

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Populasi manusia pada tahun 2050 diperkirakan akan mencapai 9,7 miliar orang (United Nations, 2022). Pesatnya pertumbuhan populasi manusia dapat berdampak pada produksi sampah yang diperkirakan mencapai 3,4 miliar ton pada tahun 2050 (Kaza dkk., 2018). Produksi sampah yang melimpah akan berdampak paling besar pada negara-negara berpendapatan rendah dan menengah karena pengelolaan sampah yang tidak berkelanjutan. Di negara-negara berpendapatan tinggi, sebagian besar sampah dikumpulkan dan diolah melalui program yang didanai pemerintah. Berbeda dengan pengelolaan sampah di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah yang belum sepenuhnya memadai untuk menangani jumlah sampah yang dihasilkan karena keterbatasan sumber daya.

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang dengan populasi manusia terbanyak ke-4 di dunia memiliki tantangan yang besar dalam menghadapi permasalahan sampah. Bahkan sudah menjadi rahasia umum bahwa timbunan sampah di Indonesia tidak ditangani atau dikelola dengan baik. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), timbunan sampah di Indonesia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Terhitung sejak tahun 2019, timbunan sampah pada tahun 2022 berjumlah paling banyak dibandingkan empat tahun sebelumnya. Pada tahun 2022 jumlah sampah yang dihasilkan mencapai 34,9 juta ton dengan rata-rata jumlah sampah yang terkumpul per hari 95.500 ton. Jumlah tersebut jauh lebih banyak dibandingkan tahun 2019 yang hanya sebanyak 29,3 juta ton dengan jumlah sampah harian 80.200 ton (KLHK, 2022). Jika sampah yang dihasilkan tidak ditangani dan dikelola dengan baik, maka akan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan (Rarastry, 2016). Masalah lingkungan yang paling mendesak akibat timbunan sampah adalah pelepasan gas metana (Rarastry, 2016).

Berdasarkan data yang dihimpun oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022, sampah organik menjadi jenis sampah terbanyak

yang dihasilkan di Indonesia, yaitu sebanyak 60% dari seluruh sampah. Saat bahan organik di tempat pembuangan sampah terurai, gas metana dilepaskan. Metana (CH_4) adalah salah satu gas rumah kaca yang paling berbahaya dan menjadi penyebab utama perubahan iklim karena metana dapat memerangkap radiasi panas matahari di atmosfer 84 kali lebih efektif dibandingkan dengan gas rumah kaca lainnya seperti karbon dioksida (CO_2), sehingga dapat menyebabkan peningkatan suhu bumi akibat pemanasan global yang memengaruhi pola cuaca dan iklim di seluruh dunia (Environmental Defense Fund, 2015).

Pada saat yang sama, peningkatan populasi manusia tidak hanya mengakibatkan permasalahan sampah. Peningkatan populasi manusia juga kemungkinan besar akan mengakibatkan perubahan dalam permintaan pangan dan produk pertanian lainnya (FAO, 2017). Produksi pertanian diproyeksikan meningkat sebesar 49% antara tahun 2013 dan 2050 (FAO, 2017), sedangkan dari tahun 2005/2007 hingga 2050, produksi daging, telur, dan susu diproyeksikan meningkat masing-masing sebesar 76%, 64%, dan 62% (Alexandratos, N. & Bruinsma, 2012). Adapun produksi ikan sebagai bahan pangan pada tahun 2030 diproyeksikan meningkat sebesar 17,6% (setara dengan 30 juta metrik ton bobot hidup) dibandingkan pada tahun 2016 (FAO, 2018). Peningkatan produksi pangan asal ternak akan mengakibatkan peningkatan besar dalam permintaan pakan ternak kaya protein (Surendra & Kuehnle, 2019). Kebutuhan untuk meningkatkan produksi pakan ternak kaya protein tanpa membutuhkan biaya yang tinggi sambil meminimalkan kemungkinan dampak buruk terhadap lingkungan menjadi salah satu permasalahan terbesar bagi peternak.

Bahan pakan yang selama bertahun-tahun telah menjadi sumber utama protein konvensional dalam produksi ternak adalah tepung ikan dan tepung kedelai. Pada tahun 2018, produksi tepung ikan diperkirakan mencapai 5,6 juta ton secara global (EUMOFA, 2019), sedangkan produksi kedelai mencapai 350 juta ton dengan 85% diantaranya digunakan untuk pakan ternak, 15% sisanya untuk produk pangan (Ritchie, 2021). Meskipun kedelai akan tetap menjadi komoditas penting di masa mendatang, industri ini dihadapkan pada permasalahan lingkungan yang serius, seperti deforestasi, hilangnya keanekaragaman hayati, dan penggunaan herbisida yang berlebihan (Voora dkk., 2020). Pembuatan tepung ikan juga

diketahui mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, seperti deplesi, eutrofikasi, dan kerusakan badan air (Ghamkhar & Hicks, 2020).

Mengacu pada pernyataan sebelumnya, ada keterkaitan antara masalah ketahanan pangan asal ternak yang berhubungan langsung dengan penggunaan sumber bahan pakan yang tidak berkelanjutan yang berakar dari pesatnya pertumbuhan populasi manusia, ditambah masalah lingkungan dengan dihasilkannya sampah organik dalam jumlah besar yang dapat memengaruhi kesehatan masyarakat. Pendekatan yang layak secara teknis, ekonomis, dan ramah lingkungan diperlukan mengingat banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan. Salah satu pendekatan yang dapat membawa solusi yang efektif untuk mengatasi masalah ini antara lain pemanfaatan larva serangga untuk pakan ternak. Larva serangga yang dimaksud adalah larva *Hermetia illucens*, sering dikenal sebagai *Black Soldier Fly* (BSF) yang dianggap sebagai pengganti sumber protein konvensional (Ravi dkk., 2019). Larva *Black Soldier Fly* (BSF) mendapat perhatian besar karena kemampuannya dalam mengonversi bahan organik sebagai tempat tumbuh menjadi biomasanya sendiri. Hanya dalam waktu 14 hari, larva *Black Soldier Fly* (BSF) dapat menguraikan bahan organik sebesar 50–80% dari seluruh jumlah yang disediakan dengan tingkat konversi total padatan menjadi biomassa sebesar 20% (Diener dkk., 2011; Lalander dkk., 2015; Zhou dkk., 2013). Biomassa larva *Black Soldier Fly* (BSF) bahkan memiliki komposisi yang lebih baik dibandingkan dengan pakan ternak campuran tepung ikan dan tepung kedelai (Lu dkk., 2022).

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) dapat tumbuh dan berkembang di berbagai substrat organik yang berbeda, seperti limbah makanan (Surendra dkk., 2016), limbah buah-buahan dan sayuran (Jucker dkk., 2017), limbah rumah potong hewan (Lalander dkk., 2019), limbah kotoran hewan ternak (Julita dkk., 2018; Oonincx dkk., 2015a), bahkan kotoran manusia (Nyakeri dkk., 2019). Meskipun larva *Black Soldier Fly* (BSF) dapat mengonversi berbagai substrat organik, komposisi nutrisi substrat sangat memengaruhi efisiensi konversi substrat organik menjadi biomassa, kelangsungan hidup larva selama konversi, dan bobot akhir larva (Gold dkk., 2020). Untuk mencapai nilai efisiensi konversi substrat organik yang tinggi ($\geq 12\%$ bobot kering) dan bobot akhir larva yang tinggi

(≥ 200 mg larva⁻¹), substrat harus memiliki kandungan protein yang cukup tinggi ($\geq 15\%$ bobot kering) dan protein seimbang terhadap karbohidrat sederhana (rasio $\sim 1:1$) (Cammack & Tomberlin, 2017), sedangkan kandungan serat dan lemaknya tidak boleh terlalu tinggi (Rehman dkk., 2017). Protein menjadi nutrisi penting yang mempunyai pengaruh besar terhadap perkembangan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Nguyen dkk. (2013) dan Oonincx dkk. (2015b) melaporkan temuan hasil penelitiannya bahwa larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang dibesarkan pada substrat organik dengan kandungan protein lebih tinggi meningkatkan tingkat konversi pakan, bobot larva, dan kadar protein, sedangkan kandungan lemaknya tentu menjadi lebih rendah, tetapi waktu perkembangannya menjadi lebih singkat. Temuan hasil penelitian tersebut didukung oleh Jucker dkk. (2017) dalam penelitiannya yang melaporkan bahwa larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang memakan substrat organik dengan kandungan protein rendah memiliki tingkat konversi pakan dan bobot yang lebih rendah dengan kandungan lemak yang lebih tinggi dan waktu perkembangannya lebih lama. Meningkatkan dan menyeimbangkan nilai nutrisi substrat pakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dengan memadukan beberapa substrat kaya nutrisi diperlukan untuk menjamin pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF), sehingga menghasilkan biomassa yang berkualitas yang dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, seperti unggas, ikan, dan babi (Barragan-Fonseca dkk., 2017).

Pembudidayaan larva *Black Soldier Fly* (BSF) memiliki tantangan tersendiri. Biaya yang diperlukan untuk pengumpulan dan pengolahan sampah organik sebagai pakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi sumber kekhawatiran yang besar karena seringkali melebihi pendapatan dari produk yang dihasilkan, sehingga pengolahan tersebut kurang menguntungkan secara ekonomi. Salah satu pakan alternatif untuk larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang paling hemat biaya dan efisien adalah *Azolla microphylla*. Tanaman *Azolla microphylla* bersimbiosis dengan Cyanobacteria, yaitu *Anabaena* yang mampu menambat nitrogen udara. Tambatan nitrogen tersebut akan ditransfer ke *Azolla microphylla*, sehingga pertumbuhan dan perkembangbiakannya menjadi sangat cepat karena suplai nitrogen terpenuhi. Proses penambatan nitrogen juga menjadikan *Azolla microphylla* memiliki kandungan protein yang tinggi.

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang diberi pakan *Azolla microphylla* dapat memiliki kandungan nutrisi yang lebih baik, terutama protein. Hal tersebut dapat membuat larva *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi pakan ternak yang lebih baik dalam hal nilai nutrisi. Meskipun *Azolla microphylla* dapat diberikan langsung ke hewan ternak, menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai perantara memungkinkan untuk memaksimalkan pemanfaatan nutrisi dari *Azolla microphylla*, terutama untuk meningkatkan kadar protein larva *Black Soldier Fly* (BSF). Hal tersebut dapat menjadi strategi yang dapat digunakan dalam sistem produksi pakan yang berkelanjutan dan efisien.

Berdasarkan latar belakang, maka dilakukan penelitian tentang optimalisasi pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) melalui pemanfaatan sampah organik dan tanaman paku air (*Azolla microphylla*) sebagai media pertumbuhannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pemberian kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF)?

1.3 Pertanyaan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah di atas, maka disusun beberapa pertanyaan penelitian yang dibahas dalam penelitian ini seperti sebagai berikut.

1. Bagaimana faktor-faktor yang dapat memengaruhi hasil percobaan, seperti suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya memengaruhi kondisi media tumbuh larva *Black Soldier Fly* (BSF)?
2. Berapa perbandingan persentase kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* yang terbaik terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF), dengan mempertimbangkan laju pertumbuhan spesifik dan waktu perkembangan larva *Black Soldier Fly* (BSF) sampai menjadi prepupa?
3. Bagaimana kemampuan biokonversi larva *Black Soldier Fly* (BSF) pada kombinasi substrat sampah organik dan *Azolla microphylla* terhadap

indeks reduksi, efisiensi konversi pakan yang dicerna, dan tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly* (BSF)?

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dari penelitian ini dilakukan agar lebih terarah seperti sebagai berikut.

1. Penelitian ini berfokus pada pengaruh kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* yaitu berturut-turut P1 (100% sampah organik), P2 (25% *Azolla microphylla* + 75% sampah organik), P3 (50% *Azolla microphylla* + 50% sampah organik), P4 (75% *Azolla microphylla* + 25% sampah organik), dan P5 (100% *Azolla microphylla*).
2. Parameter yang diukur meliputi parameter lingkungan seperti suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan suhu media tumbuh larva *Black Soldier Fly* (BSF), serta berbagai aspek pertumbuhan dan kemampuan biokonversi yang dinilai berdasarkan beberapa parameter seperti indeks reduksi, efisiensi konversi pakan yang dicerna, laju pertumbuhan spesifik, waktu perkembangan larva *Black Soldier Fly* (BSF) sampai menjadi prepupa, dan tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly* (BSF).
3. Pengamatan pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dilakukan setelah larva *Black Soldier Fly* (BSF) berumur 11 hari hingga 50% larva *Black Soldier Fly* (BSF) di dalam setiap wadah perlakuan telah menjadi prepupa.

1.5 Tujuan Penelitian

Berlandaskan latar belakang yang telah dipaparkan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh informasi pengaruh pemberian kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF).
2. Memperoleh informasi perbandingan persentase kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* yang terbaik terhadap pertumbuhan larva

Black Soldier Fly (BSF), dengan mempertimbangkan laju pertumbuhan spesifik dan waktu perkembangan larva *Black Soldier Fly* (BSF) sampai menjadi prepupa.

3. Memperoleh informasi kemampuan biokonversi larva *Black Soldier Fly* (BSF) pada kombinasi substrat sampah organik dan *Azolla microphylla* terhadap indeks reduksi, efisiensi konversi pakan yang dicerna, dan tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly* (BSF).

1.6 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, antara lain sebagai berikut.

1. Menambah wawasan penelitian terkait pengaruh pemberian kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF).
2. Memberi informasi tentang larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang dapat berfungsi sebagai sumber protein yang berkelanjutan dan bergizi untuk pakan ternak serta berkontribusi terhadap peningkatan produksi ternak dan ketahanan pangan asal ternak.
3. Menjadi acuan bagi peneliti lain dalam melakukan penelitiannya dan dapat menambah data penelitian yang sudah ada sebelumnya.

1.7 Asumsi

Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa larva *Black Soldier Fly* (BSF) mampu mengonversi berbagai jenis bahan organik menjadi biomassa tubuhnya (Surendra dkk., 2016; Jucker dkk., 2017; Lalander dkk., 2019; Julita dkk., 2018; Oonincx dkk., 2015a; Nyakeri dkk., 2019). Meskipun larva *Black Soldier Fly* (BSF) dikenal mampu mengonversi berbagai jenis bahan organik, beberapa penelitian menunjukkan bahwa jenis bahan organik dapat memengaruhi kemampuan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dalam menguraikannya. Didukung oleh penelitian Gold dkk. (2020) dan Lalander dkk. (2019) yang menemukan bahwa jenis bahan organik memengaruhi tiga parameter utama larva *Black Soldier Fly* (BSF), yaitu efisiensi larva dalam mengonversi bahan organik

menjadi biomassa tubuhnya, kelangsungan hidup larva selama konversi, dan bobot larva sebelum memasuki tahap pupa termasuk komposisi di dalamnya.

Jika ditinjau dari penelitian terdahulu, maka perbedaan proporsi antara sampah organik dan *Azolla microphylla* dalam media tumbuh larva *Black Soldier Fly* (BSF) dapat memengaruhi indeks reduksi, efisiensi konversi pakan yang dicerna, laju pertumbuhan spesifik, waktu perkembangan larva *Black Soldier Fly* (BSF) sampai menjadi prepupa, dan tingkat keberhasilan hidup larva *Black Soldier Fly* (BSF). Pemberian kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* berpotensi untuk mengoptimalkan pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF), sehingga dapat menjadi solusi inovatif untuk pengelolaan sampah dan produksi bahan baku pakan ternak berkelanjutan.

1.8 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah pemberian kombinasi sampah organik dan *Azolla microphylla* sebagai media pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan larva *Black Soldier Fly* (BSF).

1.9 Struktur Penulisan Skripsi

Skripsi ini disusun sesuai dengan pedoman karya tulis ilmiah yang ditetapkan oleh Universitas Pendidikan Indonesia pada tahun 2021. Berikut adalah struktur penulisan skripsi yang mengarahkan penulis agar dapat menguraikan permasalahan, membangun kerangka berpikir dalam menganalisis, dan menyajikan temuan penelitian secara sistematis.

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I dijabarkan gambaran umum mengenai penelitian, mulai dari latar belakang permasalahan yang relevan dengan fenomena yang terjadi, solusi yang diusulkan, perumusan masalah, pertanyaan penelitian, batasan penelitian, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan, asumsi yang mendasari penelitian, hipotesis yang diajukan, dan struktur penulisan skripsi.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II diuraikan teori yang relevan dengan topik penelitian yang dikaitkan dengan hasil-hasil penelitian terdahulu, serta menjadi landasan dalam menjawab permasalahan penelitian.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada BAB III diuraikan metode penelitian yang meliputi jenis penelitian yang digunakan, desain penelitian, populasi dan sampel, waktu dan lokasi pelaksanaan penelitian, prosedur penelitian, serta alur penelitian. Pada prosedur penelitian dijelaskan gambaran menyeluruh mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, mulai dari persiapan, tahapan penelitian, pengukuran parameter, hingga analisis data.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV dijabarkan temuan penelitian yang telah dianalisis secara statistik untuk menguji hipotesis penelitian dan mengidentifikasi perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan. Temuan-temuan yang dihasilkan diinterpretasikan dengan mengacu pada kerangka teoretis untuk memberikan pemahaman yang lebih dalam.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada BAB V seluruh temuan penelitian disimpulkan dengan jawaban atas pertanyaan yang telah dirumuskan sebelumnya, serta disajikan implikasi dan sejumlah rekomendasi yang diharapkan dapat menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya untuk mengembangkan temuan-temuan yang telah diperoleh.