfometri lalat tentara hitam, *Hermetia illucens* (Linnaeus)(Diptera: Stratiomyidae) yang dipelihara pada kotoran ayam dan kotoran domba: Reproductive potential and morphometry of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus)(Diptera: Stratiomyidae) reared on chicken and sheep manure. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(2), 161-161.
- Jumadewi, A. (2021). *Manajemen Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. Penerbit NEM.
- Karim, A. Y., Rahman, A., & Suryawan, I. W. K. (2023). Analisa Faktor Yang Mempengaruhi Masyarakat Di Wilayah Berkembang Dalam Berpartisipasi Dalam Pengolahan Sampah Berbasis Black Soldier Fly (Studi Kasus: Kecamatan Pantai Labu, Sumatera Utara). *Jurnal Permukiman*, 18(2), 103-112.
- Kurnia, S., Syamsinar, S., & Afdaliah, A. (2020). Akuntansi Manajemen Limbah Industri Perhotelan (Studi kasus: Sebuah Hotel Bintang Empat di Makassar). *AKUNSIKA: Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, 1(1), 87-101.
- Kurniawati, U. F., & Setiani, V. (2021). Analisis Pemahaman Tentang Pengelolaan Sampah Komunitas Bank Sampah Induk Surabaya (BSIS) melalui Transfer Knowledge. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 7(1), 49-56.

- Lestari, S. C., & Halimatussadiyah, A. (2022). Kebijakan Pengelolaan Sampah Nasional: Analisis Pendorong Food Waste di Tingkat Rumah Tangga. *Jurnal Good Governance*.
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197, 1-33.
- Malonda, E. J., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. (2022). Optimalisasi Pengelolaan Limbah Padat Medis Dan Non-Medis Di Rumah Sakit Umum Daerah Noongan. *TEKNO*, 20(81).
- Marianingsih, M., Melati, D., & Dewi, Y. I. K. (2023). Studi Timbulan Sampah Persiapan Bahan Makanan Pada Instalasi Gizi Rumah Sakit Sebagai Upaya Higiene Sanitasi. *Jurnal Gizi Kerja dan Produktivitas*, 4(2), 135-143.
- Marwah, M., Hasan, M., & Saleh, M. (2021). Evaluasi Kinerja Pengelolaan Limbah Covid-19 di RSUD KH. Hayyung Kabupaten Kepulauan Selayar. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 7(1), 32-36.
- Melia, A. A. (2022). *Kajian Pengelolaan Sampah Mal Kota Pekanbaru* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Nofrianty, D. (2020). *Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Padat Medis Di Rumah Sakit Umum Daerah Ulin Kota Banjarmasin Tahun 2020* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB).
- Novitasari, D., & Asbari, M. (2022). Upaya Meningkatkan Kepedulian Sistem Manajemen Keamanan Pangan dengan Pelatihan FSSC 22000 Pada UKM di Tangerang. *Journal of Community Service and Engagement*, 2(2), 1-6.

- Nur'aini, N., Widyadhana, D. R., Bihanda, Y. G., Sari, Y. A., & Maligan, J. M. (2020). Aplikasi Smart Nutrition Box dalam Identifikasi Kehilangan Zat Gizi (Loss of Nutrition) pada Limbah Makanan Kantin. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 8(3), 275-283.
- Nurchahyo, E., & Ernawati, E. (2019). Peningkatan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga di Desa Mabulugo, Kabupaten Buton. *Empowerment: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(02).
- Nurul, H. (2022). *Pemanfaatan Budi Daya Black Soldier Fly (BSF, Hermetia illucens) dalam Mereduksi Gas Metana dan Pembuatan Briket Arang* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Nurwahyuni, N. T., Fitria, L., Umboh, O., & Katiandagho, D. (2020). Pengolahan limbah medis COVID-19 pada rumah sakit. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 52-59.
- Nuryaman, H., & A'yunin, N. A. Q. (2020). Edukasi Budidaya Black Soldier Fly (BSF) dalam Rangka Menciptakan Lapangan Kerja Baru dan Solusi Permasalahan Sampah di Area Pasar Manis Ciamis. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(4), 596-604.
- Oktavia, E., & Rosariawari, F. (2020). Rancangan unit pengembangbiakan black soldier fly (bsf) sebagai alternatif biokonversi sampah organik rumah tangga. *Enviroous*, 1(1), 65-74.
- Panjaitan, D. (2021). Potensi Pemanfaatan Limbah Ampas Kelapa Sebagai Sumber Pangan Atau Bahan Substitusi Makanan Kesehatan. *Jurnal Riset Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (RETIPA) p-ISSN*, 2745, 4096.

- Perdini, M., Riani, E., & Nurhasanah, N. (2023). Strategi Menuju Penerapan Green Hospital Serta Dampaknya Bagi Rumah Sakit Studi Kasus Pada Rumah Sakit X. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 7(1), 68-80.
- Pratama, A. I. (2022). *Upaya Peningkatan Efisiensi Pengolahan Limbah Padat Medis Dan Non Medis Rumah Sakit Pku Muhammadiyah Gubug Dengan Menggunakan Strategi Cleaner Production* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- Purnamasari, L., Lopez, Z. P., & dela Cruz, J. F. (2022). A Review: Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal as a Dietary Protein Source in Poultry Diets. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 10(3), 191-202.
- Putranto, P. (2023). Prinsip 3R: Solusi Efektif untuk Mengelola Sampah Rumah Tangga. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(5), 8591-8605.
- Putro, A. E. A. (2023). *Inovasi Program Pengelolaan Sampah Organik Dengan Teknik Biokonversi Black Soldier Fly (Bsf) Di Dipo Central Tebet (Studi Dipo Central Tebet Dan Mitra)* (Doctoral dissertation, Universitas Nasional).
- Rahmayani, C. A., & Aminah, A. (2021). Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup Di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*, 3(1), 18-33.
- Rukmini, P. (2020). Pengolahan sampah organik untuk budidaya maggot black soldier fly (BSF). In *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP 2020* (Vol. 1, No. 1).

- Salman, N., Aryanti, D., & Taqwa, F. M. L. (2021). Evaluasi Pengelolaan Limbah Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit X di Kab. Tasikmalaya). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 5(1), 7-16.
- Sari, D. A. P., TP, S., Ridhani, C., & Han, M. (2022). *Pemanfaatan Black Soldier Fly (BSF) dalam Pengelolaan Sampah Organik dan Strategi Pemasaran Produk yang Dihasilkan*. Deepublish.
- Sebayang, N. U. W., Sipayung, A. M., Ayu, P. C., & Sinamo, K. N. (2022). Empowerment of Farmer Group in Bioconversion of Organic Waste Management with Utilization of Black Soldier Fly Larvae Become Organic Fertilizer “Kasgot”. *ABDIMAS TALENTA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 274-283.
- Sholahuddin, S., Sulistyono, A., Wijayanti, R., Supriyadi, S., & Subagiya, S. (2021). Potensi Maggot (Black Soldier Fly) sebagai Pakan Ternak di Desa Miri Kecamatan Kismantoro Wonogiri. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 5(2), 161-167.
- Sholihah, E. M. A., Sjaaf, A. C., & Djunawan, A. (2021). Evaluasi Pengelolaan Limbah Medis Sebelum dan Saat Pandemi Covid19 di Rumah Sakit Sentra Medika Cikarang. *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS. Dr. Soetomo*, 7(1), 105-114.
- Sri, M., & Fajar, S. (2021). Analisis Risiko Kesehatan dalam Pemanfaatan Kembali Limbah Sludge Industri Makanan PT. X. *VISIKES: Jurnal*
- Sukadaryati, S., & Andini, S. (2021). Upaya Pengelolaan Minim Sampah Rumah Tangga: Management Effort for Minimum Household Waste. *Jurnal Silva Tropika*, 5(2), 419-432.

- Sukmawati, S., & Dahlan, M. (2022). Manajemen Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Umum Daerah Polewali di Masa Pandemi Covid-19. *Jl-KES (Jurnal Ilmu Kesehatan)*, 5(2), 180-189.
- Sulaiman, M., Karim, A. A., Maharani, Y., Anisa, N., & Gultom, E. S. (2023). Pemberdayaan Kelompok Tani Peduli Api Balikpapan Melalui Budidaya Maggot Black Soldier Fly Dalam Mengurangi Limbah Organik. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(3), 1471-1480.
- Sumardilah, D. S. (2022). Analisis Sisa Makanan Pasien Rawat Inap Rumah Sakit. *Jurnal Kesehatan*, 13(1), 101-109.
- Suryaningrum, D. A., Ayuk, N. M. T., Retnowati, D., Damayanti, F., Langoday, T. O., Mas, I. G. A. M. A., ... & Yasmita, I. G. A. L. (2023). *Pengantar Ekonomi Pembangunan: Teori dan Konsep Pembangunan Ekonomi Era Industri 4.0 & Society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sutisno, A. N., & Novianawati, N. (2021). *Zero Waste Technology: Pengolahan Sampah Domestik Melalui Tong Sampah Tanam*. Penerbit K-Media.
- Togatorop, Y. P., & Husna, L. (2022). Implementasi Peraturan Daerah Nomor 11 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Sampah Di Kota Batam. *Jurnal Justitia: Jurnal Ilmu Hukum dan Humaniora*, 9(4), 1876-1890.
- Trisnawati, A. A., & Suwandana, E. (2021). Evaluasi Pengelolaan Limbah Padat Rumah Sakit Rujukan Covid-19 di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 21(1), 14-23.

- Verawati, P. (2021). Kritik Ekologi Mendalam terhadap Regulasi Persampahan di Indonesia. *Jurnal Meta-Yuridis*, 4(2).
- Verawati, P. (2022). Kebijakan Extended Producer Responsibility Dalam Penanganan Masalah Sampah Di Indonesia Menuju Masyarakat Zero Waste. 9 (1). *JUSTITIA: Jurnal Ilmu Hukum Dan Humaniora*, 9(1), 189-197.
- Wardhana, A. H. (2016). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. *Wartazoa*, 26(2), 69-78.
- Wicaksono, R. R., KM, S., KKK, M., Putri, M. S. A., ST, S., Sulistiono, E., ... & ST, S. (2023). *Manajemen kesehatan lingkungan*. Cendikia Mulia Mandiri.
- Wiranata, I. J., Inayah, A., & Rachmawati, T. (2023). Praktik Pengelolaan Sampah Terbaik Dunia: Analisis Kelemahan Bandar Lampung. *Jurnal Hubungan Internasional Indonesia*, 5(1), 33-44.
- Yasri, L. (2023). Strategi Bank Sampah Emak. Id Dalam Pengelolaan Sampah Organik Dan Anorganik (Studi Di Kelurahan Langkapura, Kecamatan Langkapura, Kota Bandar Lampung).
- Yuriandala, Y., Putra, H. P., & Lathifah, N. (2020). Pengolahan Limbah Makanan Dengan Metode Conductive Drying. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 12(1), 45-58.
- Zuhdirabbani, G. (2023). Analisis Persepsi dan Kelayakan Finansial Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)(Studi Kasus: Perkumpulan Pengusaha Kecil dan Menengah Kecamatan Toboali).

BIODATA PENULIS



Bagus Dadang Prasetyo, S.T., M. T, Beliau Dosen Farmasi Klinis dan Komunitas di Intitut Teknologi, Sains dan Kesehatan RS. DR Soepraoen Kesdam V/BRW (ITSK) sejak tahun 2018 sampai sekarang dengan jabatan fungsional Asisten Ahli. Dosen yang bergelar S.T., M.T dan berstatus ikatan kerja sebagai Dokter Pendidik Klinis ini lahir di Rembang, 5 November 1973. Beliau pernah meng-

emban pendidikan jenjang S1 pada tahun 2003 di Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dan melanjutkan S2 pada tahun 2010 di Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Selain mengajar di Prodi Farmasi Klinis dan Komunitas, juga pernah menjadi dosen di Akademi Keperawatan Rumkit Tk III Dr. J. A Latumeten di Manado.

Beberapa Jabatan akademik yang diemban adalah Dosen di Akademi Keperawatan Rumkit Tk III Dr. J. A Latumeten dengan mata kuliah Manajemen dan Kepemimpinan DLM KEP (2014), mata kuliah Kesehatan dan Keselamatan Kerja (2018-2020), Pengembangan Kepribadian dan Permildas (2018), Matra Darat (2019), Kesehatan Keselamatan Kerja (2019), Kimia Farmasi II (2019), Kimia Organik (2019), Matematika (2021), dan Desain dan Manajemen Formulir (2021 - sekarang) serta beberapa mata kuliah lainnya. Beliau juga pernah mempublikasikan jurnal dengan judul *“Pengaruh Pemberian Aromaterapi Lavender Terhadap Penurunan Nyeri Luka Ibu Post Sectio Caesarea di RST dr Soepraoen Kesdam V/ Brawijaya Malang”* pada tahun 2020, dan *“Analysis of Food Waste That Contains Carbohydrate Strach in Hospital”* pada tahun 2020.

**Manajemen Limbah Makanan
Rumah Sakit Melalui Pemanfaatan Biokonversi**

Black Soldier Fly (BSF)



ISBN 978-623-09-6898-3

