

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Taksonomi Tanaman Kailan

Menurut (Samadi, 2013) taksonomi tanaman kailan termasuk pada Kerajaan Plantae, Divisi Spermatophyta, Kelas Dicotyledonae, Bangsa Papaverales, Suku Cruciferae, Marga Brassica, dan jenis *Brassica oleraceae* var. *alboglabra*.



Gambar 1. Tanaman Kailan (Susila, 2003)

Tanaman kailan (*B. oleraceae* var. *alboglabra*) merupakan salah satu jenis sayuran suku kubis-kubisan (*Brassicaceae*) yang berasal dari negeri China. Kailan masuk ke Indonesia sekitar abad ke – 17, namun sayuran ini sudah cukup populer dan diminati di kalangan masyarakat, sehingga memiliki prospek pemasaran yang cukup baik. Usaha dan pengembangan sayuran komersil dapat dipertimbangkan sebagai salah satu usaha dalam meningkatkan pendapatan di bidang pertanian (Dermawan, 2009).

Tanaman kailan adalah salah satu jenis sayuran daun, dimana rasanya enak serta mempunyai kandungan gizi yang dibutuhkan tubuh manusia, seperti protein, mineral dan vitamin. Kandungan gizi serta rasanya yang enak, membuat kailan menjadi salah satu produk pertanian yang diminati masyarakat, sehingga mempunyai potensi serta nilai komersial tinggi (Sunarjono, 2008).

### 2.2 Morfologi Tanaman Kailan

Kailan termasuk jenis tanaman sayuran dan tergolong kedalam tanaman semusim (berumur pendek). Sistem perakaran relatif dangkal yakni menembus kedalaman tanah antara 20 – 30 cm. Batang tanaman kailan umumnya pendek dan

banyak mengandung air (herbaceous). Disekelilingi batang hingga titik tumbuh terdapat tangkai daun yang bertangkai pendek (Setyati, 1989).

Tanaman ini dikenal dengan daun roset yang tersusun spiral kearah puncak cabang tak berbatang. Sebagian besar sayuran kailan memiliki ukuran daun yang lebih besar, dan permukaan serta sembir daun yang rata.

Umumnya bunga berwarna kuning namun ada pula yang berwarna putih. Bunganya terdapat dalam tandan yang muncul dari ujung batang atau tunas. Kailan berbunga sempurna dengan enam benang sari yang terdapat dalam dua lingkaran. Empat benang sari dalam lingkaran dalam, sisinya dalam lingkaran luar (Setyati, 1989).

Buah-buah kailan berbentuk polong, panjang dan ramping berisi biji. Biji-bijinya bulat kecil berwarna coklat sampai kehitam-hitaman. Biji-biji inilah yang digunakan sebagai bahan perbanyak tanaman kailan (Setyati, 1989).

### **2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kailan**

Kailan bukan merupakan tanaman asli Indonesia. Tanaman kailan berasal dari Cina, akan tetapi keadaan alam Indonesia dengan iklim, cuaca serta keadaan dan sifat tanah memungkinkan untuk dikembangkan dengan baik.

Tanaman kailan cocok ditanam pada dataran medium hingga dataran tinggi atau pegunungan dengan ketinggian 300 - 1900 mdpl (Samadi, 2013). Suhu rata-rata harian yang dikehendaki tanaman kailan adalah 15°C - 25°C. Pada suhu yang terlalu rendah, tanaman menunjukkan gejala nekrosis pada jaringan daun dan akhirnya tanaman mati. Pada suhu terlalu tinggi tanaman mengalami kelayuan karena proses penguapan yang terlalu besar. Kelembaban udara yang baik bagi tanaman kailan yaitu 60% - 90% (Samadi, 2013).

Tanah yang baik untuk ditanami kailan adalah tanah lempung berpasir, tetapi toleran terhadap tanah ringan seperti andosol. Namun syarat yang paling penting keadaan tanahnya subur, gembur, kaya akan bahan organik, tidak mudah becek (menggenang), kisaran Ph antara 5,5 – 6,5 dan pengairannya cukup memadai. Pada tanah-tanah yang masam (pH kurang dari 5,5), pertumbuhan kailan sering mengalami hambatan (Fisher and Goldsworthy, 1992).

#### 2.4 Turnip Mosaic Virus (TuMV)

Salah satu penyebab penyakit pada tanaman sawi adalah *Turnip Mosaic Virus* (TuMV). *Turnip Mosaic Virus* dapat menyerang tanaman pada fase pembibitan, pertumbuhan vegetatif, pembungaan, dan pematangan bagian tanaman. Infeksi TuMV pada tanaman sawi dapat menyebabkan produksi benih menurun, ukuran benih mengecil, bentuk benih mengalami malformasi, dan viabilitas benih akan menurun (Walsh & Tomlinson, 1985).

TuMV merupakan jenis dari genus *potyvirus*. TuMV dapat menyerang tanaman kubis, sawi hijau dan lobak sampai pada tingkat serangan 100% di Asia. Serangan TuMV dapat menyebabkan gagal panen pada tanaman sawi. *Potyvirus* mempunyai partikel berbentuk batang lentur berukuran 15-20 x 720 nm dan mengandung genom monopartit berupa RNA untai tunggal yang terdiri dari 9830 nukleotida (Green dan Deng, 1985).

Virus ini memungkinkan menginfeksi secara alami dan menyerang keluarga *brassica*, juga bisa menyerang keluarga non *brassica* seperti (polong-polongan, seledri, lobak, chicory, dan selada) dan tanaman ornamental. Pada beberapa kasus, virus ini mampu membuat tanaman mati (Walsh *et al.*, 1985).

Penularan virus dapat terjadi oleh beberapa cara. Penularan virus dapat melalui vektor, biji, secara mekanik dan tertular karena faktor lingkungan. TuMV dapat ditularkan oleh vektor serangga salah satunya adalah kutu daun (Homoptera: Aphididae) kutu daun membawa TuMV dari tanaman dan gulma yang terinfeksi TuMV, kemudian ditularkan ke tanaman *Brassica* yang sehat dengan kondisi iklim yang mendukung. Dalam penelitian lain, Edwardson dan Christie (1986) menyebutkan bahwa TuMV ditularkan oleh lebih dari 89 spesies aphids dalam keadaan non-persisten.

Pada tanaman sawi, TuMV memiliki gejala mosaik ringan, tetapi kebanyakan tanaman sakit memperlihatkan gejala mosaik berat hijau kekuningan pada daun disertai gejala *vein clearing*, melepuh (*blister*), dan perubahan bentuk atau malformasi (Firdaus, 2009). TuMV belum berkembang meluas di Indonesia, namun dari hasil survei yang dilakukan pada tahun 2008 di Bogor dan Cianjur, Jawa Barat menunjukkan bahwa 50% tanaman caisin menunjukkan gejala mosaik, *blister*, malformasi atau kerdil (Firdaus, 2009).

### 2.5 Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Salah satu teknologi pengendalian TuMV yang memungkinkan untuk dikembangkan dan relatif aman adalah dengan pemanfaatan musuh alami *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR merupakan bakteri yang hidup secara berkoloni di daerah perakaran tanaman yang memiliki manfaat bagi pertumbuhan akar dan menghambat invasi patogen (Soesanto, 2008). Pemanfaatan PGPR dalam bidang pertanian saat ini telah mendapatkan perhatian karena mampu meningkatkan produksi pertanian baik secara segi kualitas maupun kuantitas.

Mekanisme PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanan tanaman dapat terjadi melalui kemampuan memproduksi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT), pelarutan fosfat yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dan kemampuan produksi antibiotik, memproduksi siderofor yang berperan dalam induksi ketahanan atau peningkatan ketahanan tanaman terhadap gangguan biotik dan abiotik. PGPR memiliki peran penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, perlindungan, hasil panen, dan kesuburan lahan (Millan, 2007).

Beberapa bakteri dari kelompok PGPR adalah bakteri penambat nitrogen seperti genus *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfat mempunyai peran dan fungsi penting dalam mendukung terlaksananya pertanian ramah lingkungan melalui proses, seperti dekomposisi bahan organik, mineralisasi senyawa organik, fiksasi hara, pelarut hara, nitrifikasi dan denitrifikasi (Saraswati dan Sumarno, 2008). Secara tidak langsung bakteri PGPR dapat menghambat patogen melalui sintesis senyawa antibiotik, sebagai kontrol biologis (Saraswati dan Sumarno, 2008). Bakteri lain yang dapat memproduksi IAA adalah bakteri pelarut fosfat (BPF) seperti genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Cerratia* (Widawati, 2014). Bakteri pelarut fosfat merupakan satu-satunya kelompok bakteri yang dapat melarutkan P yang terserap permukaan oksida-oksida besi dan aluminium sebagai senyawa Fe-P dan Al-P (Hartono, 2000). Bakteri tersebut berperan juga dalam transfer energi, penyusunan protein, koenzim, asam nukleat dan senyawa-senyawa metabolik lainnya yang dapat menambah aktivitas penyerapan P pada tumbuhan yang kekurangan P (Rao, 1994).

Beberapa bakteri yang telah banyak dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai agens pengendali bakteri patogen tanaman (antagonis) adalah *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Streptomyces* sp. Selain sebagai agens pengendali hayati, bakteri ini juga dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR) (Desmawati, 2006). Selain itu, dari data Balai Penelitian Tanaman Hias yang berada di Cianjur - Jawa Barat tahun 2004, beberapa rhizobacteria sedang dikembangkan khususnya yang berasal dari golongan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp.

*Pseudomonas* kelompok *fluorescens* merupakan salah satu kelompok bakteri yang banyak dipelajari sebagai agen pengendali hayati. Bakteri tersebut mempunyai mekanisme kombinasi pengendali hayati yang efektif. *Pseudomonas* menghasilkan beberapa metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba terhadap bakteri lain dan jamur patogen. Selain itu, bakteri ini menghasilkan siderofor yang mampu menghambat pertumbuhan patogen dengan cara membatasi penggunaan besi yang tersedia di dalam tanah. Penelitian menunjukkan dengan pemanfaatan *P. fluorescens* pada tanaman mentimun dan tomat adanya peningkatan ketahanan tanaman terhadap infeksi CMV dan mampu menghambat munculnya gejala (Duffy dan Defago, 1999).

*Bacillus* sp. digolongkan ke dalam kelas bakteri heterotrofik, yaitu bersifat uniseluler, termasuk dalam golongan mikroorganisme redusen atau yang lazim disebut sebagai decomposer. *Bacillus* merupakan bakteri yang terbentuk batang dapat dijumpai di tanah dan air. Beberapa jenis menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks. *Bacillus* sp. membentuk endospora, merupakan gram positif, bergerak dengan flagel. Marga *Bacillus* mampu tumbuh pada suhu 10-50° C, merupakan saprofit ringan yang tak berbahaya, mudah tumbuh dalam kerapatan tinggi dan mampu membentuk endospore yang tahan panas. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan *Bacillus* sp. mampu menekan kejadian penyakit. Pada tanaman mentimun, pemanfaatan *Bacillus* sp. di lapangan mampu menekan perkembangan penyakit CMV (Salle, 1961)

*Azotobacter* merupakan rhizobacteria yang telah dikenal sebagai agen biologis pemfiksasi nitrogen, yang mengubah nitrogen menjadi amonium melalui

reduksi elektron. Nitrogen yang terikat pada struktur tubuh mikroba dilepas dalam bentuk organik sebagai sekresi atau setelah mikroba tersebut mati (Andayaningsih, 2000). Andayaningsih (2000) melaporkan bahwa jumlah *Azotobacter* berbanding lurus dengan jumlah N<sub>2</sub> yang dapat diubah oleh sel *Azotobacter*. Apabila keunggulan bakteri ini dapat dimanfaatkan dengan efisien, maka harapannya dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan pupuk N tanpa mengganggu target produksi. *Azotobacter* sangat sensitif pada alkalinitas, asiditas, dan optimum pada pH 7-8. Ion aluminium bersifat toksik untuk *Azotobacter*. Hal ini merupakan hambatan utama bagi keberadaan *Azotobacter* yang berasal dari tanah podsolik. *Azetobacter* dilaporkan mampu menekan intensitas virus. Isolat *Azetobacter* mampu menekan intensitas serangan TMV pada tanaman cabai.

## 2.6 Mekanisme PGPR dengan Ketahanan Tanaman terhadap Patogen

Ketahanan tanaman terhadap patogen adalah kemampuan tanaman untuk mencegah masuknya patogen atau menghambat perkembangan dan penyebaran patogen dalam jaringan tanaman (Agrios, 1996). Menurut Batara (2004), tanaman akan mempertahankan diri dengan dua cara yaitu : (1) adanya perubahan sifat struktural pada tanaman yang berfungsi sebagai penghalang fisik dan akan menghambat patogen untuk masuk dan menyebar di dalam tanaman, dan (2) respon biokimia yang berupa reaksi-reaksi kimia yang akan terjadi di dalam sel dan jaringan tanaman, sehingga patogen dapat mati atau terhambat pertumbuhannya.

Ketahanan tanaman sudah terbentuk sebelum adanya serangan dari patogen (*pre existing*) atau induksi ketahanan tanaman oleh suatu agens (*inducted resistance*). Patogen yang bersifat virulen akan mampu melawan reaksi ketahanan tanaman sehingga dapat mematahkan ketahanan *pre existing* pada tanaman. Keparahan penyakit akan menurun jika sebelum terjadi reaksi patogen, tanaman tersebut sudah terinduksi oleh agens stimulant (misalnya ISR). Beberapa strain dari rhizobacteria dari kelompok PGPR dan dapat menstimulasi pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman dalam kondisi stres (Kloepper *et al.*, 1992).

PGPR merupakan bakteri yang mengkoloni perakaran tanaman dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Bakteri ini hidup dan berkembang dengan memanfaatkan eksudat yang dikeluarkan oleh perakaran tanaman, jika di lahan

sedang tidak ada tanaman, bakteri ini mampu memanfaatkan bahan-bahan organik yang berada di dalam tanah untuk bertahan hidup. Mekanisme peran mikroba PGPR dalam meningkatkan keragaan (*Perfomance*) kesehatan tanaman terjadi melalui mekanisme sebagai berikut : (1) Menekan perkembangan penyakit dan hama (*Bioprotectant*), (2) Memproduksi Fitohormon (*biostimulant*), (3) Menghambat produksi etilen, (4) Meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (*Biofertilizer*).

Mekanisme pertama merupakan pengaruh langsung dari inokulasi PGPR pada tanaman. Sementara, mekanisme kedua hingga keempat merupakan pengaruh tidak langsung terhadap tanaman dalam menghadapi gangguan hama dan penyakit. Kemampuan PGPR dalam menghasilkan fitohormon membuat tanaman dapat menambah luas permukaan akar-akar halus dan meningkatkan ketersediaan nutrisi didalam tanah. Hal ini menyebabkan penyerapan unsur hara dan air dapat dilakukan dengan baik, sehingga kesehatan tanaman juga akan semakin baik. Dengan semakin baiknya kesehatan tanaman, ketahanan tanaman terhadap tekanan juga akan semakin meningkat. Tekanan yang dimaksud dapat berupa tekanan akibat faktor lingkungan, maupun tekanan akibat faktor biologis (Soenandar *et al.*, 2010).

PGPR akan menyebabkan resistensi sistemik yang disebut dengan ISR (*Inducted Systemic Resistance*) (Kloepper *et al.*, 1992). Menurut Istikoroni (2002) ISR atau ketahanan terimbas adalah ketahanan yang berkembang setelah tanaman terlebih dahulu diinokulasi dengan lisitor biotik (mikroorganisme avirulen, non patogenik, saprobit) dan elisitor abiotik (asam salsilat, asam 2-kloroetil fosfonat). Asam salsilat berperan penting sebagai molekul signal dari beberapa respon ketahanan tanaman. Zehnder *et al.*, (2001) melaporkan bahwa strain PGPR pada ketahanan ISR telah menurunkan perkembangan penyakit terhadap virus mosaik mentimun (CMV) pada mentimun dan virus tomat belang (ToMoV) pada tanaman tomat.

Paul (2007) menyatakan mekanisme ISR dan antagonis biasanya terjadi secara stimulan. Artinya baik secara langsung maupun tidak langsung rhizobakteri akan mampu menghambat pertumbuhan patogen. Ketahanan tanaman dapat terinduksi oleh senyawa kimia tertentu, mikroba non patogenik (tidak dapat

menyebabkan penyakit, dan patogen virulen (mampu menyebabkan penyakit) serta patogen yang avirulen (tidak dapat menyebabkan penyakit) (Millan, 2007).

