



2023



PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK

Potensi Ekonomi Agen
Biodegradasi Limbah Organik

Tim Penyusun:
Lorenta In Haryanto, Dian Diani Tanjung,
Sukrianto, Dessy Iriani Putri, Alif Haidir Adana

Editor:
Lorenta In Haryanto

PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK

Potensi Ekonomi Agen Biodegradasi Limbah Organik

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG
HAK CIPTA
Lingkup Hak Cipta

Pasal 1 Ayat 1 :

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana:

Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Pasal 114

Setiap Orang yang mengelola tempat perdagangan dalam segala bentuknya yang dengan sengaja dan mengetahui membiarkan penjualan dan/atau pengandaan barang hasil pelanggaran Hak Cipta dan/atau Hak Terkait di tempat perdagangan yang dikelolanya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10, dipidana dengan pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).

Lorenta In Haryanto, Dian Diani Tanjung, Sukrianto,
Dessy Iriani Putri, Alif Haidir Adana

PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK

Potensi Ekonomi Agen Biodegradasi Limbah Organik

Diterbitkan Oleh



Pengelolaan Limbah Organik: Potensi Ekonomi Agen Biodegradasi Limbah Organik

Penulis : Lorenta In Haryanto, Dian Diani Tanjung,
Sukrianto, Dessy Iriani Putri,
Alif Haidir Adana
Editor : Lorenta In Haryanto
Penyelaras Aksara : Annisa Nurisnaini KP
Penata Letak : Muhammad Fadhillah I
Perancang Sampul : Ridwan Nur M

Penerbit:

CV Bintang Semesta Media

Anggota IKAPI Nomor: 147/DIY/2021

Jl. Karang Sari, Gang Nakula, RT 005, RW 031,
Sendangtirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta 57773

Telp: 4358369. Hp: 085865342317

Facebook: Penerbit Bintang Madani

Instagram: @bintangpustaka

Website: www.bintangpustaka.com

Email: bintangsemestamedia@gmail.com

redaksibintangpustaka@gmail.com

Cetakan Pertama, Juli 2023

Bintang Semesta Media Yogyakarta

xiii + 72 hal : 15.5 x 23 cm

ISBN Cetak : 978-623-190-252-8

ISBN Digital : 978-623-190-253-5 (PDF)

Dicetak Oleh:

Percetakan Bintang 085865342319

Hak cipta dilindungi undang-undang

All right reserved

Isi di luar tanggung jawab percetakan



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, serta tak lupa juga mengucapkan selawat beriringan salam kepada Nabi Besar Muhammad saw., karena berkat beliau, kita mampu keluar dari kegelapan menuju jalan yang lebih terang.

Buku ajar ini berjudul *Pengelolaan Limbah Organik: Potensi Ekonomi Agen Biodegradasi Limbah Organik* telah selesai dibuat secara semaksimal dan sebaik mungkin agar menjadi manfaat bagi pembaca, khususnya mahasiswa yang membutuhkan informasi dan pengetahuan mengenai bagaimana tata kelola dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Dalam buku ini, tertulis bagaimana permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah yang semakin hari semakin bergerak ke arah memprihatinkan, sehingga pengelolaan limbah secara terpadu dan ramah lingkungan akan menjadi isu yang sangat menarik, khususnya yang berkaitan erat dengan *sustainable agriculture*. Materi yang disajikan sangat relevan dengan mata kuliah Sistem Pertanian Berkelanjutan yang dapat menjadi alternatif pegangan bagi mahasiswa dan dosen pada mata kuliah tersebut.

Kami sadar, tentu saja buku ajar ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, masukan dan saran dari pembaca sangat diperlukan agar kami dapat terus meningkatkan kualitas buku ajar ini ke depannya. Semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, dan masyarakat dalam arti luas. Terima kasih.

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Dr. Ir. Sularno, M.Si.



INTERNALISASI AL ISLAM KEMUHAMMADIYAHAN

Allah Swt. dalam QS. Al Mulq ayat 1-4 menjelaskan bahwa Dia telah menciptakan langit dan bumi beserta segala isinya dalam keadaan seimbang dan tidak ada cacatnya, manusia dengan kelemahannya diperintah untuk menyaksikan kesempurnaan ciptaan-Nya, dan dalam keadaan susah payah manusia tidak akan menemukan sesuatu yang tidak seimbang. Allah Swt. menegaskan kepada manusia bahwa Dia telah menjadikan mati dan hidup sebagai ujian siapa di antara manusia yang lebih baik amalnya.

Allah Swt. telah menciptakan alam semesta, manusia, dan kehidupan. Alam semesta, manusia dan kehidupan tersebut dapat diindra (dilihat, didengar, diraba dan dirasa) dan merupakan fakta yang dapat dipikirkan. Dengan berpikir, manusia dapat menyimpulkan dan meyakini, bahwa alam semesta, manusia, dan kehidupan ini tidak mungkin ada kecuali ada yang menciptakannya. Pencipta itu tidak hanya menciptakan, tetapi juga mengatur hubungan manusia dengan Tuhannya dalam hal akidah dan ibadah, mengatur hubungan manusia dengan dirinya dalam hal makanan, minuman, pakaian dan akhlak yang mulia serta mengatur hubungan manusia dengan yang lainnya. Pengaturan tersebut mencakup bagaimana manusia mengelola lingkungan tempat hidupnya, menjaga, dan

melestarikannya. Semua itu bertujuan agar manusia selamat dalam kehidupan di dunia dan akhirat.

Dalam menjaga dan memelihara lingkungannya, Allah Swt. mengingatkan manusia akan dampak kerusakan di darat dan di lautan yang akan menyengsarakan kehidupan manusia (QS. Ar-Rum: 41). Oleh sebab itu, menjaga dan memelihara lingkungan harus menjadi perhatian manusia dan merupakan ibadah ghair mahdah (ibadah yang tidak ditentukan rukun dan syaratnya). Semua itu merupakan bagian dari cara bersyukur kepada Yang Maha Pencipta yang telah menganugerahkan alam dan lingkungan yang seimbang dan lestari.

Lingkungan yang seimbang dan lestari akan memberikan rasa nyaman, aman, dan meningkatkan kualitas hidup yang sehat dan prima. Sebaliknya lingkungan yang rusak, tidak akan lestari, bau busuk di mana-mana, sampah yang mengotori, tanah yang tercemar berbagai macam limbah plastik dan logam berat menyebabkan kesuburan tanah semakin berkurang. Di samping itu, udara dan air yang tercemar polutan, jasad renik mikroorganisme yang berbahaya akan berdampak pada munculnya berbagai penyakit yang mengancam kehidupan manusia.

Keseimbangan dan kelestarian alam dapat terganggu disebabkan melimpahnya jumlah sampah yang setiap hari dihasilkan manusia, baik dari rumah tangga, pabrik, industri, restoran hotel, maupun rumah sakit. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menjelaskan bahwa di Indonesia per harinya memproduksi sampah mencapai 175.000 ton, rata-rata satu orang Indonesia menyumbang sampah 0.7 kg per hari. Tahun 2021, volume sampah di Indonesia mencapai 68,5 juta ton

dan 2022 naik sampai 70 juta ton. Ada 24 persen atau sekitar 16 juta ton sampah yang masih belum dikelola oleh Ditjen PSLB3. Hanya 7 persen yang terdaur ulang dan 69 persen yang masuk di TPA. Dibanding Malaysia dan Singapura, Indonesia masih terlalu tinggi, 16 juta ton sampah belum terkelola dengan baik (DPR, 2022).

Data jumlah sampah tersebut di atas menggambarkan perlu adanya upaya khusus dan serius dalam usaha mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan. Program pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan dalam rangka menumbuhkan kesadaran untuk mengatasi problem sampah sekaligus mengambil manfaat dari proses daur ulangnya sangat dibutuhkan. Jika sebagian besar masyarakat sadar dan mau mengolah limbah rumah tangga tentu pengurangan jumlah sampah akan sangat berpengaruh karena sampah rumah tangga memiliki kontribusi terbesar dalam keberadaan sampah.



DAFTAR ISI

KATA PENGATAR	v
INTERNALISASI AL ISLAM KEMUHAMMADIYAHAN	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii

I. PERMASALAHAN UMUM.....	1
1.1 Produksi Limbah di Indonesia.....	2
1.2 Limbah dan Kesehatan	4
1.3 Sampah dan Pemanasan Global	6
II. PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK.....	11
2.1 Sumber Limbah Organik	12
2.2 Karakteristik Limbah Organik.....	13
2.3 Pengelolaan Limbah Versi UU-18/2018.....	15
2.4 Biodegradasi Materi Limbah Organik.....	17
2.5 Limbah Organik Skala Rumah Tangga	19
2.6 Agen Biodegradasi Limbah Organik Cair.....	30
2.7 Agen Biodegradasi Limbah Organik Padat.....	33

III. PEMANFAATAN LARVA BLACK SOLDIER FLY UNTUK PENANGGULANGAN PENUMPUKAN LIMBAH ORGANIK.....	35
3.1 Karakteristik Larva BSF	36
3.2 Pemeliharaan Larva BSF	38
3.3 Analisis Proksimat Larva BSF	41
3.4 Reduksi Limbah Organik dengan Larva BSF	44
3.5 Potensi Budi Daya Maggot untuk Skala Usaha	46
3.6 Diskusi.....	50
LATIHAN SOAL.....	57
DAFTAR PUSTAKA	63
BIOGRAFI PENULIS	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Jumlah Sampah Nasional Berdasarkan.....	3
Gambar 1.2. Hubungan Limbah dengan Global Warming	7
Gambar 2.1. Kompos	27
Gambar 2.2. Sampah sebagai media hidup organisme larva BSF.....	28
Gambar 3.1. Siklus Hidup Larva	37
Gambar 3.2. Kandang Lalat BSF	39
Gambar 3.3. Papan Telur Maggot.....	39
Gambar 3.4. Pemberian Pakan Maggot	40
Gambar 3.5. Larva Kering.....	47
Gambar 3.6. Limbah dan Pemilahannya di Jepang.....	51
Gambar 3.7. Penyuluhan Pemanfaatan Agen Biodegradasi	54
Gambar 3.8. E-catalog pemasaran Larva-Agen Biodegradasi sebagai pakan Ikan Hias.....	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Produk dari Pengolahan Materi Organik	18
Tabel 3.1. Uji Proksimat Larva BSF dalam Bentuk Basah, Kering dan Tepung	42
Tabel 3.2. Biaya Budi Daya Maggot	48
Tabel 3.3. Biaya Variabel Budi Daya Maggot.....	49
Tabel 3.4. Biaya Tetap Budi Daya Maggot	49
Tabel 3.5. Biaya Total Budi Daya Maggot	49



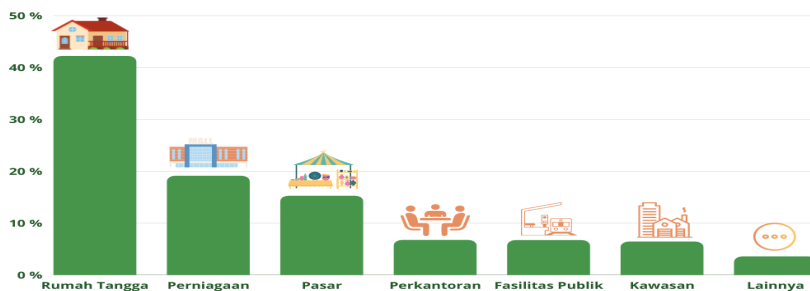
I.

PERMASALAHAN UMUM

1.1 Produksi Limbah di Indonesia

Artikel yang ditulis oleh Bruno Venditti di media *online visualcapitalist* pada Oktober 2022 mengungkapkan fakta yang sangat menarik, pada tahun 2019 timbunan sampah di seluruh dunia sebesar 2,2 miliar ton dan diperkirakan akan melonjak menjadi 3,4 miliar ton selama 30 tahun ke depan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan pertumbuhan ekonomi. Negara adikuasa seperti Amerika Serikat, faktanya penduduknya merupakan negara paling besar sebagai penyumbang sampah dengan rata-rata setiap orang Amerika Serikat menghasilkan 809 kg sampah setiap tahunnya, setelah itu diikuti negara-negara industri lainnya, seperti Denmark, Selandia Baru, Kanada, dan Swiss.

Menurut Bank Dunia, dibandingkan dengan penduduk di negara maju, penduduk di negara berkembang lebih parah terkena dampak limbah yang diakibatkan oleh pengelolaan sampah yang tidak berkelanjutan. Hanya kurang dari 20% sampah yang didaur ulang setiap tahunnya, sedangkan sisanya dengan jumlah yang sangat besar masih dikirim ke tempat pembuangan sampah. Di Indonesia, berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tercatat jumlah sampahnya mencapai 21,88 juta ton pada 2021. Jumlah tersebut turun sebesar 33,33 persen dari tahun sebelumnya yang mencapai 32,82 juta ton.



Gambar 1.1. Jumlah Sampah Nasional Berdasarkan Sumbernya

Berdasarkan sumbernya, rumah tangga menyumbang paling banyak terhadap sampah nasional, yakni 42,23 persen. Sumber sampah terbesar berikutnya berasal dari perniagaan dengan persentase mencapai 19,11 persen. Pasar menyumbang 15,26 persen, kemudian sampah yang berasal dari perkantoran sebesar 6,72 persen. Kontribusi fasilitas publik dan kawasan terhadap sampah di Indonesia masing-masing sebesar 6,71% dan 6,42%. Sementara, 3,55% sampah berasal dari sumber lainnya. Dari jumlah tersebut, tercatat hanya sebagian kecil yang terdaur ulang. Dibandingkan dengan Malaysia dan Singapura, Indonesia masih terlalu tinggi dalam hal jumlah sampah yang tidak terkelola dengan baik.

Hingga saat ini, permasalahan sampah di Indonesia masih menjadi polemik yang sulit untuk dipecahkan. Jumlah dan jenis sampah terus bertambah seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Namun di sisi lain, laju solusi pengelolaan sampah masih tertinggal jauh di belakang. Sampah organik masih merajai jenis sampah di Indonesia yaitu sebesar 60 persen, disusul sampah plastik 14 persen. Kondisi

tersebut diperparah dengan fakta bahwa berbagai TPA di wilayah Indonesia juga sudah penuh seperti TPA Bantar Gebang (Bekasi), TPA Piyungan (Yogyakarta), TPA Sarimukti (Bandung), TPA Terjun (Medan), dan TPA Suwung (Denpasar). Sehingga dapat dikatakan bahwa pengelolaan limbah di Indonesia saat ini sudah memasuki fase kritis dan harus segera ada solusi yang komprehensif dari pemerintah, *stakeholders*, dan juga peran aktif masyarakat dalam menjaga lingkungan.

1.2 Limbah dan Kesehatan

Limbah dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (2022) diartikan sebagai sisa proses produksi, bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembuatan atau pemakaian atau barang yang rusak atau cacat dalam proses produksi atau buangan kegiatan industri atau buangan kegiatan rumah tangga dan kegiatan sanitasi manusia yang rutin. Secara umum limbah berarti barang yang dibuang karena dianggap tidak berguna.

Limbah sering disepadankan dengan istilah sampah karena merupakan barang yang terbuang. Limbah jika jumlahnya sedikit masih bisa diatasi dengan mudah, misalnya dibakar, ditimbun dalam tanah, dan lain-lain, serta belum berdampak secara langsung pada manusia. Namun, jika limbah tersebut dalam jumlah besar seperti 175.000 ton per hari perlu tenaga yang tidak sedikit untuk membuangnya, tempat yang khusus (jauh dari masyarakat) karena bau yang menyengat, dan teknologi daur ulang yang canggih dengan tenaga kerja yang terampil dengan energi tertentu, serta biaya yang juga tidak sedikit.

Limbah jika tidak segera ditangani akan mencemari lingkungan. Pencemaran terhadap lingkungan meliputi

pencemaran terhadap air, tanah, dan udara. Lingkungan yang tercemar dapat membahayakan kesehatan manusia. Banyak penyakit disebabkan oleh lingkungan yang tercemar, seperti asma, kanker paru-paru, demam tifoid, gangguan kesehatan jantung, *typhus*, penurunan fungsi hati dan ginjal, diare, hepatitis A, dan lain-lain (Purnama, 2016).

Permasalahan umum yang berhubungan dengan limbah dan kesehatan adalah:

1. Bagaimana agar tidak terjadi penumpukan limbah supaya kesehatan masyarakat terjaga?
2. Bagaimana mengolah limbah menjadi sesuatu yang berguna dan memiliki nilai ekonomi?
3. Seperti apa teknologi pengolahan limbah yang sederhana dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi?
4. Bagaimana pola manajemen pemanfaatan limbah di masyarakat yang ramah lingkungan?
5. Bagaimana pemasaran produk daur ulang limbah yang menguntungkan masyarakat?

Jenis-jenis limbah berdasarkan wujudnya dapat dibedakan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan limbah suara. Limbah cair meliputi: 1) Limbah cair domestik, yaitu limbah buangan rumah tangga, bangunan, perdagangan, dan perkantoran, contohnya air sabun, air detergen hasil cucian, dan air tinja; 2) Limbah cair Industri, seperti tekstil, pengolahan makanan, sisa cucian daging, buah, atau sayur; 3) Limbah cair dari berbagai pembuangan talang dan lain-lain; 4) Limbah air hujan yang melewati permukaan tanah yang membawa partikel padat atau cair. Limbah padat meliputi: 1) Limbah organik, yaitu limbah yang berasal dari makhluk hidup yang bisa terurai dengan istilah *biodegradable*,

contohnya limbah dapur kulit buah, potongan sayur, dan sisa makanan; 2) Limbah anorganik, yaitu limbah yang berasal dari benda tak hidup dan tidak memiliki sifat *biodegradable*, contohnya botol, plastik, kaleng, dan lain-lain.

Di samping menghasilkan bau yang tidak sedap, limbah sering kali menjadi sarang bagi patogen berbagai jenis penyakit yang dapat berkembang biak dengan cepat dan menyebar ke manusia. Oleh sebab itu, pengolahan limbah produk rumah tangga jika ditekuni secara baik dapat berkontribusi dalam mengurangi jumlah sampah yang diproduksi rumah tangga. Pengurangan jumlah sampah tersebut juga dapat membantu pengurangan penyebaran penyakit.

1.3 Sampah dan Pemanasan Global

● Hubungan Sampah dan Pemanasan Global

6 ● Kenaikan suhu global sejak sekitar 1980 sampai 2021 meningkat dua kali lebih cepat daripada periode sebelumnya (Purwana, 2021). Saat ini kenaikan suhu udara di Indonesia dinilai sudah membuat iklim di Indonesia tidak menentu di mana kenaikan suhu udara juga bisa mengakibatkan cuaca ekstrem dengan intensitas yang semakin meningkat, durasi yang semakin panjang, dan frekuensinya semakin sering. Jika tidak ada mitigasi yang tepat, pada tahun 2100 kenaikan suhu udara di Indonesia diprediksi akan mencapai 3°C. Para ilmuwan memperingatkan bahwa kenaikan suhu udara sebesar 1,5°C akan berakibat antara lain pada curah hujan atau kekeringan yang ekstrem dan hasil produktivitas hasil panen akan lebih rendah. Hal tersebut tentunya akan memiliki *multiplier effect*, khususnya pada kondisi ekonomi.

Hampir seluruh aktivitas manusia berujung pada menghasilkan sampah. Sampah berkontribusi dalam

memperburuk perubahan iklim yang mengakibatkan pemanasan global. Tumpukan sampah di udara terbuka mengeluarkan gas metana yang merupakan salah satu Gas Rumah Kaca (GRK) yang dapat menyebabkan efek rumah kaca, sebagai penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*). Sampah yang berasal dari aktivitas penduduk di perkotaan sangat besar jumlahnya dan diduga berpotensi sebagai sumber gas metana. Potensi gas metana yang bisa dihasilkan mencapai 11.390 ton CH₄/tahun atau setara dengan 239.199 ton CO₂/tahun, jumlah ini merupakan 64% dari total emisi sampah berasal dari 10 kota besar, antara lain Jakarta, Surabaya, Bandung, Medan, Semarang, Palembang, Makasar, Bekasi, Depok, dan Tangerang (Herlambang, 2010). Hubungan limbah dengan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.2. Hubungan Limbah dengan Global Warming

Sumber : Envihsa, dimodifikasi. 2020

Saat kita membuang makanan maka sampah tersebut akan mengalami pembusukan. Saat sampah yang berada

paling bawah mengalami pembusukan maka akan terbentuk gas metana. Gas metana akan merusak lapisan ozon bumi karena gas metana termasuk gas-gas rumah kaca yang dapat mengakibatkan perubahan iklim. Hal tersebut juga terjadi pada proses pembakaran sampah yang juga menghasilkan gas rumah kaca, seperti CO₂, N₂O, NO_x, NH₃, dan karbon organik. CO₂ menjadi gas utama yang dihasilkan oleh pembakaran sampah dan cukup lebih tinggi dibandingkan emisi gas lainnya.

Minimalisasi Risiko Pemanasan global

Perubahan iklim yang terjadi sekarang ini adalah wujud nyata dari proses yang berkepanjangan. Terdapat banyak penelitian yang mengkonfirmasi bahwa perilaku manusia, didalamnya termasuk eksploitasi terhadap sumber daya alam dan gaya hidup, adalah alasan utama terjadinya krisis dan bencana ekologis.

Houghton (2004) menyatakan bahwa strategi yang bisa diterapkan untuk menstabilkan perubahan iklim akibat pemanasan global yaitu mengurangi emisi karbondioksida dan menjalankan protokol montreal yang menekankan pada pengurangan emisi CFC untuk mencegah efek rumah kaca. Hal lain yang dapat dilakukan adalah:

1. Mengurangi laju perusakan hutan;
2. Meningkatkan reboisasi;
3. Mengurangi emisi methane;
4. Menggalakan perilaku hemat energi dan konservasi;
5. Meningkatkan penggunaan energi yang terbarukan sebagai sumber pasokan energi.

Secara sederhana, manusia, sebagai penghuni bumi, sangat penting untuk menerapkan cara mengatasi pemanasan global. Tindakan-tindakan kecilpun akan memberikan dampak yang

berarti untuk mengurangi percepatan pemanasan global. Hal pokok yang perlu dipahami dan disadari bersama adalah bahwa upaya mengurangi dampak pemanasan global merupakan tanggung jawab semua umat manusia. Hal ini akan memberikan peluang bagi generasi selanjutnya untuk menikmati keindahan dan nyamannya kehidupan bumi.

Dikarenakan penyumbang pemanasan global yang utama adalah sampah, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap gaya hidup yang kita terapkan. Cara paling sederhana adalah berangkat dari konsep 3 R: *Reduce, Reuse, Recycle*". Ini merupakan cara mengatasi pemanasan global yang relatif paling sederhana setelah pengurangan emisi gas buang kendaraan bermotor. Reduce merupakan kegiatan menggunakan produk kemasan, terutama yang berbahan plastik seminimal mungkin dikarenakan fakta penelitian menunjukkan bahwa barang-barang plastik dapat terurai di tanah 1000 tahun lamanya, sedangkan kantong plastik 10 hingga 1000 tahun. Cara tersebut juga bermanfaat untuk mengurangi pemborosan. Selain itu, konsep reduce dapat dilakukan dengan membeli produk yang bisa digunakan kembali, bukan yang sekali pakai. Reuse merupakan langkah menggunakan kembali benda-benda bekas, seperti kantong plastik atau botol plastik. Serta yang terakhir, recycle merupakan kegiatan mendaur ulang barang yang sudah tidak terpakai baik sampah yang berjenis organik maupun anorganik menjadi berguna kembali, seperti mendaur ulang kertas, plastik, koran, kaleng kaca, dan limbah lain menjadi benda atau karya yang bermanfaat. Mengubah pola hidup kita untuk lebih mencintai lingkungan, berarti berkontribusi terhadap penyelamatan lingkungan, khususnya dari masalah pemanasan global.



II. PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK

2.1 Sumber Limbah Organik

Banyaknya limbah (sampah) yang dikelola merupakan akibat banyaknya limbah yang dihasilkan dalam kegiatan manusia ataupun hewan. Bervariasinya aktivitas manusia menyebabkan banyaknya timbulan limbah dari berbagai sumber limbah dan tercampur di tempat pembuangan akhir limbah. Sumber limbah atau sampah menurut SNI 04-1993-03 berasal dari 10 komponen sumber, yaitu:

1. rumah permanen;
2. rumah semipermanen;
3. rumah nonpermanen;
4. kantor;
5. toko/ruko;
6. sekolah;
7. jalan arteri sekunder;
8. jalan kolektor sekunder;
9. jalan lokal; dan
10. pasar.

Menurut Damanhuri dan Padmi (2019), timbulan limbah organik akan bervariasi pada tiap negara, wilayah, dan waktu dikarenakan oleh adanya perbedaan pada jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk, pergantian musim panen, cara hidup, mobilitas penduduk, dan penanganan makanan. Menurut Kahfi (2017), sumber limbah atau sampah umumnya berasal dari:

1. perumahan;
2. komersil;
3. institusi;
4. konstruksi dan pembongkaran;

5. pelayanan jasa dan perkotaan;
6. unit pengolahan;
7. industri; dan
8. pertanian/perkebunan.

2.2 Karakteristik Limbah Organik

Sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (SNI 19-2454-2002). Kategori sampah padat menurut Tchobanoglous (1993) yaitu semua bahan padat tersisa yang timbul karena adanya aktivitas makhluk hidup (manusia dan hewan) yang dibuang saat sudah tidak dikehendaki kembali. UU No. 18 Tahun 2008 menambahkan sisa aktivitas rutin manusia dan sisa hasil proses alam yang berbentuk padatan masuk kategori sampah padat.

Limbah organik bisa berbentuk padat ataupun cair yang berasal dari kegiatan domestik maupun nondomestik. Menurut Damhuri dan Padmini (2019), limbah organik dapat berasal dari sampah pertanian (budi daya tanaman/ikan/ternak), sampah pasar, sampah rumah tinggal/komersial/institusi/perkantoran/pekarangan, dan sampah kotoran (hewan dan manusia) masuk dalam kategori limbah tidak berbahaya. Selain itu, limbah organik juga masuk dalam jenis limbah yang mudah terbakar, mudah membusuk, mudah terurai, dan dapat didaur ulang. Sifat atau karakteristik limbah padat organik dapat diukur berdasarkan sifat fisik, kimia, dan biologinya.

Karakteristik fisik limbah organik dapat diukur di antaranya berdasarkan kandungan air dan berat jenisnya. Menurut

Tchobanoglous (1993) limbah makanan merupakan sumber limbah organik yang memiliki kandungan air tertinggi dan diikuti oleh sisa tumbuhan dibandingkan dengan komponen limbah organik lainnya. Masih menurut laporan tersebut, limbah makanan umumnya memiliki kandungan air 70% dan berat jenis 290 kg/m^3 , limbah sisa tumbuhan umumnya memiliki kandungan air 60% dan berat jenis 105 kg/m^3 . Liang *et al.* (2003) menyebutkan bahwa kandungan air sebesar 60-70% pada bahan organik dapat meningkatkan aktivitas mikroba aerob sampai dengan maksimal. Bila kelembapan pada bahan organik semakin tinggi maka proses degradasi yang terjadi menjadi anaerob sehingga menghasilkan bau tidak sedap. Laporan Ruslinda dan Hayati (2013) menunjukkan apabila kandungan air semakin tinggi maka limbah organik akan memproduksi bau menyengat yang berasal dari hidrogen sulfida (H_2S) dan amonia (NH_3).

•
•
14
•
•

Karakteristik kimia limbah organik menurut Tchobanoglous (1993) dapat diketahui dengan mengukur *proximate analysis*, titik lebur, *ultimate analysis*, dan kadar energi. *Proximate analysis* diukur dengan menganalisis kandungan sebagai berikut.

1. *Moisture*, yaitu uap air yang hilang ketika dipanaskan sampai 105°C per satu jam.
2. *Volatile combustible matter*, yaitu kehilangan berat tambahan pada pembakaran 950°C pada wadah tertutup.
3. *Fixed carbon*, yaitu banyaknya karbon yang terdapat pada material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan.
4. Abu, yaitu berat residu terukur setelah pembakaran pada wadah terbuka.

Ultimate analysis diukur berdasarkan nilai dari C, H, O, N, sulfur, abu, dan fraksi organik.

Karakteristik biologi limbah organik meliputi analisis biodegradabilitas, populasi lalat, serta pengukuran bau. Laporan Ruslinda dan Hayati (2013) menunjukkan biodegradabilitas semakin besar pada komponen limbah sisa makanan dan limbah pekarangan, rata-rata populasi lalat menghinggapi limbah semakin tinggi dengan semakin banyaknya limbah yang mudah terdegradasi, sedangkan limbah makanan menghasilkan konsentrasi H_2S dan NH_3 tertinggi yang menyebabkan bau tak sedap sampai melewati ambang baku mutu. Menurut laporan Rahayu dan Sukmono (2013), kesetimbangan massa limbah ditentukan berdasarkan timbulan limbah dan komposisi limbah, komposisi dari limbah organik sebanyak 99,25%, dan limbah organik yang mudah terurai sebanyak 78,26% dari limbah pasar.

2.3 Pengelolaan Limbah Versi UU-18/2018

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) (2021) mencatat pada tahun 2021 timbunan sampah di 248 kabupaten/kota se-Indonesia sebanyak kurang lebih 30.895.000 ton. Capaian pengelolaan untuk mengurangi total sampah di Indonesia masih rendah yaitu sebesar 15.63%, sampah tertangani sebesar 48.91%, dan sampah terkelola sebesar 64.54% sehingga sampah yang tidak terkelola masih cukup tinggi yaitu sebesar 35.46% (10.955.210 ton/tahun). Jenis sampah organik menjadi penyumbang terbesar dari komposisi sampah yang terdata di Indonesia yaitu berasal dari sampah jenis sisa makanan, dan tanaman (kayu/daun/ranting), sedangkan sumbernya sebagian besar berasal dari sektor rumah tangga (40.8%).

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 menyebutkan bahwa tanggung jawab pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga berada pada seluruh

elemen masyarakat, sedangkan pengelolaannya sendiri dibagi menjadi dua kelompok utama yaitu pengurangan sampah dan penanganan sampah. Pengurangan sampah atau limbah yang dimaksud meliputi kegiatan:

- 1 Pembatasan timbunan limbah** yaitu upaya untuk sesedikit mungkin membatasi limbah yang dihasilkan.
- 2 Pendaaurulangan limbah** yaitu upaya pemrosesan limbah menjadi bentuk lain yang bernilai ekonomi.
- 3 Pemanfaatan kembali limbah** yaitu memanfaatkan kembali secara langsung limbah menjadi produk bermanfaat.

Kegiatan penanganan limbah dapat meliputi:

1. Pemilahan, yaitu limbah dikelompokkan dan dipilah berdasarkan jenis, jumlah, dan sifat limbah.
2. Pengumpulan, yaitu limbah yang sudah dikelompokkan kemudian diambil dan dipindahkan ke tempat penampungan limbah sementara.
3. Pengangkutan, yaitu limbah yang sudah terkumpul selanjutnya dipindahkan ke tempat pemrosesan limbah akhir.
4. Pengolahan, yaitu dengan mengubah karakteristik, komposisi, dan kuantitas limbah.
5. Pemrosesan akhir limbah yaitu proses di mana limbah yang sudah berubah karakteristiknya dapat dikembalikan lagi ke lingkungan dalam bentuk yang lebih aman.

Pendaaurulangan limbah dilakukan dikarenakan beberapa alasan, antara lain ketersediaan sumber daya alam yang tidak

terbarukan, memiliki nilai ekonomi dari pemanfaatan limbah, dan cemaran lingkungan. Dalam proses daur ulang yang perlu diperhatikan adalah pemilahan jenis limbah, di mana limbah yang mudah ditemukan, dan diolah adalah limbah hayati (organik) seperti sisa makanan dan sisa panen. Limbah hayati adalah salah satu kelompok limbah yang penanganannya tidak memerlukan banyak biaya sehingga mudah dilakukan oleh siapa saja. Menurut Damanhuri dan Padmi (2019), pemanfaatan hasil olahan limbah organik juga dapat langsung diterapkan di lingkungan dan memiliki nilai ekonomi seperti pembuatan kompos, vermikompos, dan larva lalat (*black soldier*) sebagai protein pakan ikan dan ayam (pelet). Laporan Dengah *et al.* (2016) menunjukkan bahwa tepung maggot dapat mengonversi tepung ikan sebagai campuran pakan ternak ayam sebesar 11.25%.

Petani di Indonesia sudah umum mendaur ulang limbah pertanian yang bersifat hayati menjadi pupuk organik dengan cara mengembalikan sisa bagian tanaman yang tidak dipanen ke dalam tanah untuk meningkatkan kesuburan lahan pertanian. Limbah pertanian merupakan sumber bahan lignoselulosa yang potensial diolah menjadi pupuk organik dengan penambahan mikroba pendegradasi (Anindyawati, 2010). Selain itu, sisa makanan atau limbah organik di perkotaan yang banyak ditemukan di rumah dan di pasar juga dapat diolah menjadi pakan bagi larva maggot sehingga volume limbah organik berkurang, sedangkan kasgot dapat menjadi pupuk organik (Salman *et al.* 2020).

2.4 Biodegradasi Materi Limbah Organik

Terkait dengan penanganan dan pengolahannya, limbah yang mudah membusuk, berasal dari bahan organik, dan mudah

terurai dapat didegradasi secara biologi melalui biodegradasi. Proses biodegradasi digunakan karena dinilai lebih aman bila produk akhir dari proses tersebut harus dikembalikan lagi ke lingkungan (Komala *et al.* 2012). Biodegradasi adalah proses di mana senyawa organik diuraikan oleh mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan protozoa menjadi materi yang lebih sederhana. Transformasi materi limbah tersebut dapat diolah menjadi beberapa produk seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Produk dari Pengolahan Materi Organik

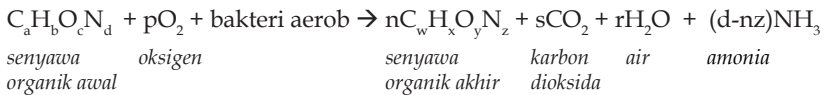
Komponen sampah	Pengomposan (Kompos)	Biogasifikasi (Metan)	Pakan cacing (Vermikompos)	Lalat <i>black soldier</i> (larva)
Nasi dan sejenisnya	v	v		v
Sayur-sayuran	v	v	v	v
Buah-buahan	v	v	v	v
Ikan dan daging		v	v	v
Daun-daunan	v			

Sumber: Damhuri dan Padmi (2019)

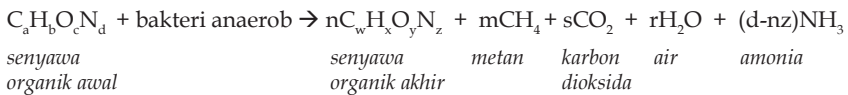
Biodegradasi oleh mikroorganisme dapat berlangsung secara aerob dan anaerob. Bakteri aerob bekerja dengan memanfaatkan oksigen dari udara dan proses perubahannya sangat dipengaruhi oleh suhu, sedangkan kualitas kompos yang terbentuk salah satunya tergantung dari rasio C/N. Semakin rendah rasio C/N pada produk akhir menunjukkan bahan organik tersebut sudah terdegradasi menjadi kompos. Bahan organik awal yang akan didegradasi menjadi kompos diharapkan memiliki nilai rasio C/N sekitar 25-30 (satuan berat kering) dan rasio akhir yang diharapkan adalah sekitar 12-15. Zahra dan Damanhuri (2011) melaporkan bahwa limbah organik awal dengan rasio rendah memerlukan tambahan material organik, seperti jerami, kotoran

hewan, serasah daun, dan bahan organik lain yang memiliki kandungan C tinggi.

Menurut Liwarska-Bizukoje dan Ledakowicz (2003), komposisi unsur rata-rata bahan organik limbah padat diperkirakan sebagai berikut: $C_5H_{8.5}O_4N_{0.2}$ berdasarkan perbandingan tiga komponen dasar bahan organik yaitu karbohidrat, lemak, dan protein. Variasi oksigen tersedia yang optimal digunakan dalam proses aerob rata-rata berkisar antara 0.92–1.65 mol per 1 mol sampah organik. Jumlah konsumsi oksigen tertinggi selama prosesnya terjadi pada suhu 37–42°C yang optimal menurunkan 40% jumlah kandungan C, H, O, N. Reaksi sederhana proses aerobik bahan organik padat sebagai berikut.



Bakteri anaerob dapat bekerja tanpa kehadiran oksigen bebas, mampu beraktivitas pada suhu mesofilik hingga 35°C, mampu bekerja dengan kondisi tanpa cahaya dan tertutup (Irawan dan Khudori, 2015), dan pH 10 (Doraja *et al.* 2012). Reaksi sederhananya adalah sebagai berikut (Tchobanoglous *et al.* 1993).



2.5 Limbah Organik Skala Rumah Tangga

Sesuai PP No.81 Tahun 2012, sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga namun tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Secara sederhana sampah rumah tangga dikaitkan dengan sampah dapur rumah atau tong sampah di setiap rumah. Sampah rumah

tangga merupakan sumber masalah utama karena tingkat produksi yang tinggi dan pemberantasan yang cukup sulit.

Secara garis besar, sampah rumah tangga dibagi menjadi tiga jenis, yakni limbah organik, anorganik, serta bahan berbahaya dan beracun (B3). Limbah organik rumah tangga merupakan sampah sifat mudah terurai secara alami (*degradable*) dan mudah membusuk. Termasuk dalam limbah organik adalah sisa sayuran, sisa daging, potongan ikan, buah-buahan yang busuk, daun tanaman pekarangan, sisa makanan olahan, dan sebagainya.

Potensi Pencemaran Udara, Tanah dan Air

20 ●●●
Limbah organik berpotensi menghasilkan cairan lindi (*leachate*) yang berbahaya. Cairan ini bisa mengurangi kualitas tanah dan air di sekitar sampah karena mengandung konsentrasi bahan kimia beracun hasil pelarutan sampah melalui reaksi kimia dan biokimia yang terjadi pada lahan urug (*landfill*). Apabila penanganan dan pengolahan lindi sampah tidak dilakukan secara optimal, lindi sampah ini akan masuk ke dalam air tanah ataupun ikut terbawa dalam aliran permukaan. Selain itu, tumpukan limbah organik juga menghasilkan gas methana (CH_4), apabila disimpan dalam kondisi tertutup, kekurangan sinar matahari dan oksigen, dapat meledak. Kasus ledakan sampah pernah terjadi di TPA Leuwigajah di Bandung Tahun 2005. Kasus ini merupakan awal mula dideklarasikannya 21 Februari sebagai Hari Peduli Sampah Nasional (HPSN). Ledakan sampah tersebut diduga karena konsentrasi gas methana dari dalam tumpukan sampah. Akibat ledakan tersebut tumpukan sampah di TPA longsor dan menimbun puluhan rumah yang berjarak kurang lebih 1 kilometer dari Kampung Cilimus dan Kampung Gunung Aki. Kejadian ini menyebabkan sebanyak

157 warga tertimbun longsor sampah. Longsor jutaan kubik sampah juga merusak 8,5 hektar lahan milik warga. Kejadian ini pun menjadi sorotan bukan hanya media massa, namun juga buku-buku yang menguak kasus tersebut.

Gas methana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) serta senyawa lainnya dari proses pembusukan limbah organik dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan utamanya pada kualitas udara. Pembusukan sampah juga menghasilkan amonia (NH_3) dan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang berbau busuk. Hidrogen Sulfida yang dihasilkan dari TPA berkisar 0-0,2%, asam ini merupakan gas yang tidak berwarna, mudah terbakar dan intinya sangat beracun (Muspa et al., 2017). Gas H_2S memiliki karakter mudah terbakar dan berbau telur busuk dan cepat diserap oleh paru-paru. Pada konsentrasi rendah gas tersebut dapat menyebabkan iritasi mata, hidung atau kerongkongan, bahkan dapat terjadi kesulitan pernafasan pada penderita asma. Pada jangka waktu yang lama paparan gas ini dapat menyebabkan efek permanen seperti gangguan saluran pernafasan, sakit kepala, dan batuk kronis (Hayatillillah & Suwandi, 2018).

Bau busuk yang dihasilkan dari limbah organik diakibatkan proses pembusukan yang akhirnya menjadi sumber datangnya vektor-vektor penyakit seperti nyamuk, lalat, dan tikus. Hewan maupun serangga ini dapat menjadi inang bagi kuman dan parasit untuk ditularkan kembali ke manusia. Penyakit yang disebabkan bakteri dari sampah, seperti salmonellosis, keracunan makanan stafilokokus, shigellosis, dan infeksi kulit. Sementara penyakit yang disebabkan oleh virus bisa berupa trakhoma, hepatitis A, gastroenteritis dan lain-lain. Sedangkan parasit yang berasal dari sampah dapat menimbulkan penyakit cacing tambang, cacing

kremi, dan cacing gelang. Penularan penyakit selain disebabkan karena vektor, dapat juga karena penularan langsung. Jalur penularan ini terjadi ketika masyarakat bersentuhan langsung dengan limbah organik yang mengandung kuman, virus atau parasit.

Pencemaran sampah seringkali ditimbulkan karena kebiasaan buruk masyarakat. Sampah-limbah organik rumah tangga yang dibuang sembarangan ke lingkungan seperti sungai, got dan saluran air lainnya dapat mengakibatkan bencana alam seperti banjir. Laut sebagai muara akhir sampah sering dianggap sebagai tempat bebas risiko karena laut memiliki volume air yang cukup besar. Sebaliknya, pencemaran zat-zat yang ditimbulkan oleh limbah organik secara terus-menerus dengan volume yang besar dalam konsentrasi yang tinggi, maka dapat menyebabkan rusaknya keseimbangan laut. Proses penguraian limbah organik di laut pun akan menjadi masalah apabila jumlahnya melebihi kemampuan biota memakannya, maka sisanya membusuk dan tertimbun di dasar laut hingga menghasilkan gas yang membahayakan organisme di laut. Menjaga kelestarian laut sangat penting, sesuai amanat Undang-Undang 32 Tahun 2014 Tentang Kelautan yang menyebutkan bahwa pencemaran laut tidak dapat dipandang hanya sebagai permasalahan yang terjadi di laut, karena lautan dan daratan merupakan satu kesatuan ekosistem yang tidak dapat dipisahkan.

Pengelolaan Limbah organik menjadi Produk Bernilai Ekonomi

Pengolahan sampah di tingkat rumah tangga masih jarang dilakukan karena masyarakat selalu menyerahkan masalah sampah kepada petugas pengangkut sampah. Kesadaran

masyarakat dalam memilah sampah juga masih rendah, sehingga mereka cenderung memasukkan sampah baik organik maupun non organik ke dalam satu wadah. Masalah yang sering ditemui adalah pengambilan sampah yang terkadang tidak sesuai jadwal, sehingga sampah akan bertumpuk, membusuk, dan menimbulkan bau di lingkungan masyarakat. Pengelolaan sampah di tingkat rumah tangga sangat direkomendasikan bukan hanya mengendalikan jumlah limbah organik, namun juga menghasilkan produk yang dapat dijual (bernilai ekonomi) (Haryanto et al., 2023). Upaya pengurangan limbah dalam kehidupan sehari-hari dibagi menjadi kegiatan pembatasan sampah (*Reduce*), penggunaan ulang (*Reuse*), daur ulang (*Recycle*), penggantian (*Replace*), isi ulang (*Refill*), dan perbaikan (*Repair*). Dari tindakan tersebut, beberapa bisa diaplikasikan untuk pengelolaan limbah organik yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Kedua tahapan tersebut diawali dengan proses pemilahan sampah.

1. Pemilahan sampah (*Sorting*)

Pemilahan sampah rumah tangga dilakukan dengan mengelompokkan jenis sampah rumah tangga untuk dikelola lebih lanjut. Pengelompokkan sampah dibagi menjadi tiga yaitu:

- a) Limbah organik. Limbah organik dibagi menjadi dua yaitu limbah organik yang mudah terurai (*degradable waste*) dan sulit terurai. Limbah organik yang mudah terdegradasi contohnya sisa makanan, minuman, daging, sayuran. Kertas dan kayu merupakan kategori limbah organik yang sulit terdegradasi. Jenis ini sering tidak dianggap sebagai limbah organik karena membutuhkan waktu untuk terdegradasi di alam.

- b) Sampah non-organik atau anorganik, yang bukan berasal dari makhluk hidup, seperti plastik, kaca, kertas, kayu, logam, aluminium. Sampah anorganik bisa dipisahkan satu sama lain, khususnya yang masih bisa digunakan kembali, didaur ulang, atau dihancurkan.
- c) Limbah Bahan Berbahaya & Beracun (B3), segala jenis limbah yang dianggap berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup. Limbah B3 diatur dalam Undang-Undang Indonesia nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2007) limbah B3 memiliki ciri senyawa yang mudah meledak (*explosive*), mudah terbakar (*flammable*), mudah bereaksi terhadap oksigen (*oxidant*), menimbulkan karat (*corrosive*), dan menyebabkan infeksi (*infectious*). Beberapa bahan yang dianggap sebagai limbah B3 harus dipisahkan dari limbah lainnya dan diberi label "B3" antara lain aki bekas, *hairspray*, *airfreshner*, pestisida, detergen, larutan pembersih lantai, dan lain-lain.

2. Pembatasan Timbunan Sampah (*Reduce*)

Timbunan sampah adalah sampah yang dihasilkan dari sumber sampah. Pembatasan kuota sampah telah diatur dalam Peraturan Daerah dan telah diterapkan di beberapa wilayah, salah satunya DI Yogyakarta. Pasal 31 ayat 1 Peraturan Daerah Kota Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah menyebutkan bahwa "Setiap orang wajib mengelola sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga dengan cara berwawasan lingkungan". Penerapan aturan tersebut lebih berfokus pada sampah anorganik seperti 1) mengurangi penggunaan

atau konsumsi barang yang berbahan plastik sekali pakai seperti botol plastik, kantong plastik, gelas plastik, dan juga mengurangi penggunaan styrofoam, 2) membawa tempat makan, peralatan makan dan tempat minum sendiri ketika berpergian, 3) membawa tas belanja dan belanja secukupnya sesuai kebutuhan.

Langkah yang bisa diambil untuk pembatasan limbah organik cenderung pada kebiasaan masyarakat seperti makan dan minum secukupnya serta menghabiskan makanan. Aktivitas belanja perlu direncanakan sesuai jumlah dan jenis yang dibutuhkan. Makanan sebaiknya disimpan dengan baik agar tidak mudah busuk dan cenderung untuk dibuang. Penyimpanan makanan di kulkas juga dapat mengikuti beberapa aturan seperti 1) mengatur suhu kulkas pada 5°Celsius untuk buah dan sayur dan minimal -18°C untuk daging, 2) menyimpan makanan pada wadah tertutup dan bening agar mudah dilihat, 3) menyusun bahan makanan sesuai umur simpannya dimana makanan dengan umur pendek diletakkan di depan, dan 4) menyimpan makanan sesuai jenis rak, karena umumnya daging dan sayur tidak boleh ditempatkan berdekatan.

3. Daur Ulang Sampah (*Recycle*) dan penggunaan kembali (*Reuse*)

Proses daur ulang umumnya memanfaatkan limbah dengan cara diolah menjadi bahan baku ataupun sumber energi. Daur ulang sampah memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi baik berbentuk sederhana maupun canggih. Pada limbah organik daur ulang sampah bisa berupa perubahan bentuk dan fungsi suatu limbah tersebut.

a) Daur ulang menjadi pupuk organik (kompos)

Kompos adalah sisa-sisa bahan organik yang telah mengalami pelapukan, bentuknya berubah (menjadi seperti tanah), tidak berbau, dan mengandung unsur yang dibutuhkan tanaman. Limbah organik rumah tangga merupakan salah satu bahan yang sangat potensial untuk diolah menjadi kompos. Pembuatan kompos dimulai dengan penyiapan bahan dan alat hingga tahapan pembuatan.

Bahan yang dibutuhkan meliputi; limbah organik (sisa sayuran, nasi, sisa buah-buahan, dan seluruh sampah yang berasal dari bahan organik/bahan alami), air, gula pasir atau molase, EM4 sebagai aktivator, yaitu zat yang akan mengaktifkan kerja organisme pengurai sehingga akan mempercepat proses pembusukan dan penguraian bahan organik. Alat yang dibutuhkan adalah alat pemotong/pencacah misalnya pisau, tempat penampungan sampah seperti ember bekas cat dan wadah bekas lainnya, alat pengaduk, ember/wadah untuk melarutkan aktivator.

Tahapan pembuatan:

- 1) Mencacah limbah organik rumah tangga hingga berukuran kecil (semakin kecil, semakin cepat pengomposan berlangsung)
- 2) Melarutkan aktivator (EM4) dengan gula dan air. Kemudian menuangkan larutan tersebut ke bahan kompos, dan diaduk rata. Larutan aktivator bisa ditambahkan kembali apabila dirasa campuran terlalu kering

- 3) Memasukkan bahan-bahan tersebut ke dalam wadah pengomposan
- 4) Menutup rapat wadah
- 5) Membuka wadah untuk mengaduk campuran, dengan interval seminggu sekali agar aerasi (aliran udara) dalam wadah berlangsung baik.
- 6) Selama proses pengomposan, suhu dalam wadah akan naik tanda bahwa mikroorganismenya sedang bekerja.
- 7) Memasuki minggu 7-8 pengomposan selesai, suhu dalam wadah normal kembali.
- 8) Kompos yang sudah jadi siap digunakan. Pada skala usaha yang lebih besar, pengayakan dan pengemasan dapat dilakukan.
- 9) Indikator keberhasilan pembuatan kompos adalah berwarna coklat kehitaman, berbau tanah, dan berbutir halus.



Gambar 2.1. Kompos

b) Limbah organik sebagai media hidup organisme lain

Limbah organik mudah terurai oleh organisme hidup seperti bakteri, jamur, dan cacing tanah sehingga dapat diubah menjadi bahan-bahan yang lebih berguna. Limbah organik merupakan media utama dalam budidaya larva BSF. Larva BSF dibudidayakan untuk menghasilkan produk larva sebagai pakan ternak dan pakan ikan. Larva BSF menggunakan media limbah organik sebagai media hidup sekaligus pakannya. Larva ini akan mengurai dan mengurangi limbah organik tersebut seiring pertumbuhannya. Beberapa produsen limbah organik, seperti pasar-pasar, bahkan memberikan tarif bagi pihak-pihak yang ingin mengambil limbah organik sebagai media hidup larva BSF yang di produksi.



Gambar 2.2. Sampah sebagai media hidup organisme larva BSF

c) Daur ulang limbah organik menjadi pestisida

Pestisida nabati/organik bisa didapatkan dari limbah rumah tangga seperti kulit bawang merah (Yunus et al., 2022) atau limbah kulit buah-buahan seperti kulit buah durian, kulit buah sirsak, buah manggis, kulit buah srikaya, kulit buah alpukat dan kulit buah jeruk

(Sholehah & Djunaedy, 2015). Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan pestisida organik limbah kulit bawang merah meliputi; limbah kulit bawang merah, air bersih, cobek atau blender, saringan, wadah atau botol plastik, dan botol spray.

Prosedur pembuatan pestisida organik limbah kulit bawang merah yaitu :

- 1) Mengumpulkan limbah kulit bawang merah dan memisahkannya dari sampah rumah tangga yang lain.
 - 2) Menghaluskan limbah kulit bawang merah menggunakan cobek atau juga bisa menggunakan mesin blender.
 - 3) Memasukkan limbah kulit bawang merah yang sudah dihaluskan kedalam botol plastik
 - 4) Mengisi botol plastik menggunakan air bersih dengan perbandingan 1:1 antara kulit bawang merah dan air.
 - 5) Menutup rapat dan mengocok larutan
 - 6) Mendinginkan selama 2 hari
 - 7) Menyaring air rendaman limbah kulit bawang merah dan memindahkan pada botol spray.
- d) Daur ulang limbah organik sebagai energi

Limbah organik bisa dijadikan sumber energi berupa biogas. Produksi biogas ini masih jarang dilakukan pada skala rumah tangga, karena teknologi yang dipakai membutuhkan investasi yang tinggi. Meskipun demikian, saat ini banyak fermentor (wadah yang digunakan untuk proses fermentasi) yang didesain untuk skala rumah tangga. Pada pembuatannya, dibutuhkan air sesuai

takaran untuk kemudian dimasukkan bersama limbah organik ke dalam fermentor. Penggunaan kotoran hewan sebagai starter dan katalis proses fermentasi tetap dilibatkan karena relatif banyak mengandung mikroba yang dibutuhkan dalam proses menghasilkan gas methanaa. Kotoran yang relatif bagus dan efektif dalam proses ini adalah kotoran sapi. Sisa dari hasil fermentasi tersebut masih bisa digunakan untuk pupuk karena kandungan kimianya yang bermanfaat untuk tanaman.

2.6 Agen Biodegradasi Limbah Organik Cair

Biodegradasi atau penguraian hayati adalah proses di mana bahan organik diuraikan oleh enzim yang dihasilkan oleh organisme hidup. Agen biodegradasi yang dapat digunakan untuk mereduksi limbah organik cair adalah mikroorganisme bakteri dan jamur. Isolat bakteri yang dapat digunakan adalah *Enterobacter gergoviae*, *Vibrio parahaemolyticus*, dan *Pseudomonas stutzer* (Turista, 2017). Penggunaan bakteri ini dalam mereduksi limbah organik, khususnya limbah cair adalah untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut atau Dissolve Oxygen (DO), dan menurunkan Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), dan Total Dissolved Solid (TDS).

Dissolve Oxygen (DO) merupakan jumlah oksigen terlarut dalam air yang dihasilkan dari fotosintesis ataupun adsorpsi dari udara. Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurai hampir semua bahan organik terlarut dan sebagian bahan organik tersuspensi dalam limbah organik cair. Pengukuran Biochemical

Oxygen Demand (BOD) adalah analisis empiris yang mempelajari proses biologis yang terjadi di dalam air. Penentuan nilai BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemar air limbah domestik atau industri. Uji BOD didasarkan pada aktivitas metabolisme mikroorganisme yang digunakan sebagai pengurai. Semakin tinggi nilai BOD, maka semakin banyak pula bahan organik yang terkandung dalam air (Paramita et al, 2012).

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen atau secara kimiawi. Nilai COD yang tinggi menunjukkan adanya pencemaran bahan organik yang tinggi pada limbah. Total Suspended Solid (TSS) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen biotik (fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi) dan abiotik seperti detritus, serta organik dan anorganik. Total Suspended Solid (TSS), dan Total Disolved Solid (TDS) adalah padatan dengan ukuran yang lebih kecil dari padatan tersuspensi. Padatan terlarut pada perairan alami akan menjadi racun jika jumlahnya berlebihan karena dapat meningkatkan kekeruhan air dan akan menghambat penetrasi sinar matahari dan mempengaruhi fotosintesis di perairan (Paramita et al, 2012).

Penelitian Turista (2017) menunjukkan bahawa tiga kombinasi bakteri, yaitu *Enterobacter gergoviae*, *Vibrio parahaemolyticus*, dan *Pseudomonas stutzer* merupakan komposisi campuran bakteri (konsorsium) yang paling efisien dalam menaikkan kadar Desolve Oxygen (DO) dan menurunkan kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), dan Total Disolved Solid (TDS)

dibandingkan dengan isolat tunggal ataupun konsorsium yang terdiri dari dua isolate bakteri. Penggunaan tiga isolat bakteri yang bercampur mereduksi limbah organik cair lebih baik dikarenakan isolate bakteri bekerjasama secara sinergisme, sehingga proses reduksi berjalan lebih efektif dan efisien. Biodegradasi berjalan efisien karena bakteri-bakteri tersebut mendekomposisi bahan organik pada limbah cair melalui metabolisme. Senyawa organik pada limbah organik cair digunakan sebagai sumber nutrisi bakteri yang menjadikan senyawa lebih sederhana. Pemberian campuran ketiga bakteri memaksimalkan proses penguraian senyawa organik sehingga nilai kadar bahan organik menurun. Penurunan kadar bahan organik diikuti penurunan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik, sehingga kadar BOD dan COD menurun. Penurunan kadar BOD dan COD menjadikan kadar oksigen terlarut dalam air bertambah sehingga kadar DO meningkat.

Mikroorganisme lain yang dapat dijadikan agen biodegradasi limbah organik adalah mikroorganisme yang ada pada tangki septik. Mikroorganisme yang ada pada tangka septik adalah bakteri, yaitu *Eschrichia coli* yang merupakan bakteri yang hanya ditemukan dan berasal dari feses hewan berdarah panas maupun manusia, dan jamur tangki septik. Penelitian Paramita et al (2012) menunjukkan bahwa mikroorganisme alami pada tangki septik yang diinokulasikan ke dalam medium limbah organik cair dapat mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam limbah organik, dan menurunkan nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), dan Total Disolved Solid (TDS), serta meningkatkan pH air limbah.

2.7 Agen Biodegradasi Limbah Organik Padat

Istilah biodegradasi sering digunakan dalam kaitannya dengan ekologi, pengelolaan sampah dan lingkungan proses pengobatan (bioremediation). Agen biodegradasi untuk limbah organik padat contohnya jamur, bakteri, cacing, dan larva Black Soldier Fly (BSF). Biodegradasi terjadi karena organisme dapat melakukan metabolisme zat organik melalui sistem enzim untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi. Energi digunakan untuk sintesis, motilitas, dan respirasi organisme tersebut (Paramita, et al., 2012). Dari beberapa agen biodegradasi tersebut larva BSF paling sering digunakan khususnya dalam pengurangan jumlah sampah organik. Pembahasan terkait pemanfaatan larva BSF sebagai agen pereduksi limbah organik akan dijelaskan pada Sub Bab berikutnya.



III.

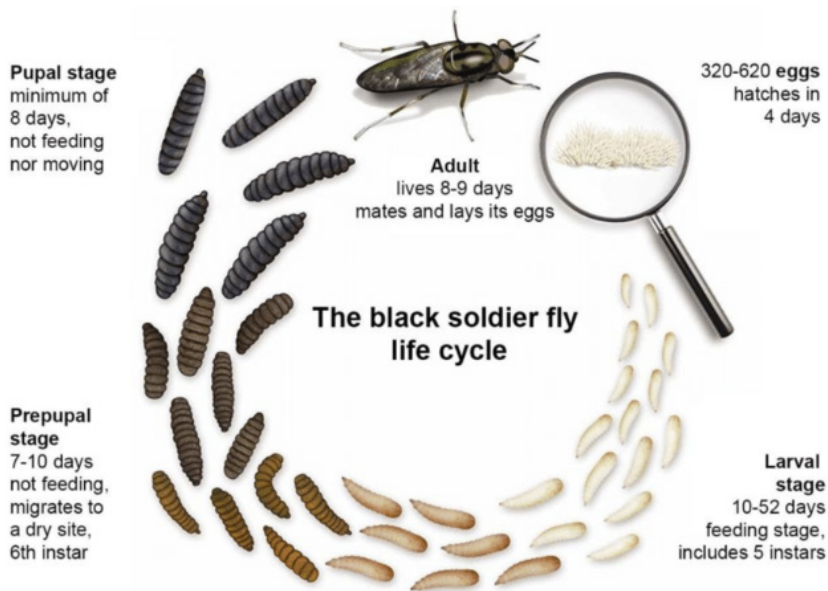
**PEMANFAATAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* UNTUK PENANGGULANGAN
PENUMPUKAN LIMBAH ORGANIK**

3.1 Karakteristik Larva BSF

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) memiliki karakteristik yang berbeda dengan larva serangga Diptera dari kelompok *housefly*, seperti genus *Musca* (lalat rumah) dan *Chrysomya* (lalat hijau). Larva *housefly* memiliki tubuh berbentuk bulat panjang dengan permukaan yang licin dan pembuluh vena berwarna hitam, serta kepala berwarna hitam dengan alat pengait; sedangkan pada lalat BSF warna dari permukaan kepalanya jingga, tidak memiliki pengait, dan tubuh berbentuk bulat datar dan ukuran yang lebih besar dari lalat BSF. Tidak seperti jenis lalat *housefly*, bukan merupakan vektor penyebaran penyakit (Hakim et al., 2017). Berikut adalah taksonomi larva BSF:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Ordo	: Diptera
Family	: Stratiomyidae
Genus	: <i>Hermetia</i>
Species	: <i>Hermetia illucens</i>

Lalat BSF tidak hinggap dan hidup di habitat jaringan yang membusuk seperti lalat hijau. Lalat BSF tidak meletakkannya pada sampah organik secara langsung, tetapi di sekitarnya. Siklus hidup BSF juga sangat singkat pada fase dewasa (8-9 hari) di mana pada seperempat hidupnya lalat BSF tidak makan. Sesaat setelah kawin, lalat jantan akan langsung mati, sedangkan lalat betina juga mati saat masa bertelur. BSF umumnya akan bertelur di sekitar sampah dan meletakkan telurnya di tempat yang kering dan bersih. Siklus hidup lalat BSF dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Siklus Hidup Larva

Sumber : Larouche. 2019

Siklus hidup lalat meliputi masa tahapan telur, larva yang terdiri dari tiga tahapan instar, pupa, dan imago (lalat dewasa) yang berlangsung selama 45 hari (Larouche, 2019). Larva BSF tidak memiliki jam istirahat. Lalat BSF betina menghasilkan sebanyak 320 dan 620 telur (Tomberlin & Sheppard, 2002). Empat hari kemudian, larva menetas menjadi instar, prepupa, hingga menjadi kepompong. Larva BSF berada pada stadium larva pada usia 10 sampai 52 hari dengan rata-rata berat 300 mg tergantung pada pakan dan suhu pemeliharaan. Lalat akan berhenti makan dan memulai melanisasi, menghasilkan warna kutikula yang lebih gelap. Ini terjadi beberapa jam sebelum lalat BSF berganti kulit menjadi prepupa. Lalat pada fase prepupa bermigrasi selama 7-10 hari ke tempat yang kering dan bermetamorfosis menjadi pupa. Pada tahap kepompong, larva tidak bergerak atau makan setidaknya selama 8 hari, dan

berubah menjadi imago. Karena imago tidak makan, cadangan energi yang terkumpul digunakan untuk memenuhi kebutuhan metaboliknya. Lalat betina akan kawin dan bertelur dalam 8 sampai 9 hari, dan akan mati setelahnya.

3.2 Pemeliharaan Larva BSF

Fasilitas pemeliharaan adalah rumah produksi untuk membudidayakan larva BSF. Fasilitas yang diperlukan dalam pengelolaan larva BSF adalah unit penerimaan sampah serta proses awal, dan unit produksi massal. Unit penerimaan sampah merupakan tempat pemrosesan awal limbah organik, dengan cara memilah sampah dari material nonorganik dan material berbahaya. Limbah organik kemudian dicacah secara manual atau menggunakan mesin (*hammer mill*). Larva yang baru menetas membutuhkan tekstur limbah yang sangat halus, sedangkan larva yang telah berbentuk prepupa sudah bisa mencerna limbah dalam bentuk cacahan.

Produksi larva BSF pernah dikerjakan oleh mahasiswa Fakultas Pertanian serta Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Muhammadiyah Jakarta, yang lolos pendanaan DIKTI tahun 2022. Mengacu pada kegiatan yang telah dilakukan (Isbintara et al., 2022), pemeliharaan larva BSF pada kegiatan tersebut dibagi menjadi tiga kegiatan sebagai berikut.

1. Pembuatan Media Tumbuh

- a. Menyiapkan wadah baki.
- b. Memilah limbah organik dan mencacahnya. Khusus makanan untuk larva yang baru menetas, penghalusan dengan blender lebih direkomendasikan.

2. Persiapan Kandang Lalat BSF

Kandang berfungsi sebagai tempat kawin lalat BSF sehingga didapatkan telur untuk produksi massal larva BSF. Rata-rata populasi BSF yang mampu ditampung setiap 10 cm² adalah 40-50 ekor.

- a. Menyiapkan alat dan bahan, yaitu kayu, jaring, plastik UV.
- b. Membangun kandang yang dipagari dengan jaring dan diberikan atap plastik UV.



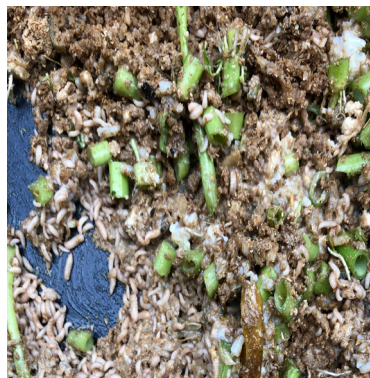
Gambar 3.2. Kandang Lalat BSF

Gambar 3.3. Papan Telur Maggot

- c. Meletakkan papan yang ditumpuk berukuran 5 x 10 cm di atas media ternak.
- d. Larva BSF rata-rata mulai kawin pada hari ke-3 apabila suhu optimal terjaga (27°C–38°C). Jumlah telur yang mampu dihasilkan seekor lalat betina adalah 320-620 telur dalam sekali perkawinannya.
- e. Telur larva dapat diambil setelah berusia 2 hari. Pengambilan telur dapat dilakukan pada malam hari, karena aktivitas kawin dilakukan di pagi dan sore hari.

3. Pembiakan Telur Maggot

- a. Memindahkan telur yang terletak di tempat telur (papan, multiplek atau kardus) ke kotak penetasan.
- b. Pada lingkungan perkembangbiakan BSF, dilakukan penyemprotan air pada lingkungan, agar kondisi lingkungannya tetap lembap. Kondisi kelembapan optimal adalah 30%-40% (Saragi, 2015). Apabila suhu di bawah optimal, maka embrio akan kekurangan oksigen, mengering, dan terkena serangan jamur *ascomycetes*.
- c. Memberikan pakan rutin setiap hari.



Gambar 3.4. Pemberian Pakan Maggot

- d. Larva menetas pada hari ke 3-4 yang kemudian pada hari ke satu menetas ukurannya kurang dari 1 mm atau hampir tidak terlihat.
- e. Pada usia ke-5 hari dari hari pertama menetas, larva dipindahkan ke wadah yang lebih besar (biopond) dan diberi pakan sampah halus yang telah disiapkan sebelumnya sampai dengan usia ke-15. Padat tebar di setiap 1 m² adalah 8-10 kg maggot.
- f. Pada usia ke-15 dilakukan pemanenan larva dengan melakukan penyemprotan air ke media, memisahkan

maggot dengan media (kasgot) dengan cara disaring. Sebanyak 20% maggot disisihkan untuk dibudidayakan sebagai indukan.

4. Pengembangbiakan Maggot untuk Indukan

- a. Larva yang berusia 15 hari (pada tahap sebelumnya), sebagian dipanen dan sebagian (20%) ditinggalkan untuk dibudidayakan sebagai indukan.
- b. Pada usia ke-18 hari larva berubah menjadi fase prepupa.
- c. Pada usia ke-21 larva memasuki fase pupa dan siap dipindahkan ke dalam kandang. Lalat BSF kawin, 2-3 hari setelah kawin betina akan bertelur.

5. Penyisihan Kasgot

Budi daya larva BSF juga menghasilkan limbah sampingan. Cacahan limbah organik yang sudah tercampur dengan kotoran dan jasad larva hidup disebut “bekas maggot” atau lebih dikenal sebagai “kasgot”. Kasgot didapatkan dengan memisahkan maggot dengan sisa-sisa pakan atau media maggot tersebut kemudian disaring atau diayak halus. Kasgot dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik pada usaha pertanian.

3.3 Analisis Proksimat Larva BSF

Analisis proksimat merupakan metode analisis kimia untuk mengidentifikasi kandungan nutrisi seperti protein, karbohidrat, lemak, dan serat yang berasal dari materi makhluk hidup dan umumnya berupa bahan pakan atau pangan. Selain kandungan nutrisi, uji proksimat juga mengukur kadar abu. Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan pangan (Azir et al., 2017). Tabel

3.1. menampilkan hasil uji proksimat larva BSF dalam bentuk basah, kering, dan ditepungkan. Data maggot basah merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian Azir et al., (2017), sedangkan data maggot kering dan tepung maggot merupakan hasil uji proksimat di laboratorium IPB oleh mahasiswa PKM dari UMJ (Isbintara et al., 2022).

Tabel 3.1. Uji Proksimat Larva BSF dalam Bentuk Basah, Kering dan Tepung

No	Jenis	K, air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Serat kasar (%)
1	Maggot basah	74,44	4,35	1,02	30,85	N/A
2	Maggot kering	5,04	7,30	49,44	30,26	11,94
3	Tepung maggot	4,36	22,01	38,31	23,33	9,22

Sumber: Data sekunder ¹⁾ Azir et al., (2017), ^{2,3)} Isbintara et al., (2022)

Kandungan protein pada larva berkisar antara 23,33 hingga 30,85% (Tabel 3.1). Semakin banyak pemrosesan dan pemanasan yang dilakukan, kadar protein pada larva semakin menurun. Hal ini berlaku juga pada kadar lemak, protein, serat, dan kadar airnya. Pemanasan menyebabkan kehancuran pada kadar protein dan serat, sedangkan penggorengan menyebabkan kadar lemak meningkat karena adanya proses penyerapan minyak goreng pada bahan. Pemanasan pada suhu lebih dari 160°C kurang direkomendasikan (Sundari et al., 2015).

Uji proksimat bukan hanya dapat dilakukan untuk melihat kandungan nutrisi pada berbagai bentuk larva, tetapi juga kandungan nutrisi dari berbagai jenis makanan yang dikonsumsi. Beberapa penelitian mengukur menggunakan kadar kering. Pada penelitian Rachmawati et al., (2015), kadar kering pada larva akan meningkat seiring bertambahnya umur. Kadar bahan kering larva BSF meningkat sebesar 26,61 persen

pada umur lima hari dan meningkat kembali sebesar 39,97 persen pada umur 25 hari. Kandungan lemak kasar larva BSF juga meningkat sebesar 13,37 persen pada umur lima hari dan bertambah menjadi 27,50 persen pada umur 25 hari. Larva yang masih muda memiliki kadar protein yang lebih banyak dibandingkan dengan larva tua.

Media tumbuh larva juga memengaruhi kadar nutrisi dan beratnya karena larva BSF menyukai media yang mengandung garam dan asam amino (Wardhana, 2016). Kandungan asam amino akan menambah bobot pupa dan mempercepat perkembangannya menjadi lalat dewasa (Nguyen et al., 2015). Kandungan asam amino terdapat pada limbah daging, dedak ayam, ampas kelapa, dan limbah ikan. Limbah daging dan ikan merupakan kombinasi yang baik sebagai media tumbuh larva BSF. Limbah daging memiliki kadar air lebih rendah sekitar 65,67 persen dengan kandungan protein 10,40 persen dan lemak 15,14 persen lebih tinggi. Selain daging, limbah ikan tuna juga memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi, masing-masing sebesar 25,38 persen 8,77 persen. Limbah ikan juga mampu menarik minat lalat BSF untuk bertelur lebih banyak (Anggia & Putra, 2021; Hakim et al., 2017).

Limbah ampas tahu juga mengandung asam amino, tetapi limbah ini mengandung kadar air tinggi. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan terperangkapnya amonia (NH_3) dan metana (CH_4), sehingga media tumbuh larva menjadi panas dan rendah oksigen (Rofi et al., 2021). Sebagaimana ampas tahu, ampas kelapa juga memiliki kekurangan karena kadar air yang cukup tinggi (Amran & Pane, 2020). Dibandingkan dengan ampas tahu, ampas kelapa memiliki kadar air yang lebih rendah, tetapi kadar protein yang lebih tinggi. Ampas

kelapa juga memiliki tekstur yang lebih sulit dicerna yang menyebabkan nilai reduksinya lebih rendah.

3.4 Reduksi Limbah Organik dengan Larva BSF

Reduksi limbah organik mengukur kemampuan lalat BSF dalam mengonsumsi limbah organik sehingga kuantitas berkurang. Proses tersebut dilakukan oleh bakteri, jamur serta larva serangga (*family*: Chaliforidae, Mucidae, Stratiomyidae). Penggunaan organisme sebagai agen biokonversi adalah inovasi teknologi terbarukan yang ramah lingkungan. Dibandingkan dengan jenis serangga lain, larva BSF memiliki tingkat percepatan reduksi, di mana larva ini mampu mengonsumsi makanan sebanyak dua kali berat tubuhnya. Di dalam usus larva BSF terdapat bakteri selulolitik yang menghasilkan enzim selulase yang berperan dalam hidrolisis selulosa. Organ penyimpanan maggot (*trophocytes*) berfungsi sebagai tempat menyimpan kandungan nutrisi pada media kultur yang dimakannya (Azir et al., 2017). Reduksi limbah organik dapat diketahui dari nilai pengurangan antara limbah yang diberikan dengan jumlah berat akhir limbah. Percepatan reduksi larva BSF dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu di tempat pengembangbiakan (suhu optimum adalah 30-36°C) dan kadar air yang terkandung dalam limbah organik yang dikonsumsi larva (Dortmans et al., 2017).

Nilai reduksi sampah diukur menggunakan Indikator *Waste Reduction Index* (WRI), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa banyak pengurangan limbah organik dalam waktu yang ditentukan. WRI berbanding lurus dengan efisiensi konsumsi sampah organik yang dicerna, artinya semakin tinggi hasil WRI maka konsumsi limbah organik sebagai pakan menjadi

lebih efisien. Tingkat WRI dapat diukur menggunakan rumus berikut (Jucker et al., 2020):

$$\text{Reduksi sampah (g)} = W - R$$

$$\text{WRI} = \frac{D}{t} \times 100$$

$$D = \frac{W-R}{W}$$

Keterangan :

WRI = indeks reduksi

D = tingkat degradasi sampah

T = waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah

R = jumlah sampah yang belum terdegradasi

W = jumlah residu

Beberapa penelitian mengukur nilai reduksi beberapa sampah menggunakan larva BSF sebagai agen biodegradasi. Sampah tersebut antara lain sampah sayuran ikan, ampas tahu, ampas kelapa, dan sampah rumah tangga. Nilai reduksi sampah sayuran lebih tinggi dibandingkan dengan sampah ikan. Reduksi pada sayuran dengan laju pemberian umpan sebesar 20 mg/larva/hari dan hasil reduksi sebesar 63,90%, sedangkan reduksi sampah terendah ada pada limbah ikan dengan laju pemberian umpan sebesar 60 mg/larva/hari dan hasil reduksi sebesar 18,87%. Kepadatan jumlah pakan yang diberikan menyebabkan aktivitas dekomposisi sampah oleh bakteri anaerob meningkat dan menghalangi proses dekomposisi dari larva BSF (Yuwono & Mentari, 2018).

Rachmawati et al., (2015) meneliti laju reduksi oleh larva BSF beberapa limbah ampas tahu dan limbah kelapa. Pada nilai pengumpanan 500 g/larva/3 hari, limbah ampas tahu dinilai

memberikan nilai reduksi lebih (23,33%) dibandingkan dengan limbah fermentasi ampas tahu, ampas kelapa, dan ampas kelapa fermentasi. Ampas tahu memiliki tekstur yang lunak sehingga mudah dicerna sehingga jumlah yang dikonsumsi lalat BSF cenderung lebih banyak.

Larva BSF dapat mereduksi limbah rumah tangga, seperti limbah pakan ayam, limbah pisang, sampah kantin, dan limbah sayuran seperti mentimun (Sipayung, 2015). Proses dekomposisi larva BSF terhadap limbah rumah tangga cenderung menghasilkan nilai reduksi yang baik, yaitu di atas 50%. Dari sejumlah 40 mg/larva/hari pengumpulan yang diberikan, dihasilkan nilai reduksi untuk pakan ayam sebesar 65%, limbah pisang 61%, sampah kantin 65%, dan limbah mentimun sebesar 54%.

•
•
46
•
•

3.5 Potensi Budi Daya Maggot untuk Skala Usaha

Budi daya maggot sangat berpotensi untuk dikembangkan, baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Secara geografis, Indonesia memiliki keuntungan akan banyaknya sinar matahari yang sangat dibutuhkan BSF, sebagai indukan maggot, dalam berkembang biak (KEMENTAN, 2020). Tingginya kandungan protein pada maggot (40-46%) mengakibatkan permintaan akan maggot tersebut semakin meningkat, baik dalam keadaan hidup maupun kering. Kandungan protein dan asam amino yang tinggi tersebut dapat menjadikan maggot sebagai pakan premium untuk berbagai jenis unggas (ayam, bebek, dan burung), ikan, hewan peliharaan lainnya (kucing dan anjing).

Permintaan akan maggot tidak hanya datang dari pasar domestik, tetapi juga pasar luar negeri. Hal ini menjadikan maggot menjadi salah satu produk ekspor yang harus dikembangkan.

Maggot diekspor dalam bentuk larva kering. Selain dalam bentuk larva kering, maggot juga berpotensi diekspor dalam bentuk tepung larva dan minyak hewani (Ramadhan, 2022). Negara tujuan ekspor maggot adalah Jepang dan Inggris. Di negara tujuan ekspor, maggot digunakan sebagai sumber protein campuran bahan pembuatan pakan ternak, seperti unggas dan ikan. Pada periode Januari hingga Maret 2020, tercatat sebanyak 0,6 ton ekspor maggot senilai Rp 44,5 juta tujuan Jepang, sebanyak 1,4 ton ekspor larva kering senilai Rp 857,6 juta tujuan Inggris (KEMENTAN, 2020).



Gambar 3.5. Larva Kering

Studi Kasus 1

Bagi para peternak, budi daya maggot dapat mengurangi biaya pakan ternak. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian Fauzi dan Sari (2018) tentang analisis usaha budi daya maggot sebagai alternatif pakan lele, yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Biaya Budi Daya Maggot

Biaya	Nama Alat	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Peralatan	Bak	6	Buah	68.000	408.000
	Tutup bak	6	Buah	9.000	54.000
	Seng gelombang 80 x 180 cm	4	Buah	63.000	253.000
	Kelambu jaring	15	Meter	6.000	90.000
	Ember/baskom	3	buah	15.000	45.000
	Kayu 5 x 7 x 200 cm	12	potong	29.000	338.000
	Sekop	1	buah	37.500	37.500
	Paku	1	kg	18.500	18.500
			Jumlah		1.028.000
Bahan baku media	Ampas tahu	69	kg	725	43.500
	Ikan asin	10	kg	11.000	110.000
	Kotoran ternak	30	kg	833	25.000
				Jumlah	
Tenaga kerja	Tenaga kerja	1	orang	100.000	100.000
	Jumlah				100.000

Biaya variabel yang digunakan dalam budi daya maggot adalah biaya bahan baku media dan biaya tenaga kerja. Biaya peralatan tidak dimasukkan karena biaya peralatan tidak dihitung karena merupakan dianggap sebagai investasi awal yang kemudian diasumsikan dapat tertutupi oleh keuntungan yang didapatkan. Asumsi lainnya adalah peternak lele membutuhkan 250 kg pelet untuk membesarkan 400 bibit ukuran 3-5 cm. Harga 1 sak pelet isi 30 kg adalah Rp 255.000, sehingga 1 kg pelet berharga Rp 8.500. Jika peternak lele menggunakan 100% pelet untuk pakan maka biaya yang dibutuhkan adalah **Rp 2.125.000** (250 kg x Rp. 8.500).

Jika peternak lele menggunakan 50% pelet dan 50% maggot maka dibutuhkan biaya pengadaan 125 kg pelet ditambah dengan biaya pengadaan 125 kg maggot. Biaya yang dibutuhkan untuk 125 kg pelet adalah Rp 1.062.500 (125 kg x Rp 8.500). Dalam satu kali produksi dapat dihasilkan 60 kg maggot jumlah biaya bahan baku + biaya tenaga kerja Rp 278.000 (biaya bahan baku + biaya tenaga kerja) sehingga biaya untuk menghasilkan 125 kg maggot adalah Rp 579.166 (125 kg/60 kg x Rp278.000). Biaya jika peternak menggunakan 50% pelet dan 50% maggot adalah Rp1.062.500 + Rp579.166 = **Rp 1.641.666**. Penghematan yang didapatkan jika peternak menggunakan 50% pelet dan 50% maggot. dibandingkan menggunakan 100% yaitu Rp 2.125.000 - Rp 1.641.666 = **Rp 483.334** atau **22,74%**.

Studi Kasus 2

Penelitian lain dilakukan oleh Hardini dan Gandhy (2020) tentang Analisis Harga Pokok Produksi Usaha Budi Daya Larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia Illucens*) Skala Rumah Tangga. Penelitian tersebut menunjukkan biaya-biaya yang dikeluarkan dalam budi daya maggot. Adapun biaya-biaya yang dikeluarkan adalah sebagai berikut.

Tabel 3.3. Biaya Variabel Budi Daya Maggot

Komponen	Harga Satuan (Rp)	Kebutuhan/Bulan (Kg)	Biaya Per Bulan (Rp)
Dedak	4.000	15	60.000
Pur	6.000	15	90.000
Bensin	9.800	2	78.400
Total			228.400

Tabel 3.4. Biaya Tetap Budi Daya Maggot

Komponen	Harga	Umur Pakai (Bulan)	Biaya Penyusutan (Rp)
Biopond 7 unit	4.000.000	60	66.667
Rak Penyimpanan Pupa	600.000	60	10.000
Rak Penetasan Telur	600.000	60	10.000
Kandang Induk BSF	3.000.000	36	83.333
Motor dan Gerobak Pengangkut	6.000.000	60	100.000
Sampah Organik			
Baki Tempat Telur	300.000	24	12.500
Ayakan Maggot	100.000	24	4.167
Ember Tempat BSF Bertelur	120.000	24	5.000
Total			291.667

Tabel 3.5. Biaya Total Budi Daya Maggot

Keterangan	Jumlah (Rp)
Biaya Variabel	228.400
Biaya Tetap	291.667
Total	520.067

Berdasarkan Tabel 3.5, total biaya yang dikeluarkan setiap bulan adalah sebesar Rp 520.067. Larva BSF dapat dipanen setiap 14 hari. Jadi, selama 1 bulan dapat dilakukan 2 kali panen per biopond. Dalam 1 kali panen, setiap biopond dapat menghasilkan 15 kg larva BSF. Sehingga dalam 1 bulan, setiap biopond menghasilkan 30 kg larva BSF. Maka 7 unit biopond menghasilkan larva BSF (maggot) 210 kg/bulan. Dari perhitungan sebelumnya diperoleh harga pokok produksi maggot per kilogram adalah $\text{Rp } 520.067/210 \text{ kg} = \text{Rp } 2.477/\text{Kg}$. Sementara harga jual larva BSF (maggot) adalah Rp 6.000–Rp 15.000/kg. Sehingga keuntungan yang diperoleh sebesar **Rp 3.523 – Rp 12.532/kg**.

3.6 Diskusi

DISKUSI I Studi Kasus di Jepang

Jepang dikenal sebagai salah satu negara yang aktif mendorong masyarakatnya untuk melakukan kegiatan berwawasan daur ulang (Damanhuri & Padmi, 2019). Tradisi memilah dan mengelola sampah berdasarkan jenisnya mulai diperkenalkan di Jepang pada tahun 1970-an. Saat ini konsep ini lebih dikenal dengan 3R yaitu *Reduce, Reuse* dan *Recycle*. Budaya ini selanjutnya mendapatkan dukungan dari Parlemen Jepang dengan disahkannya undang-undang mengenai pengolahan sampah yang berlandaskan Daur Ulang atau *Basic Law for Promotion of the Formation of Recycling Oriented Society*.

50 Kesadaran masyarakat Jepang akan kebersihan sangat tinggi. Di negara tersebut tempat sampah tidak selalu disediakan, tetapi sepanjang jalan lingkungan terlihat bersih. Masyarakat memiliki kebiasaan membawa tas khusus dan dalam keadaan tidak ditemukan tempat sampah, mereka akan membawa sampah hingga sampai di rumah.

Rumah tangga di Jepang sudah melakukan kegiatan pengelolaan sampah dengan memiliki dua tempat sampah, yang memisahkan antara sampah organik dan anorganik. Pemilahan ditandai berdasarkan warna plastik sampah, yaitu kuning untuk sampah anorganik yang tidak mudah terurai (*nondegradable*) dan merah muda untuk jenis sampah organik yang mudah terurai (*degradable*). Sampah anorganik pun masih dibagi menjadi beberapa kategori (Gambar 3.6.)



Gambar 3.6. Limbah dan Pemilahnya di Jepang

Sumber: Youtube Mellow in Japan (2018)

Selain membaca bacaan di atas, Anda dapat mengakses [link](#) yang akan tersambung ke YouTube. Simaklah video tersebut untuk menambah pemahaman pada studi kasus di Jepang.

Diskusikan

1. Bagaimana kondisi pengelolaan sampah di Indonesia saat ini, baik di tingkat individu maupun pemerintah?
2. Bagaimana kemungkinan Indonesia mampu mengelola sampah dengan baik seperti di Jepang hingga pada tingkat individu?
3. Sejauh mana peran yang sudah Anda lakukan dalam pengelolaan sampah organik untuk mengurangi polusi lingkungan?



DISKUSI II

Pemanfaatan Agen Biodegradasi melalui Kegiatan Penyuluhan

Pemanfaatan agen biodegradasi pernah dijadikan program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) pada tulisan Prosiding Seminar Nasional LPPM dengan judul Branding Ikan Hias Pasar Parung melalui Penyuluhan dan Pembuatan e-catalog (Haryanto et al., 2022). Kegiatan tersebut dilaksanakan di Hafiz Koi Farm, Kecamatan Ciseeng, Kabupaten Bogor pada 25 September 2022. Sasaran dari program tersebut yaitu para pembudidaya ikan hias yang tergabung dalam Koperasi Perhimpunan Pedagang Ikan Hias Parung (KPPIH).

Koperasi ini menjadi payung bagi para pedagang ikan hias Parung yang menjadi salah satu sentra produksi terbesar ikan hias di Kabupaten Bogor. KPPIH berlokasi di Pasar Parung, Kampung Jati, Desa Waru dengan luas pasar sebesar 800 m² diisi oleh sekitar 270 orang dengan profesi pedagang dan peternak ikan hias. Konsumen ikan hias pasar Parung berasal dari berbagai daerah seperti wilayah Jabodetabek dan luar kota seperti Lampung, serta Bengkulu. Konsumen ikan hias di pasar ini ada juga yang berasal dari mancanegara seperti Malaysia, Jepang, Filipina, dan Tiongkok.

Kegiatan penyuluhan di Parung bertujuan untuk mengedukasi masyarakat khususnya para peternak ikan hias Parung terkait pentingnya pakan alternatif ikan hias di bidang pelet. Pada kegiatan tersebut, mahasiswa yang membudidayakan larva lalat *Black Soldier Fly* (BSF) untuk pakan ikan hias dalam bentuk maggot kering memaparkan edukasinya tentang manfaat dan keunggulan nutrisi pakan larva BSF. Manfaat yang dapat dirasakan dalam pembudidayaan maggot yaitu berkurangnya

volume sampah organik dan menambah sumber pendapatan bagi pembudidaya maggot. Melalui pengujian kandungan nutrisi, bahan baku pakan ikan dalam bentuk maggot basah dan maggot kering memiliki kandungan protein sangat tinggi (>30%), begitu pula pakan maggot dalam bentuk tepung memiliki nilai protein lebih dari 20%. Mahalnya bahan baku pakan umumnya karena pakan tersebut merupakan bahan pakan sumber protein yang artinya pakan tersebut mengandung protein tinggi di atas 20% (Wijayanti, 2019). Selain itu, kasgot (sisa sampah yang terdegradasi yang bercampur dengan kotoran larva dan larva mati) juga dapat dijadikan pupuk organik untuk tanaman pertanian.



Gambar 3.7. Penyuluhan Pemanfaatan Agen Biodegradasi

Sumber: Haryanto, et al (2022)

Selain memberikan edukasi manfaat larva BSF sebagai pakan ikan, tim tersebut memberikan edukasi lainnya terkait promosi dan pemasaran produk ikan hias melalui pembuatan *e-cataloge*. *E-catalog* yang dibuat dalam penyuluhan tersebut menampilkan informasi tentang pasar ikan hias Parung, berbagai jenis ikan hias yang dijual, kisaran harga tiap jenis ikan hias, dan informasi pakan ikan The Larva yang berasal dari maggot BSF. Tampilan *e-catalog* yang dikemas secara menarik dan informatif meningkatkan minat dan daya jual ikan hias para pembudidaya ikan.



Gambar 3.8. E-catalog pemasaran Larva-Agen Biodegradasi sebagai pakan Ikan Hias

Sumber: Haryanto, et al (2022)

Dari kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan Haryanto et al., (2022) mendapatkan respon yang positif dari masyarakat peternak ikan hias Parung. Hal ini terlihat dari tingkat partisipasi dan peningkatan pemahaman peserta penyuluhan. Selain itu, kontribusi lain yang diberikan oleh pengabdian kepada masyarakat yaitu pemberian buku katalog ikan hias dan e-catalog kepada para peserta penyuluhan.

Bacalah studi kasus tersebut secara lengkap disini. Pelajari dan sampaikan pendapat Anda, terkait 2 poin untuk didiskusikan berikut.

Diskusikan

1. Sebutkan dan jelaskan dampak pemanfaatan Agen Biodegrasi bagi masyarakat?
2. Berikan ide, konsep dan rencana yang bisa Anda terapkan terkait pemanfaatan Agen Biodegrasi di lingkungan masyarakat



LATIHAN SOAL

1. Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 menyebutkan bahwa tanggung jawab pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga berada pada:
 - a. Pemerintah
 - b. Kelurahan
 - c. Desa
 - d. RT dan RW
 - e. Seluruh elemen Masyarakat
2. Sampah yang berasal dari aktivitas penduduk di perkotaan sangat besar jumlahnya dan diduga berpotensi sebagai sumber gas yang menimbulkan efek rumah kaca yaitu:
 - a. Gas Metana
 - b. Gas Oksigen
 - c. Gas Hidrogen
 - d. Gas Helium
 - e. Gas Carbonmonoksida
3. Permintaan akan moggot semakin meningkat karena:
 - a. Kadar lemaknya yang tinggi
 - b. Kadar karbohidratnya yang rendah
 - c. Kadar lemaknya yang rendah
 - d. Kadar protein yang rendah
 - e. Kadar proteinnya yang tinggi
4. Moggot selain dalam bentuk larva kering dan minyak hewani juga diekspor dalam bentuk:
 - a. Larva basah
 - b. Campuran dengan tanah
 - c. Larutan larva

- d. Tepung larva
 - e. Campuran dengan sampah anorganik
5. Maggot digunakan sebagai sumber protein campuran bahan pembuatan pakan ternak, sementara ini diekspor ke:
- a. Belanda dan rusia
 - b. Spanyol dan Bulgaria
 - c. Jepang dan Inggris
 - d. India dan Banglades
 - e. Australia dan Swedia
6. Penggunaan organisme sebagai agen biokonversi adalah inovasi teknologi terbaru yang:
- a. Membahayakan lingkungan
 - b. Merusak Lingkungan
 - c. Menimbulkan polusi lingkungan
 - d. Ramah lingkungan
 - e. Menimbulkan mutasi genetik.
7. Lalat BSF tidak hinggap dan hidup di habitat jaringan yang membusuk seperti:
- a. Lalat buah
 - b. Lalat mata merah
 - c. Lalat Hijau
 - d. Lalat Bangkai
 - e. Lalat mata biru
8. Budi daya larva BSF juga menghasilkan limbah sampingan. Cacahan limbah organik yang sudah tercampur dengan kotoran dan jasad larva hidup disebut :
- a. Pupuk anorganik
 - b. Pupuk organik Cair
 - c. Pupuk kandang
 - d. Kasgot
 - e. Pupuk anorganik cair

9. Semakin banyak pemrosesan dan pemanasan yang dilakukan, kadar protein pada larva semakin:
 - a. Baik
 - b. Bertambah
 - c. Meningkatkan
 - d. Menurun
 - e. Berkembang.
10. Media tumbuh larva juga memengaruhi kadar nutrisi dan beratnya karena larva BSF menyukai media yang mengandung:
 - a. Garam dan asam amino
 - b. Gula dan karbohidrat
 - c. Pati dan Lemak
 - d. Glukosa dan sakarida
 - e. Gula dan lemak
11. Proses dekomposisi larva BSF terhadap limbah rumah tangga cenderung menghasilkan nilai reduksi yang:
 - a. Baik diatas 50 %
 - b. Baik di atas 20 %
 - c. Baik di atas 90 %
 - d. Tidak baik kurang dari 50 %
 - e. Tidak baik kurang dari 30 %
12. Beberapa penelitian mengukur nilai reduksi beberapa sampah menggunakan larva BSF sebagai agen biodegradasi menghasilkan:
 - a. Nilai reduksi sampah sayuran lebih tinggi dibandingkan dengan sampah ikan.
 - b. Nilai reduksi sampah sayuran lebih rendah dibandingkan dengan sampah ikan.

- c. reduksi sampah terendah ada pada limbah rumah tangga dengan laju pemberian umpan sebesar 60 mg/larva/hari dan hasil reduksi sebesar 18,87%.
 - d. reduksi sampah tertinggi ada pada limbah ikan dengan laju pemberian umpan sebesar 60 mg/larva/hari dan hasil reduksi sebesar 18,87%.
 - e. Nilai reduksi sampah rumah tangga lebih rendah dibandingkan dengan sampah ikan.
13. Apa yang menjadikan maggot sebagai pakan premium untuk berbagai jenis unggas (ayam, bebek, dan burung), ikan, hewan peliharaan lainnya (kucing dan anjing)?
- a. Kandungan protein dan asam amino yang rendah
 - b. Kandungan protein dan asam amino yang tinggi
 - c. Kandungan garam dan mineral yang tinggi
 - d. Kandungan energi yang tinggi
 - e. Kandungan energi yang rendah
14. Nilai reduksi sampah diukur menggunakan Indikator *Waste Reduction Index* (WRI), yaitu nilai yang menunjukkan:
- a. Seberapa banyak pengurangan limbah organik dalam waktu yang ditentukan.
 - b. seberapa banyak penambahan limbah organik dalam waktu yang ditentukan
 - c. Seberapa banyak pengurangan limbah anorganik dalam waktu yang ditentukan.
 - d. Seberapa banyak penambahan limbah anorganik dalam waktu yang ditentukan
 - e. seberapa banyak pengurangan limbah anorganik dalam waktu setahun

15. Percepatan reduksi larva BSF dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:
- a. Suhu optimum 20-25
 - b. Suhu minimum 20 – 30
 - c. Suhu optimum 30 – 36
 - d. Suhu minimum 30 – 36
 - e. Suhu maksimum 40 – 80

Kunci Jawaban Soal Latihan:

1. E
2. A
3. E
4. D
5. C
6. D
7. C
8. D
9. D
10. A
11. A
12. A
13. B
14. A

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, A., & Pane, M. G. 2020. "Pemanfaatan Sampah Sebagai Budidaya Maggot Lalat BSF Untuk Pakan Ikan di Desa Suram". *Jurnal Abdi Sabha* 1, no. 1: 27-33.
- Anggia, R., & Putra, R. E. 2021. "Perbandingan Preferensi Oviposisi Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*) terhadap Berbagai Media Penarik Bertelur". *Jurnal Biologi Udayana* 25, no. 2: 157.
- Anindyawati, T. 2010. "Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik". *Berita Selulosa* 45, no. 2: 70-77.
- Azir, A., Harris, H., & Haris, R. B. K. 2017. "Produksi dan Kandungan Nutrisi Maggot (*Chrysomya Megacephala*) Menggunakan Komposisi Media Kultur Berbeda". *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan* 12, no. 1: 34-40.
- Badan Standardisasi Nasional. *SK SNI S-04-1993-03 Standar Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. *SNI 19-2454-2002 Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*.
- Damanhuri, E., & Padi, T. 2019. *Pengelolaan Sampah Terpadu (Kedua)*. ITB Press.
- Dengah, S.P., Umboh, J.F., Rahasia, C.A., Kowel, Y.H.S. 2016. "Pengaruh Penggantian Tepung Ikan dengan Tepung Maggot (*Hermetia illucens*) dalam Ransum terhadap Performans Broiler". *J Zooteh* 36, no. 1: 51-60.

- Dewan Perwakilan Rakyat [DPR]. 2022. "Ditjen PSLB3 KLHK Didesak Miliki Langkah Terukur Tangani Volume Sampah". *Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia*. Diakses pada 3 Desember 2022. <https://www.dpr.go.id/berita/detail/id/40924/t/Ditjen+PSLB3+KLHK+Didesak+Miliki+Langkah+Terukur+Tangani+Volume+Sampah>.
- Doraja, P.H., Shovitri, M., Kuswytasari, N.D. 2012. "Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik". *J sains dan seni its 1*, no. 1: E44-E47.
- Dortmans, B., Dienar, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. 2017. *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)* (P. Donahue (ed.)). Eawag - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Envihsa. 2020. "Sampah dan Hubungannya dengan Gas Emisi Rumah Kaca". *Envihsa*. Diakses pada 3 Desember 2022. <https://envihsa.fkm.ui.ac.id/2020/02/28/ehi-feb-march/>.
- Fauzi, R.U.A., & Sari, R.E.N. 2018. "Analisis Usaha Budidaya Maggot sebagai Alternatif Pakan Lele". *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri 7*, no. 1: 36-46.
- Hakim, A. R., Prasetya, A., & Petrus, H. T. B. 2017. "Potensi Larva *Hermetia illucens* sebagai Pereduksi Limbah Industri Pengolahan Hasil Perikanan". *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada 19*, no. 1: 39.
- Hardini, S. Y. K., & Gandhy, A. 2020. "Analisis Harga Pokok Produksi Usaha Budi Daya Larva *Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)* Skala Rumah Tangga". *Prosiding Seminar Nasional Virtual Sistem Pertanian Terpadu dalam Pemberdayaan Petani Politeknik Negeri Payakumbuh*. 24 September 2020.
- Haryanto, L. I., Isbintara, R., Juniarsih, D. A., Salmah, Ritonga, M. S., & Hasna, F. 2023. Utilization of Black Soldier Spy's Larvae for Integrated Waste Management. *Russian Journal*

- of Agricultural and Socio-Economic Sciences, 137. No. 5, 56–65. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2023-05.06>
- Hayatilllah, N., & Suwandi, J. 2018. Gas Hidrogen Sulfida (H₂S): Potensi Ancaman Asfiksia pada Peternak. *Agromedicine*, 5. No. 1, 444–448.
- Herlambang, A., Susanto, H., Wibowo, K. 2010. “Produksi Gas Metana dari Pengolahan Sampah Perkotaan dengan Sistem Sel”. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT* 11, no. 3: 389-399.
- Houghton, Sir John. 2004. *Global Warming; The Complete Briefing* 3rd edition, Cambridge University Press.
- Irawan, D., Khudori, A. 2015. “Pengaruh Suhu Anaerobik terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Kolam Ikan Gurame”. *TURBO* 4, no. 1: 17-22.
- Isbintara, R., Ritonga, M. S., Juniarsih, D. A., Salmah, & Hasna, F. 2022. *Laporan PKM The Larva : Pakan Ternak Berprotein Tinggi Solusi Cemaran Limbah Industri Retail*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Jucker, C., Lupi, D., Moore, C. D., Leonardi, M. G., & Savoldelli, S. 2020. “Nutrient Recapture From Insect Farm Waste: Bioconversion with *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae)”. *Sustainability (Switzerland)* 12, no. 362: 1–12. <https://doi.org/10.3390/su12010362>.
- Kahfi, A. 2017. “Tinjauan terhadap Pengelolaan Sampah”. *Jurisprudentie* 4, no. 1: 12-25.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2022. Limbah. <https://kbbi.web.id/limbah.html>. [03 Desember 2022].
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia [KEMENTAN]. 2020. “Tetap Tinggi, Permintaan Dua Jenis Larva Kering di Pasar Dunia”. *Kementerian Pertanian Republik Indonesia*. Diakses pada 2 Desember 2022. <https://www.pertanian>.

go.id/home/?show=news&act=view&id=4305.

Komala, O., Sugiharti, D., Darda, R.I. 2012. "Pengelolaan Sampah Organik Menggunakan Mikroorganisme". *Ekologia* 12, no. 2: 1-8.

Larouche, J. (2019). "Processing Methods for the Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae : From Feed Withdrawal Periods to Killing Methods". In *Master thesis* (Issue Februari). Universite Laval, Canada.

Liang, C., Das, K.C., McClendon, R. 2003. "The Influence Temperature and Moisture Contents Regimes on the Aerobic Microbial Activity of a Biosolids Composting Blend". *Bioresource Technology* 86, no. 02: 131-137.

Liwarska-Bizukojc, E., Ledakowicz, S. 2003. "Stoichiometry of the Aerobic Biodegradation of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste (MSW)". *Biodegradation* 14: 51-56.

Mellow in Japan. 2018. *Waste and Recycling in Japan Japanology*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rzHeDlejBkw>.

Muspa, A., Kadir, K., Darmilan, Mappanganro, N., Hasyimuddin, & Nur, F. 2017. Penanggulangan Bau Sampah Menggunakan Ampas Kopi (sebuah review). Prosiding Seminar Nasional Biology for Life, November, 60-62. <https://doi.org/10.24252/bio.v1i2.451>. Pakpahan

Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. 2015. "Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste". *Environmental Entomology* 44, no. 2: 406-410.

Paramita, P., Shovitri, M., & Kuswyasari, N.D. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan*

Seni ITS, 1: 23-26.

Purnama, S.G. 2016. Buku Ajar Penyakit Berbasis Lingkungan. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_dir/e1cf67b8122c12a4d2a95d6ac50137ff.pdf. [03 Desember 2022].

Purwana, Petrus. 2021. "Begini Dahsyatnya Dampak Pemanasan Global". *CNBC Indonesia*. Diakses pada 3 Desember 2022. <https://cnbcindonesia.com/opini/20211022102830-14-285742/begini-dahsyatnya-dampak-pemanasan-global>.

Rachmawati, Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S., & Fahmi, M. R. 2015. "Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit". *Jurnal Entomologi Indonesia* 7, no. (1): 28–41. <https://doi.org/10.5994/jei.7.1.28>.

Rahayu, D.E., Sukmono, Y. 2013. "Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Organik Pasar Berdasarkan Karakteristiknya (Studi Kasus Pasar Segiri Kota Samarinda)". *J Sains dan Teknologi Lingkungan* 5, no. 2: 77-90.

Ramdhan, A. 2022. "Kementan Peluang Ekspor Maggot ke Eropa Terbuka Lebar". *Antara*. Diakses pada 2 Desember 2022. <https://www.antaraneews.com/berita/3150521/kementan-peluang-ekspor-maggot-ke-eropa-terbuka-lebar>.

Republik Indonesia. 2008. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39067/uu-no-18-tahun-2008>.

Rofi, D. Y., Auvaria, S. W., Nengse, S., Oktorina, S., & Yusrianti, Y. 2021. "Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly

(*Hermetia illucens*) sebagai Upaya Percepatan Reduksi Sampah Buah dan Sayuran." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 22, no. 1: 130-137.

Ruslinda, Y., Hayati, R. 2013. "Analisis Karakteristik Biologi Sampah Kota Padang". *TEKNIKA* 20, no. 1: 33-39.

Salman, N., Nofiyanti, E., Nurfadhilah, T. 2020. "Pengaruh dan Efektivitas Maggot Sebagai Proses Alternatif Penguraian Sampah Organik Kota di Indonesia". *Serambi Engineering* 5, no. 1: 835-841.

Saragi, E. S. 2015. *Penentuan Optimal Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens) dalam Mereduksi Sampah Organik Pasar*. Institut Teknologi Sepuluh November.

Sipayung, P. Y. E. 2015. *Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah di Daerah Perkotaan*. Institut Sepuluh November.

Sholehah, D. N., & Djunaedy, A. 2015. Potensi Berbagai Limbah Pertanian sebagai Anti Rayap. *Agrovigor*, 8. No. 1, 68-72

Sumber Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. 2021. "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah Tahun 2021". *SIPSN*. Diakses pada 30 November 2022. sipsn.menlhk.go.id/sipsn/.

Sundari, D., Almasyhuri, A., & Lamid, A. 2015. "Pengaruh Proses Pemasakan Terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumber Protein". *Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan* 25, no. 4: 235-242.

Tchobanoglous, G.H., Theissen, H. Vigil, S.A. 1993. *Integrated solid Waste Management*. McGraw Hill.

Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. 2002. "Factors Influencing Mating and Oviposition of Black Soldier Fly Flies in a Colony". *Journal of Entomological Science* 37, no. 4: 345-352.

Turista, D.D.R. 2017. Biodegradasi Limbah Cair Organik

- Menggunakan Konsorsium Bakteri sebagai Bahan Penyusun Buku Ajar Matakuliah Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3 no. 2: 95-102.
- Wardhana, A. H. 2016. "Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as an Alternative Protein Source for Animal Feed". *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences* 26, no. 2: 69-78.
- Wijayanti, R. 2019. Mengenal Ransum Ternak. Diakses pada 06 Juli 2023. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/70888/Mengenal-Ransum-Ternak/>
- Yunus, E. Y., Hamdana, A. K., Wicaksono, Y., Zunaidi, B. S., & Arliansyah, A. A. 2022. Pendayagunaan Limbah Kulit Bawang Merah sebagai Bahan Pembuatan Pestisida Organik pada Desa Sekarkare. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 3. No.1, 216-219.
- Yuwono, A. S., & Mentari, P. D. 2018. *Penggunaan Larva (Maggot) Black Soldier Fly (BSF) dalam Pengelolaan Limbah Organik (Pertama)*. Seameo Biotrop. <https://www.yumpu.com/id/document/read/62679327/1548391649-buku-penggunaan-larva-bsf-gabung>.
- Zahra, F., Damanhuri, T.P. 2011. "Kajian Komposisi, Karakteristik, dan potensi Daur Ulang Sampah di TPA Cipayung, Depok". *J Teknik Lingkungan* 17, no. 1: 59-69.

BIOGRAFI PENULIS

Lorenta In Haryanto, menyelesaikan studi S-1 di Institut Pertanian Bogor dan S-2 di Universitas Gadjah Mada, pada program studi Agribisnis. Profesi saat ini adalah dosen program studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta, dan sebagai Tenaga Ahli pada Proyek Investasi Komoditas Hortikultura–Kementerian Investasi, periode tahun 2022. Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan penelitian, pengabdian kepada masyarakat dan pendampingan pada program kemahasiswaan, yaitu PKM-K dan P2MW yang telah lolos pendanaan Kemenristekdikti Tahun Anggaran 2022 dan 2023. Fokus bidang ilmu penulis adalah Agribisnis Tanaman Hias di Perkotaan, dan Agribisnis Berkelanjutan khususnya potensi ekonomi pengelolaan limbah perkotaan. Rekam jejak kegiatan dapat diakses pada Google Scholar dan ID SINTA: 6737016.

Dian Diani Tanjung, menyelesaikan pendidikan S-1 di Universitas Muhammadiyah Jakarta pada program studi Agroteknologi dan S-2 di Institut Pertanian Bogor pada program studi Agronomi dan Hortikultura. Profesi penulis saat ini sebagai dosen program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta. Fokus ketertarikan penulis adalah Agronomi dan Hortikultura, khususnya terkait dengan Fisiologi dan Produksi Tanaman Budi Daya.

Sukrianto, lahir 11 September 1965 di Tanjung Pinang Kepulauan Riau. Memperoleh gelar S-1 di Institut Pertanian Bogor (IPB) program studi Arsitektur Pertamanan tahun 1991. Meraih gelar Magister Agama (MA) program studi Kajian Keislaman (Ekonomi Islam) di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta tahun 2008. Saat ini sedang menyelesaikan program doktoral pada program studi Kajian Keislaman (Ekonomi Islam) di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Profesi penulis saat ini sebagai staf pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta program studi Agroteknologi, mengampu mata kuliah Arsitektur Lanskap dan Pemeliharaan Lanskap.

Dessy Iriani Putri, menyelesaikan studi S-1 di program studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang dan S-2 di Magister Sains Agribisnis Institut Pertanian Bogor. Profesi saat ini adalah dosen program studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta. Penulis juga sebagai Ketua UPT Pusat Inkubator Bisnis dan Kewirausahaan Universitas Muhammadiyah Jakarta tahun 2022-2025. Fokus ketertarikan penulis adalah bidang Agribisnis, khususnya Manajemen Agribisnis, dan Sosial Pertanian. Selain mengajar mata kuliah Kewirausahaan dan Penyuluhan Pertanian, penulis juga mengajar Sistem Pertanian Berkelanjutan salah satunya topik pengelolaan limbah.

Alif Haidir Adana, menyelesaikan studi S-1 di program studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan S-2 di Magister Manajemen Agribisnis, Universitas Gadjah Mada. Profesi saat ini adalah dosen program studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta. Fokus ketertarikan penulis adalah Agribisnis dan Ekonomi Pertanian, khususnya terkait tanaman cabai.