

**ISOLASI BAKTERI ENDOFIT YANG BERPOTENSI SEBAGAI AGENS
PENGENDALI HAYATI PENYAKIT BUSUK CINCIN BAKTERI
(*CLAVIBACTER MICHIGANENSIS* SUBSP. *SEPEDONICUS*) PADA TANAMAN
KENTANG (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)**

**WIDYA INDRIANI
G011 19 1006**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Isolasi Bakteri Endofit yang Berpotensi Sebagai Agens Pengendali
Hayati Penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis*
subsp. *sepedonicus*) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)**

**Widya Indriani
G011191006**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Isolasi Bakteri Endofit yang Berpotensi Sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

Nama : Widya Indriani

Nim : G011191006

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 19601224 198601 1 001

Pembimbing Pendamping



Prof. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc., Ph.D
NIP. 19601231 198601 1 011

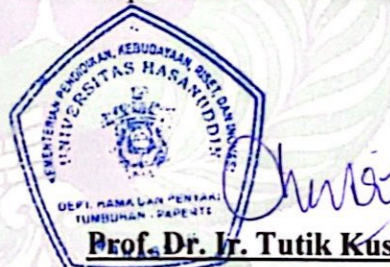
Diketahui oleh:

Ketua program Studi Agroteknologi



Dr. Ir. Abd. Haris B., M.Si.
NIP. 19670811 199403 1 003

Ketua Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M. Sc.
NIP. 19650316 198903 2 002

Tanggal Pengesahan:

DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa. Skripsi berjudul “Isolasi Bakteri Endofit yang Berpotensi Sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)” benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Saya menyatakan bahwa, semua sumber informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Makassar, 12 Februari 2024



Widya Indriani
G011191006

ABSTRAK

WIDYA INDRIANI. Isolasi Bakteri Endofit yang Berpotensi Sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Dibimbing oleh BAHARUDDIN dan ANDI NASRUDDIN.

Penurunan peningkatan produksi kentang salah satunya disebabkan oleh serangan *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) yang menyebabkan penyakit Busuk Cincin Bakteri pada tanaman kentang. Pemanfaatan bakteri endofit sebagai agens pengendali hayati pada tanaman kentang termasuk pengendalian yang ramah lingkungan dan dapat bersinergi dengan pengendali lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa keragaman bakteri endofit yang diisolasi dari jaringan tanaman kentang mampu menekan perkembangan penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Cms*) secara *in vitro*. Bakteri endofit diisolasi dari umbi tanaman kentang varietas Kalosi dan Granola dengan cara digerus lalu diratakan pada media NA yang sebelumnya telah disterilisasi permukaan dengan perendaman NaOCL 1%, alkohol 70%, dan aquades. Seleksi bakteri yang berpotensi sebagai agens hayati dilakukan dengan menggunakan metode uji daya hambat yang meliputi perataan suspensi bakteri *Cms* di atas media lalu diletakkan paperdisc yang telah dicelupkan ke dalam suspensi bakteri endofit konsentrasi 10^8 cfu/ml. Terdapat keragaman bakteri endofit pada umbi kentang. Dari 12 isolat bakteri endofit yang berhasil diisolasi, terdapat delapan isolat yang mampu menghambat *Cms*. Isolat BEK 03 adalah isolat yang memiliki daya hambat tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya dengan kategori kuat (+++) yaitu indeks penghambatan sebesar 2 cm.

Kata kunci: indeks Penghambatan, *in vitro*, keragaman, uji daya hambat, umbi kentang.

ABSTRACT

WIDYA INDRIANI. Isolation of Endophytic Bacteria potential as Biological Control Agents of Bacterial Ring Rot Disease (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Supervised by BAHARUDDIN dan ANDI NASRUDDIN.

The decline in potato production is caused by the attack of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) which causes Bacterial Ring Rot disease in potato plants. The utilization of endophytic bacteria as biological control agents in potato plants is an environmentally friendly control that can synergize with other control methods. This study was conducted to determine the ability of endophytic bacteria isolated from potato plant tissues to suppress the development of Bacterial Ring Rot (*Cms*) *in vitro*. Endophytic bacteria were isolated from potato plant tubers of Kalosi and Granola varieties by crushing them and then flattening them on NA medium that had previously been surface sterilized by immersion in 1% NaOCL, 70% alcohol, and distilled water. The selection of bacteria with potential as biological agents was carried out using the inhibition test method which includes flattening the *Cms* bacterial suspension on the media and then placing a paperdisc that had been dipped into a suspension of endophytic bacteria at a concentration of 10^{-8} . The results showed that there was a diversity of endophytic bacteria isolated from the potato tubers. Of the 12 isolates of endophytic bacteria, only eight isolates were able to inhibit *Cms*. BEK 03 isolate has the highest inhibitory ability with a strong category (+++), with an inhibition index of 2 cm.

Keywords: diversity, *in vitro*, inhibition index, inhibitory test, potato tuber.

PERSANTUNAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb. Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala atas segala limpahan Rahmat dan karunia-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan salah satu persyaratan studi S1 (Strata 1) di Fakultas Pertanian, Departemen Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Hasanuddin dengan Judul “**Isolasi Keragaman Bakteri Endofit Yang Berpotensi Sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus*) Pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)**”. Selama proses penyelesaian skripsi, penulis mengalami berbagai hambatan dan menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Hambatan dapat teratasi tentu tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak yang ada. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang tidak terhingga kepada orang-orang yang turut dalam membantu, baik dalam bentuk sumbangan ide, materil, maupun moril sehingga skripsi ini dapat selesai sebagaimana mestinya. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, **Bapak Muh. Ansar** dan **Ibu Nurhayati** yang senantiasa memberikan doa tak terhingga kepada penulis, memberikan dukungan secara moral dan materil sehingga penulis bisa sampai ketahap jenjang Pendidikan yang tinggi seperti sekarang ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada kedua kakakku Andri dan Janna yang telah memberikan semangat, dukungan, dan selalu memberikan saran yang berhubungan dengan penelitian penulis.
2. **Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin**, selaku Dosen Pembimbing Utama dan **Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc.** selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah banyak membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Terimakasih atas kesabaran dan ketulusan prof dalam membimbing saya. Semoga prof sekeluarga senantiasa diberi Kesehatan dan kesuksesan.
3. Dosen penguji, **Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA., Prof. Dr. Ir. Itji, M.S.** dan Ibu **Eirene Brugman, S.P., M.Sc.** selaku dosen penguji yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan ilmu, saran, dan diskusi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Staff Laboratorium **Pak Ahmad Yani, S.P., M.P.** terimakasih atas segala bantuan, saran dan masukan yang diberikan kepada penulis selama penelitian. Semoga bapak dan sekeluarga senantiasa diberi Kesehatan dan kesuksesan.
5. Sahabat-sahabat terbaik saya **Walk Walk** yaitu, Arini, Anisa dan Jauhara, Terimakasih telah menjadi teman senang dan membuat masa perkuliahan penulis menjadi lebih bermakna. Terimakasih juga karena senantiasa kebersamai penulis dalam hal susah senangnya dalam menjalankan penelitian. Semoga pertemanan ini tidak hanya berlangsung selama masa kuliah dan akan tetap berlanjut hingga kita bisa berkumpul lagi dan menceritakan hal-hal baik dalam hidup ini dalam menuju kesuksesan.
6. Kepada sahabat se-jurusan saya **Zha Zha** yang selalu menemani penulis dalam hal pencarian sampel kentang dalam penelitian ini, Terimakasih atas usahanya sehingga penulis tidak merasa sendiri disaat semua teman-temannya sibuk dengan urusannya sendiri serta Terimakasih karena selalu tidak menolak ajakan penulis kemanapun pergi.

Semoga kita selalu punya hal atau kegiatan yang dapat mempertahankan pertemanan ini dan semoga kita sukses kedepannya.

7. Kepada sahabat saya **Ismi** yang selalu ada dan kebersamai penulis dalam sulitnya menyelesaikan Skripsi, selalu sabar mendengarkan keluhan-keluhan penulis dan memberikan energi positif agar tetap selalu semangat dalam menyelesaikan skripsi. Semoga selalu sehat dan kita bisa berteman hingga waktu yang tidak ditentukan.
8. Kepada teman-teman **BPM & BPH HMPT-UH 2022/2023**, terutama Risma, Amirah, Intan, Iin, Fadia dan Indra, terimakasih telah menjadi salah satu bagian dari kehidupan penulis dimasa akhir perkuliahan dengan hiburan-hiburan random yang dilakukan sehingga penulis dapat tetap terhibur dan tidak merasa sendiri dalam menjalani penelitian dan pengerjaan skripsi ini. Semoga peretemanan ini bisa selalu terjaga hingga menuju kesuksesan.
9. Teman-teman peneliti **Lab Bioteknologi Pertanian**; Sartika, Saskiah, Aminah, kak Fadyah, Mba Gita, Ermin, Gaizka, Syifa, Yuli, Dita, Alfin, ibu Fatma, ibu Eli dan kak Alfian terimakasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama melakukan penelitian. Semoga teman-teman selalu semangat dan dilancarkan segala urusannya.
10. Kepada diri saya sendiri terimakasih untuk mampu bertahan dan selalu bertahan serta tetap semangat dalam menjalankan Pendidikan ini hingga akhir, mari ciptakan kebahagiaan lainnya di masa depan dengan orang-orang tercinta.

Serta semua pihak yang penulis tidak dapat tuliskan satu persatu, terimakasih atas doa dan juga dukungan yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian, skripsi dan perkuliahan ini dengan baik dan diwaktu yang tepat. Dengan segala kerendahan hati penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis,

Widya Indriani

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
DEKLARASI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
PERSANTUNAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tanaman Kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	3
2.2 Penyakit Busuk Cincin Bakteri (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i>)	3
2.3 Teknik Pengendalian Penyakit (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i>)	4
2.3.1 Bakteri Endofit	5
3. METODE PENELITIAN	7
3.1 Tempat dan Waktu	7
3.2 Bahan dan Alat	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.3.1 Isolasi dan Identifikasi Sederhana Bakteri Endofit	7
3.3.2 Isolasi Bakteri Patogen <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i>	8
3.3.3 Uji Daya Hambat bakteri Endofit terhadap <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> secara <i>in-vitro</i>	9
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Hasil	11
4.1.1. Isolasi Bakteri Endofit	11
4.1.2 Bakteri Patogen <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> (Cms) pada Tanaman Kentang	11
4.1.3 Uji Daya Hambat Bakteri Endofit Terhadap <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> secara <i>in vitro</i>	13

4.2 Pembahasan	14
5. KESIMPULAN DAN SARAN	18
5.1 Kesimpulan	18
5.2 Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakter Morfofisiologis Isolat Bakteri Endofit pada Umbi Tanaman Kentang	11
Tabel 2. Karakteristik Bakteri <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> yang telah diisolasi dari Tanaman Kentang.....	11
Tabel 3. Hasil pengujian kemampuan menghambat isolat bakteri endofit yang berasal dari umbi pada tanaman kentang terhadap <i>Cms</i> secara <i>In Vitro</i>	14

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanaman Kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	3
Gambar 2. Gejala <i>Cms</i> pada umbi dan daun tanaman Kentang	4
Gambar 3. Tahapan Isolasi Bakteri Endofit.....	7
Gambar 4. Peletakan isolat bakteri endofit diantara patogen bakteri <i>C. michiganensis</i> dalam cawan petri	9
Gambar 5. Pengukuran diameter zona hambat yang terbentuk disekitar isolat bakteri endofit	10
Gambar 6. Morfologi koloni <i>Cms</i> pada media NBY	12
Gambar 7. Hasil Uji gram dan Uji Katalase	12
Gambar 8. Reaksi hipersensitif tanaman terhadap bakteri <i>Cms</i> yang diuji pada tanaman tembakau	12
Gambar 9. Hasil Uji Postulat Koch pada Umbi kentang Sehat	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Pengamatan uji kemampuan daya hambat isolat bakteri varietas Kalosi terhadap bakteri patogen <i>Cms</i> secara <i>in vitro</i>	23
Lampiran 2. Dokumentasi Hasil Pengamatan uji kemampuan daya hambat isolat bakteri varietas Granola terhadap Bakteri patogen <i>Cms</i> secara <i>in vitro</i>	23
Lampiran 3. Dokumentasi Pengambilan Sampel	23
Lampiran 4. Dokumentasi Isolasi Bakteri Endofit dengan metode sterilisasi permukaan	24
Lampiran 5. Dokumentasi Isolat Bakteri endofit dari varietas Kalosi	24
Lampiran 6. Dokumentasi Isolat Bakteri endofit dari varietas Granola.....	24
Lampiran 7. Dokumentasi Uji kemampuan daya hambat	25
Lampiran 8. Dokumentasi Hasil pengujian daya hambat isolate Bakteri Endofit dari varietas Kalosi + <i>Cms</i> secara <i>in vitro</i>	25
Lampiran 9. Dokumentasi Hasil pengujian daya hambat isolate Bakteri endofit dari varietas Granola + <i>Cms</i> secara <i>in vitro</i>	26

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu sayuran subtropis yang terkenal di Indonesia. Sayuran ini memiliki daya tarik pada umbi kentangnya yang kaya akan karbohidrat dan nutrisi. Di Indonesia sendiri kentang digunakan sebagai bahan pangan alternatif atau bahan alternatif karbohidrat, terutama dalam memenuhi kebutuhan gizi dan pangan bagi penduduk Indonesia selain nasi (Gunarto, 2003).

Produksi kentang pada tahun 2021 di Indonesia sebanyak 1.361.064 ton. Kemudian mengalami penurunan produksi dari tahun sebelumnya yaitu hanya mencapai 1.282.768 ton dan seiring berkurangnya luas lahan dilihat dari meluasnya pembangun di setiap daerah sehingga lahan pertanian semakin berkurang. Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan diberbagai tempat sehingga lahan yang tersedia semakin sedikit, serta berkembangnya industri yang membutuhkan bahan baku kentang menyebabkan kebutuhan kentang akan terus meningkat setiap tahunnya. Sedangkan produksi kentang di Sulawesi Selatan sendiri pada tahun 2019 mencapai 506.285 ton dan pada tahun 2020 mengalami kenaikan hingga 569.544 ton. Peningkatan produksi kentang di Sulawesi Selatan telah mendukung penyediaan kebutuhan kentang, khususnya Masyarakat Sulawesi Selatan walaupun belum mampu memenuhi kebutuhan nasional akan produksi kentang (BPS, 2022).

Tanaman kentang memiliki kelebihan dari tanaman lainnya yaitu produktivitas tinggi, mudah dipasarkan, harga yang relatif stabil dan kaya akan unsur hara dan gizi tinggi seperti sumber lemak, sumber protein, sumber provitamin A, sumber vitamin, dan sumber mineral. Namun, dalam hal penggunaan pupuk kimia yang tidak memenuhi kebutuhan tanaman yang meningkat seiring berjalannya waktu sehingga menyebabkan biaya produksi menjadi lebih tinggi dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Akibatnya produktivitas tanaman sayuran, termasuk kentang menurun. Rendahnya produksi kentang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti serangan hama dan penyakit tanaman (Sunarjono 2007).

Hambatan dalam meningkatkan produksi kentang di Indonesia yaitu adanya serangan hama dan penyakit tanaman. Penyakit pada tanaman kentang yang cukup merugikan dalam budidaya salah satunya adalah penyakit Busuk Cincin Bakteri yang disebabkan oleh patogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) yang mana menimbulkan gejala awal yaitu layu pada pinggir daun, terutama pada daun bagian bawah dan warna daun menjadi hijau pucat, sehingga daunnya terlihat layu melengkung ke bawah, serta pangkal batang daun jika dipotong dan diperas akan mengeluarkan eksudat seperti susu. Gejala pada umbi yang terinfeksi *Cms* terlihat jelas ketika umbi dibelah pada bagian vascular berbentuk cincin dengan warna kuning pucat sampai coklat muda (Monica, 2013)

Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh bakteri paling banyak digunakan saat ini adalah menggunakan bakterisida dan fungisida kimiawi yang dapat menimbulkan dampak negatif berupa keracunan pada manusia, hewan peliharaan, pencemaran lingkungan sekitar serta terbunuhnya organisme bukan sasaran (Mustika dan Nuryani, 2006).

Mekanisme dalam pengendalian hayati menurut Junaid dkk. (2013) yaitu (1) antibiosis, (2) kompetisi, (3) mikoparasitisme, (4) enzim pendegradasi dinding sel, dan (5) penginduksi ketahanan, (6) pemacu pertumbuhan dan (7) pengoloni rizosfer. Pengendalian secara hayati dalam mengendalikan patogen menjadi sangat penting dan efektif karena tidak

menyebabkan residu, aman bagi lingkungan, dan berdampak positif pada tanaman. Pemanfaatan bakteri endofit juga sebagai antibakteri dan antijamur yang tidak menimbulkan efek negatif terhadap kehidupan manusia dan lingkungan. Firmansah (2008) mengatakan bahwa bakteri endofit telah diketahui memiliki kemampuan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Ketahanan tanaman terhadap penyakit didefinisikan sebagai suatu karakter yang memungkinkan tanaman dapat terhindar dan mempunyai daya tahan atau daya sembuh dari serangan penyakit dalam kondisi yang menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman oleh patogen (Firmansah, 2008). Manfaat lain dari bakteri endofit juga dijelaskan oleh Djatmiko (2007) bahwa bakteri endofit pada kelompok *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* spp. mempunyai kemampuan yang baik dalam menekan pertumbuhan bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Cms) secara *in vitro*.

Pengendalian dengan menggunakan bakteri endofit pada tanaman terhadap serangan patogen dapat menjadi alternatif dalam pengendalian patogen. Untuk mengetahui potensi bakteri endofit pada tanaman kentang dalam memproteksi tanaman kentang dari serangan penyakit yang disebabkan oleh penyakit Busuk Cincin Bakteri, maka dilakukan penelitian ini sebagai uji keefektifan bakteri endofit pada tanaman kentang dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* penyebab penyakit busuk cincin bakteri pada tanaman kentang secara *in vitro*.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bakteri endofit yang diisolasi dari umbi kentang yang mampu menekan perkembangan penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.).

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai bakteri endofit pada tanaman kentang yang berpotensi sebagai antagonis yang dapat dibiakkan dan dikembangkan sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan ketahanan tanaman kentang dan mengendalikan patogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Cms) penyebab penyakit busuk cincin bakteri pada tanaman kentang menggunakan bakteri endofit yang diisolasi dari jaringan tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)



Gambar 1. Tanaman Kentang (Amaranthus, 2001)

Kentang adalah salah satu makanan pokok dunia setelah beras, gandum, dan jagung, sedang di Indonesia kentang merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki nilai perdagangan dalam negeri yang tinggi dan potensi ekspor yang cukup baik. Umbi kentang mengandung karbohidrat, vitamin dan mineral yang cukup tinggi. Komponen utama umbi kentang adalah protein, air dan karbohidrat, serta mengandung kalsium, fosfor, natrium, kalium, zat besi, vitamin C dan vitamin B (Hartus, 2001).

Menurut Rukmana (1997), klasifikasi tanaman kentang adalah:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Solanales
Famili	: Solanaceae
Genus	: Solanum
Spesies	: <i>Solanum tuberosum</i> L.

Tanaman kentang tumbuh di tanah yang memiliki drainase baik, subur, gembur, kaya bahan organik dan memiliki pH 5 hingga 6,5. Jenis tanah terbaik adalah andosol, namun tanah lempung yang berpasir, seperti latosol, aluvial dan grumusol juga cocok. Setelah itu diberikan pupuk organik dan tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik jika pemberian pupuk yang cukup (Rukmana, 1997).

2.2 Penyakit Busuk Cincin Bakteri (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*)

Di Indonesia, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Cms), yang menyebabkan penyakit Busuk Cincin Bakteri pada tanaman kentang masuk dalam kategori OPTK A2, yaitu patogen tersebut terdapat di Indonesia tetapi masih pada wilayah tertentu. Beberapa sampel tanaman yang terinfeksi oleh Cms ditemukan di Pangalengan (Djaya, 2010). Pada temuan Sulastrini dkk. (2012) ditemukan gejala penyakit busuk cincin bakteri pada tanaman kentang di Sulawesi Selatan. Penyakit Busuk Cincin Bakteri adalah penyakit utama pada budidaya tanaman kentang di Eropa, penyakit tersebut diduga masuk ke Indonesia melalui impor benih kentang dari Jerman dan Belanda. Di negara-negara Eropa, penyakit ini bersifat endemik dan

tersebar luas sehingga menimbulkan kerugian yang signifikan. Kehilangan hasil kentang akibat penyakit ini dapat mencapai hingga 50% bahkan pada industri benih kerugiannya bisa mencapai 100% (OEPP/EPPO, 2006)

Penyakit ini dinamakan "Busuk Cincin Bakteri" karena memiliki gejala pada sistem jaringan pembuluh yang berbentuk cincin pada umbi kentang. Umbi yang terinfeksi berat, jaringan pembuluh akan berwarna coklat sampai hitam dengan membentuk cincin (Gambar 2A), diikuti dengan adanya cairan seperti keju atau krem dan banyak ruang berongga dengan daging buah yang pecah. Retakan yang kering biasanya terlihat pada permukaan umbi (Gambar 2B). Dalam kasus yang lebih ringan, cincin pembuluh darah mungkin hanya menunjukkan garis hitam yang pecah atau perubahan warna kekuningan. Daun tanaman yang terinfeksi menunjukkan warna *yellowing* dibagian tengah daun, nekrosis dan *blighting* pada tepi daun, layu atau tidak menunjukkan gejala (Gambar 2C).



Gambar 2. Gejala *Cms* pada umbi dan daun tanaman Kentang

Sumber: Dr. Solke De Boer, Canadian Food Inspection Agency.

Gejala pada tanaman kentang muncul pertama kali pada akhir musim tanam dan infeksi ditandai dengan berwarna pucat bagian bawah daun lalu menuju pinggiran daun. Gejalanya mirip pada penyakit yang disebabkan oleh virus *leaf roll*, tetapi pada penyakit *Cms* salah satu serangannya pada tanaman kentang yaitu pada batang yang terinfeksi jika dipotong pada pembuluh jaringannya (pengangkut) akan terlihat berubah warna. Pada tahap awal infeksi muncul bintik-bintik kuning dipermukaan daun, kemudian akan layu dan seluruh tanaman akan mati (Monica, 2013)

Di Amerika Utara dan Eropa, *Cms* dianggap sebagai organisme karantina yang tidak memiliki toleransi dalam penyerangannya. Satu umbi yang terinfeksi sudah menimbulkan kerugian ekonomi yang besar. *Cms* dapat menyebabkan kerusakan dalam tiga cara yang berbeda: (1) Hilangnya hasil panen secara langsung selama pertumbuhan dan penyimpanan, (2) penolakan terhadap benih yang terinfeksi dan biaya dalam pengendalian, (3) hilangnya pasar ekspor atau kesulitan dalam membuka pasar baru (Van der Wolf dkk., 2005).

2.3 Teknik Pengendalian Penyakit (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*)

Pengendalian penyakit Busuk Cincin Bakteri ini dapat dicegah dengan menggunakan bibit kentang yang sehat. Pengendalian dengan beberapa hal yaitu: rotasi tanaman selama 3 sampai 4 tahun, tergantung pada kategori organik yang digunakan untuk budidaya. Desinfeksi alat-alat pertanian, diikuti dengan desinfeksi asam hipoklorit meliputi: gudang penyimpanan, lumbung, alat pertanian, dan tempat pembuangan sampah. Peralatan pertanian terlebih dahulu dibersihkan dan didesinfeksi setiap kali akan digunakan pada lahan pertanian dan juga pada saat akan di simpan (Monica, 2013).

Penggunaan pestisida yang berlebihan akan menghasilkan limbah dan dapat meningkatkan biaya produksi. Dampaknya menimbulkan kerugian yang lebih besar antara lain, terjadinya pencemaran tanaman dan lingkungan dengan pestisida beracun, musnahnya musuh alami, munculnya resistensi OPT, serta terjadinya resurgensi hama tertentu. Metode alternatif pengendalian OPT yang dapat digunakan adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan pendekatan kuantitas, kualitas serta keanekaragaman musuh alami dengan tujuan Pembangunan berkelanjutan (Setiawati dkk, 2004).

Pengendalian penyakit tanaman secara hayati adalah kegiatan yang dapat mengurangi kepadatan inokulum atau dapat menekan aktivitas patogen/parasit penyebab penyakit, dalam kondisi dorman ataupun aktif yang dilakukan oleh satu atau lebih organisme, dapat dilakukan dengan cara alami atau dengan mikroorganisme yang melalui manipulasi lingkungan, inang (tanaman), agens antagonis atau melalui introduksi massal dari satu atau lebih agens antagonis. Dibandingkan dengan teknik pengendalian lainnya khususnya penggunaan pestisida kimia. Pengendalian hayati memiliki tiga keunggulan utama yaitu permanen, aman, dan ekonomis (Sopialena, 2018)

Memanfaatkan bakteri endofit pada tanaman kentang menjadi salah satu alternatif dalam mengendalikan penyakit Busuk Cincin Bakteri pada tanaman kentang. Mikroorganisme tersebut memiliki potensi sebagai agen pengendalian secara hayati yang murah, aman dan ramah lingkungan serta dapat bersinergi dengan pengendali lainnya.

2.3.1 Bakteri Endofit

Bakteri endofit adalah istilah untuk organisme berupa bakteri yang hidup di dalam jaringan tanaman (x dan bersifat nonpatogenik. Bakteri endofit ditemukan di berbagai varietas tanaman inang di seluruh dunia termasuk pohon, semak, rumput, lumut, pakis dan lumut kerak. Mikroba endofit dapat diisolasi dari jaringan daun, batang, kulit batang, akar, umbi dan biji tanaman yang tidak menunjukkan gejala serangan penyakit atau tanaman sehat. Bakteri endofit dapat memengaruhi kesehatan tanaman dalam hal: (1) antagonisme langsung terhadap patogen, (2) induksi resistensi sistemik dan (3) peningkatan toleransi tanaman terhadap tekanan lingkungannya (Hallman, 1999).

Bakteri ini dapat berperan sebagai agens pengendali hayati jika bakteri endofit telah berasosiasi dengan tanaman sebelum patogen menyerang tanaman tersebut. Mekanisme kerja bakteri endofit sebagai agens pengendali hayati meliputi: produksi campuran anti mikroba; kompetisi ruang dan nutrisi; kompetisi mikro nutrisi seperti produksi zat besi dan produksi siderofor; serta dapat menimbulkan resistensi terhadap tanaman inang. Keberagaman spesies bakteri endofit merefleksikan bahwa banyaknya cara untuk melawan patogen, yang memungkinkan patogen tersebut akan menghasilkan senyawa antibiotik untuk melawan bakteri endofit tersebut (Bacon dan Hinton 2006).

Selain sebagai agens pengendali hayati, hampir semua jenis bakteri endofit juga dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, terutama yang menghasilkan hormon pertumbuhan seperti etilen, auksin dan sitokinin serta berperan sebagai akselerator. Bakteri endofitik juga dapat meningkatkan kandungan mineral tanah seperti zat besi, fosfor dan nitrogen bagi tanaman (Bacon dan Hinton 2006).

Menurut Strobel (2002), mekanisme interaksi mikroba endofit pada tanaman inangnya adalah sebagai berikut:

- a. Tumbuhan menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroba endofit tanpa merugikan inangnya.
- b. Tumbuhan menyediakan zat yang diperlukan mikroba endofit melanjutkan siklus hidupnya agar tetap tumbuh serta sebagai pertahanan diri.
- c. Mikroba endofit dapat berperan sebagai agen biodegradasi tumbuhan inangnya yang mati.
- d. Interaksi antara mikroba dengan tanaman inang meliputi transfer materi genetik. Sehingga senyawa bioaktif yang dihasilkan tanaman juga dihasilkan juga oleh mikroba endofit.

Bakteri endofit dapat menghasilkan antibiotik dan enzim pendegradasi yang dapat menghambat perkembangan patogen secara *in vitro*, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen dengan menginduksi reaksi ketahanan tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman. Bakteri endofit dapat ditemukan di dalam jaringan akar, batang, umbi, daun, benih, dan buah tanaman (Marsaoli dkk., 2019).

Menurut Srobel dan Daisy (2003) terdapat hampir 300.000 spesies tanaman yang ada di bumi ini, masing-masing tanaman merupakan inang dari satu atau lebih mikroba endofit. Mikroba endofit dapat hidup di dalam jaringan tanaman pada fase tertentu dalam siklus hidupnya, dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Secara alamiah bakteri endofit hanya terdapat pada organ tanaman yang sehat dan umumnya bakteri endofit merupakan kelompok dari genus bakteri tanah, seperti *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, dan *Azospirillum* (Thagavi dkk., 2005). Bahan metabolit yang dapat menghambat mikroorganisme disebut antibiosis. Antibiotik tersebar di alam bebas, tetapi hanya beberapa yang tidak toksik dipakai dalam pengobatan dan kebanyakan diperoleh dari genus *Bacillus*, *Penicillium* dan *Streptomyces* (Tortora, 2001)