

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

#### 2.1 Tinjauan pustaka

##### 2.1.1 Klasifikasi dan morfologi kailan

Tanaman kailan merupakan salah satu jenis hortikultura yang termasuk jenis kubis-kubisan. Kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) merupakan tanaman semusim yang memiliki umur yang relatif pendek daripada tanaman sayuran yang lain. Menurut Samadi (2013) bahwa klasifikasi tanaman kailan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Super divisi : Angiospermae  
Divisi : Spermatophyta  
Kelas : Dicotyledonae  
Famili : Cruciferae  
Genus : Brassica  
Spesies : *Brassica oleracea* alboglabra



Gambar 1. Tanaman Kailan  
(Sumber : Socfindo Conversation, 2021)

Morfologi tanaman kailan terdiri dari atas organ-organ tanaman sebagai berikut :

1) Akar

Tanaman kailan merupakan salah satu jenis sayuran yang termasuk dalam kelas *Dicotyledonae*. Sistem perakaran kailan adalah jenis akar tunggang dengan cabang-cabang akar yang kokoh. Cabang akar (akar sekunder) tumbuh dan

menghasilkan akar tertier yang akan berfungsi menyerap unsur hara dari dalam tanah (Darmawan, 2009).

#### 2) Batang

Batang tanaman kailan merupakan tanaman sejati, tidak keras, tegak, beruas-ruas dengan diameter antara 3 sampai 4 cm dan berwarna hijau muda. Batang tanaman kailan umumnya pendek dan banyak mengandung air (*herbaceous*). Permukaan batang halus, pada ruas batang tempat tumbuhnya daun mengalami penebalan batang tanaman berfungsi sebagai jalan zat-zat hara dari tanah ke daun untuk menyalurkan hasil fotosintesis dari daun ke bagian tanaman yang lain (Wahyudi, 2010).

#### 3) Daun

Daun tanaman kailan berbentuk bulat panjang dengan ujung meruncing dan tulang daun menyirip. Daun kailan umumnya rimbun dan letak daun berselang-seling mengelilingi batang tanaman. Warna daun hijau tua. Permukaan daun halus dan tidak berbulu. Ukuran daun besar dan lebar dengan tangkai panjang. Warna tangkai daun tersebut hijau tua (Samadi, 2019).

#### 4) Bunga

Bunga tanaman kailan umumnya berwarna kuning namun ada pula yang berwarna putih. Bunganya terdapat dalam tandan yang muncul dari ujung/tunas. Kailan berbunga sempurna dengan 6 benang sari yang 4 benang sari dalam lingkaran luar bunga kailan terdapat ujung batang. Kepala bunga berukuran kecil, mirip dengan bunga pada brokoli (Darmawan, 2009).

#### 5) Buah dan Biji

Buah-buahan kailan berbentuk polong, panjang dan ramping berisi biji. Biji-bijinya bulat kecil berwarna coklat sampai kehitam-hitaman. Biji-biji inilah yang digunakan sebagai bahan perbanyakan tanaman, biji kailan melekat pada kedua sisi sekat bilik yang membagi buah menjadi dua bagian (Sunarjono, 2004).

### 2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kailan

Kailan adalah salah satu jenis sayuran yang dapat diproduksi sepanjang tahun. Sayuran ini bisa ditanam saat musim hujan atau dingin, dan bisa juga saat musim kemarau jangka pendek. Kailan dapat dibudidayakan pada dataran medium dan

dataran tinggi dengan ketinggian 300-1900 meter di atas permukaan laut (Samadi, 2013). Suhu optimal untuk pertumbuhan kailan berkisar 23-30°C dengan lama penyinaran 9-10 jam per hari. Kailan menghendaki kelembaban relatif berkisar 60% sampai 90 %. Menurut Sunarjono (2004), bahwa kailan tahan terhadap curah hujan tinggi. Kailan masih bisa hidup dan beradaptasi dengan baik pada musim hujan, namun kailan tidak tahan terhadap air yang menggenang maka perlu diatur saluran drainase agar tidak terjadi genangan saat musim hujan.

Keadaan tanah yang dikehendaki untuk pertumbuhan kailan yaitu gembur dengan pH 5,5 sampai 6,5. Pada pH tanah di luar kisaran tersebut akan menyebabkan defisiensi ataupun unsur hara. Tanaman kailan dapat tumbuh dan beradaptasi di semua jenis tanah baik tanah yang bertekstur ringan sampai berat. Tanah yang baik untuk pertumbuhan kailan adalah berstruktur remah, gembur, mengandung banyak bahan organik. Jenis tanah yang paling baik untuk tanaman kailan adalah lempung berpasir (Samadi, 2013).

### 2.1.3 Maggot *black soldier fly*

#### 1) Klasifikasi

Maggot merupakan larva dari *Black Soldier Fly* (BSF) dengan nama latin *Hermetia illucens*. Lalat ini berasal dari Amerika dan selanjutnya tersebar ke wilayah subtropis dan tropis di dunia. Klasifikasi menurut Wahyuni dkk. (2021) sebagai berikut :

Kingdom : Animalia  
 Filum : Arthropoda  
 Kelas : Insecta  
 Ordo : Diptera  
 Famili : Stratiomyidae  
 Sub famili : Hermetiinae  
 Genus : Hermetia  
 Spesies : *Hermetia illucens*

Diptera merupakan kelompok serangga yang mempunyai kapasitas reproduksi paling besar, daur hidup paling singkat, kecepatan pertumbuhan yang tinggi, serta konsumsi pakannya bervariasi dari jenis materi organik. Serangga

menjadi sumber zat zinc paling baik dengan kisaran nilai antara 61,6 sampai 340,5 mg/kg berat kering (Morales-Ramos, Rojas dan Shapiro-Ilan, 2014).

## 2) Morfologi dan perkembangan larva *black soldier fly*

*Black soldier fly* didominasi warna hitam dan bagian segmen basal abdomennya berwarna transparan (*wasp waist*) sehingga sekilas menyerupai abdomen lebah. Panjang lalat dewasa berkisar 15 mm sampai 20 mm (Abadi, 2020). Kepalanya lebar dengan antena yang panjangnya dua kali panjang kepalanya. Kakinya berwarna hitam dengan tarsi keputihan. Sayapnya memiliki membran, pada waktu istirahat sayap akan dilipat secara horizontal di perut dan tumpang tindih (Aprianthina, 2021). Lalat dewasa tidak memiliki bagian mulut yang fungsional, karena lalat dewasa hanya beraktivitas untuk kawin dan bereproduksi sepanjang hidupnya. Kebutuhan nutrisi lalat dewasa tergantung pada kandungan lemak yang disimpan saat masa pupa. Ketika simpanan lemak habis, maka lalat akan mati (Makkar dkk., 2014)

Larva *black soldier fly* atau maggot memiliki tubuh gemuk, agak pipih, dengan kepala kekuningan sampai hitam. Kulitnya keras namun elastis dan memiliki bulu halus. Maggot pada umumnya akan berwarna putih krem dan berukuran sekitar 18 mm ketika baru menetas. Maggot tumbuh melalui 6 tahap pergantian kulit yang pada akhirnya kulit berwarna kecoklatan, kemudian akan muncul cangkang pupa yang terbentuk selama proses penggelapan kulit fase larva terakhir (Wardana, 2016). Morfologi larva, pupa dan lalat dewasa *black soldier fly* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Morfologi Larva, Pupa, dan Lalat Dewasa *Black Soldier Fly*  
(Sumber : McShaffrey, 2013)

Siklus hidup maggot BSF mulai telur sampai menjadi lalat dewasa membutuhkan waktu 40 sampai dengan 43 hari, tergantung dari media pakan yang diberikan dan kondisi lingkungan (Tomberlin, Sheppard dan Joyce, 2002). Rachmawati dkk. (2010) menyatakan bahwa satu ekor lalat betina BSF normal dapat menghasilkan telur dengan kisaran 185 sampai 1235 telur. Penelitian lain menyatakan bahwasannya seekor betina membutuhkan durasi 20 sampai 30 menit untuk bertelur dengan jumlah produksi telur berkisar 546 sampai 1.505 butir selama masa bertelur (Tomberlin, Sheppard dan Joyce, 2002). Lalat jantan akan mati sesudah kawin kemudian lalat betina hanya akan bertelur 1 kali selama hidupnya kemudian setelah bertelur lalat akan mati (Wahyuni dkk., 2021).

Dalam waktu dua sampai empat hari, telur akan menetas menjadi larva instar satu dan berkembang hingga ke instar enam dalam waktu 22 sampai 24 hari dengan rata-rata 18 hari (Barros-Cordeiro, Bao dan Pujol-Luz, 2014). Dilihat dari segi ukuran, maggot yang baru menetas dari telur memiliki ukuran sekitar 2 mm, selanjutnya berkembang sampai 5 mm. Sesudah mengalami ganti kulit, maggot berkembang serta tumbuh lebih besar dan panjang tubuhnya hingga 20 sampai 25 mm, selanjutnya memasuki tahap prepupa. Tomberlin, Sheppard dan Joyce (2002) menjelaskan bahwa maggot betina akan lebih lama ada pada media serta mempunyai bobot yang lebih berat dibanding dengan maggot jantan. Alaminya, maggot tua (prepupa) akan pergi tinggalkan media pakannya menuju area yang kering, seperti ke tanah selanjutnya membuat terowongan guna terhindar dari pemangsa serta cekaman lingkungan. Setelah itu pupa akan mengeras dan berubah menjadi lalat BSF. Adapun siklus hidup lalat black soldier fly dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus Hidup Lalat Black Soldier Fly  
(Sumber : Mitra Peternak Indonesia, 2017)

#### 2.1.4 Pupuk organik kasgot

Menurut Permentan No.70 Tahun 2011 pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan, dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan/atau biologi tanah.

Kasgot atau bekas maggot merupakan sisa dari hasil biokonversi yang dilakukan oleh larva lalat *black soldier fly* yang dapat digunakan untuk media tanam dalam budidaya (Ambarningrum, K dan Basuki, 2019). Bioreduksi sampah oleh maggot dapat menghasilkan tiga jenis produk, yaitu maggot yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak kaya akan protein, cairan dari aktivitas maggot yang dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair dan residu padatan limbah organik yang berasal dari aktivitas maggot yang dimanfaatkan sebagai pupuk organik padat (Yuwono dan Mentari, 2018).

Maggot memiliki kemampuan mengurai sampah organik lebih cepat dibandingkan mikroba pengomposan konvensional. Maggot dapat menguraikan limbah organik sisa manusia seperti nasi, sayuran, buah dan daging dan limbah organik lainnya sehingga dapat bermanfaat mengurangi pencemaran lingkungan (Kastolani, 2019). Maggot menjadi solusi untuk mengurangi sampah organik, hal ini terjadi karena maggot dapat mengkonversi serta mengurangi massa sampah

sebesar 52% sampai 56% (Dortmans dkk., 2017). Maggot memiliki kemampuan mengurai sampah organik 2 sampai 5 kali bobot tubuhnya selama 24 jam. Satu kilogram maggot dapat menghabiskan 2 sampai 5 kilogram sampah organik per hari (Listiani, dkk., 2023).

Menurut Choi dkk. (2010) kandungan nutrisi yang terdapat pada produk sampingan maggot yang berupa bahan padat memiliki nilai yang tidak berbeda dengan pupuk komersial di pasaran, sehingga produk pada tersebut dijadikan pengganti pupuk. Sipayung (2015) menyatakan bahwa kandungan kasgot tergantung dari sumber pakan yang diberikan kepada maggot atau larva *black soldier fly* tersebut. Kasgot dapat menjadi alternatif pupuk organik selain pupuk kandang dalam upaya meningkatkan kesuburan tanah.

Pathiassana, Izzy dan Nealma (2020) menyatakan bahwa kasgot yang berasal dari limbah catering, wortel dan lobak memiliki kandungan C-organik 42,48%, rasio C/N 20,84 sampai 24,46%, unsur hara nitrogen 2,04%, unsur hara fosfor 0,39 sampai 5,34% dan unsur hara kalium 3,13 sampai 3,47%.

Widyastuti dkk. (2021) melakukan penelitian mengenai kandungan kimia dari hasil pengomposan buah jeruk tanpa kulit dan buah kedondong dengan larva *black soldier fly* memiliki hasil yang baik, dengan hasil jumlah nitrogen, jumlah fosfor, pH dan rasio C/N yang telah memenuhi persyaratan standar kompos SNI yaitu dengan kandungan sebesar Nitrogen 1,45%, total Fosfor 1,58%, pH 6,8 dan rasio C/N 12,66%.

#### 2.1.5 *Plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR)

Pengembangan bioteknologi dibidang pertanian meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengelola lahan pertanian secara berkelanjutan (*sustainable agriculture*) salah satunya melalui penggunaan pupuk hayati PGPR. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* atau yang sering disingkat sebagai PGPR merupakan kelompok bakteri menguntungkan yang secara aktif mengkolonisasi rizosfer. Keberadaan bakteri rizosfer dapat memberi keuntungan dalam proses fisiologi dan pertumbuhan tanaman. Berbagai jenis bakteri telah diidentifikasi sebagai PGPR. Bakteri terdiri atas genus *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, *Mycobacterium*, dan *Pseudomonas*. Bakteri

pemacu pertumbuhan secara langsung memproduksi metabolit yang berperan sebagai fitohormon yang secara langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman metabolit yang dihasilkan selain berupa fitohormon, juga antibiotik, siderofor, sianida, dan sebagainya (Situngkir, Sudana dan Singarsa. 2021).

Fungsi PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi menjadi 3 kategori yaitu : (1) sebagai pemacu/perangsang pertumbuhan (*biostimulan*) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti IAA, giberelin, sitokinin dan etilen dalam lingkungan akar ; (2) sebagai penyedia hara (*biofertilizer*) dengan menambat  $N_2$  dari udara secara asimbiosis dan melarutkan hara P yang terikat dalam tanah ; (3) sebagai pengendali patogen berasal dari tanah (*bioprotectans*) dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti pathogen seperti siderophore,  $\beta$ -1,3-glukanase, kitinase, antibiotik dan sianida (Damanik dan Suryanto, 2018).

Bakteri menguraikan bahan organik yang sulit diserap oleh tanaman menjadi bahan anorganik yang mudah diserap oleh tanaman. Dengan adanya mikroorganisme ini akan berpengaruh pada tingkat kesuburan tanah, karena mikroorganisme memegang peranan penting dalam proses pelapukan bahan organik dalam tanah sehingga unsur hara menjadi tersedia bagi tanaman. Apabila unsur hara tersedia bagi tanaman maka pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan semakin meningkat sehingga dapat meningkatkan hasil panen. PGPR dapat berperan sebagai *biofertilizer* (pupuk hayati) karena kemampuannya untuk mentransformasi sumber nutrient yang ada di alam atau pupuk sintetis yang diaplikasikan menjadi mudah tersedia dan terserap oleh perakaran tanaman melalui enzim atau senyawa lainnya yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Beberapa kemampuan PGPR sebagai pupuk hayati diantaranya: memfiksasi N dan melarutkan fosfat (P) sehingga tersedia bagi tanaman. Beberapa PGPR mampu menghasilkan senyawa siderofor yang dapat mengikat unsur besi ( $Fe^{3+}$ ) ketika jumlahnya terbatas (misal karena  $pH > 7$ ) dan dialihkan ke tanaman. Karena kemampuan menghasilkan siderofor tersebut, PGPR juga akan menghambat perkembangan mikroba patogenik tanaman yang juga memerlukan unsur besi ( $Fe^{3+}$ ) (Istiqamah dan Nizar, 2022).



## 2.2 Kerangka berpikir

Pemupukan merupakan salah satu upaya dalam menyediakan unsur hara secara optimum untuk pertumbuhan tanaman sehingga diperoleh peningkatan hasil panen. Pada saat ini petani di Indonesia terbiasa menggunakan pupuk kimia karena praktis penggunaannya, mudah didapat dan memberikan efek yang cepat. Namun, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dan terus-menerus dapat berdampak negatif menyebabkan kerusakan tanah baik kimia, fisika dan biologi, akibatnya produktivitas tanah menurun dan tanaman tumbuh tidak optimal.

Salah satu alternatif solusi untuk meningkatkan produktivitas tanaman adalah dengan menggunakan pupuk organik. Menurut Darwis dan Rachman (2013), pupuk organik memiliki manfaat untuk meningkatkan produktivitas pertanian, mengkonversi hara, mengurangi pencemaran lingkungan, serta meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan.

Bahan organik yang dapat digunakan sebagai pupuk organik adalah kasgot atau bekas maggot. Kasgot dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik karena memiliki unsur-unsur N, P, K. yang terkandung didalamnya. Aplikasi pupuk organik kasgot berpotensi meningkatkan performa tanaman kailan untuk dapat tumbuh dengan optimal.

Pada tanaman sawi, pemberian konsentrasi kasgot 40 gram dengan sistem vertikultur memberikan pertumbuhan paling baik pada tanaman sawi yaitu tinggi tanaman sebesar 44,25 cm, jumlah daun 11 helai, bobot basah 96 gram, bobot kering 33,75 gram dan panjang akar 9,75 cm (Muhadat, 2021). Pemberian dosis 150 gram memberikan hasil yang terbaik sawi pakcoy yaitu berat segar total tanaman sebesar 56,10 g dan berat kering total tanaman sebesar 3,66 g (Kare et al., 2023).

Berdasarkan hasil penelitian Fauzi dkk. (2022), pemberian pupuk kasgot memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi dan bobot basah sawi, diperoleh dosis optimal 100 g/3kg tanah memberikan hasil terbaik pada sawi yaitu tinggi sebesar 38 cm dan bobot basah sebesar 220 g. Pada penelitian Meilani, Abdullah dan Mulia (2022), pemberian kasgot kotoran ayam berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada krop varietas great alisan. Perlakuan dosis 6 ton/ha kasgot

kotoran ayam memberikan hasil terbaik selada krop yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tiap tanaman, bobot segar tiap petak, bobot kering tanaman, bobot kering akar dan nisbah pupus akar.

Dalam upaya peningkatan hasil tanaman kailan, penggunaan pupuk kasgot dapat dioptimalkan dengan penambahan pupuk hayati yang dapat menambah suplai hara pada tanaman seperti *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR merupakan koloni bakteri akar yang dapat bermanfaat bagi perkembangan tanaman (Kumari dkk., 2019). Berdasarkan hasil penelitian Oktaviani dan Sholihah (2018), pemberian PGPR berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan. Perlakuan dosis 200 ml/tanaman memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman kailan tertinggi. Purniawati, Nizar dan Rahmi (2021) melaporkan bahwa pemberian PGPR berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dan tinggi tanaman pada tanaman kailan. Perlakuan terbaik adalah pemberian konsentrasi 12,5 mL/Liter air terhadap tinggi tanaman dan perlakuan terbaik interval waktu pemberian PGPR pada 20 HST terhadap tinggi tanaman. Pemberian PGPR dengan konsentrasi 5 mL/L pada bunga kol berpengaruh sangat nyata terhadap saat muncul krop bunga, bobot besar brankasan, luas daun, terluas, bobot segar akar dan diameter krop bunga (Anisa, 2019).

### **2.3 Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, hipotesis yang diajukan sebagai berikut :

- 1) Kombinasi dosis pupuk organik kasgot dan konsentrasi PGPR berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil kailan
- 2) Diketahui kombinasi dosis pupuk organik kasgot dan konsentrasi PGPR yang memberikan pertumbuhan dan hasil kailan terbaik