

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1.1 Larva *Black Soldier Fly* (Maggot)

##### 2.1.1 Klasifikasi

Maggot merupakan organisme larva lalat *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) yang merupakan salah satu jenis serangga dapat mengalami metamorfosis pada fase kedua setelah fase telur dan sebelum fase pupa yang kemudian berubah menjadi lalat dewasa. Maggot (*Larva Black Soldier Fly*) merupakan salah satu serangga yang sifat dan nilai gizinya mulai dipelajari. Maggot berasal dari Amerika kemudian menyebar ke daerah subtropis dan daerah tropis di dunia. Kondisi iklim tropis Indonesia sangat ideal untuk membudidayakan BSF. Dari segi budidaya, produksi massal *Black Soldier Fly* sangat mudah dan tidak memerlukan peralatan yang khusus dalam pembudidayaannya. Fase larva akhir (pra-pupa) dapat bermigrasi secara independen dari substrat pertumbuhannya yang dapat memfasilitasi pemanenan. Selain itu, larva (maggot) tidak ditemukan dipemukiman penduduk sehingga relatif aman bagi segi kesehatan manusia (Harahap, 2022).

Klasifikasi laarva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) menurut (Jayanthi et al., 2017) :

Kingdom : Animalia  
Phylum : Arthropoda  
Class : Insecta  
Ordo : Diptera  
Famili : Stratiomyidae

Genus : *Hermetia*

Spesies : *Hermetia illucen*



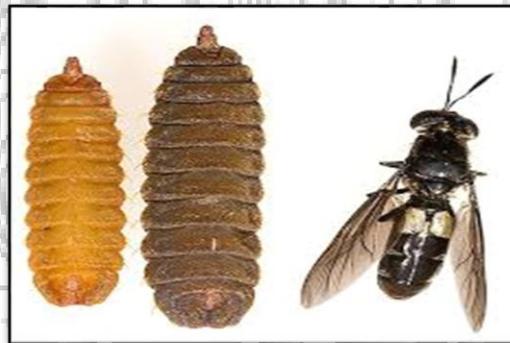
Gambar 2.1 *Hermetia illucens* (Giffari et al., 2021)

Larva *Black Soldier Fly* atau yang biasa kita kenal sebagai maggot ini memanfaatkan sampah organik sebagai sumber makanannya, kemampuan maggot dalam mengurai sampah organik ini terkait dengan kandungan beberapa bakteri yang terdapat pada saluran pencernaannya (Nofiyanti et al., 2021). Dalam usus larva ini terdapat bakteri selulsa yang menghasilkan enzim selulase yang terlibat dalam hidrolisis, larva dalam mengunyah makanan dengan mulutnya yang berbentuk pengait selama tahap proses hidupnya. Maggot mampu mengekstrak energi dari limbah sisa makanan, bangkai hewan, dan limbah sisa sayuran. Berdasarkan kemampuan yang dimiliki larva *Black Soldier Fly* atau maggot ini sangat menguntungkan jika dimanfaatkan sebagai media pengurai sampah organik dan dapat mengatasi permasalahan dalam proses pengolahan sampah terutama sampah organik. Menurut Nofiyanti (2021), Larva *Black Soldier Fly* merupakan serangga yang sangat tepat untuk melakukan pengelolaan terhadap sampah organik, serta penelitian dari (Mujahid et al., 2017) menyatakan bahwa larva *Black Soldier Fly* mampu mendegradasi sampah organik hingga 80%.

### 2.1.2 Morfologi

Maggot memiliki bentuk tubuh yang sedikit rata, gemuk serta Ketika baru menetas berukuran sekitar 1,8 mm. *Hermetia illucens* dewasa berukuran panjang 15 sampai dengan 20 mm dan memiliki bentuk pipih. Tubuh betina mempunyai warna abdomen biru hingga warna hitam, sedangkan pada tubuh jantan mempunyai warna abdomen yang lebih coklat. Pada kedua jenis kelamin cirinya terdapat warna putih pada ujung kaki dan berwarna pada sayap. Abdomen memiliki bentuk memanjang dan menyempit. Kebutuhan nutrisi lalat dewasa tergantung dari kandungan lemak yang disimpan pada saat fase pupa. Maggot betina memiliki masa hidup yang lebih pendek dibandingkan maggot jantan (Fauzi & Sari, 2018).

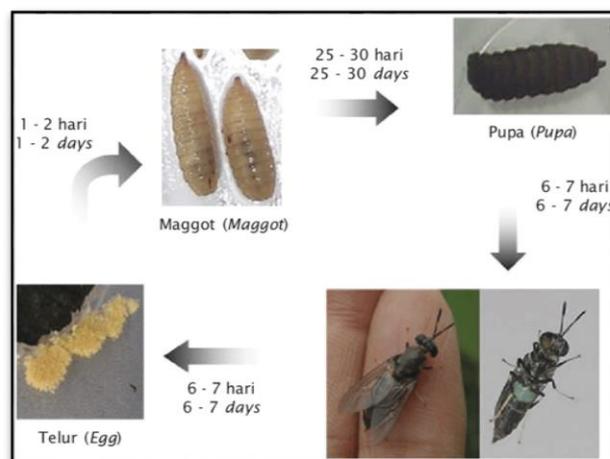
Morfologi maggot *Hermetia illucens* dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 2.2 Morfolgi *Hermetia illucens* bentuk larva dan bentuk lalat (Salman et., 2020)

### 2.1.3 Siklus Hidup Maggot

Siklus hidup *Black Soldier Fly* yaitu bermetamorfosis. Maggot mengalami lima tahapan selama siklus hidupnya, Lima tahapan tersebut yaitu fase dewasa, fase telur, fase larva, fase prepupa, dan fase pupa. Siklus hidup dari lalat *Hermetia illucens* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Siklus hidup Larva Black Soldier Fly (Masir et al., 2020)

Larva secara alami maggot bertelur disekitar sumber makanannya. Telur *Black Soldier Fly* (*Maggot*) menetas setelah sekitar 3 sampai 6 hari, sama dengan hasil penelitian (Fahmi & Rini, 2015), Tahap larva berlangsung 3-4 pekan. Hal ini berbeda dengan serangga domestik seperti *Challiforidae* dan *Mucidae* yang memiliki tahap larva lebih pendek dibandingkan dengan tahap dewasa (Harahap, 2022). Pada fase larva maggot ini banyak digunakan sebagai agen pengurai, karena berperan sebagai agen dekomposer. Tahap dewasa *Maggot* cukup singkat 6-8 hari dibandingkan dengan tahap dewasa serangga rumah yaitu 2-3 bulan (Jayanthi et al., 2017). Larva betina tinggal lebih lama dilingkungan perkembangbiakan dan berat bobot nya yang lebih daripada jantan. Prapupa meninggalkan media pakannya ke tempat yang lebih kering secara alami masuk kedalam tanah dengan membuat sebuah terowongan yang bertujuan untuk menghindari dari predator dan adanya tekanan lingkungan sekitar (Ardiasani, 2021).

Suhu menjadi faktor yang mempengaruhi siklus hidup BSF, karena pada suhu (di atas 29°C) yang hangat membuat lalat dewasa akan menjadi lebih aktif serta menjadi produktif. Suhu optimum dalam tumbuh kembang larva adalah 29.3°C,

tetapi pupa tidak bisa melanjutkan hidupnya jika berada pada suhu 36°C sehingga menyebabkan larva tidak bisa menetas. Tumbuh kembang dalam memelihara maggot berkembang empat hari lebih lambat pada suhu 27°C dibandingkan dengan suhu 30°C (Dewi et al., 2021). Suhu berpengaruh pada waktu penetasan telur. Suhu hangat menyebabkan telur menetas cepat dibandingkan dengan suhu yang dingin.

### 2.1.3.1 Fase Telur *Black Soldier Fly* (*Hermetia illuceus*)

Telur lalat *BSF* dapat menetas setelah 3 sampai 6 hari, sama dengan hasil penelitian oleh (Fauzi & Sari, 2018). Larva *Black Soldier Fly* bertelur ditempat gelap, berupa lubang atau gelembung yang berada diatas ataupun disekitar material yang sudah membusuk seperti limbah sampah. Telur *Black Soldier Fly* berbentuk oval dengan warna kekuningan. Telur *Black Soldier Fly* bersifat agak lengket, lembek dan sulit lepas walaupun sudah dibilas dengan air. Suhu optimum bagi telur *Black Soldier Fly* adalah antara 28- 35°C, jika suhu kurang dari 25°C telur akan menetas lebih dari 4 hari, bahkan bisa sampai 2-3 minggu, kemudian telur akan mati pada suhu 20°C dan lebih dari 40°C. Jika kelembaban dibawah 30%, telur mengering dan embrio di dalamnya akan segera mati (Hartono,2021). Selain itu, telur *BSF* juga tidak bisa disimpan di tempat yang tidak ada oksigen dan kadar karbondioksida tinggi.



Gambar 2.4 Telur Larva Black Soldier Fly (Siswanto et., 2022)

### 2.1.3.2 Fase Larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illuceus*)

Larva *Black Soldier Fly* atau yang lebih dikenal dengan maggot Afkar (2020) merupakan stadium terpanjang dalam siklus hidupnya dan stadium larva berlangsung 3-4 minggu. Fahmi (2015) Fase larva yang baru menetas memiliki tubuh yang sangat kecil. Larva lebih dominan didaerah gelap atau keruh, dimana mereka lebih aktif dan kurang cahaya. Larva yang menetas optimal bertahan hidup pada suhu 28-35°C dan kelembaban 60- 70% (Nugrahani et al., 2018). Pada umur satu minggu, larva jauh lebih toleransi dan dapat mentolerir suhu yang lebih rendah. Jika nutrisi tersedia cukup untuk larva, larva muda dapat bertahan hidup dibawah 20°C dan diatas 45°C, tetapi larva BSF tumbuh lebih cepat pada suhu 30-36°C. larva yang menetas segera menemukan tempat lembab dimana mereka dapat memakan bahan organik yang telah membusuk. Pada tahap larva muda akan sangat sensitif terhadap faktor eksternal antara lain tingkat kelembaban suhu, oksigen yang rendah, adanya jamur, memiliki kandungan air dan bahan beracun. Ketahanannya terhadap faktor eksternal meningkat Ketika larva berumur sekitar satu minggu. Pada tahap ini yang sering digunakan sebagai kelompok larva lalat tentara hitam sebagai dekomposter.



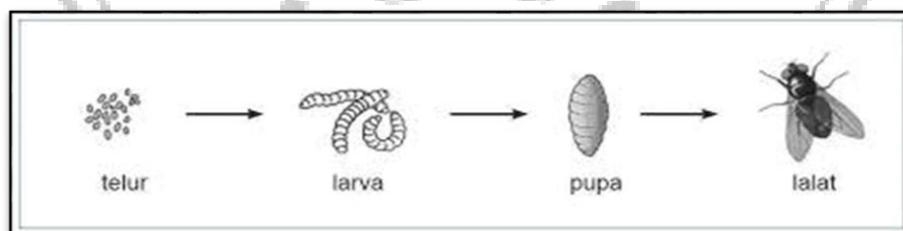
Gambar 2.5 Larva Black Soldier Fly (Siswanto et., 2022)

### 2.1.3.3 Fase Pupa *Black Soldier Fly (Hermetia illuceus)*

Fase prepupa yaitu maggot yang sudah berumur diantara 18-21. Maggot juga akan keluar dari media yang basa dan mencari tempat yang kering untuk proses menjadi pupa. Sesuai pernyataan Dafri (2022), menyatakan bahwa tahap larva, maggot terus makan hingga mendekati tahap prakepompong untuk menghemat makanan, karena pada tahap prakempompong maggot tidak makan dan meninggalkan sumber makanan. Selama dari proses perpupa ke pupa membutuhkan waktu 7 hari. Tahap ini berlangsung 6-7 hari dan setelah itu pupa berubah bermetamorfosis menjadi lalat tentara hitam dewasa (Suciati & Faruq, 2017). Menurut Sipayung (2015), mengatakan bahwa tahap dimana fase ini dalam keadaan pasif dan diam. Saat larva menjadi kepompong, bagian mulut BSF yang disebut labrum, membengkok paruh elang, kemudian berfungsi sebagai pengait.

### 2.1.3.4 Fase Lalat Dewasa *Black Soldier Fly (Hermetia illuceus)*

Tahap dewasa Lalat tentara hitam cukup singkat 6-8 hari, dibandingkan dengan tahap dewasa serangga rumahan yaitu selama 2-3 bulan. Fenomena ini menunjukkan bahwa Lalat tentara hitam bukanlah ciri vector penyakit (Josefin Purba et al., 2021).



Gambar 2.6 Fase Telur, Larva, Pupa dan Lalat BSF (Josefin Purba et al., 2021)

### 2.1.4 Kandungan Maggot

Kandungan protein, kandungan karbohidrat dan kandungan lemak merupakan nutrisi yang dibutuhkan organisme yang bertujuan untuk memenuhi tubuhnya, sehingga ketika tidak terpenuhinya nutrisi maka akan terganggu kesehatannya. Nutrisi berperan sebagai tumbuh kembang. Maggot ini menjadi tahap kedua setelah tahap telur dan sebelum kepompong. Pada fase kedua, mengandung sumber protein paling banyak. Fahmi (2015), menyatakan bahwa kandungan protein 45-47% serta kandungan lemak 24-30%. Nutrisi merupakan sumber makanan bagi lalat dewasa. Jumlah nutrisi lalat dewasa mempengaruhi tingkat kesuburan dan pertumbuhan lalat dewasa. Menurut Afkar (2020), kebutuhan nutrisi lalat dewasa dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu kandungan lemak yang disimpan pada saat masa pupa. Sehingga pada saat simpanan lemak habis, maka menyebabkan lalat mati. Kandungan serat kasar pada maggot berfungsi untuk merangsang gerakan yang ada pada saluran pencernaan (Has et al., 2015). Maggot memiliki sumber protein hewani dengan kadar karbohidrat kurang dari 0,05% , kadar protein maggot berkisar antara 25,22 % - 41,22 % , kadar lemak antara 0,73 – 1,02 % , kadar air antara 64,86 -74,44 % , dan kadar abu antara 2,88 – 4,65 % (Maulana et al., 2021). Berikut kadar nutrisi pada Tabel 2.1 yaitu:

Tabel 2.1 Kadar Nutrisi Maggot (Afkar et al., 2020)

Parameter	Bobot Basah (%)	Bobot Kering (%)
Protein	31,09	41,49
Kadar Air	25,07	0
Kadar Abu	7,78	10,38
Lemak	5,47	7,30
Serat Kasar	8,77	11,70
BETN	21,82	29,13

Berdasarkan pernyataan Anwar (2021), umur larva memiliki persentase komponen kadar nutrisi yang berbeda-beda. Kandungan bahan kering larva BSF positif dengan bertambahnya umur yaitu umur 5 hari 26,61% menjadi 39,97% pada umur 25 hari. Hal ini terjadi pada komponen lemak kasar yaitu umur lima hari sebesar 13,37% dan umur 25 hari sebesar 27,50%. Kandungan protein akan menurun dengan seiring bertambahnya usia. Hasil analisis proksimat menunjukkan kandungan protein kasar larva yang lebih muda tinggi dibandingkan dengan larva yang tua. Kondisi ini terjadi karena pertumbuhan sel struktural lebih cepat pada larva muda. Namun skala produksi massal, jumlah produksi merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan sehingga diperlukan bobot larva (prepupa) yang lebih tinggi.

Media bukan menjadi salah satu yang mempengaruhi kandungan nutrisi pada maggot tetapi juga umur maggot. Menurut Fauzi (2018), berpendapat bahwa usia maggot dapat mempengaruhi kandungan kadar nutrisinya, sehingga dapat disimpulkan bahwa usi maggot yang lebih tua dalam pemanenan makan semakin tinggi kadar yang dapat dilihat seperti pada tabel berikut :

Table 1.2 Kandungan Nutrisi Maggot (Fauzi & Sari, 2018)

Umur Hari	Kadar (%)			
	Bahan Kering	Protein Kasar	Lemak Kasar	Abu Kasar
5	26,61	61,42	13,37	11,03
10	37,66	44,44	14,60	8,62
15	37,94	44,01	19,61	7,65
20	39,20	42,07	23,94	11,36
25	39,97	45,87	27,5	9,91

Pengelolaan sampah menggunakan Black Soldier Fly memiliki beberapa keuntungan antara lain (Miftahudddin et al., 2022):

- 1) Larva *Black Soldier Fly* mengandung protein 30% dan lemak kasar 30%, sehingga dengan kualitas *Black Soldier fly* dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti pakan ternak.

- 2) Larva *Black Soldier Fly* dapat mengurai volume sampah 80% dari volume awal sehingga dapat mengurai timbulan sampah maupun sampah yang dibuang ke TPA.
- 3) Timbulan sampah yang umumnya merupakan media penyebaran penyakit akan berkurang setelah dikonsumsi oleh Larva *Black Soldier Fly*, sehingga hal ini dapat mengurangi penyebaran penyakit, seperti yang disebabkan oleh *Salmonella sp.*
- 4) Sisa sampah yang dikonsumsi oleh larva akan memiliki tekstur seperti kompos atau disebut kasgot dan bekas larva dapat digunakan sebagai pupuk organik cair atau kompos.
- 5) Degradasi sampah organik oleh Larva *Black Soldier Fly* juga akan menghasilkan lindi dari sampah organik sendiri yang dapat digunakan sebagai pupuk cair maupun starter dalam pengomposan.

#### **2.1.5 Budidaya Maggot**

Kriteria tempat pemeliharaan maggot harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut (Fauzi & Sari, 2018):

- 1) Areal budidaya harus memiliki sirkulasi udara dan memiliki sumber air yang baik, karena proses budidaya dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban.
- 2) Tersedianya nutrisi yang cukup sebagai limbah organik untuk budidaya
- 3) Tempat pembiakan maggot harus tertutup serta memiliki ventilasi.
- 4) Kontainer pengolahan sebaiknya redup serta terhindar dari paparan sinar matahari secara langsung.

Keberhasilan pemeliharaan larva juga sangat dipengaruhi oleh pemilihan substrat pertumbuhan. Saat memilih media pertumbuhan larva, banyak peneliti yang

mempelajari media pertumbuhan yang digunakan untuk menumbuhkan BSF, dan menentukan media mana yang dapat digunakan untuk menumbuhkan larva BSF, diantaranya yaitu :

1) Limbah buah, sayuran

Ketersediaan limbah buah sangat umum di kalangan pedangan buah dan sayur. Nilai gizi pada limbah buah dan limbah sayur dapat memenuhi kebutuhan BSF sehingga limbah buah dan limbah sayur dapat dijadikan tempat berkembang biak larva, namun maggot tapi tidak memakan semua sisa limbah buah dan sayuran. Dewi (2021), menyatakan bahwa peningkatan bobot tubuh larva (BSF) lebih besar dengan menggunakan limbah buah.

2) Limbah sampah pasar

Pasar merupakan salah satu penghasil sampah organik terbesar disuatu wilayah tertentu. Kandungan organik sampah seperti limbah sayuran, limbah buah-buahan, atau ikan rata-rata 95% (Rofi, 2020). Ketersediaan limbah organik pasar berpotensi untuk dijadikan tempat perkembangan larva

Pemanfaatan larva BSF memiliki keuntungan (Yuwita et al., 2022) antara lain :

1. Dapat menguraikan sampah organik menjadi nutrisi selama masa pertumbuhannya
2. Dapat menguraikan sampah organik menjadi pupuk kompos dengan kandungan unsur kompos yang lengkap
3. Dalam proses urai sampah dapat mengendalikan bau dan hama serta dapat mengurangi emisi gas pada rumah kaca
4. Maggot sangat cocok dimanfaatkan sebagai pakan ternak hewan karena tubuhnya mengandung zat kitin dan banyak protein,

5. Dapat digunakan sebagai bahan bakar dari nabati karena pada tubuhnya memiliki kandungan lemak tinggi.

## **1.2 Gambaran Umum Sampah**

### **2.2.1 Pengertian Sampah**

Sampah merupakan hasil buangan padat yang terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus ditangani dengan cara yang tidak membahayakan lingkungan dan pengelolaan sampah yang efektif (Harahap, 2017). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sampah merupakan barang yang tidak terpakai lagi akibat dari sisa aktivitas manusia yang tidak dimanfaatkan kembali, sedangkan organik ialah zat yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Begitu pula dalam UU Pengelolaan Sampah No. 18 Tahun 2008 menyatakan, bahwa sampah merupakan limbah sisa hasil kegiatan manusia sehari-hari atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik yang bersifat dapat terurai atau tidak serta dianggap tidak lagi digunakan dan dibuang ke lingkungan. Sesuai pernyataan Dobiki (2018), sampah ditinjau dari sumbernya, sampah berasal dari beberapa tempat seperti sampah pemukiman yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga. Sampah jenis ini biasanya sampah organik yang terdiri dari sisa makanan atau limbah sampah basah, sampah kering, plastik dan lainnya. Selanjutnya sampah dari tempat-tempat umum seperti pedagang dipasar, dimana tempat yang banyak orang berkumpul serta melakukan kegiatan. Sehingga tempat-tempat inilah yang mempunyai potensi cukup besar dalam memproduksi sampah.

### 2.2.2 Sampah Organik

Sampah Organik yang dihasilkan dari bahan biologis yang dapat diuraikan oleh mikroba atau bersifat biodegradable (Rizal, 2011). Limbah sampah ini dengan mudah dapat terurai oleh proses alam. Limbah sampah rumah tangga terutama bahan organik. Selain itu, pasar tradisional juga banyak menyumbangkan sampah organik, seperti sampah sisa sayuran, buah-buahan, limbah ikan atau daging, dan lain-lain karena tidak banyak dikelola dengan baik. Menurut Rozi (2021), Sampah organik terdiri dari bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan, dan lainnya. Sampah organik seperti sisa makanan, daun dan buah biasanya dapat terurai. Sampah organik ini tergolong kedalam sampah yang ramah lingkungan karena dapat diurai oleh bakteri secara alami dan berlangsung cepat (Taufiq, 2015).

Jenis-jenis sampah organik sebagai berikut :

#### a) **Sampah organik basah**

Limbah sampah organik yang basah merupakan limbah sampah organik yang mengandung air sebagian besarnya, sehingga dapat menimbulkan bau yang tidak sedap pada sampah organik karena mengandung banyak air sehingga sampah jenis ini cepat terurai. Sampah basah merupakan kategori sampah mudah terurai oleh alam karena mempunyai tekstur yang bersifat basah yang dapat diurai oleh mikroba (Fanani, 2017), sehingga sampah basah akan mudah tereduksi dibandingkan dengan sampah kering. Sampah organik basah mempunyai kandungan air yang cukup tinggi daripada sampah limbah organik yang kering. Berikut merupakan contoh dari limbah sampah organik basah antara lain: limbah buah yang telah membusuk,

limbah sampah sisa sayuran, kotoran hewan, limbah sampah kulit pisang yang tidak dimakan, dst



Gambar 2.7 Contoh Sampah Organik Basah (Taufiq, 2015)

#### 1) Limbah Sampah Sayuran

Sayuran merupakan salah satu produk hortikultura yang paling cepat berkembang di Indonesia, baik dari segi kuantitas maupun kualitas produksi. Pada umumnya tanaman sayuran berumur relatif pendek dibandingkan dengan tanaman pekarangan lainnya, namun beberapa tanaman relatif berumur panjang. Komponen kimia yang terkandung dalam sayuran adalah air, protein, karbohidrat, mineral dan vitamin, serta lipid. Sayuran relatif rendah protein dan asam amino. Sekitar 80-90% kandungan air dimiliki oleh sayuran (Rohmadi et al., 2022). Pertumbuhan penduduk yang meningkat juga dapat menyebabkan peningkatan perdagangan sayuran, mengingat zat gizi atau nutrisi yang terkandung dalam sayuran sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tubuh. Kandungan air yang tinggi pada sayuran yaitu sekitar 80-90% membuat sayuran mudah busuk jika disimpan secara tidak benar. Namun kandungan airnya yang relatif tinggi memungkinkan untuk dijadikan tempat berkembang biaknya larva black soldier fly. Menurut Yuwita (2022), makanan dengan kandungan air 60-90% dapat memperlancar pencernaan larva lalat tentara hitam.

## 2) Limbah sampah Buah

Buah-buahan merupakan salah satu tanaman pekarangan yang potensial dan mengandung banyak nutrisi terutama vitamin, serat dan mineral yang sangat baik untuk dikonsumsi sehari-hari (Syamsiah et al., 2020). Vitamin dan mineral tertentu dalam buah bertindak sebagai antioksidan. Kebutuhan manusia untuk mengkonsumsi buah untuk memenuhi kebutuhan vitamin dan mineral tubuh menimbulkan pemborosan bagian lain dari buah yang tidak dikonsumsi. Selain itu, penyimpanan buah yang kurang baik mempengaruhi pengawetan dan kualitas buah, sehingga buah dengan kualitas yang buruk tidak dapat dimakan. Biasanya limbah buah yang dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut menyebabkan gangguan lingkungan dan bau yang tidak sedap, sehingga pengolahan limbah buah yang tepat sangat penting.

### b) Sampah organik kering

Sampah yang memiliki kadar air rendah ini biasa disebut dengan sampah organik kering (Wiryo & Dewi, 2020). Contohnya yaitu ranting pohon dan kayu, dedaunan yang kering, plastik, botol dst.



Gambar 2.8 Contoh Sampah Organik Kering (Taufiq, 2015)

## 1.3 Pupuk Organik Cair

Pupuk adalah bahan yang ditambahkan pada media tanaman untuk memenuhi kebutuhan nutrisi unsur hara yang diperlukan tanaman agar dapat berproduksi

dengan baik (Dwicaksono et al., 2014). Tujuan penambahan unsur hara adalah untuk mencapai keseimbangan antara unsur hara yang diangkat oleh pemanenan, erosi dan pencucian lainnya. Tindakan pengembalian/penambahan unsur hara ke dalam tanah ini disebut pemupukan (Siwanto et al., 2015).

Pupuk organik merupakan pupuk yang diperoleh dari kotoran tumbuhan, kotoran hewan atau manusia, seperti pupuk kandang, pupuk hijau, kompos (humus), serta pupuk organik berbentuk cair atau padat, yang dapat memperbaiki sifat fisik dan struktur tanah, sehingga dapat meningkatkan retensi air, kimia tanah, biologi tanah (Hartatik et al., 2015). Pupuk organik diperoleh dari bahan organik yang mengandung berbagai macam unsur, meskipun dicirikan dengan adanya nitrogen dalam bentuk senyawa organik sehingga mudah diserap oleh tanaman. Saat ini sebagian besar petani masih memakai pupuk anorganik karena pupuk anorganik mengandung beberapa unsur hara dalam jumlah yang lebih besar. Penggunaan pupuk anorganik terus menerus dapat berdampak negatif terhadap kondisi tanah, menyebabkan pengapuran tanah yang cepat, retensi air yang lebih berkurang, dan keasaman yang cepat, yang pada akhirnya mengurangi produktivitas tanaman (Dewanto et al., 2013).

Pupuk organik cair dapat dibuat dari berbagai limbah organik yaitu limbah sampah sisa sayuran, sisa nasi, dan lain-lain. Bahan organik basah seperti sisa limbah sampah buah dan sayur merupakan bahan baku pupuk cair yang sangat baik karena selain mudah terurai, bahan ini juga mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Semakin tinggi kandungan selulosa dalam bahan organik, semakin lambat proses penguraian (Bahtiar et al., 2022).

Unsur hara yang mudah diserap oleh tanaman merupakan kelebihan dari POC (Warintan et al., 2021). Pupuk organik cair adalah larutan yang mengandung lebih dari satu unsur hara yang dihasilkan dari penguraian bahan organik dari sisa tumbuhan dan limbah hewan dan manusia. Pada umumnya pupuk organik cair tidak membahayakan tanah atau tanaman, meskipun digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk cair juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan pupuk kompos (Nurwati et al., 2017).

Pupuk organik cair menjadi salah satu jenis pupuk yang banyak beredar di pasaran. Menurut Putra (2019) menyatakan bahwa pupuk organik cair kebanyakan diaplikasikan melalui daun yang mengandung unsur hara makro dan unsur hara mikro penting (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Mo, Cu, Fe, Mn dan bahan organik). Pupuk organik mengandung banyak unsur hara dibandingkan dengan bahan organik. Menurut (Huda, 2013), Pupuk organik cair mempunyai beberapa manfaat diantaranya yaitu :

- 1) Dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara
- 2) Dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi lebih kuat dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan
- 3) Merangsang pertumbuhan cabang produksi
- 4) Meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah serta mengurangi gugurnya dan, bunga, bakal buah

- 5) Degradasi sampah organik oleh *Black Soldier Fly* juga akan menghasilkan lindi dari sampah organik itu sendiri yang dapat digunakan sebagai pupuk organik cair maupun starter dalam penomposan.

Pupuk memegang peranan penting dalam budidaya tanaman karena mampu memenuhi unsur hara yang ada pada tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Pemanfaatan pupuk organik mampu memberikan peningkatan produktivitas tanaman. Pupuk organik dalam bentuk cair lebih unggul dibandingkan bentuk padatan karena lebih efektif dengan menyemprotkan larutan melalui daun tanaman (Yuniwati et al., 2012). Pupuk organik cair berasal dari larutan hasil penguraian bahan-bahan organik yang kandungannya lebih dari satu unsur, begitu juga kandungannya yang bervariasi yaitu mengandung hara makro dan mikro, serta dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah (Febrianna et al., 2018). Menurut Tanti (2020) bahwa pupuk organik cair kualitas ciri fisiknya dapat dilihat seperti berwarna kuning agak kecoklatan, memiliki pH netral, tidak berbau serta memiliki kandungan unsur hara yang tinggi dibandingkan pupuk padatan.

Adapun persyaratan mutu pupuk organik cair berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No.261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan pembenah Tanah pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Baku Mutu Pupuk Organik Cair

No.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU
1.	C - organik	% (w/v)	Minimum 10
2.	Hara makro : N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	% (w/v)	2 – 6
3.	N - organik	% (w/v)	Minimum 0,5
4.	Hara mikro**		
	Fe total	ppm	90 – 900
	Mn total	ppm	25 – 500
	Cu total	ppm	25 – 500
	Zn total	ppm	25 – 500
	B total	ppm	12 – 250
	Mo total	ppm	2 - 10
5.	pH	-	4 – 9
6.	<i>E.coli</i>	cfu/ml Atau MPN/ml	< 1 x 10 <sup>2</sup>
	<i>Salmonella sp</i>	cfu/ml Atau MPN/ml	< 1 x 10 <sup>2</sup>
7.	Logam berat		
	As	ppm	Maksimum 5,0
	Hg	ppm	Maksimum 0,2
	Pb	ppm	Maksimum 5,0
	Cd	ppm	Maksimum 1,0
	Cr	ppm	Maksimum 40
	Ni	ppm	Maksimum 10
8.	Unsur/senyawa lain***	ppm	Maksimum 2.000
	Na	ppm	Maksimum 2.000
	Cl		

Sumber : KepMenTan RI No.261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan

Pembenah Tanah

Tanaman membutuhkan unsur hara makro dan mikro untuk pertumbuhannya. Tanaman membutuhkan unsur hara makro dan jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan unsur hara mikro (Mpapa, 2016). Fungsi makronutrien meliputi nitrogen (N) dapat merangsang tumbuh kembang tanaman, sintesis asam amino dan protein pada tanaman, merangsang pertumbuhan vegetatif seperti pada warna hijau daun, pada panjang daun, serta lebar daun dan

pertumbuhan vegetatif batang menyebabkan bertambahnya tinggi dan bertambahnya lebar dan ukuran pada batang. Fosfat (P) mengangkut energi yang dihasilkan selama proses mengubahnya makanan dan minuman menjadi energi pada tanaman, dapat merangsang pertumbuhan pada akar, dapat merangsang pembentukan pada biji, mampu merangsang pembelahan sel pada tanaman dan mampu meningkatkan jaringan pada sel, dapat merangsang tumbuhnya pembungaan serta penguatan. Kalium (K) masuk kedalam proses fotosintesis, hasilnya antara lain asimilasi, transportasi mineral serta enzim. Selain itu, dapat mengoptimalkan kekebalan tanaman terhadap hama penyakit.

### 2.3.1 Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan makro nutrisi esensial yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan makronutrien tanah yang sangat penting untuk merangsang tumbuh kembang dan memberikan warna hijau pada daun. (Patti et al., 2012). Tanaman menyerap nitrogen diserap dari dalam tanah dalam bentuk ion amonium ( $\text{NO}_3^-$ ) dan nitrat ( $\text{NH}_4^+$ ) dari tanah, yang dipengaruhi oleh sifat tanah, jenis tanaman dan tahap pertumbuhan tanaman. Kekurangan kadar nitrogen dalam tanah akan mengganggu bagi tumbuh kembang tanaman karena akan terganggunya pembentukan klorofil pada proses fotosintesis.

Fungsi unsur hara nitrogen pada tanaman :

- a. Untuk mendorong pertumbuhan tanaman.
- b. Mampu memicu pertumbuhan daun menjadi lebih lebar dan warna lebih hijau  
bila kekurangan nitrogen akan menyebabkan klorosis, yaitu daun muda akan menguning .
- c. Mampu mendorong kandungan protein tanaman lebih banyak

- d. Kualitas pada tanaman akan meingkat
- e. Dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganismenya di dalam tanah.

### 2.3.2 Fosfor (P)

Komponen kadar hara fosfor dalam pupuk cair lebih efektif untuk tanaman dibandingkan dengan pupuk padat karena dapat langsung diaplikasikan pada tanaman, sehingga membuat fosfor tidak mudah diserap air tetapi tanaman dapat langsung diserap tanaman (B. Siswanto, 2019). Fosfor (P) merupakan unsur hara esensial bagi tanaman, fungsinya pada tanaman tidak dapat digantikan oleh unsur lain, sehingga tanaman harus menerima atau mengandung P yang cukup untuk pertumbuhan normal. Kandungan fosfor berkaitan dengan kandungan nitrogen substrat, semakin tinggi kandungan nitrogen maka pertumbuhan mikroorganismenya pendegradasi fosfor semakin meningkat, sehingga kandungan fosfor pada pupuk cair meningkat. Ketika nitrogen cukup tersedia dalam proses penguraian, nutrisi lain juga cukup tersedia, unsur lain adalah fosfor. Dalam bahan organik segar, unsur hara fosfor biasanya dalam bentuk organik kompleks yang sulit digunakan tanaman secara langsung untuk pertumbuhan. Kelebihan fosfor yaitu menyebabkan penyerapan unsur lain terutama unsur mikro seperti besi (Fe), tembaga (Cu) dan seng (Zn) terganggu.

Fungsi fosfor dalam tanaman di antaranya yaitu :

- a. Mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman muda hingga dewasa,
- b. Meningkatkan produksi biji-bijian.
- c. Pertumbuhan pada akar semai akan meningkat
- d. Pembungaan dan pematangan benih dan biji-bijian dapat berlangsung cepat

### 2.3.3 Kalium (K)

Unsur kalium ( $K^+$ ) yaitu unsur yang penting tanaman. Tanaman mengambil kalium melalui sel epidermis dan korteks dan saat berada di stele, selanjutnya didistribusikan ke tunas dan daun (Syafri et al., 2017). Kalium (K) terlibat dalam proses fotosintesis, hasil asimilasi, transportasi enzim dan mineral, termasuk air.

Kalium memiliki peranan bagi tanaman diantaranya :

- a. Dapat membentuk protein dan karbohidrat
- b. Dapat lebih meningkatkan daya tahan tanaman terhadap hama penyakit.
- c. Mampu meningkatkan kualitas benih dan buah lebih baik lagi.

Menurut Rahma (2019), bahwa peranan unsur kalium pada tumbuhan dapat dibagi menjadi empat bagian sebagai berikut :

- a. Kalium dapat menetralkan asam organik di alam karena kalium kaya akan ion positif, sehingga ion bermuatan positif ini mampu menyeimbangkan muatan negatif gugus anionic dalam molekul atau senyawa, seperti asam organik alami.
- b. Ion kalium memiliki peranan yang penting bersama dengan air, karena dapat meningkatkan tekanan turgor sel pada titik pertumbuhan dan meningkatkan pembengkakan sel. Ion kalium juga lebih efisien dalam mempengaruhi aktivitas pada enzim.

### 2.3.4 *Effective Microorganism* (EM4)

*Effective Microorganism* (EM4) merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang berguna untuk pertumbuhan tanaman. EM4 juga merupakan pupuk organik yang sangat efektif untuk meningkatkan produksi pertanian (Pradiksa, 2022). EM4 dapat digunakan sebagai starter mikroorganisme yang

menguntungkan didalam tanah dan juga dapat memberikan respon positif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. EM memiliki kemampuan untuk menetralkan bahan organik atau tanah yang bersifat asam atau basa. EM4 juga dapat merangsang pertumbuhan, perkembangan dan pertumbuhan mikroorganisme lain yang bermanfaat, seperti bakteri pengikat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, mikroorganisme antagonis pathogen serta dapat menghambat pertumbuhan, perkembangan dan pertumbuhan jamur patogen tular tanah (Pradiksa, 2022). Penggunaan EM4 lebih efektif jika bahan organik ditambahkan terlebih dahulu ke dalam tanah berupa pupuk organik. EM4 mempercepat fermentasi bahan organik sehingga nutrisinya terserap dan tersedia bagi tanaman, EM4 juga merupakan pestisida hayati yang sangat efektif dalam meningkatkan kesehatan tanaman. EM4 juga bermanfaat dibidang perikanan dan peternakan di ladang (Meriatna, 2018).

#### **1.4 Sumber Belajar Biologi**

Hasil temuan penelitian terkait efektivitas penguraian sampah organik menggunakan larva *Black Soldier Fly* terhadap pembuatan pupuk organik cair sebagai sumber belajar biologi. Menurut Suhardi (2012) pemanfaatan hasil penelitian sebagai sumber belajar ada 6 syarat yaitu kejelasan potensi, kejelasan tujuan, kejelasan sasaran, kejelasan informasi yang diungkap, kejelasan pedoman eksplorasi, dan kejelasan perolehan yang diharapkan. Syarat dan deskripsi pemanfaatan hasil penelitian sebagai sumber belajar dijelaskan pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

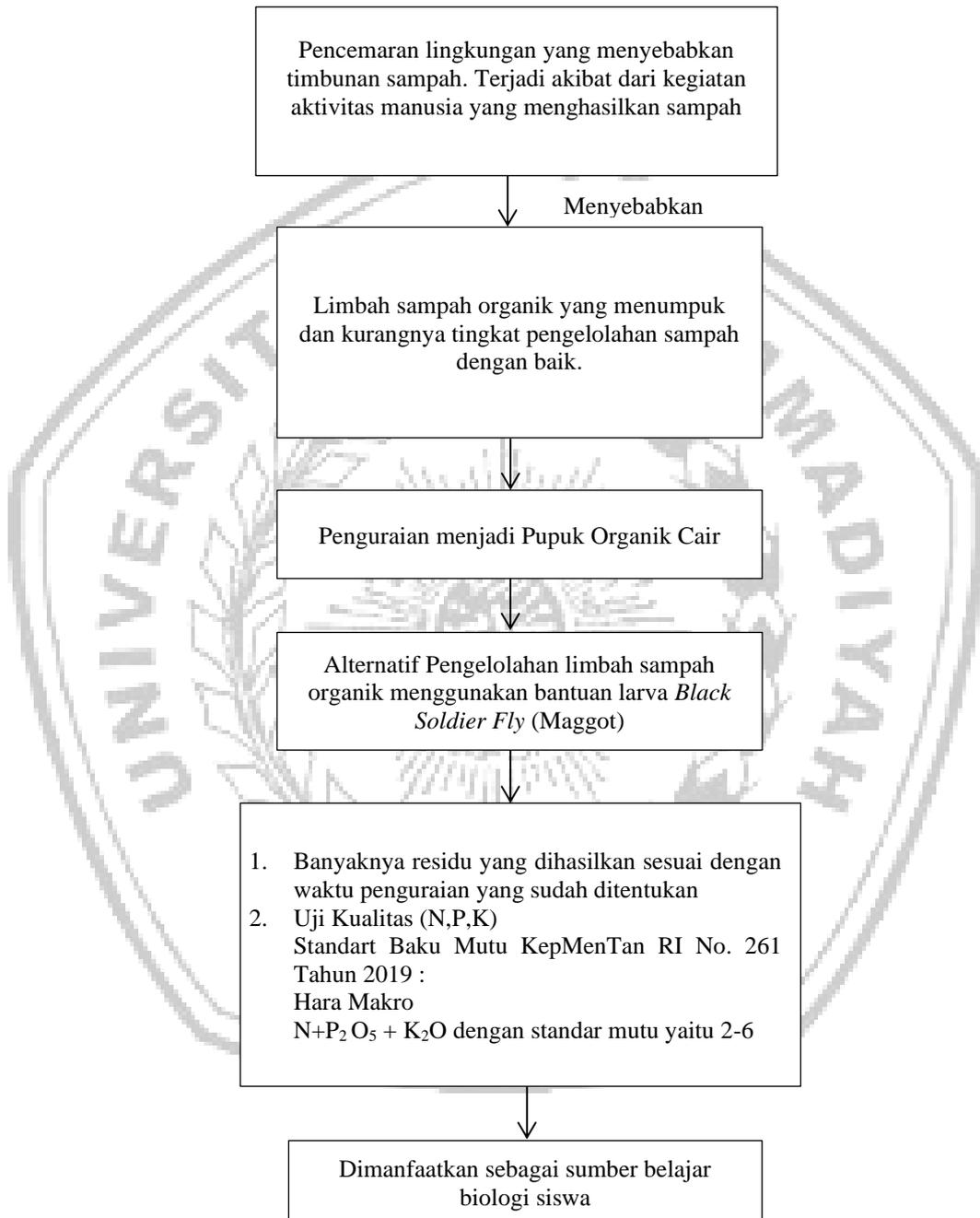
Tabel 2.4 Syarat dan Deskripsi Syarat Pemanfaatan Hasil Penelitian

No	Syarat Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai sumber Belajar	Deskripsi Syarat
1	Kejelasan Potensi	Potensi suatu objek untuk diungkap untuk guna menghasilkan fakta-fakta dan konsep-konsep dari hasil penelitian yang harus dicapai dalam kurikulum dengan mempertimbangkan ketersediaan objek dan permasalahan.
2	Kejelasan Tujuan	Kesesuaian hasil penelitian dengan tujuan, kesesuaian yang dimaksud adalah hasil penelitian dengan kompetensi dasar (KD).
3	Kejelasan Sasaran	Kejelasan sasaran kejelasan penelitian ini adalah objek dan subjek penelitian
4	Kejelasan Informasi yang Diungkap	Kejelasan Informasi meliputi dua aspek yaitu proses dan produk penelitian yang disesuaikan dengan kurikulum
5	Kejelasan Pedoman Eksplorasi	Kejelasan pedoman eksplorasi meliputi penentuan sampel penelitian, alat dan bahan, cara kerja, pengolahan data dan penarikan kesimpulan
6	Kejelasan Perolehan yang Diharapkan	Kejelasan perolehan berupa proses dan produk penelitian yang meliputi perolehan kognitif, perolehan afektif, dan perolehan psikomotorik

## 2.5 Kerangka Konseptual

Berikut merupakan kerangka konseptual yang akan digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 2.5 Kerangka Konseptual



## 2.6 Hipotesis penelitian

1. Ada pengaruh jumlah maggot terhadap lama waktu penguraian sampah organik dalam pembuatan pupuk organik cair.
2. Ada pengaruh sampah organik terhadap kualitas POC ( Kandungan N, P dan K) hasil reduksi sampah dengan menggunakan Larva *Black Soldier Fly*
3. Ada pengaruh interaksi jumlah maggot dengan lama waktu perlakuan dalam pembuatan pupuk organik cair
4. Adanya pemanfaatan hasil temuan penelitian terkait efektivitas penguraian sampah organik dengan memanfaatkan Larva *Black Soldier Fly* dalam pembuatan POC sebagai sumber belajar.

