

**POTENSI AKTINOBAKTERIA UNTUK PENGENDALIAN
PENYAKIT LAYU FUSARIUM (*Fusarium oxysporum* f.sp
capsici) DAN PENINGKATAN PERTUMBUHAN SERTA
HASIL TANAMAN CABAI**

SKRIPSI

Oleh :



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2023**

**POTENSI AKTINOBAKTERIA UNTUK PENGENDALIAN
PENYAKIT LAYU FUSARIUM (*Fusarium oxysporum* f.sp
capsici) DAN PENINGKATAN PERTUMBUHAN SERTA
HASIL TANAMAN CABAI**

Oleh

**ALYA FITRI ADENA
NIM. 1910252009**



**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2023**

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Dengan ini dinyatakan bahwa skripsi dengan judul “Potensi Aktinobakteria untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) dan Peningkatan Pertumbuhan serta Hasil Tanaman Cabai” adalah benar karya saya dengan arahan dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal dan dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah dituliskan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dibagian akhir skripsi.



Padang, November 2023

Alya Fitri Adena
1910252009

**POTENSI AKTINOBAKTERIA UNTUK PENGENDALIAN
PENYAKIT LAYU FUSARIUM (*Fusarium oxysporum* f.sp
capsici) DAN PENINGKATAN PERTUMBUHAN SERTA
HASIL TANAMAN CABAI**

Oleh :

**ALYA FITRI ADENA
1910252009**

MENYETUJUI



Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Yulmira Yanti, S.Si., MP
NIP. 197806232006042002

Dr. Haliatur Rahma, S.Si., MP
NIP. 197205252006042001



Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas

Koordinator Program Studi
Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Andalas

Dr. Indra Dwipa, MS
NIP. 196502201989031003

Dr. Yulmira Yanti, S.Si., MP
NIP. 197806232006042002

Tanggal disahkan :

Skripsi ini telah diuji di depan Sidang Ujian Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas pada tanggal 10 November 2023.

NO	NAMA	TANDA TANGAN	JABATAN
1	Dr. Ir. Ujang Khairul, MP		Ketua
2	Dr. Hasmiandy Hamid, SP. MSi		Sekretaris
3	Dr. Ir. Eri Sulyanti, MSc		Anggota
4	Dr. Yulmira Yanti, S.Si., MP		Anggota
5	Dr. Haliatur Rahma, S.Si., MP		Anggota



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Saya mahasiswa Universitas Andalas yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Alya Fitri Adena

No BP/NIM : 1910252009

Program Studi : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi membangun ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Andalas atas publikasi online Tugas Akhir saya yang berjudul “Potensi Aktinobakteria untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) dan Peningkatan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Cabai” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), Universitas Andalas juga berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola, merawat dan mempublikasikan karya saya tersebut di atas selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Padang, November 2023

Alya Fitri Adena
1910252009



“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai dari satu urusan, segeralah engkau kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan lain, dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Q.S Al Insyirah: 6-8)

Alhamdulillahil'alam... .

Puji syukur ananda ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas karunia, rahmat dan nikmat luarbiasa yang senantiasa Engkau berikan. Shalawat beriringan salam untuk Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wasallam pemimpin umat sedunia dan yang menjadi tauladan dalam menjalani kehidupan.

Karya kecil ini ananda persembahkan untuk kedua sosok yang paling ananda cintai yaitu orangtua ananda. Teruntuk Mama Fitriana dan Papa Desyanto, terima kasih untuk semua cinta dan kasih sayang yang mama papa berikan untuk ananda. Terima kasih untuk setiap do'a, perjuangan, kekuatan, *support* yang selalu mama papa berikan sehingga ananda dapat bertahan dan dapat menyelesaikan perkuliahan S1 ini. Terima kasih telah selalu mendengarkan cerita ananda, memperjuangkan segala hal untuk ananda, pelukan hangat yang mama papa berikan, mengajarkan serta menguatkan ananda lewat motivasi-motivasi yang selalu mama papa berikan kepada ananda yang membuat ananda dapat bertahan dan pantang menyerah sampai detik ini. Terima kasih mama papa yang selalu hadir dan menenangkan ananda ketika ananda pusing dan lelah, terima kasih untuk tetap kuat dan menjadi orangtua terhebat bagi ananda. Terima kasih telah mengantarkan ananda sampai jenjang perkuliahan ini sehingga ananda dapat menyandang gelar S.P berkat do'a dan restu mama dan papa. Ananda berharap semoga dapat membanggakan dan membahagiakan mama dan papa kelak. Semoga panjang umur dan sehat selalu mama dan papa yang ananda cintai.

Teruntuk adik satu-satunya Muhammad Rifqi Adena, laki-laki kedua yang selalu kakak cintai dan banggakan. Terima kasih telah hadir dan menjadi sosok pelengkap dalam hidup kakak. Terima kasih telah rela mengesampingkan ego demi terpenuhinya kebutuhan perkuliahan kakak. Terima kasih telah selalu sabar dikala kakak pusing dan kesal tentang perkuliahan yang terkadang terlampiasikan kepada Rifqi. Semoga Rifqi kelak menjadi pribadi sukses dunia dan akhirat yang dapat membanggakan keluarga.

Terima kasih kepada Ibu Dr. Yulmira Yanti, S.Si. MP. dan Ibu Dr. Haliatur Rahma, S.Si. MP. sebagai orang tua kedua ananda atas bimbingan ilmu,

dukungan, motivasi, saran dan kesabaran dalam membimbing ananda, sehingga ananda bisa menyelesaikan studi ini dengan lancar. Serta permohonan maaf yang paling dalam atas kesalahan dan kelalain ananda dalam menyelesaikan perkuliahan ini. Terima kasih ananda ucapkan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nurbailis, MS. Bapak Dr. Ir. Ujang Khairul, MP. Bapak Dr. Hasmiandy Hamid, SP. M.Si. dan Ibu Dr. Ir. Eri Sulyanti, Msc. yang telah banyak memberikan masukan dan saran sehingga skripsi ini bisa terselesaikan.

Teruntuk sahabat terbaik Caca Rahmadani, terima kasih telah menjadi sahabat dari awal saya menempuh perkuliahan hingga detik ini yang sudah saya anggap sebagai saudara sendiri. Terima kasih telah menjadi sahabat yang selalu mengerti dan memahami saya dalam setiap kondisi dan situasi. Teruntuk “PERSANAKAN” (Caca, Dela, Fadhila) sahabat-sahabat seperjuangan yang paling saya cintai. Terima kasih telah membuat saya tidak merasa sendirian dan mau direpotkan ketika saya meminta bantuan baik tentang penelitian maupun permasalahan yang lain. Terima kasih untuk waktu yang telah dilalui bersama sama, senang bisa mengenal kalian dan saya bersyukur karena memiliki sahabat seperti kalian yang siap saya andalkan dalam berbagai hal. Teruntuk “MANDEH” (Caca, Dela, Fadhila, Dicky, Febri), terima kasih telah menjadikan masa perkuliahan saya berwarna dan menjadi teman baik yang mengajak saya ke berbagai tempat yang bahkan belum pernah saya jelajahi sebelumnya sehingga menjadikan stress tentang skripsi dan permasalahan saya yang lain terasa lebih ringan.

Teruntuk warga “KONTRAKAN ANAK AMAK” (Caca, Aci, Eja, Mamim, Mak e, Ipes, Linda, Sonya, Angel, Mia), terima kasih telah menjadi keluarga dan menjadikan kontrakan terasa hangat dan nyaman. Terima kasih untuk setiap kebersamaan yang bisa dibilang sangat singkat ini dan mendengarkan cerita saya, memahami serta menasehati saya tentang berbagai macam permasalahan yang saya hadapi. Teruntuk kakak Wulan Komala Sari, S. Si yang merupakan pembimbing lapangan ketika saya magang di BP2MB-PTP, terima kasih kakak yang selalu memberikan *support*, nasehat, dan ilmu yang sangat bermanfaat sehingga dapat menjadi bekal yang sangat berguna bagi saya dikala melaksanakan penelitian. Teruntuk “YY SQUAD” (Aca, Ojik, Tifla, Rara, Zora, Zola, Bowo, Fakhrul, Ferdi, Ilham, Aldri), Kak Yuni, Kak Winda, Meta dan Pikrun, terima kasih telah menjadi orang baik dan sudah meramaikan labor sehingga saya tidak merasa bosan ketika penelitian. Tidak lupa juga saya ucapkan terima kasih kepada Nia, Azel, Sari, Hasan, dan Puja yang juga ikut serta membantu saya demi kelancaran penelitian ini. Terima kasih kepada teman-teman Proteksi Tanaman Angkatan 19 yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-satu, terima kasih atas waktunya dalam waktu kurang lebih 4 tahun ini yang membuat masa-masa perkuliahan saya menjadi menyenangkan serta dukungan dari teman-teman semua.

BIODATA

Penulis lahir di Kota Payakumbuh pada tanggal 16 Agustus 2001 dan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Desyanto dan Ibu Fitriana. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) ditempuh di SDN 37 Payakumbuh. Sekolah Menengah Pertama ditempuh di SMP Cahaya Islam Payakumbuh. Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMA Islam Raudhatul Jannah Payakumbuh. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan kuliah S1 Program Studi Departemen Proteksi Tanaman di Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.



Padang, November 2023

A.F.A

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Potensi Aktinobakteria untuk Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) dan Peningkatan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Cabai”. Shalawat beriringkan salam tidak lupa penulis sampaikan kepada baginda Rasulullah Salallahu ‘Alayhi Wasallam yang telah membawa kita dari alam kebodohan ke alam berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan sekarang ini.

Penulis mengucapkan terima kasih setulusnya kepada Ibu Dr.Yulmira Yanti, S.Si. MP. sebagai dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Haliatur Rahma, S.Si. MP. sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, nasehat serta motivasinya dalam menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada orang tua, saudara serta teman-teman yang telah memberi semangat.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi Tahun 2023 dengan Kontrak Nomor: 012/E5/PG.02.00.PL/2023 atas bantuan dana penelitian yang penulis telah lakukan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Padang, November 2023

A.F.A

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	3
C. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Tanaman Cabai.....	4
B. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i>	5
C. Aktinobakteria.....	7
BAB III. METODE PENELITIAN.....	11
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	11
B. Bahan Penelitian.....	11
C. Peralatan Penelitian.....	11
D. Rancangan Penelitian.....	11
E. Prosedur Penelitian.....	12
F. Pengamatan.....	18
G. Analisis Data.....	21
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
A. Hasil.....	22
B. Pembahasan.....	29
BAB V. PENUTUP.....	33
A. Kesimpulan.....	33
B. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Biakan murni aktinobakteria pada media ISP2 hari ke-7.....	13
2.	Hasil konfirmasi uji Gram aktinobakteria.....	13
3.	Perbandingan hasil konfirmasi reaksi hipersensitif.....	14
4.	Makroskopis dan mikroskopis <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i> perbesaran 400x pada hari ke-7.....	15
5.	Uji patogenesis pada bibit cabai setelah 7 hari diinokulasi <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i>	16
6.	Skema uji antagonis isolat aktinobakteria dengan jamur <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i>	16
7.	Daya hambat aktinobakteria terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i> pada 7 hsi	23
8.	Perbandingan tinggi tanaman cabai yang diintroduksi aktinobakteria (45 hst) pada fase vegetatif.....	28
9.	Perbandingan jumlah buah cabai yang diintroduksi aktinobakteria pada fase generatif.....	29



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan dan asal isolat aktinobakteri terpilih pada cabai yang digunakan pada penelitian	12
2. Skala dan kriteria tingkat serangan penyakit layu fusarium	19
3. Daya hambat aktinobakteria terhadap pertumbuhan jamur <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i>	22
4. Kemampuan aktinobakteria dalam menekan perkembangan penyakit layu fusarium pada tanaman cabai	24
5. Kemampuan aktinobakteria terhadap pertumbuhan bibit cabai	25
6. Kemampuan aktinobakteria terhadap pertumbuhan tanaman cabai .	27



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jadwal pelaksanaan penelitian.....	42
2. Deskripsi cabai varietas TM 999	43
3. Penempatan plot tanaman	44
4. Komposisi media	45
5. Dokumentasi isolat aktinobakteria	46
6. Konfirmasi aktinobakteria	48
7. Sidik ragam.....	49



POTENSI AKTINOBAKTERIA UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM (*Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) DAN PENINGKATAN PERTUMBUHAN SERTA HASIL TANAMAN CABAI

Abstrak

Penyakit layu fusarium pada tanaman cabai disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*. Penyakit layu fusarium sangat merugikan karena dapat menyerang tanaman cabai mulai dari fase vegetatif hingga generatif. Teknik pengendalian alternatif penyakit layu fusarium ini adalah dengan pemanfaatan aktinobakteria. Tujuan penelitian untuk mendapatkan aktinobakteria yang berpotensi mengendalikan penyakit layu fusarium dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman cabai. Penelitian eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 12 perlakuan (10 isolat aktinobakteria), kontrol positif (direndam dengan akuades) dan kontrol negatif (direndam dengan akuades dan diinokulasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*) dengan 6 ulangan dan 6 unit. Aktinobakteria diintroduksi dua kali yaitu pada benih dan pada bibit saat pindah tanam. Variabel yang diamati adalah perkembangan penyakit layu fusarium (masa inkubasi, insidensi penyakit, keparahan penyakit), pertumbuhan fase vegetatif dan generatif tanaman cabai. Hasil penelitian menunjukkan aktinobakteria mampu menekan perkembangan penyakit layu fusarium dan meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai. Aktinobakteria terbaik dalam menekan perkembangan penyakit layu fusarium adalah *Sreptomycetes* sp. ARSI 2112 dan *Amicolatopsis* sp. ARAI 3121 yang menunjukkan keparahan penyakit terendah yaitu 16,66%. Aktinobakteria terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman cabai adalah *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211 yang menghasilkan bobot buah 146,72 g/tanaman.

Kata kunci : Aktinobakteria, cabai, *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*, layu fusarium.

POTENTIAL OF ACTINOBACTERIA FOR CONTROLLING FUSARIUM WILT (*Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) AND CHILI GROWTH

Abstract

The fungus *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici* causes Fusarium wilt disease in chili plants. This disease is detrimental because it can attack chili plants from the vegetative to the generative phase. An alternative control technique for fusarium wilt disease is the use of actinobacteria. The research aimed to obtain actinobacteria isolates to control fusarium wilt disease and increase the growth and yield of chili plants. The experimental research used a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 12 treatments (10 actinobacterial isolates), positive control (soaked with aquades) and negative control (soaked with aqueous and inoculated *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) with 6 repeats and 6 units. Actinobacteria are introduced twice, namely on seeds and on seedlings when transplanting. The variables observed were the development of fusarium wilt disease (incubation period, incidence of disease, disease severity), growth of vegetative and generative phases of chili plants. The results showed that actinobacteria were able to suppress the development of fusarium wilt disease and increase the growth of chili plants. The best actinobacteria in suppressing the development of fusarium wilt disease are *Sreptomycetes* sp. ARSI 2112 and *Amicolatopsis* sp. ARAI 3121 which shows the lowest disease severity at 16.66%. The best actinobacteria in increasing the growth and production of chili plants is *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211 which produces a fruit weight of 146.72 g/plant.

Keywords: Actinobacteria, chili, *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*, fusarium wilt.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan tanaman hortikultura yang banyak dimanfaatkan sebagai bumbu masakan, obat dan berbagai manfaat lainnya (Renuka *et al.*, 2023). Produktivitas cabai di Indonesia tahun 2020-2022 sebesar 9,10; 9,53 dan 9,58 ton/ha, sedangkan produktivitas cabai di Provinsi Sumatera Barat tahun 2020-2022 sebesar 11,16; 10,18 dan 10,05 ton/ha (Badan Pusat Statistik, 2023). Produktivitas ini masih tergolong rendah dibandingkan produktivitas optimum cabai sebesar 22 ton/ (Sa'diyah *et al.*, 2020).

Rendahnya produktivitas tanaman cabai salah satunya disebabkan oleh serangan patogen diantaranya penyakit kuning keriting yang disebabkan oleh *Pepper Yellow Leaf Curl Virus* (Wiratama *et al.*, 2013), layu bakteri disebabkan oleh *Ralstonia solanaceae* subsp. *indonesiense* (Yanti *et al.*, 2018), penyakit antraknosa disebabkan oleh *Colletotrichum capsici* (Suwastini *et al.*, 2020), busuk daun *Phytophthora* disebabkan oleh *Phytophthora capsici* dan layu fusarium disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* (Yanti *et al.*, 2020).

Penyakit layu fusarium disebabkan oleh jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* merupakan penyakit tular tanah yang sangat merugikan karena dapat menyerang tanaman cabai mulai dari fase vegetatif hingga generatif (Putra *et al.*, 2019). Infeksi *F. oxysporum* f.sp. *capsici* tidak hanya terjadi di perakaran tanaman saja, tetapi terdapat juga pada bagian lain seperti batang, daun, bunga dan buah (Kurnia *et al.*, 2014). Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dapat menyebabkan kerusakan luas pada tanaman cabai dalam waktu singkat, dengan intensitas mencapai 35% (Putra *et al.*, 2019).

Upaya yang biasa dilakukan untuk mengendalikan penyakit layu Fusarium antara lain penggunaan varietas tahan (Lestiyani *et al.*, 2020), sanitasi lahan, pergiliran tanaman (Prihatiningrum *et al.*, 2021), penggunaan fungisida kimia yang mengandung bahan aktif klorotalonil atau zat tembaga hidroksida yang dapat mencegah penyebaran ke tanaman sehat (Ariyanti *et al.*, 2017). Namun pengendalian dengan fungisida kurang efektif karena penggunaan yang berlebihan berdampak buruk terhadap lingkungan, kesehatan hewan, dan manusia sekitar

serta menyebabkan terbunuhnya mikroorganisme bukan sasaran (Sutarini *et al.*, 2015). Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengendalian alternatif yang efektif dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti aktinobakteria (Glare *et al.*, 2012).

Aktinobakteria merupakan kelompok bakteri Gram positif (Bergeijk *et al.*, 2020) yang telah dikenal sebagai alternatif untuk mengendalikan penyakit pada tanaman cabai. Bakteri ini bersifat antagonis terhadap jamur patogen, dan diketahui memiliki sifat biokontrol yang mampu menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman baik melalui mekanisme langsung maupun tidak langsung (Silva *et al.*, 2022). Mekanisme langsung yaitu berkompetisi nutrisi dengan patogen, menghasilkan senyawa antibiotik, menghasilkan siderofor, ketika aktinobakteria berinteraksi langsung dengan tanaman maka dapat menghasilkan fitohormon tanaman, pelarut fosfat dan fiksasi nitrogen. Mekanisme tidak langsung yaitu menginduksi ketahanan tanaman (Boukhatem *et al.*, 2022). Menurut Subramaniam *et al.* (2016) induksi ketahanan tanaman dan *Plant Growth Promoting Actinobacteria* (PGPA) dapat merangsang ketahanan sistemik tanaman terhadap serangan patogen (Deenamo *et al.*, 2018; Lubis *et al.*, 2020).

Aktinobakteria dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan kemampuannya secara aktif mengkolonisasi daerah perakaran tanaman dalam pembentukan humus, pelarut fosfat dalam tanah dengan menghasilkan enzim posfatase ketika berasosiasi dengan tanaman (Fitriatin *et al.*, 2020), fiksasi nitrogen dalam tanah dengan menghasilkan enzim nitrogenase (Taisa *et al.*, 2021) dan memasok nutrisi dengan kemampuannya dalam produksi siderofor (Khamna *et al.*, 2009). Aktinobakteria memicu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan hormon pertumbuhan seperti gibberellin, etilen, sitokinin dan *Indole Acetid Acid* (IAA) (Deenamo *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil penelitian Yanti *et al.* (2023) *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amicolatopsis* sp. ARTI 3121, *Amicolatopsis* sp. ARTI 3311, *Amicolatopsis* sp. ARAI 3121, *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211, *Amicolatopsis* sp. ARSI 1121 berpotensi dalam mengendalikan penyakit antraknosa dan meningkatkan pertumbuhan serta produksi tanaman

cabai. Aktinobakteria tersebut menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA) dengan konsentrasi 25,82–88,87 ppm, mampu melarutkan fosfat dan menghasilkan enzim kitinase dengan indeks kitinolitik 0,32–1,78. Berdasarkan informasi tersebut, laporan tentang aktinobakteria dalam mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman cabai masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diberi judul ”Potensi Aktinobakteria Untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*) dan Peningkatan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Cabai”

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan aktinobakteria yang berpotensi mengendalikan penyakit layu fusarium tanaman cabai dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman cabai.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk memberikan informasi mengenai aktinobakteria yang berpotensi untuk meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap serangan layu dan peningkatan pertumbuhan hasil tanaman cabai.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Cabai

Cabai merupakan tanaman hortikultura yang banyak digunakan masyarakat untuk bahan penyedap rasa pedas pada makanan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi, sehingga banyak dibudidayakan (Swastika *et al.*, 2017). Pada saat sekarang kebutuhan terhadap tanaman cabai semakin tinggi seiring dengan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia (Soelaiman & Ernawati, 2013). Untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat, dilakukan upaya untuk meningkatkan produksi cabai merah secara maksimal melalui penerapan cara bertani yang baik dan benar sehingga akan memberikan hasil yang optimal (Handono *et al.*, 2013). Tanaman cabai tergolong dalam famili Solanaceae termasuk tanaman yang merupakan tanaman semusim atau berumur pendek. Menurut Saparso & Haryanto, (2018) cabai diklasifikasikan sebagai kingdom: Plantae, divisi: Spermatophyta, sub divisi: Angiospermae kelas: Dicotyledoneae, ordo: Tubiflorae (Solanales), famili: Solanaceae, genus: Capsicum, spesies: *Capsicum annuum* L. Kandungan gizi yang terdapat pada tanaman cabai yaitu protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A, B, dan C (Swastika *et al.*, 2017).

Cabai merupakan tanaman yang dapat dibudayakan di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman cabai biasanya tumbuh optimal di dataran rendah pada ketinggian 0 sampai 800 m dpl, suhu berkisar antara 20 sampai 25°C. Di dataran tinggi pada ketinggian diatas 1.300 m dpl, tanaman cabai dapat tumbuh namun laju pertumbuhannya lambat dan hasil panennya rendah (Hapsoh *et al.*, 2017).

Perkembangan tanaman cabai meliputi dua tahap, yaitu vegetatif dan reproduktif. Masa vegetatif tanaman cabai adalah 0-40 hari setelah tanam, pada masa tersebut cenderung mengarah pada perkembangan batang dan perakaran. Pada periode generatif cabai 40-50 hari setelah periode vegetatif, yang mengarah pada proses pembungaan, pembuahan, pengisian buah, perkembangan dan pematangan buah (Imtiyaz *et al.*, 2017).

Budidaya cabai diawali dengan pengolahan tanah, pembuatan bedengan, penggalian parit, pemberian kapur, pemupukan dasar, sterilisasi tanah dan pemberian mulsa dengan mulsa plastik berwarna hitam dan perak (Pramudyani *et al.*, 2014). Hal yang perlu diperhatikan dalam menanam cabai adalah menggunakan tanah yang gembur atau berstruktur rapuh, serta tanah yang tinggi bahan organik (Salvia, 2018).

Cabai dapat dipindah tanamkan ketika bibit berumur 21-28 hari dan helai daun sebanyak 2-4 helai. Penanaman terbaik dilakukan ketika pagi atau sore hari. Jarak tanam cabai yaitu 50-60 cm x 60-70 cm dimana bibit yang akan dipindahkan sebaiknya diberi perlakuan pada akar dengan merendamnya menggunakan larutan fungisida sistemik atau bakterisida selama 15-30 menit sebagai bentuk pencegahan penularan hama dan penyakit (Edi & Bobihoe, 2010).

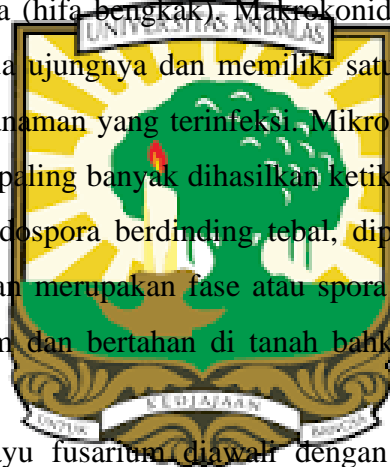
Tanaman cabai yang ditanam perlu dipelihara dengan baik. Bibit atau tanaman mati sebaiknya diganti pada pagi atau sore hari, sebaiknya pada minggu pertama dan kedua setelah tanam. Semua tanaman berbahaya (gulma) dibersihkan dari tanah. Pemangkasan atau pemotongan pucuk yang tidak diperlukan dapat dilakukan sekitar 17 hingga 21 hari setelah tanam (HST) di dataran rendah atau tengah, 25 hingga 30 HST di dataran tinggi (Hewindati *et al.*, 2008). Pemupukan dilakukan dengan cara memasukkan pupuk ke dalam lubang tanam sebanyak 10 g dengan jarak 15 cm. Pemupukan dilakukan pada saat tanam cabai berumur 3, 6 dan 9 minggu setelah tanam (mst). Pupuk yang diberikan yaitu pupuk urea, suprhpos dan KCl, untuk cabai berumur 3 minggu setelah tanam perbandingan pupuk yang diberikan adalah 2:1:1, untuk cabai umur 6 mst perbandingan 1:1:1 dan untuk cabai umur 9 mst dengan perbandingan 1:2:2. Dosis dan perbandingan pupuk tergantung pada kondisi tanah yang digunakan untuk menanam cabai, sehingga mungkin terdapat perbedaan dosis dan laju pemupukan pada setiap luas lahan (Herwidyarti *et al.*, 2018).

Salah satu faktor yang menghambat peningkatan produksi cabai adalah adanya hama dan penyakit mematikan yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada tanaman dan menyebabkan hilangnya hasil panen. Gangguan penyakit tanaman sebagai kendala utama produksi yaitu penyakit kuning keriting (Marianah, 2020), bercak daun (Rachmah, 2015), antraknosa (Duriat *et al.*, 2017),

layu bakteri oleh *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* (Yanti, Hamid, et al., 2018), dan layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici* (Sutarini et al., 2015).

B. *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*

Jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* diklasifikasikan sebagai kingdom Fungi, divisi Eumycota, subdivisi Deuteromycotina, kelas Deuteromycetes, famili Moniales, genus *Fusarium*, dan spesies *F. oxysporum* f.sp. *capsici* (Barnett & Hunter, 1960). Secara morfologi koloni *Fusarium* berwarna putih, merah muda sampai ungu kebiruan, bagian tengah koloni lebih gelap, bila terbentuk spora struktur koloni menjadi berbulu seperti kapas. Jamur ini mempunyai 3 organ reproduksi: makrokonidia (3 sampai 5 septa), mikrokonidia (terdiri dari 1 sampai 2 sel) dan klamidiospora (hifa bengkak). Makrokonidia berbentuk melengkung, panjang, sempit di kedua ujungnya dan memiliki satu atau tiga septa, biasanya muncul di permukaan tanaman yang terinfeksi. Mikrokonidia adalah spora yang terdiri dari 1-2 sel yang paling banyak dihasilkan ketika patogen berada di dalam pembuluh inang. Klamidiospora berdinding tebal, diproduksi di ujung hifa tua atau di makrokonidia dan merupakan fase atau spora yang berumur panjang di lingkungan yang ekstrim dan bertahan di tanah bahkan tanpa adanya tanaman (Sutejo et al., 2008).



Gejala penyakit layu fusarium diawali dengan menguningnya daun tua sehingga menyebabkan jaringan daun mati (gejala nekrosis) dan kemudian kering (Putri et al., 2014). Gejala lanjut terlihat pada tepi daun tua yang berubah warna menjadi kuning tua, kemudian berwarna coklat dan kering. Di dalamnya terdapat gejala yang khas, jika dipotong sepanjang pangkal batang akan terlihat garis-garis coklat tua menjalar ke segala arah mulai dari batang ke atas melalui jaringan pembuluh menuju pangkal daun dan batang cabai. (Rokhlani et al., 2008).

Jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* mengalami 2 fase siklus hidup yaitu patogenesis dan saprogenesis. Pada fase patogenesis, jamur hidup sebagai parasit pada tanaman inang yang masuk melalui luka pada akar dan berkembang dalam jaringan tanaman. Sedangkan pada fase saprogenesis merupakan fase bertahan yang diakibatkan tidak adanya inang, hidup sebagai saprofit dalam tanah dan

sisa-sisa tanaman dan menjadi sumber inokulum untuk menimbulkan penyakit pada tanaman yang lain (Nugraheni, 2010).

Penyebaran jamur *Fusarium* sp. berlangsung sangat cepat dan mampu menyebar ke tanaman lain dengan cara menginfeksi akar tanaman dengan menggunakan miselium. Penetrasi patogen dapat melalui jaringan akar dan luka. Setelah memasuki akar tanaman, miselium akan berkembang hingga mencapai jaringan korteks akar. Pada saat miselium jamur mencapai xilem, maka miselium ini akan berkembang hingga menginfeksi pembuluh xilem. Miselium yang telah menginfeksi pembuluh xilem, akan terbawa ke bagian lain tanaman sehingga mengganggu peredaran nutrisi dan air pada tanaman yang menyebabkan tanaman menjadi layu (Ardian *et al.*, 2021). Patogen ini menghasilkan beberapa jenis racun, termasuk asam fusarat dan *fumonisin*, yang dapat memperburuk infeksi. Batang tanaman yang terserang akan kehilangan banyak air dan berubah warna menjadi coklat (Okungbowa & Shittu, 2016).

Umumnya pengendalian yang dilakukan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium diantaranya rotasi tanaman, eradikasi dan menggunakan fungisida sintetik. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pencegahan penyakit yang ekonomis, sederhana, aman dan ramah lingkungan. Salah satu pengendalian yang dilakukan untuk penyakit layu fusarium adalah menggunakan agens hayati (Yanti *et al.*, 2017). Pengendalian alternatif yang aman dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan agens hayati seperti aktinobakteria (Tan *et al.*, 2011).

C. Aktinobakteria

Aktinobakteria termasuk pada kelompok bakteri yang bersifat Gram positif, dengan kandungan guanin dan sitosin (G-C) yang tinggi pada genomnya (Barka *et al.*, 2016). Aktinobakteria dominan hidup di tanah dan banyak dijumpai diberbagai jenis tanah terutama tanah yang kaya akan bahan organik (Faatih, 2012). Aktinobakteria merupakan bakteri yang bereproduksi dengan pembelahan sel (Barka *et al.*, 2016). Aktinobakteria berbentuk miselium uniseluler, susunan hifanya bercabang dan tipis (diameter 0,5-1,5 mm) dengan bahan genetik melingkar di dalam sebagai DNA bebas. Pada media buatan aktinobakteria dapat dibedakan dengan mudah dengan bakteri yang sebenarnya. Tidak seperti koloni bakteri yang berlendir dan tumbuh dengan cepat, sedangkan koloni

Aktinobakteria muncul perlahan menunjukkan konsistensi berbubuk dan melekat erat pada permukaan media buatan (Intra *et al.*, 2011). Aktinobakteria dapat digunakan sebagai agens biokontrol dalam mengendalikan patogen penyebab penyakit tanaman yang telah banyak dilakukan terhadap benih, bibit dan media tanam untuk menurunkan patogen tular benih, rebah kecambah dan patogen tular tanah (Nurjasmi & Suryani, 2020).

Aktinobakteria memiliki kemampuan dalam mendaur ulang nutrisi seperti degradasi kitin, selulosa, pati, lipid, dan karbohidrat kompleks menggunakan berbagai jenis enzim hidrolitik yang ada di rhizosfer (Vurukonda *et al.*, 2018). Mikroorganisme yang berada di sekitar permukaan tanaman, melakukan peran penting dalam pemecahan bahan organik sehingga bahan organik tersedia untuk serapan tanaman (Jacoby *et al.*, 2017).

Aktinobakteria dalam berinteraksi dengan tanaman memiliki mekanisme secara langsung maupun tidak langsung untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Sathya *et al.*, 2017). Mekanisme secara langsung melalui aktivitas kompetisi dalam mendapatkan nutrisi dan ruang pada tanaman inang. Kompetisi aktinobakteria dengan patogen didalam tanah dapat terjadi karena aktinobakteria mampu menghasilkan siderofor yang dapat mengkelat Fe didalam tanah (Yadav *et al.*, 2018). Siderofor yang dihasilkan oleh aktinobakteria berperan dalam perlindungan tanaman terhadap serangan patogen selain perannya dalam meningkatkan nutrisi pada tanaman (Hayat *et al.*, 2020).

Aktinobakteria mampu melakukan subilisasi fosfat dan membantu fixasi nitrogen (Anandan *et al.*, 2016). Genus aktinobakteria yang dapat membantu menfiksasi nitrogen diantaranya adalah Arthrobacter, Agromyces, Corynebacterium, Mycobacterium, Micromonospora, Propionibacteria, dan Streptomyces (Sathya *et al.*, 2017). Aktivitas pelarut fosfat aktinobakteria mampu menghasilkan enzim fosfatase yang dapat memineralisasi fosfat organik dalam tanah. Bakteri ini dapat meningkatkan jumlah fosfat yang tersedia di dalam tanah dan membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Senyawa fosfat terikat di dalam tanah dalam bentuk yang dapat diserap tanaman. Aktinobakteria juga dapat menghasilkan metabolit sekunder yaitu: antibakteri, antivirus, antiparasit, antikanker, imunosupresan dan pestisida (Mutmainnah, 2013). Aktinobakteria

adalah salah satu sumber utama antibiotik bakteri di seluruh dunia, 70-80% di antaranya diproduksi oleh genus *Streptomyces*. Kemampuan aktinobakteria dalam menghasilkan berbagai senyawa antibiotik membuat bakteri tersebut berpotensi menjadi agen hayati pengendalian patogen tanaman. (Hu *et al.*, 2020).

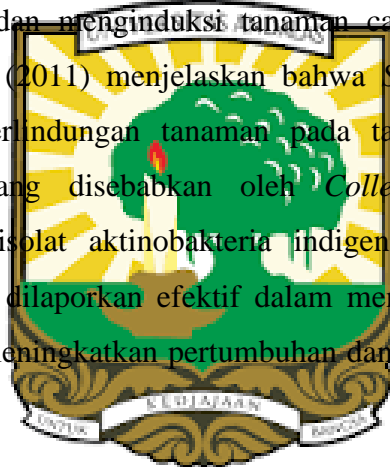
Aktinobakteria juga mampu menghasilkan hormon pertumbuhan baik yang berasal dari endofit maupun yang terdapat pada rhizosfer, beberapa jenis hormon pertumbuhan yang dihasilkan diantaranya adalah *indole acetic acid* (IAA), sitokinin, dan giberellin (Sathya *et al.*, 2017). Selain itu, aktinobakteria juga dapat digunakan sebagai pupuk hayati yang dapat mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta memiliki sifat antijamur. Aktinobakteria juga merupakan sumber antibiotik, mengandung enzim, vitamin dan alkaloid (Retnowati *et al.*, 2019).

Mekanisme secara tidak langsung dapat dihasilkan melalui induksi ketahanan pada tanaman dengan adanya ISR (*Induced Systemic Resistance*) (Sathya *et al.*, 2017). *Induced Systemic Resistance* (ISR) merupakan cara penekanan penyakit oleh beberapa bakteri rizosfer tanaman non-patogenik seperti aktinobakteria, ISR berimplikasi pada jalur pensinyalan asam salisilat, asam jasmonat, dan etilen pada tanaman, dan hormon-hormon ini merangsang mekanisme pertahanan inang melawan patogen. ISR terlibat dalam perlindungan fisik dan mekanik pelindung dinding sel serta mengubah reaksi fisiologis dan biokimia inang yang mengarah ke sintesis bahan kimia pertahanan terhadap patogen (Roopa & Gadag, 2019).

Aktinobakteria sebagai agens pengendali hayati terhadap patogen tanaman paling banyak ditemukan adalah genus *Streptomyces* sp (Vurukonda *et al.*, 2018). Hasil penelitian Mohamed & Haggag, (2010) menunjukkan *Streptomyces aureofaciens* mampu memberikan perlindungan tanaman pada tanaman mangga terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporoides*. Kemudian formulasi *Streptomyces griseus* dapat mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat (Anitha & Rabeeth, 2009). Selanjutnya kombinasi *Streptomyces* dan *Trichoderma harzianum* telah digunakan untuk mengendalikan busuk akar pada tanaman lada yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* (Ezziyyani *et al.*, 2009). Selain itu, aktinobakteria juga dapat digunakan sebagai

pupuk hayati yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta memiliki sifat antijamur (Harikrishnan *et al.*, 2014). Kemudian aktinobakteria juga merupakan sumber antibiotik, mengandung enzim, vitamin, dan alkaloid (Retnowati *et al.*, 2019).

Aktinobakteria berpotensi sebagai agens biokontrol penyakit tumbuhan yang dapat ditemukan pada rhizosfer tanaman dan pada endofit tanaman (Zhang *et al.*, 2014), Menurut Heng *et al.* (2011) *Streptomyces sp.* mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* dan *C. gloeosporioides*. Selain itu, Jeffrey, (2008) juga melaporkan bahwa aktinobakteria yang diisolasi dari tanah mempunyai reaksi antagonis terhadap jamur dan bakteri patogen, seperti *Phytophthora palmivora*, *Bacillus subtilis*, *Pantoea dispersa* dan *Ralstonia solygyi*. Aktinobakteria dilaporkan mampu menekan perkembangan jamur *Colletotrichum capsici* dan menginduksi tanaman cabai (Yanti *et al.*, 2023). Selanjutnya Intra *et al.* (2011) menjelaskan bahwa *Streptomyces aureofaciens* mampu memberikan perlindungan tanaman pada tanaman mangga terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides*. Kemampuan beberapa isolat aktinobakteria indigenous yang diperoleh dari perakaran tanaman padi dilaporkan efektif dalam mengendalikan *Xanthomonas oryzae pv oryzae* serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi (Fadil *et al.*, 2023).



BAB III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi dan Laboratorium Mikrobiologi Pertanian, Departemen Proteksi Tanaman dan di Kebun percobaan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang dari Bulan Januari-Juni 2023. Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

B. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah isolat aktinobakteria, isolat *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*, benih cabai varietas TM 999 (Lampiran 2), NaOCL 1%, alkohol 70%, akuades, kalium hidroksida KOH 3%, medium *International Streptomyces Project 2* (ISP2) (Lampiran 4), medium *Simon Citrate Agar* (SCA) (Lampiran 4), media *Potato Dextrose Agar* (PDA), tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*), pupuk kandang, pupuk sintesis (Urea, KCl, dan SP-36), tanah steril, *aluminium foil*, plastik *wrap*, *tissue*, plastik bening, kertas saring, korek api, kertas label.

C. Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *autoclave*, *microwave*, *hotplate*, *stirrer*, *laminar air flow cabinet*, *oven*, *vortex*, *rotary shaker*, cawan petri, botol *schoot*, botol kultur, gelas piala, tabung *erlenmeyer*, gelas ukur, rak *testube*, *testube*, bunsen, mikro pipet, jarum ose, spatula, batang pengaduk, kaca objek, *glass bead*, jarum injeksi, pisau, korek api, pipet tetes, timbangan analitik, *hand sprayer*, kompor, dandang, *pottray*, *polybag*, alat tulis, dan alat dokumentasi.

D. Rancangan Penelitian

Penelitian secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 12 perlakuan (10 perlakuan aktinobakteria, kontrol positif dan kontrol negatif), 6 ulangan dan 6 unit. Kontrol positif digunakan sebagai pembanding potensi aktinobakteria dalam peningkatan pertumbuhan tanaman cabai. Kontrol negatif digunakan sebagai pembanding

kemampuan aktinobakteria dalam menekan penyakit layu fusarium. Isolat aktinobakteria yang digunakan didapatkan dari koleksi ibu Dr. Yulmira Yanti, S.Si., MP. Isolat jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* yang digunakan didapatkan koleksi dari Laboratorium Fitopatologi Pertanian. Isolat aktinobakteria diseleksi secara *in vitro* dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* pada media campuran (ISP2 dan PDA). Daftar asal isolat aktinobakteria yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Isolat aktinobakteria dan asal isolat aktinobakteria terpilih pada cabai yang digunakan pada penelitian.

No	Isolat aktinobakteria	Asal isolat
1	<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221	Cabai, Agam
2	<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211	Cabai, Agam
3	<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221	Cabai, Agam
4	<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312	Cabai, Agam
5	<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112	Cabai, Solok
6	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 5121	Cabai, Tanah Datar
7	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311	Cabai, Tanah Datar
8	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121	Cabai, Agam
9	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211	Cabai, Agam
10	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121	Cabai, Solok
11	Kontrol (+) (direndam dengan akuades)	
12	Kontrol (-) (direndam dengan akuades dan diinokulasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>capsici</i>)	

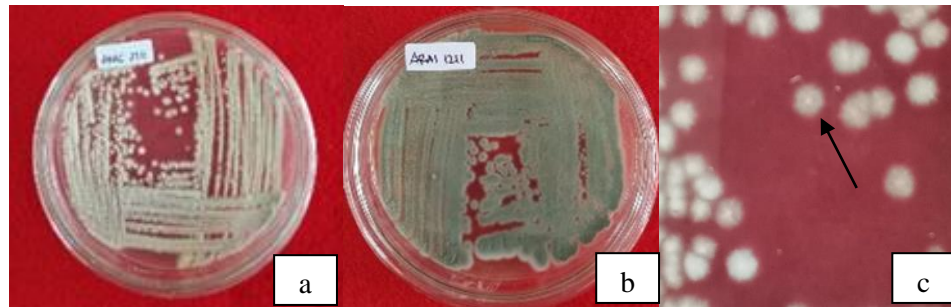
E. Prosedur Penelitian

1. Persiapan isolat aktinobakteria

a. Peremajaan isolat aktinobakteria

Isolat murni aktinobakteria diremajakan dengan dengan metode gores pada media ISP2 (media spesifik untuk pertumbuhan *Streptomyces*. sp) (Aeny *et al.*, 2018) dan SCA (media spesifik untuk pertumbuhan aktinobakteria secara umum) (Rafiq *et al.*, 2010) dan diinkubasi selama 7x24 jam. Hasil peremajaan isolat aktinobakteria dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Biakan murni aktinobakteria pada hari ke-7 (a) *Streptomyces* sp. ARAC 2211 pada media ISP2 (b) *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211 pada media SCA (c) koloni tunggal *Streptomyces* sp. ARAC 2211.

b. Konfirmasi aktinobakteria

b.1 Uji Gram

Satu koloni tunggal aktinobakteria pada media ISP2 diletakan diatas *object glass* dan diberi 1 tetes larutan KOH 3% ~~dil0~~ aktinobakteria yang digunakan merupakan Gram positif dibuktikan dengan tidak terjadi gumpalan atau lendir ketika larutan diangkat menggunakan jarum ose (Schaad *et al.*, 2001). Hasil uji Gram dapat dilihat pada Gambar 2 dan aktinobakteria yang digunakan menunjukkan Gram yang sama dengan koleksi aktinobakteria (Lampiran 6).

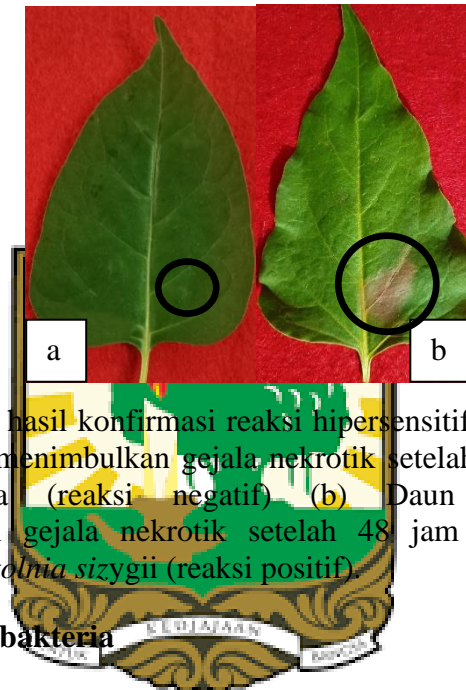


Gambar 2. Hasil konfirmasi uji Gram aktinobakteria, tidak adanya gumpalan ketika dicampur dengan KOH 3% yang menunjukkan Gram positif.

b.2 Reaksi hipersensitif

Tujuan reaksi hipersensitif untuk mengetahui apakah aktinobakteria bersifat patogen tanaman. Reaksi hipersensitif dilakukan dengan metode (Klement *et al.*, 1990). Seluruh isolat aktinobakteria disuspensikan dengan aquades steril, kemudian dibuat seri pengenceran hingga kepadatan spora 10^6 spora/ml. Hasil pengenceran aktinobakteria diinfiltrasikan menggunakan jarum injeksi 1 ml pada permukaan bawah daun tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) (Klement

et al., 1990), kemudian bagian daun yang diinfiltrasikan diselubungi dengan plastik dan inkubasi selama 2 x 24 jam. Aktinobakteria yang digunakan tidak termasuk patogen dengan reaksi hipersensitif negatif dibuktikan dengan tidak terjadi nekrotik pada daerah yang diinfiltrasikan aktinobakteria berbeda dengan bagian daun *Mirabilis jalapa* yang menunjukkan gejala nekrotik pada daerah yang diinfiltrasikan suspensi bakteri patogen. Hasil konfirmasi reaksi hipersensitif menunjukkan reaksi negatif sesuai dengan hasil sebelumnya (Lampiran 6). Konfirmasi uji hipersensitif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan hasil konfirmasi reaksi hipersensitif, (a) Daun *Mirabilis jalapa* tidak menimbulkan gejala nekrotik setelah 48 jam diinokulasi aktinobakteria (reaksi negatif) (b) Daun *Mirabilis jalapa* menimbulkan gejala nekrotik setelah 48 jam diinokulasi bakteri patogen *Ralstonia solanaceae* (reaksi positif).

c. Perbanyakan Aktinobakteria

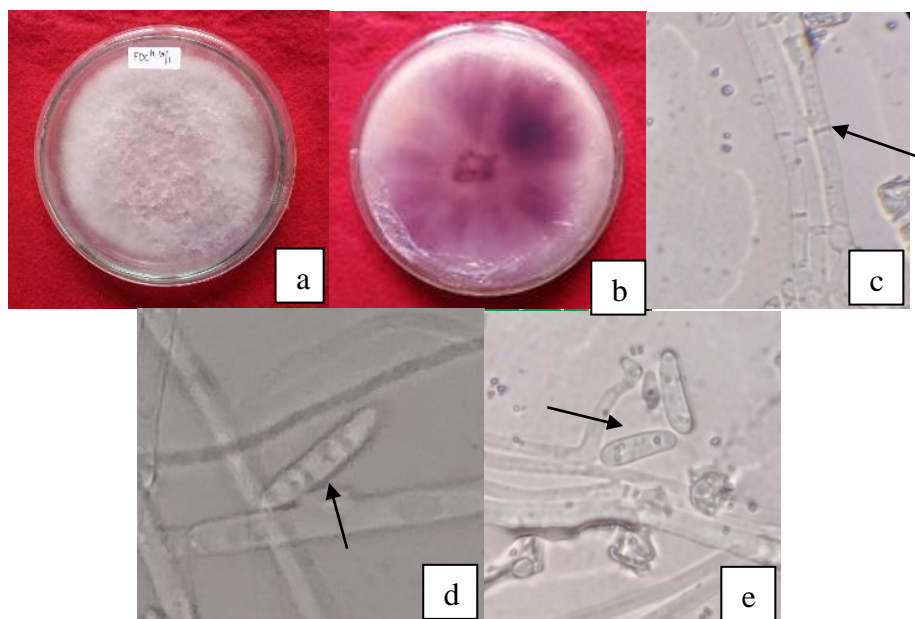
Aktinobakteria yang sudah diremajakan diperbanyak dengan cara mengambil satu koloni tunggal aktinobakteria, kemudian dimasukkan pada media ISP2 broth dalam botol kultur, kemudian diinkubasi selama 7x24 jam pada *rotary shaker* dengan kecepatan 70 rpm (Kawuri *et al.*, 2012).

2. Persiapan Isolat Jamur *Fusarium oxysporum f.sp capsici*

a. Peremajaan dan perbanyakan *F. oxysporum*

F. oxysporum f.sp capsici diremajakan dengan cara memotong 1 *fungus mat* biakan murni dari jamur *F. oxysporum f.sp capsici* menggunakan *cork borer*, setelah itu dipindahkan pada *petridish* yang telah berisi media PDA dan diinkubasi selama 1 minggu. Mikroskopis jamur *F. oxysporum f.sp capsici* diamati dibawah mikroskop perbesaran 40 x 10 μ m dapat dilihat pada Gambar 4.

Perbanyakan *F.oxysporum* f.sp *capsici* dilakukan dengan menggunakan media beras. Sebanyak 1 kg beras dibersihkan dan dikukus dengan menggunakan dandang selama 30 menit (setengah matang). Beras yang telah dikukus didinginkan di atas nampan, selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Setiap plastik diisi sebanyak 100 g beras hingga didapatkan 10 plastik berisi beras. Kemudian disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121° C selama 30 menit. Setelah beras dingin *F.oxysporum* f.sp *capsici* yang telah dibiakkan dipotong 1x1 cm untuk diinokulasi ke dalam substrat beras dan diinkubasi selama 21 hari.



Gambar 4. Makroskopis dan mikroskopis *F. oxysporum* f.sp *capsici* perbesaran 400x pada hari ke-7 (a) Koloni tampak atas berwarna putih, (b) Koloni tampak bawah berwarna putih keunguan, (c) Hifa bersekat, (d) Makrokonidia berbentuk apikal dengan ujung runcing, (e) Mikrokonidia berbentuk oval.

b. Uji Patogenisitas

Uji patogenisitas bertujuan untuk mengetahui *F. oxysporum* f.sp *capsici* tergolong sebagai patogen virulen pada tanaman cabai. Media tanam diinokulasikan terlebih dahulu dengan *F. oxysporum* f.sp *capsici* dengan cara membenamkan 10 g substrat beras sedalam 6 cm pada media tanam. Selanjutnya bibit cabai ditanam pada media tanam yang sudah diinokulasikan *F. oxysporum* f.sp *capsici* tersebut. Jika tanaman menunjukkan gejala layu maka jamur tergolong

patogen (Chamzurni *et al.*, 2010). Tanaman cabai menunjukkan gejala layu 7 hari setelah inokulasi. Hasil uji patogenesis dapat dilihat pada Gambar 5.

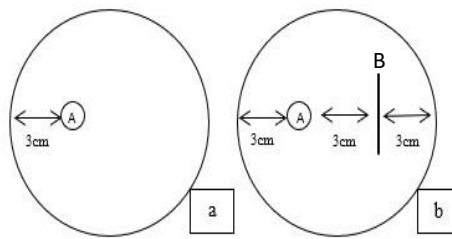


Gambar 5. Uji patogenesis pada bibit cabai setelah 7 hari diinokulasi *F. oxysporum* f.sp *capsici* (a) perbanyakkan *F. oxysporum* f.sp *capsici* pada media beras (b) bibit cabai kontrol tumbuh normal, (c) bibit cabai yang diinokulasikan *F. oxysporum* f.sp *capsici* bergejala layu dan daun menguning yang menandakan terinfeksi jamur fusarium

3. Perkembangan *F. oxysporum* f.sp *capsici*

a. Daya hambat

Uji antagonis aktinobakteria terhadap jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* dilakukan dengan metode *dual culture* (Islam *et al.*, 2018). Koloni jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* berdiameter 5 mm ditumbuhkan pada media campuran ISP2 dan PDA dalam cawan petri berukuran 9 cm. Jarak antara tepi petri dengan jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* adalah 5 cm. Aktinobakteria selanjutnya ditumbuhkan pada cawan petri yang sama dengan jarak 3 cm dari jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* dengan cara digores sepanjang 3 cm. Pada cawan petri kontrol tidak menggunakan isolat aktinobakteria. Kemudian diinkubasi hingga jamur tumbuh memenuhi cawan petri pada kontrol (7 hari). Skema metode *dual culture* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema uji antagonis isolat aktinobakteria dengan jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* (a) kontrol (b) perlakuan aktinobakteria (A) Jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* (B) Isolat aktinobakteria.

b. Perkembangan penyakit layu fusarium dan pertumbuhan tanaman cabai

a. Persiapan media tanam

Media tanam tanaman cabai adalah campuran tanah dan pupuk kandang (2:1 v/v), kemudian media tanam dimasukkan ke dalam plastik bening ukuran 5 kg. Sterilisasi media tanam dilakukan dengan cara tindalisasi selama 1 jam pada suhu 100°C, kemudian diulangi sebanyak tiga kali berturut-turut dengan selang waktu 24 jam. Media tanam dimasukkan sebanyak 5 g ke dalam *pottray* untuk penyemaian benih dan 10 kg ke dalam *polybag* ukuran 45x50 cm² untuk penanaman (Yanti *et al.*, 2017).

b. Introduksi aktinobakteria pada benih dan bibit cabai

i. Introduksi benih

Sterilisasi permukaan benih cabai varietas TM 999 dilakukan dengan merendam benih dalam larutan NaOCl 1% selama 1 menit, kemudian benih dicuci dengan aquades steril sebanyak dua kali, kemudian dikering anginkan. Selanjutnya benih diintroduksi dalam suspensi isolat aktinobakteria selama 15 menit dengan kepadatan 10⁸ spora/ml untuk perlakuan kontrol positif dan kontrol negatif benih direndam dalam aquades steril. Setiap perlakuan direndam selama 15 menit. Kemudian 2 benih disemai pada *pottray* setiap lubang tanam. Penyemaian dilakukan selama 3 minggu. Pemeliharaan bibit meliputi penyiraman bibit cabai pada pagi dan sore hari disesuaikan dengan kondisi tanaman.

ii. Introduksi bibit

Bibit cabai dipindah tanamkan ke *polybag* pada saat bibit berumur 21 hst. Tanah yang menempel pada bibit tanaman cabai dibersihkan dengan air mengalir.

Kemudian dilakukan perendaman bibit sesuai dengan perlakuan dengan cara yang sama pada persemaian benih. Selanjutnya bibit dipindah tanamkan ke dalam *polybag* berukuran 10 kg yang berisi campuran tanah dan pupuk kandang.

c. Inokulasi *F. oxysporum f.sp capsici*

Media tanam diinokulasi terlebih dahulu dengan *F. oxysporum f.sp capsici* sebelum bibit dipindah tanamkan. Biakan *F. oxysporum f.sp capsici* sebanyak 10 g dibenamkan sedalam 6 cm pada media tanam setiap *polybag*, tanah yang sudah diinokulasi ditutup dengan plastik selama 3 hari, untuk menjaga kelembaban dan merangsang pertumbuhan *F. oxysporum f.sp capsici* (Chamzurni *et al.*, 2010). Selanjutnya bibit dipindah tanamkan pada media yang sudah diinokulasikan *F. oxysporum f.sp capsici*.

d. Pemeliharaan dan pemupukan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pemasangan ajir, penyiangan gulma, dan pemupukan. Tanaman disiram dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari tergantung kondisi tanaman. Pemasangan ajir dilakukan saat tanaman berumur 3 minggu. Gulma yang tumbuh disiangi setiap minggu.

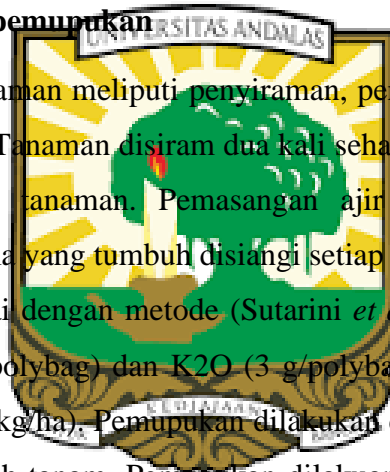
Pemupukan sesuai dengan metode (Sutarini *et al.*, 2015), yaitu dengan N (3 g/*polybag*), P (4.5 g/*polybag*) dan K₂O (3 g/*polybag*) (setara N 100 kg/ha, P 150 kg/ha dan K₂O 100 kg/ha). Pemupukan dilakukan dua kali yaitu satu minggu dan empat minggu setelah tanam. Pemupukan dilakukan dengan cara dibenamkan di sekeliling tanaman dengan jarak 10 cm dan kedalaman 5 cm. Pengendalian hama dan gulma dilakukan langsung jika ditemukan pada tanaman dalam *polybag*.

F. Pengamatan

1. Kemampuan aktinobakteria dalam menekan perkembangan *Fusarium oxysporum f.sp capsici*

a. Daya hambat

Daya hambat yaitu persentase kemampuan aktinobakteria dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum f.sp capsici*. Daya hambat diamati pada saat jamur kontrol memenuhi petri yaitu saat jamur berumur 7 hsi. Luas



miselium jamur dihitung menggunakan kertas mm dan dimasukkan kedalam rumus persentase penghambatan pertumbuhan (Narayanasamy, 2021) yaitu :

$$\text{Daya hambat} = \frac{\text{luas miselium jamur kontrol} - \text{luas miselium jamur uji}}{\text{luas miselium jamur kontrol}} \times 100\%$$

b. Penyakit layu fusarium

i. Masa inkubasi (hari setelah inokulasi)

Masa inkubasi diamati setiap hari setelah inokulasi hingga tanaman menunjukkan gejala pertama hingga pengamatan pada minggu ke-7.

ii. Insidensi

Pengamatan insidensi penyakit diamati 1 minggu setelah inokulasi hingga dengan interval 1 minggu dan selama 7 minggu. Rumus untuk menghitung insidensi penyakit adalah:


$$I = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan, I = Insidensi Penyakit

n = Jumlah tanaman yang menimbulkan gejala penyakit

N = Total jumlah unit tanaman yang diamati

iii. Severitas

Keparahan penyakit ditentukan dengan mengamati tanaman yang bergejala layu. Pengamatan dihitung pada hari yang sama dengan kejadian penyakit. Keparahan penyakit dihitung sampai salah satu kontrol mati. Persentase keparahan penyakit dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$S = \frac{\sum n \times v}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan, S = Keparahan Penyakit

n = Jumlah daun tanaman pada setiap skoring

v = Nilai skala serangan penyakit tiap individu tanaman

V = Nilai tertinggi kategori kerusakan

N = Jumlah daun tanaman yang diamati

Tingkat keparahan penyakit layu fusarium pada tanaman cabai digunakan skala tingkat keparahan penyakit layu fusarium pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala dan Kriteria Tingkat Serangan Penyakit Layu Fusarium

Skala	Keadaan Tanaman
0	Tanaman yang sehat tidak menunjukkan gejala layu atau daun menguning
1	Daun menunjukkan gejala layu atau menguning 20% dari tajuk tanaman
2	Daun menunjukkan gejala layu atau menguning 21 - 40% dari tajuk tanaman
3	Daun menunjukkan gejala layu atau menguning 41% dari tajuk tanaman
4	Semua daun menunjukkan gejala layu/menguning atau tanaman mati

Sumber: (Hapshoh, 2016).

2. Kemampuan aktinobakteria dalam meningkatkan pertumbuhan bibit cabai

a. Daya muncul lapang

Diamati setiap hari hingga 21 hari dengan tujuan untuk melihat kemampuan benih muncul dan tumbuh di lapangan. Presentase daya muncul lapang ditentukan dengan rumus:



$$P = \frac{b}{B} \times 100\%$$

Keterangan: P = Presentase bibit muncul
 b = Jumlah bibit yang muncul
 B = Jumlah benih yang disemai

b. Tinggi bibit (cm)

Tinggi bibit diukur pada saat bibit muncul kelapangan dan berumur 7 hari setelah semai. Pengukuran bibit dimulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh. Tinggi bibit diamati selama 3 minggu dalam interval 1 minggu sekali.

c. Jumlah daun bibit (helai)

Jumlah daun dihitung bersamaan dengan pengukuran tinggi bibit.

d. Panjang akar bibit (cm)

Setelah bibit berumur 3 minggu, bibit kemudian dicabut dari *pottray* dan dibersihkan dari media tanam. Jumlah bibit yang diamati sebanyak 6 bibit untuk masing-masing perlakuan. Pengukuran dilakukan dari pangkal akar sampai ke titik tumbuhnya akar terpanjang.

e. Bobot segar dan bobot kering bibit (g)

Bibit dibersihkan terlebih dahulu dari media tanam, setelah itu bibit ditimbang untuk menghitung berat basah. Untuk mengukur berat kering bibit dibungkus dengan kertas stensil dan dikeringkan di oven pada suhu 30°C selama 5 jam dan ditimbang (sampai berat tetap konstan).

3. Kemampuan aktinobakteria dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai

a. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai titik tumbuh batang utama. Tinggi tanaman diukur seminggu sekali mulai umur 14 hari sampai tanaman berbunga.

b. Jumlah daun (helai)

Jumlah daun diamati seminggu sekali sampai muncul bunga pertama.

c. Muncul bunga pertama (hari)

Kemunculan bunga pertama diamati pada hari pertama munculnya bunga pada setiap tanaman.

d. Jumlah buah (buah)

Penghitungan buah dilakukan pada saat panen untuk setiap perlakuan.

e. Bobot buah (g)

Bobot buah diamati dengan cara memanen buah matang kemudian menimbanginya. Pemanenan dilakukan sebanyak 5 kali.

G. Analisis Data

Data pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati dianalisis dengan menggunakan program SPSS. Kemudian perlakuan yang berbeda nyata diuji lebih lanjut dengan menggunakan *Duncans Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5% ($P = 0.05$).



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Kemampuan aktinobakteria dalam menekan perkembangan *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*.

a. Daya hambat

Kemampuan aktinobakteria dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 7.

Tabel 3. Daya hambat aktinobakteria terhadap pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici*.

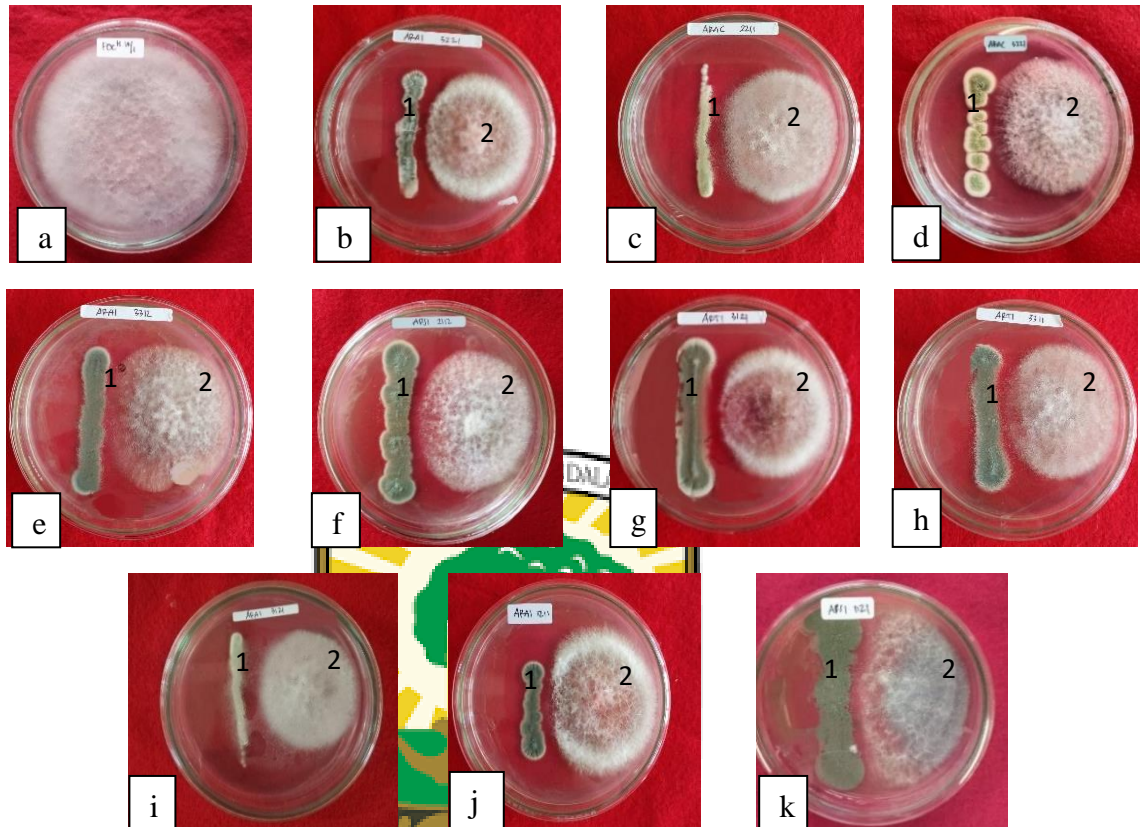
Perlakuan	Daya Hambat (%)
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221	61,46 a
<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112	59,94 a
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121	57,74 ab
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211	52,66 bc
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211	51,87 bc
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3121	51,71 bc
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312	51,03 c
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311	50,77 c
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221	50,40 c
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121	41,18 d
Kontrol	0,00 e
KK	4,75

Ket : Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh aktinobakteria mampu menekan pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* dibandingkan kontrol. Kemampuan antar perlakuan aktinobakteria dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp *capsici* menunjukkan berbeda nyata diantaranya *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112 dan *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121 berbeda nyata dibandingkan dengan *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3311, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121. Seluruh aktinobakteria mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* dengan persentase penghambatan 41,18-61,46%.

Gambar 7 menunjukkan bahwa aktinobakteria mampu menekan perkembangan jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* yang ditandai dengan adanya

perbedaan luas koloni dari jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* dengan kontrol pada media uji daya hambat. Dapat dilihat bahwa dengan adanya aktinobakteria, jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* tidak dapat tumbuh pada ruang yang ditumbuhi oleh aktinobakteria.



Gambar 7. Daya hambat aktinobakteria terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici* pada 7 hsi; (1) aktinobakteria; (2) *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*; (3); (a) kontrol; (b) *Streptomyces* sp. ARAI 3221; (c) *Streptomyces* sp. ARAC 2211; (d) *Streptomyces* sp. ARAC 3221; (e) *Streptomyces* sp. ARAI 3312; (f) *Streptomyces* sp. ARSI 2112; (g) *Amicolatopsis* sp. ARTI 3121; (h) *Amicolatopsis* sp. ARTI 3311; (i) *Amicolatopsis* sp. ARAI 3121; (j) *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211; (k) *Amicolatopsis* sp. ARSI 1121.

b. Penyakit layu fusarium pada tanaman cabai

Semua aktinobakteria secara *in vitro* pada uji daya hambat mampu menekan perkembangan *F. oxysporum* f. sp *capsici* dan selanjutnya diuji kemampuannya secara *in planta*. Aktinobakteria yang diintroduksi pada bibit cabai mampu memperpanjang masa inkubasi serta menekan insidensi dan severitas penyakit layu fusarium pada tanaman cabai yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. kemampuan aktinobakteria dalam menekan perkembangan penyakit layu fusarium pada tanaman cabai

Perlakuan	Masa Inkubasi (hsi)	Insidensi (%)	Severitas (%)
<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112	54,66 a	33,33 ef	16,66 f
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121	54,50 a	33,33 ef	16,66 f
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221	54,16 a	33,33 ef	83,33 b
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211	50,83 a	50,00 cd	50,00 cd
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312	46,16 ab	66,66 c	66,66 c
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211	45,83 ab	33,33 ef	25,00 e
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311	43,16 ab	50,00 cd	50,00 cd
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221	43,16 ab	83,33 b	83,33 b
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3121	39,50 b	66,66 c	66,66 c
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121	31,83 b	83,33 b	83,33 b
Kontrol -	7,33 c	100,00 a	100,00 a
KK	13,41	16,45	14,33

Ket : Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%

Aktinobakteria berbeda nyata dalam memperpanjang masa inkubasi penyakit layu fusarium pada tanaman cabai dibandingkan dengan kontrol negatif. *Amiclatopsis* sp. ARSI 2112, *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3221 dan *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211 berbeda nyata dibandingkan dengan *Amiclatopsis* sp. ARTI 3121, *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121 dan kontrol negatif. Seluruh aktinobakteria mampu memperpanjang masa inkubasi penyakit layu fusarium selama 31,83-54,66 hsi.

Aktinobakteria berbeda nyata dalam menekan insidensi penyakit layu fusarium pada tanaman cabai dibandingkan dengan kontrol negatif. *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3221 dan *Streptomyces* sp. ARAC 2211 berbeda nyata dibandingkan dengan *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3311, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121 dan kontrol negatif. Seluruh aktinobakteria mampu menekan insidensi penyakit layu fusarium dengan persentase 33,33-83,33%.

Aktinobakteria berbeda nyata dalam menekan severitas penyakit layu fusarium pada tanaman cabai dibandingkan dengan kontrol negatif. *Streptomyces* sp. ARSI 2112 dan *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121 berbeda nyata dibandingkan dengan *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Amiclatopsis* sp.

ARTI 3311, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3121, *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121 dan kontrol negatif. Seluruh aktinobakteria mampu menekan insidensi penyakit layu fusarium dengan persentase 16,66-83,33%.

2. Kemampuan aktinobakteria dalam meningkatkan pertumbuhan bibit cabai

Aktinobakteria yang diintroduksi pada benih cabai mampu meningkatkan daya muncul lapang, tinggi bibit, jumlah daun, panjang akar, berat segar dan berat kering bibit cabai yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. kemampuan aktinobakteria dalam meningkatkan pertumbuhan bibit cabai

Perlakuan	Daya Muncul Lapang (%)	Tinggi bibit (cm)	Jumlah daun (helai)	Panjang akar (cm)	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211	100	7,38 a	6,00	6,16 ab	0,31	0,03
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221	100	7,28 a	6,00	6,43 a	0,26	0,02
<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112	95,83	7,15 a	6,00	5,95 abc	0,27	0,02
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121	87,50	6,81 ab	6,00	5,86 abc	0,27	0,01
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221	87,5	6,30 ab	5,66	5,11 abcd	0,26	0,01
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312	83,33	6,30 ab	5,66	5,70 abc	0,23	0,01
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3121	83,33	6,36 ab	5,66	5,66 abc	0,23	0,01
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311	75	6,60 ab	5,66	4,56 bcd	0,25	0,01
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211	70,83	6,45 ab	6,00	4,95 bcd	0,24	0,01
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121	66,66	7,20 a	5,66	3,86 de	0,21	0,01
Kontrol	66,66	5,55 b	5,50	3,60 e	0,21	0,01
KK		10,81	6,64	14,41	4,44	0,93

Ket : Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%

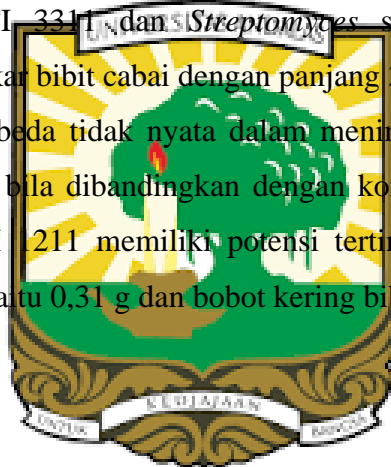
Kemampuan *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211 dan *Streptomyces* sp. ARAI 3221 lebih baik dalam meningkatkan daya muncul lapang benih cabai dibandingkan dengan kontrol dan delapan isolat lainnya dengan persentase daya muncul lapang yaitu 100%.

Aktinobakteria berbeda nyata dalam meningkatkan tinggi bibit cabai dibandingkan dengan kontrol sebanyak empat isolat yaitu *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112 dan *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121. Sementara antar isolat berbeda tidak nyata dalam meningkatkan tinggi bibit cabai. *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112 dan *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121 mampu meningkatkan tinggi bibit cabai dengan tinggi berkisar dari 7,15-7,38 cm.

Aktinobakteria berbeda tidak nyata dalam meningkatkan jumlah daun bibit cabai bila dibandingkan dengan kontrol. *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, ARAI 3121 dan *Streptomyces* sp. ARAC 2211 memiliki jumlah daun terbanyak dibandingkan dengan isolat lainnya dengan jumlah daun 6,00 helai.

Aktinobakteria berbeda nyata dalam meningkatkan panjang akar bibit cabai bila dibandingkan dengan kontrol kecuali *Amicolatopsis* sp. ARSI 1121. *Streptomyces* sp. ARAI 3221 berbeda nyata dibandingkan dengan *Amicolatopsis* sp. ARTI 3311, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Amicolatopsis* sp. ARSI 1121 dan kontrol. *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amicolatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amicolatopsis* sp. ARTI 3121, *Amicolatopsis* sp. ARTI 3311 dan *Streptomyces* sp. ARAC 2211 mampu meningkatkan panjang akar bibit cabai dengan panjang 3,86-6,16 cm.

Aktinobakteria berbeda tidak nyata dalam meningkatkan bobot basah dan bobot kering bibit cabai bila dibandingkan dengan kontrol dan antar perlakuan. *Amicolatopsis* sp. ARAI 1211 memiliki potensi tertinggi dalam meningkatkan bobot basah bibit cabai yaitu 0,31 g dan bobot kering bibit cabai 0,03 g.



3. Kemampuan aktinobakteria dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai

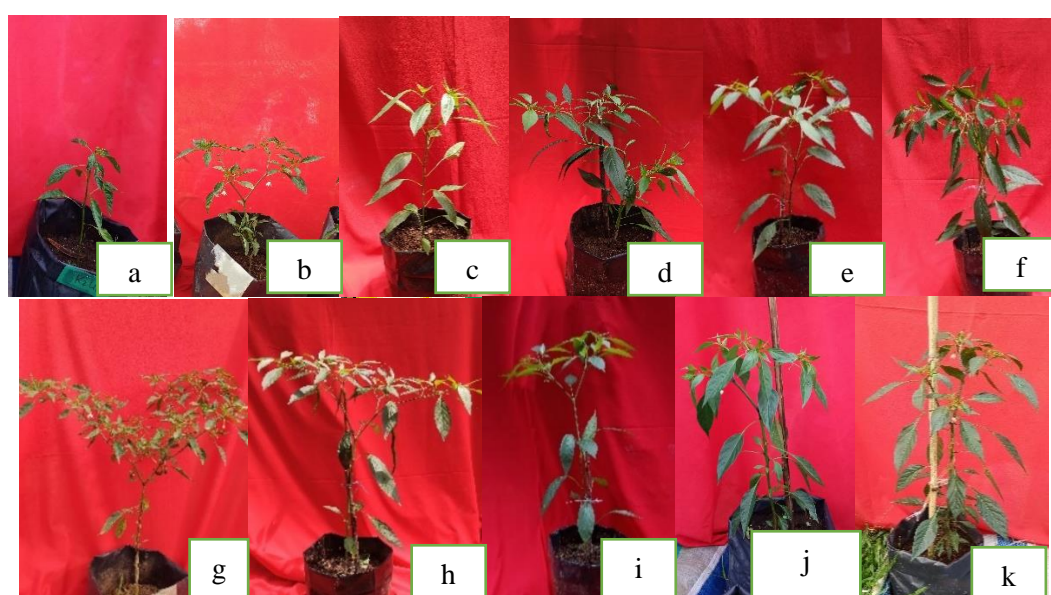
Aktinobakteria yang diintroduksi pada bibit cabai mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. kemampuan aktinobakteria dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Muncul bunga pertama (hari)	Jumlah buah	Bobot buah (g)
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211	60,36 a	59,83 a	34,33 c	56,16 a	146,72 a
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221	55,83 ab	56,66 a	35,33 bc	48,16 b	120,91 b
<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112	54,01 abc	56,33 a	35,83 bc	48,33 b	113,16 b
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121	53,66 abc	56,66 a	35,83 bc	50,33 ab	131,43 ab
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312	49,33 bc	54,00 a	35,83 bc	46,66 b	122,09 b
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3121	48,88 bc	54,16 a	36,16 bc	45,50 b	118,16 b
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211	48,68 bc	55,66 a	36,66 bc	47,33 b	111,97 b
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221	47,58 bc	55,83 a	37,16 bc	47,16 b	120,43 b
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311	46,51 bc	55,16 a	35,50 bc	48,16 b	122,84 b
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121	46,08 c	40,16 b	37,50 bc	32,16 c	79,49 c
Kontrol +	37,81 d	38,16 b	45,50 d	30,66 c	70,66 c
KK	9,59	6,51	4,31	9,27	9,71

Ket : Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti huruf kecil yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%,

Kemampuan seluruh aktinobakteria dalam meningkatkan tinggi tanaman cabai berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol positif. *Amicولاتopsis* sp. ARAI 1211 berbeda nyata dibandingkan dengan *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amicولاتopsis* sp. ARTI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Amicولاتopsis* sp. ARTI 3311, *Amicولاتopsis* sp. ARSI 1121 dan kontrol positif. Seluruh aktinobakteria mampu meningkatkan tinggi tanaman cabai dengan tinggi berkisar dari 46,08-60,36 cm. Perbandingan tinggi tanaman cabai yang diintroduksi aktinobakteria lebih baik dibanding kontrol positif dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan tinggi tanaman cabai yang diintroduksi aktinobakteria (45 hst) pada fase vegetatif (a) Kontrol + (b) *Amicولاتopsis* sp. ARSI 1121 (c) *Amicولاتopsis* sp. ARTI 3311 (d) *Streptomyces* sp. ARAC 3221 (e) *Streptomyces* sp. ARAC 2211 (f) *Amicولاتopsis* sp. ARTI 3121 (g) *Streptomyces* sp. ARAI 3312 (h) *Amicولاتopsis* sp. ARAI 3121 (i) *Streptomyces* sp. ARSI 2112 (j) *Streptomyces* sp. ARAI 3221 (k) *Amicولاتopsis* sp. ARAI 1211

Seluruh aktinobakteria kecuali *Amicولاتopsis* sp. ARSI 1121 berbeda nyata dalam meningkatkan jumlah daun tanaman cabai bila dibandingkan dengan kontrol positif. *Amicولاتopsis* sp. ARAI 1211, *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amicولاتopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amicولاتopsis* sp. ARTI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, dan *Amicولاتopsis* sp. ARTI 3311 berbeda nyata dibandingkan dengan *Amicولاتopsis* sp. ARSI 1121. Aktinobakteria tersebut

mampu meningkatkan jumlah daun tanaman cabai dengan jumlah daun berkisar dari 55,16-59,83 helai.

Kemampuan seluruh aktinobakteria dalam mempercepat kemunculan bunga pertama tanaman cabai berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol positif berkisar dari 34,33-37,50 hari namun antar perlakuan menunjukkan berbeda tidak nyata. *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211 merupakan isolat terbaik yang mampu mempercepat kemunculan bunga pertama tanaman cabai pada 34,33 hari.

Kemampuan *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAC 3221 dan *Amiclatopsis* sp. ARTI 3311 berbeda nyata dalam meningkatkan jumlah buah tanaman cabai dibandingkan dengan kontrol positif. *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211 berbeda nyata dibandingkan dengan *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3311, isolat ARSI 1121. Sembilan aktinobakteria tersebut mampu meningkatkan jumlah buah cabai berkisar dari 45,50-56,16 buah. Perbandingan jumlah buah cabai yang diintroduksi aktinobakteria lebih baik dibanding kontrol positif dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan jumlah buah cabai yang diintroduksi aktinobakteria pada fase generatif (a) Kontrol + (b) *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211

Kemampuan *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAC 3221 dan *Amiclatopsis* sp. ARTI 3311 berbeda nyata dalam meningkatkan bobot buah

cabai dibandingkan dengan kontrol positif. *Amiclatopsis* sp. ARAI 1211 berbeda nyata dibandingkan dengan *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Amiclatopsis* sp. ARAI 3121, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3121, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Amiclatopsis* sp. ARTI 3311, *Amiclatopsis* sp. ARSI 1121. Sembilan aktinobakteria tersebut mampu meningkatkan jumlah buah cabai berkisar dari 111,97-146,72 g

B. Pembahasan

Seluruh aktinobakteria mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp *capsici* secara *in vitro* pada uji daya hambat. Seluruh aktinobakteria mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* yaitu sebesar 41,18-61,46%. Hal ini karena aktinobakteria menghasilkan enzim-enzim pendegradasi dinding sel sehingga jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici* tidak dapat tumbuh kearah aktinobakteria. Menurut Yanti *et al.* (2023) *Streptomyces* sp. ARAI 3221 mampu menekan perkembangan *Colletotrichum capsici* dengan efektivitas 100% serta kemampuannya menghasilkan enzim kitinase dengan indeks kitinolitik 1,78 yang dapat mendegradasi dinding sel mikroba. *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Streptomyces* sp. ARAC 3221 dan *Streptomyces* sp. ARAC 2211 mampu menghasilkan enzim kitinase dengan indeks kitinolitik 0,32-1,38. Selanjutnya Prapagdee *et al.* (2008) melaporkan bahwa aktinobakteria dari kelompok *Streptomyces* spp. yang diisolasi dari rizosfer tanah dapat menghasilkan enzim kitinase dan β -1,3-glukanase dan menekan pertumbuhan jamur *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Sclerotium rolfsii* (Sacc). Aktinobakteria juga memiliki mekanisme kompetisi terhadap jamur *F. oxysporum* f. sp *capsici*, mekanisme ini ditandai dengan isolat aktinobakteria lebih unggul berkompetisi merebutkan nutrisi di dalam media dibandingkan *F. oxysporum* f. sp *capsici* yang membuktikan bahwa aktinobakteria memiliki kemampuan untuk menyerap nutrisi lebih cepat dibandingkan jamur patogen. Menurut Trigiano *et al.* (2008) kompetisi adalah suatu mekanisme yang terjadi antara dua atau lebih mikroorganisme yang bersaing untuk mendapatkan makanan atau sumber daya mineral yang sama atau menempati habitat atau inang yang sama. Suatu mikroorganisme dapat mengalahkan mikroorganisme lain karena ia

tumbuh lebih cepat sehingga dapat menggunakan sumber makanannya dengan lebih efisien.

Introduksi aktinobakteria pada bibit cabai terbukti mampu memperpanjang masa inkubasi penyakit menjadi 31,83-54,66 hsi, menekan insidensi penyakit dengan persentase 33-83,33% dan severitas penyakit layu fusarium dengan persentase 16,66-83,33%. Hal ini diduga karena aktinobakteria dapat menurunkan populasi *F. oxysporum* f. sp *capsici* dan melalui kompetisi nutrisi dan ruang didalam tanah sehingga mempengaruhi kemampuan jamur dalam menginfeksi tanaman. Kemampuan aktinobakteria mengendalikan penyakit layu fusarium juga terjadi dengan mekanisme *Induce Systemic Resistence* (ISR) yang berperan sebagai pemberi sinyal pertahanan bagi tanaman dengan memproduksi enzim-enzim pertahanan. Menurut Vilasinee *et al.* (2019) perlakuan benih tomat menggunakan *Streptomyces* sp. Agalun NSP3 meningkatkan ketahanan tanaman tomat terhadap *Fusarium oxysporum* sp. *Likopersici*. Selanjutnya Yanti *et al.* (2011) juga menyatakan bahwa introduksi aktinobakteria pada umbi bawang merah dapat menginduksi ketahanan tanaman bawang merah dengan terjadinya peningkatan aktivitas enzim peroksidase, polipenol oksidase dan fenilalanine amonia lyase dari hari pertama introduksi hingga 25 hari setelah introduksi.

Introduksi aktinobakteria pada benih dan bibit cabai mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan karena aktinobakteria yang diintroduksi mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang berperan sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dengan memproduksi hormon pertumbuhan tanaman seperti IAA. Sesuai dengan penelitian Yanti *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Streptomyces* sp. ARAC 3221 dan *Streptomyces* sp. ARAC 2211 menghasilkan 25,82-85,87 IAA. Hal ini didukung oleh G. Subramaniam *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa aktinobakteria mampu menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman seperti IAA yang berperan sebagai *Plant Growth Promoting Actinobacteria* (PGPA). Menurut Yadav *et al.* (2018) aktinobakteria yang berasosiasi dengan tanaman dapat memacu pertumbuhan tanaman secara langsung dengan produksi hormon pemacu pertumbuhan tanaman (IAA, sitokinin, gibberelin, dan asam

absisat). Selanjutnya Dochhil *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa produksi IAA sebanyak 71 g/mL dan 197 g/mL dapat meningkatkan laju perkecambahan biji dan pertumbuhan tanaman.

Aktinobakteria juga memiliki kemampuan dalam memfiksasi nitrogen dan melarutkan fosfat dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman cabai. Sesuai dengan penelitian Yanti *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa *Streptomyces* sp. ARAI 3221, *Streptomyces* sp. ARSI 2112, *Streptomyces* sp. ARAI 3312, *Streptomyces* sp. ARAC 3221, *Streptomyces* sp. ARAC 2211, dan *Streptomyces* sp. ARAC 3221 mampu melarutkan fosfat dengan indeks 0,03-2,89 dan mampu memfiksasi nitrogen. Selanjutnya Bhatti *et al.* (2017) juga menyatakan bahwa aktinobakteria melakukan fungsi seperti pelarutan fosfat, dan fiksasi nitrogen. Menurut Taisa *et al.* (2021) bakteri yang mampu melarutkan fosfat antara lain bakteri *Penicillium* spp, *Pseudomonas* spp, *Bacillus* spp dan *Streptomyces* spp. Selanjutnya Jog *et al.* (2014) juga menyatakan bahwa *Streptomyces* sp. mhcr0816 menghasilkan asam organik yang dapat mensekresi fosfat terikat menjadi fosfat bebas yang dapat diserap tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aktinobakteria mempunyai kemampuan mengendalikan penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai. Aktinobakteria dapat menekan mikroorganisme bersifat patogen yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman, kemampuan aktinobakteria ini memiliki efek positif pada pemacu pertumbuhan tanaman, oleh karena itu aktinobakteria berperan sebagai PGPA. Beberapa peranan aktinobakteria yang terlibat dalam aktivitas PGPA antara lain aktinobakteri dapat menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA), memproduksi senyawa siderofor dan hormon pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Regulators*), melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen (Subramaniam *et al.*, 2016).

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Semua aktinobakteria mampu menekan perkembangan penyakit layu fusarium dan meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai. Aktinobakteria terbaik dalam menekan perkembangan penyakit layu fusarium adalah *Sreptomycetes sp.* ARSI 2112 dan *Amicolatopsis sp.* ARAI 3121 yang menunjukkan keparahan penyakit terendah yaitu 16,66%. Aktinobakteria terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman cabai adalah *Amicolatopsis sp.* ARAI 1211 yang menghasilkan bobot buah 146,72 g/tanaman.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mendapatkan formulasi aktinobakteria.



DAFTAR PUSTAKA

- Aeny, T. N., Prasetyo, J., Suharjo, R., Dirmawati, S. R., Efri, & Niswati, A. (2018). Short Communication: Isolation and Identification of Actinomycetes Potential as the Antagonist of *Dickeya zea* Pineapple soft rot in Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*, *19*(6), 2052–2058.
- Anandan, R., Dharumadurai, D., & Manogaran, G. P. (2016). *Actinobacteria Basics and Biotechnological Applications*. Intech Open.
- Anitha, A., & Rabeeth, M. (2009). Control of Fusarium Wilt of Tomato by Bioformulation of *Streptomyces griseus* in Green House Condition. *African Journal of Basic & Applied Sciences*, *1*(2), 9–14.
- Ardian, Murniati, Yoseva, S., Zuhri, E., & Nurbaiti. (2021). Teknik Mengatasi Layu pada Tanaman Cabai Menuju Desa Sejahtera Mandiri di Kelompok Tani Desa Padang Mutung Kecamatan Kampar. *Unri Conference Series: Community Engagement*, *3*, 493–498.
- Ariyanti, R., Yenie, E., & Elystia, S. (2017). Pembuatan Pestisida Nabati dengan Cara Estraksi Daun Pepaya dan Belimbing Wuluh. *Jom FTEKNIK*, *4*(2), 1–9.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Luas Panen, Produktivitas, Produksi Tanaman Cabai Nasional*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, H.-P., Clément, C., Oundouch, Y., & van Wezel, G. P. (2016). Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *80*(4), 1–44.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1960). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. In *Mycologia* (Vol. 52, Issue 2).
- Bergeijk, D. A. Van, Terlouw, B. R., Medema, M. H., & Wezel, G. P. Van. (2020). Ecology and Genomics of Actinobacteria: New Concepts for Natural Product Discovery. *Nature Reviews Microbiology*, *18*, 546–558.
- Bhatti, A. A., Haq, S., & Bhat, R. A. (2017). Actinomycetes Benefaction Role in Soil and Plant Health. *Microbial Pathogenesis*, *111*, 458–467.
- Boukhatem, Z. F., Merabet, C., & Tsaki, H. (2022). Plant Growth Promoting Actinobacteria, the Most Promising Candidates as Bioinoculants? *Frontiers in Agronomy*, *4*, 1–19.
- Chamzurni, T., Ulim, M. A., & Dianur, E. (2010). Uji Ketahanan Beberapa Varietas Tomat terhadap Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopercici*). In *Agrista: Vol. 14* (2) (pp. 62–67).

- Deenamo, N., Kuyyogsuy, A., Khompatara, K., Chanwun, T., Ekchaweng, K., & Churngchow, N. (2018). Salicylic Acid Induces Resistance in Rubber Tree Against *Phytophthora palmivora*. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7).
- Dochhil, H., Dkhar, M. S., & Barman, D. (2013). Seed Germination Enhancing Activity of Endophytic Streptomyces Isolated from Indigenous Ethno Medicinal Plant *Centella Asiatica*. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(1), 256–262.
- Duriat, A. S., Gunaeni, N., & Wulandari, A. W. (2017). *Penyakit Penting Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Edi, S., & Bobihoe, J. (2010). *Budidaya Tanaman Sayuran*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi.
- Ezziyyani, M., Emilia, R. M., Catalina, E. G., Maria, R. A., & Emilia, C. M. (2009). Biological Control of *Phytophthora capsici* root rot of Pepper (*Capsicum annuum*) using *Burkholderia cepacia* and *Trichoderma harzianum*. *Journal of Applied Biosciences*, 155(13), 745–754.
- Faatih, M. (2012). Dinamika Komunitas Aktinobakteria Selama Proses Pengomposan. *Jurnal Widyaiset*, 15(3), 611–618.
- Fadil, M., Yanti, Y., & Khairul, U. (2023). Seleksi Aktinobakteria Indigenous untuk Pengendalian Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv . *oryzae*) Serta Peningkatan Pertumbuhan Padi. *Agrohita*, 8(1), 93–105.
- Fitriatin, B. N., Manurung, D. F., Sofyan, E. T., & Setiawati, M. R. (2020). Compatibility, Phosphate Solubility and Phosphatase Activity by Phosphate Solubilizing Bacteria. *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences*, 5(12), 281–284.
- Glare, T., Caradus, J., Gelernter, W., Jackson, T., Keyhani, N., Kohl, J., Marrone, P., Morin, L., & Stewart, A. (2012). Have Biopesticides Come of Age. In *Trends in Biotechnology* (Vol. 30, Issue 5).
- Handono, S. T., Hendarto, K., & Kamal, M. (2013). Pola Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum Annuum* L.) Akibat Aplikasi Kalium Nitrat pada Daerah Dataran Rendah. *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(2), 140–146.
- Hapshoh, S. (2016). *Pewarisan Karakter Kualitatif Cabai Hias Hasil Persilangan Cabai Besar dan Cabai Rawit Serta Ketahanannya Terhadap Penyakit Layu Fusarium*. Thesis. Institut Pertanian Bogor.
- Hapsah, Gusmawartati, Amri, A. I., & Diansyah, A. (2017). Respons Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum annuum* L.) terhadap Aplikasi Pupuk Kompos dan Pupuk Anorganik di Polibag. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(3), 203.

- Harikrishnan, H., Shanmugaiah, V., & Balasubramanian, N. (2014). Optimization for Production of Indole Acetic Acid (IAA) by Plant Growth Promoting *Streptomyces* sp VSMGT1014 Isolated from Rice Rhizosphere. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(8), 158–171.
- Hayat, S., Ashraf, A., Aslam, B., Asif, R., Muzammil, S., Zahoor, M. A., Waseem, M., Malik, I. R., Khurshid, M., Afzal, M., Saqalein, M., Siddique, M. H., Muzammil, A., & Sabir, S. (2020). *Actinobacteria: Potential Candidate as Plant Growth Promoters*. Intech Open.
- Heng, J. L. S., Shah, U. K. M., & Hamzah, H. (2011). Isolation, Characterization and Identification of Potential Actinobacteria with Antifungal Activities Towards Chilli Anthracnose. *African Journal of Biotechnology*, 10(32), 5979–5987.
- Herwidyarti, K. H., Ratih, S., & Sembodo, D. R. J. (2018). Keparahan Penyakit Antraknosa pada Cabai (*Capsicum annum* L) dan Berbagai Jenis Gulma. *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(1), 102–106.
- Hewindati, Y. T., Winarni, I., Puspitasari, K. A., Nurmawati, Pratomo, H., K. E. N., Waskito, A., Silistrana, S., & Nadia, L. (2008). *Hortikultura*. Perpustakaan Digital Universitas Terbuka.
- Hu, D., Sun, C., Jin, T., Fan, G., Mok, K. M., Li, K., & Lee, S. M. Y. (2020). Exploring the Potential of Antibiotic Production From Rare Actinobacteria by Whole-Genome Sequencing and Guided MS/MS Analysis. *Frontiers in Microbiology*, 11(July), 1–12.
- Imtiyaz, H., Prasetio, B. H., & Hidayat, N. (2017). Sistem Pendukung Keputusan Budidaya Tanaman Cabai Berdasarkan Prediksi Curah Hujan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(9), 1–6.
- Intra, B., Mungsuntisuk, I., Nihira, T., Igarashi, Y., & Panbangred, W. (2011). Identification of Actinomycetes from Plant Rhizospheric Soils with Inhibitory Activity Against *Colletotrichum* spp., the Causative Agent of Anthracnose Disease. *BMC Research Notes*, 4, 1–9.
- Islam, M. A., Nain, Z., Alam, M. K., Banu, N. A., & Islam, M. R. (2018). In Vitro Study of Biocontrol Potential of Rhizospheric *Pseudomonas Aeruginosa* Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 1–11.
- Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017). The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition Current Knowledge and Future Directions. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1–19.
- Jeffrey, L. S. H. (2008). Isolation, Characterization and Identification of Actinomycetes from Agriculture Soils at Semongok, Sarawak. *African Journal of Biotechnology*, 7(20), 3700–3705.

- Jog, R., Pandya, M., Nareshkumar, G., & Rajkumar, S. (2014). Mechanism of Phosphate Solubilization and Antifungal Activity of *Streptomyces* spp. Isolated from Wheat Roots and Rhizosphere and their Application in Improving Plant Growth. *Microbiology (United Kingdom)*, 160(PART 4), 778–788.
- Kawuri, R., Raharini, A. O., & Khalimi, K. (2012). *Pemanfaatan Streptomyces sp. untuk Mengendalikan Penyebab Penyakit Busuk Daun pada Lidah Buaya (Aloe barbadensis Mill)*. Disertasi Doktor. Program Pasca Sarjana Universitas Udayana Denpasar.
- Khamna, S., Yokota, A., & Lumyong, S. (2009). Actinomycetes Isolated from Medicinal Plant Rhizosphere Soils: Diversity and Screening of Antifungal Compounds, Indole-3-Acetic Acid and Siderophore Production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(4), 649–655.
- Klement, Z., Rudolph, K., & Sands, D. . (1990). *Methods in Phytobacteriology*. Akademiai Kiado, Budapest.
- Kurnia, A. T., Pinem, M. L., & Gemry, S. (2014). Penggunaan Jamur Endofit untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* dan *Alternaria solani* Secara in Vitro. *Agroekoteknologi*, 2(2337), 1596–1605.
- Lestiyani, A., Suryanti, S., & Wibowo, A. (2020). Respons Sepuluh Varietas Cabai Terhadap Penyakit Layu Fusarium. *Agrivet*, 26(2), 34–42.
- Lubis, U. N. Q., Sukma, D., & Sudarsono. (2020). Respon Plantlet In Vitro dan Induksi Ketahanan Bibit *Phalaenopsis amabilis* terhadap *Dickeya dadantii* Menggunakan Asam Salisilat. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 48(3), 331–338.
- Marianah, L. (2020). Serangga Vektor dan Intensitas Penyakit Virus pada Tanaman Cabai Merah. *AgriHumanis: Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*, 1(2), 127–134.
- Mohamed, A., & Haggag, W. M. (2010). New Safe Methods for Controlling Anthracnose Disease of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruits Caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). *Journal of American Science*, 8(8), 1545–1003.
- Mutmainnah. (2013). *Isolasi Actinomycetes Dari Tanah Pembuangan Limbah Pabrik Gula Tebu (Camming) Bone Sebagai Penghasil Antibiotika*. Program Studi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin Makassar.
- Narayanasamy, P. (2021). *Detection and Identification of Fungal Biological Control Agents. in Biological Management of Diseases of Crops*. Dordrecht: Springer Netherlands.

- Nugraheni, E. S. (2010). Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium* sp Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L .) Asal Boyolali. In *Skripsi*.
- Nurjasmu, R., & Suryani. (2020). Uji Antagonis Actinomycetes terhadap Patogen *Colletotrichum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Rawit. *Jurnal Ilmiah Respati*, 11(1), 1–12.
- Okungbowa, F. I., & Shittu, H. O. (2016). *Fusarium* Wilts. *Trends in Environmental Science, February 2016*, 83–104.
- Pramudyani, L., Qomariah, R., & Yassin, M. (2014). Tumpangsari Tanaman Cabai Merah dengan Bawang Daun Menuju Pertanian Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Organik, 2000*, 469–476.
- Prapagdee, B., Kuekulvong, C., & Mongkolsuk, S. (2008). Antifungal Potential of Extracellular Metabolites Produced by *Streptomyces hygroscopicus* against Phytopathogenic Fungi. *International Journal of Biological Sciences*, 4(5), 330–337.
- Prihatiningrum, C., Nafi'udin, A. F., & Habibullah, M. (2021). Identifikasi Teknik Pengendalian Hama Penyakit Tanaman Cabai di Desa Kebonlegi Kecamatan Kaliangkrik Kabupaten Magelang. *Jurnal Pertanian Cemara*, 18(1), 19–24.
- Putra, I. M. T. M., Phabola, T. A., & Suniti, N. W. S. (2019). Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* pada Tanaman Cabai Rawit *Capsicum frutescens* di Rumah Kaca dengan *Trichoderma* sp yang Ditambahkan pada Kompos. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(1), 103–117.
- Putri, O. S. D., Sastrahidayat, I. R., & Djauhari, S. (2014). Pengaruh Metode Inokulasi Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* (Sacc.) Terhadap Kejadian Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal HPT*, 2(3), 74–81.
- Rachmah, M. (2015). *Epidemiologi Beberapa Penyakit Penting pada Tanaman Cabai (Capsicum Annuum L.) di Desa Ciputri Kecamatan Pacet Kabupaten Cianjur*. Institut Pertanian Bogor.
- Rafiq, S., Marwoto, B., & Matsuo, Y. (2010). Isolasi Actinomycetes Laut Penghasil Metabolit Sekunder yang Aktif terhadap Sel Kanker A549. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*.
- Renuka, R., Prabakar, K., Anandham, R., Pugalendhi, L., Rajendran, L., Raguchander, T., & Karthikeyan, G. (2023). Exploring the Potentiality of Native Actinobacteria to Combat the Chilli Fruit Rot Pathogens under Post-Harvest Pathosystem. *Journal MDPI*, 1–19.
- Retnowati, D., Solihin, D. D., Gluhamahdi, M., & Lestari, Y. (2019). Biological Activities of Paddy Rhizosphere Actinobacteria. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2125–2132.

- Retnowati, Meryandini, D., Solihin, A., Duryadi, D., Munif, G., & Yulin, L. (2019). Biological Activities of Paddy Rhizosphere Actinobacteria. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2125–2132.
- Rokhlani, Prihatiningsih, N., & Soesanto, L. (2008). Penekanan Beberapa Antagonis Terhadap Penyakit Layu Fusarium Gladiol. *Prosiding Ilmu Hama Dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal*.
- Roopa, K. P., & Gadag, A. S. (2019). *Management of Soil-Borne Diseases of Plants Through Some Cultural Practices and Actinobacteria*. Plant Health Under Biotic Stress.
- Sa'diyah, N., Fitri, A., Rugayah, R., & Karyanto, A. (2020). Korelasi dan Analisis Lintas Antara Percabangan dengan Produksi Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 169.
- Salvia, E. (2018). *Teknologi Budidaya Tanaman Cabai Loker Tenun Berasap*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.
- Saparso, & Haryanto. (2018). Pertumbuhan dan Hasil Cabai Merah pada Berbagai Metode Irigasi dan Pemberian Pupuk Kandang di Wilayah Pesisir Pantai. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS*, 2(1), 247–257.
- Sathya, A., Vijayabharathi, R., & Gopalakrishnan, S. (2017). Plant Growth-Promoting Actinobacteria: A New Strategy for Enhancing Sustainable Production and Protection of Grain Legumes. *3 Biotech*, 7(2), 1–10.
- Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun, W. (2001). *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. St Paul: The American Phytopathology Society.
- Silva, G. da C., Kitano, I. T., Ribeiro, I. A. de F., & Lacava, P. T. (2022). The Potential Use of Actinomycetes as Microbial Inoculants and Biopesticides in Agriculture. *Frontiers in Soil Science*, 2, 1–20.
- Soelaiman, V., & Ernawati, A. (2013). Pertumbuhan dan Perkembangan Cabai Keriting (*Capsicum annuum* L.) secara In Vitro pada Beberapa Konsentrasi BAP dan IAA. *Buletin Agrohorti*, 1(1), 62.
- Subramaniam, G., Arumugam, S., & Rajendran, V. (2016). *Plant Growth Promoting Actinobacteria*. Springer Nature.
- Sutarini, N. L., Sumiartha, I. K., Suniti, N. W., Sudiarta, I. P., Wirya, G. N. A. S., & Utama, M. S. U. (2015). Pengendalian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.) dengan Kompos dan Pupuk Kandang yang Dikombinasikan dengan *Trichoderma* sp. di Rumah Kaca. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 4(2), 135–144.
- Sutejo, A. M., Priyatmojo, A., & Wibowo, A. (2008). Identifikasi Morfologi Beberapa Spesies Jamur Fusarium. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 7–13.

- Suwastini, M., Efri, Ivayani, & Suharjo, R. (2020). Evaluasi Efektivitas Fraksi Ekstrak Jarak Tintir Dan Tembelean untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa Pada Cabai Merah. *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 19.
- Swastika, S., Pratama, D., Hidayat, T., & Boga, K. (2017). *Teknologi Budidaya Tanaman Cabai Merah*. Badan Penerbit Universitas Riau UR PRESS.
- Taisa, R., Purba, T., Sakiah, Herawati, J., Junaedi, A. S., Hasibuan, H. S., Junairiah, & Firgiyanto, R. (2021). *Ilmu Kesuburan Tanah dan Pemupukan* (Abdul Karim (ed.); 1st ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Tan, H., Zhou, S., Deng, Z., He, M., & Cao, L. (2011). *Ribosomal-Sequence-Directed Selection for Endophytic Streptomyces Strains Antagonistic to Ralstonia solanacearum to Control Tomato Bacterial Wilt*. *Biological Control*.
- Trigiano, R. N., Windham, M. T., & Windham, A. S. (2008). *Plant Pathology. Concepts and Laboratory Exercises*.
- Vilasinee, S., Toanuna, C., McGovern, R. J., & Nalumpang, S. (2019). Expression of Pathogenesis-Related (PR) Genes in Tomato Against Fusarium Wilt by Challenge Inoculation with Streptomyces NSP3. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(1), 157–170.
- Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant Growth Promoting and Biocontrol Activity of *Streptomyces* spp. as Endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4).
- Wiratama, I. D. M. P., Sudiarta, I. P., Sukewijaya, I. M., Sumiartha, K., & Utama, M. S. (2013). Kajian Ketahanan Beberapa Galur dan Varietas Cabai terhadap Serangan Antraknosa di Desa Abang Songan Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 2(2), 71–81.
- Yadav, A. N., Verma, P., Kumar, S., Kumar, V., Kumar, M., Sugitha, T. C. K., Singh, B. P., Saxena, A. K., & Dhaliwal, H. S. (2018). *Actinobacteria from Rhizosphere: Molecular Diversity, Distributions, and Potential Biotechnological Applications*. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*.
- Yanti, Y., Astuti, F. F., Habazar, T., & Nasution, C. R. (2017). Screening of Rhizobacteria from Rhizosphere of Healthy Chili to Control Bacterial Wilt Disease and to Promote Growth and Yield of Chili. *Biodiversitas*, 18(1), 1–9.
- Yanti, Y., Hamid, H., & Reflin. (2018). Indigenous Rhizobacteria Screening from Tomato to Control *Ralstonia Syzigii* subsp. *Indonesiensis* and Promote Plant Growth Rate and Yield. *Journal HPT Tropika*, 18(2), 177–185.
- Yanti, Y., Hamid, H., Reflin, Warnita, & Habazar, T. (2020). The Ability of Indigenous *Bacillus* spp. Consortia to Control the Anthracnose Disease (*Colletotrichum capsici*) and Increase the Growth of Chili Plants. *Biodiversitas*, 21(1), 179–186.

- Yanti, Y., Hamid, H., Reflin, Yaherwandi, Nurbailis, Suriani, N. L., Reddy, M. S., & Syahputri, M. (2023). Screening of Indigenous Actinobacteria as Biological Control Agents of *Colletotrichum capsici* and Increasing Chili Production. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1).
- Yanti, Y., Resti, Z., & Busniah, M. (2011). Aktivitas Enzim Pertahanan Bawang Merah yang diinduksi dengan Bakteri Rhizoplan Indigenous terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv *allii*). *Seminar Nasional MIPA Dan Pendidikan MIPA UNP*, 155–165.
- Yanti, Y., Warnita, Reflin, & Busniah, M. (2018). Indigenous Endophyte Bacteria Ability to Control Ralstonia and Fusarium Wilt Disease on Chili Pepper. *Biodiversitas*, 19(4), 1532–1538.
- Zhang, X., Zhang, Y., Zhao, J., Liu, C., Wang, S., Yang, L., He, H., Xiang, W., & Wang, X. (2014). *Nonomuraea fuscirosea* sp. nov., an Actinomycete Isolated from the Rhizosphere Soil of *Rehmannia* (*Rehmannia glutinosa* Libosch). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(PART 4), 1102–1107.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Pelaksanaan penelitian	Januari				Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan isolat aktinobakteria																				
2	Persiapan inokulum <i>F. oxysporum</i>																				
3	Uji daya hambat aktinobakteria terhadap <i>F. oxysporum</i>																				
4	Persiapan media tanam																				
5	Introduksi aktinobakteri pada benih dan penyemaian																				
6	Introduksi aktinobakteri pada bibit dan penanaman																				
7	Inokulasi <i>F. oxysporum</i>																				
8	Pemeliharaan dan pemupukan																				
9	Pengamatan																				
10	Analisis data																				

Keterangan:

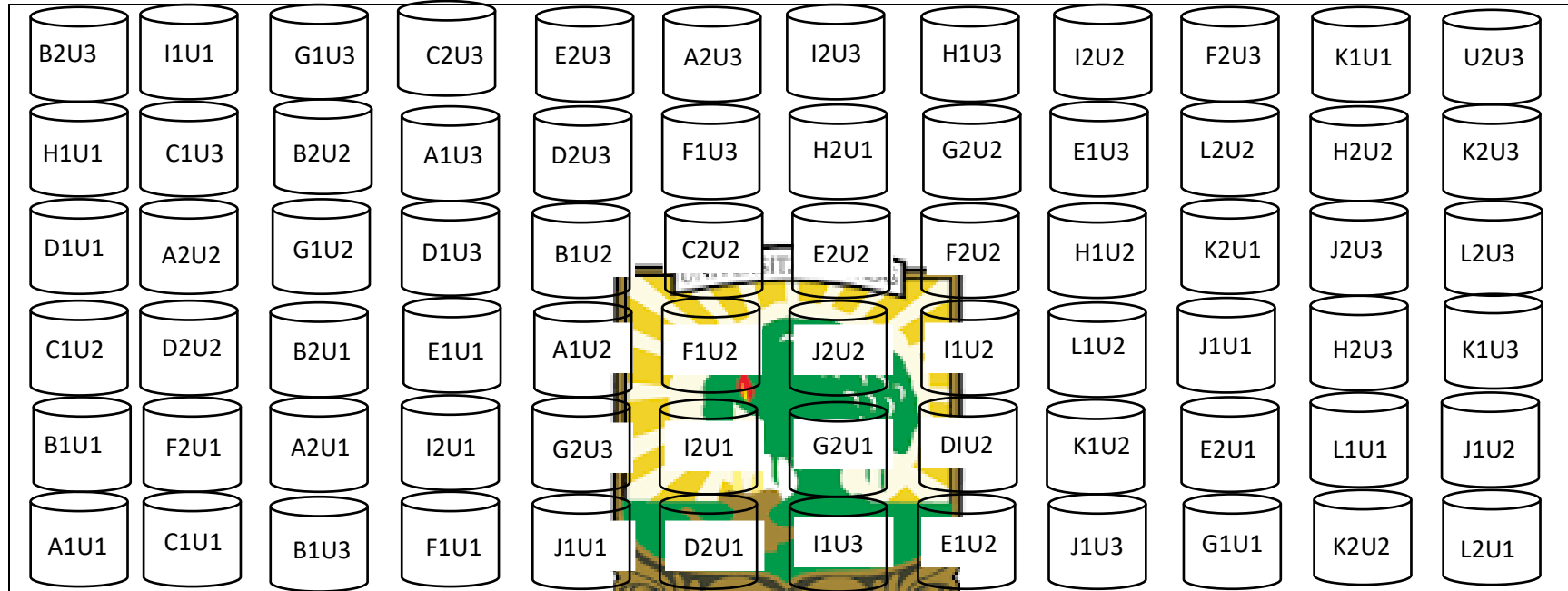
Pelaksanaan Kegiatan :

Lampiran 2. Deskripsi Cabai Varietas TM 999

Golongan	: hibrida
Bentuk tanaman	: tegak
Tinggi tanaman	: 110-140 cm
Umur tanaman	: mulai berbunga 65 HST mulai panen 90 HST
Bentuk kanopi	: bulat
Warna batang	: hijau
Warna kelopak bunga	: hijau
Warna tangkai bunga	: hijau
Warna mahkota bunga	: putih
Warna kotak sari	: ungu
Jumlah kotak sari	: 5-6
Warna kepala putik	: putih
Jumlah helai daun	: 5-6
Bentuk buah	:ramping, ujung buah runding
Kulit buah	: agak mengkilat
Tebal kulit buah	: 1 mm
Warna buah muda	: hijau tua
Warna buah tua	: merah
Ukuran buah	: panjang 12,5 cm, diameter 0,8 cm
Rasa buah	: pedas
Keterangan	: untuk daerah dataran rendah
Pengusul/peneliti	: HUNG NONG, KOREA



Lampiran 3. Penempatan Plot Tanaman



- Keterangan :
- | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|--------------------|---------------|-----------|
| A | : <i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221 | G | : Isolat ARTI 3311 | (1), (2), (3) | : Ulangan |
| B | : <i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211 | H | : Isolat ARAI 3121 | | |
| C | : <i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221 | I | : Isolat ARAI 1211 | | |
| D | : <i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312 | J | : Isolat ARSI 1121 | | |
| E | : <i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112 | K | : KONTROL + | | |
| F | : Isolat ARTI 3121 | L | : KONTROL- | | |

Lampiran 4. Komposisi Media

1. Media Starch Casein Agar (SCA)

Bahan	g / liter
<i>Starch Potato</i>	10
<i>Yeast extract</i>	4
<i>Casein</i>	2
<i>Agar</i>	16

Cara kerja

Campurkan seluruh bahan ke dalam 1000 ml aquades steril. Panaskan hingga mendidih dan dilarutkan media dilarutkan sepenuhnya. Aduk rata dan tuang ke botol *scoute*. Sterilkan dengan *autoclave* pada tekanan 15 lbs (121° C) selama 15 menit. Sumber: Sunaryanto *et al.*, (2010) dimodifikasi

2. Media International Streptomyces Project 2 (ISP2)

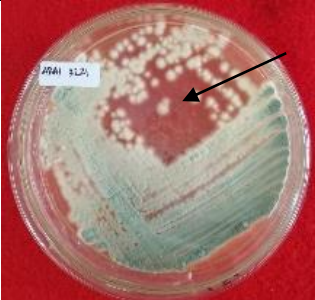
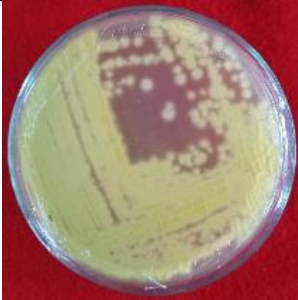
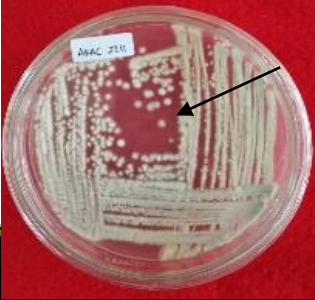
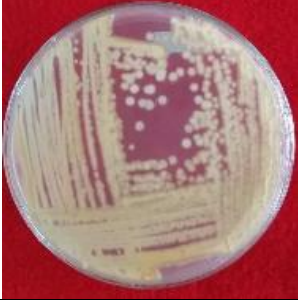

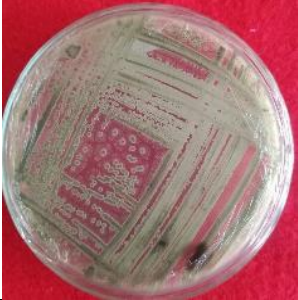
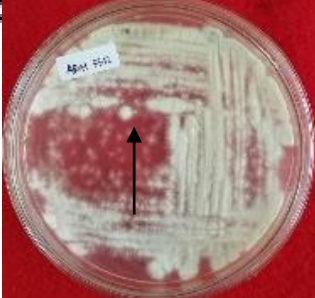
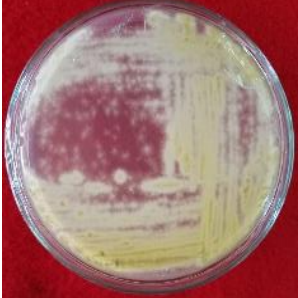
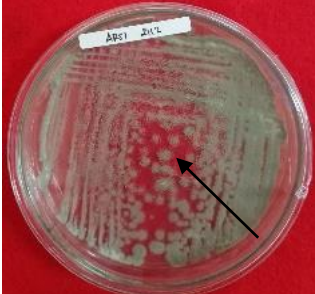

Bahan	g / liter
<i>Yeast extract</i>	4
<i>Malt extract Agar</i>	10
<i>Dextrose</i>	4
<i>Agar</i>	20

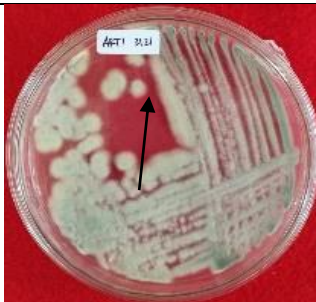
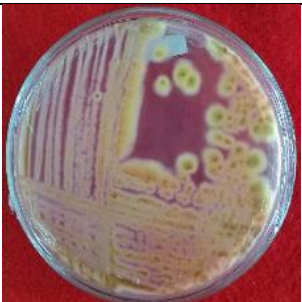
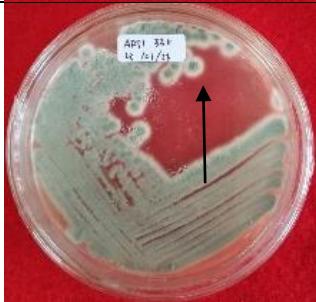
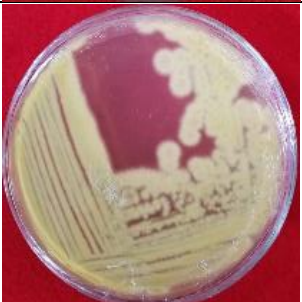

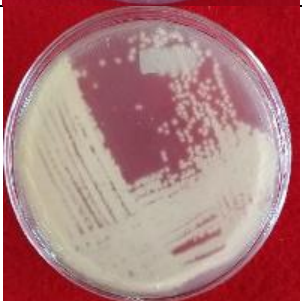

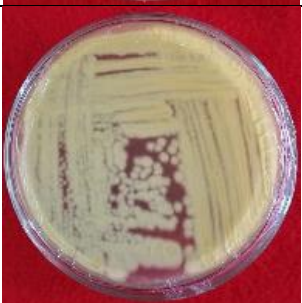
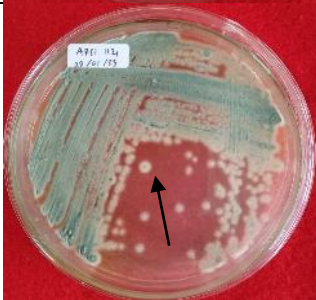
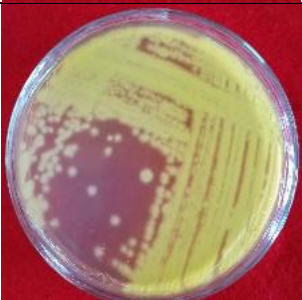
Cara kerja

Campurkan seluruh bahan ke dalam 1000 ml aquades steril. Panaskan hingga mendidih dan dilarutkan media dilarutkan sepenuhnya. Aduk rata dan tuang ke botol *scoute*. Sterilkan dengan *autoclave* pada tekanan 15 lbs (121 ° C) selama 15 menit. Sumber: Aeny *et al.*, (2018).



Lampiran 5. Dokumentasi Isolat Aktinobakteria

No	Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang
1	<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221		
2	<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211		
3	<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221		
4	<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312		
5	<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112		

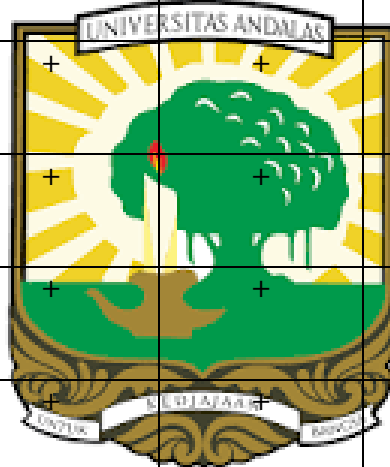
6	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3121		
7	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311		
8	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121		
9	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211		
10	<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121		

Keterangan :

→ = koloni tunggal aktinobakteria

Lampiran 6. Konfirmasi Aktinobakteria

Kode Isolat	Uji Gram		Uji Hipersensitif	
	Penelitian sebelumnya	Konfirmasi	Penelitian sebelumnya	Konfirmasi
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3221	+	+	-	-
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 2211	+	+	-	-
<i>Streptomyces</i> sp. ARAC 3221	+	+	-	-
<i>Streptomyces</i> sp. ARAI 3312	+	+	-	-
<i>Streptomyces</i> sp. ARSI 2112	+	+	-	-
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3121	+	+	-	-
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARTI 3311	+	+	-	-
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 3121	+	+	-	-
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARAI 1211	+	+	-	-
<i>Amiclatopsis</i> sp. ARSI 1121	+	+	-	-



Konfirmasi dari penelitian (Yanti *et al.*, 2023).

Lampiran 7. Sidik ragam

1. Perkembangan Penyakit Layu Fusarium

a. Daya Hambat

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	8528.091	852.809	163.785	2.01	*
Sisa	55	114.551	5.207			
Total	65	8642.642				
KK	4.75					

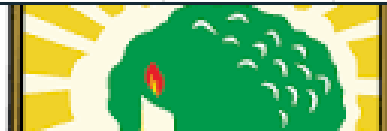
* Berbeda sangat nyata

b. Masa Inkubasi

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	1868.273	186.827	0.53	2.01	tn
Sisa	55	19298.167	350.876			
Total	65	21166.439				
KK	13.41					

tn : berbeda tidak nyata



c. Insidensi

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	17272.727	1727.273	1.34	2.01	tn
Sisa	55	28333.333	1287.879			
9	65	45606.061				

tn : berbeda tidak nyata



d. Severitas

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	27537.879	2753.788	4.276	2.01	*
Sisa	55	14166.667	643.939			
Total	65	41704.545				

* Berbeda nyata

2. Pertumbuhan Bibit Cabai

a. Tinggi bibit

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	18.584	1.855	3.566	2.01	*
Sisa	55	28.603	.520			
Total	65	47.151				

* Berbeda nyata

b. Jumlah daun

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	2.273	.227	1.531	2.01	tn
Sisa	55	8.167	.148			
Total	65	10.439				

tn : berbeda tidak nyata

c. Panjang Akar

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	52.177	5.218	9.076	2.01	*
Sisa	55	31.618	.575			
Total	65	83.795				

* Berbeda nyata

d. Berat Basah



ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	.05160	.00516	0.77	2.01	tn
Sisa	55	.36775	.00669			
Total	65	.41935				

tn : berbeda tidak nyata



e. Berat Kering

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	.36848	.03685	0.76	2.01	tn
Sisa	55	2.67453	.04863			
Total	65	3.04301				

tn : berbeda tidak nyata

3. Pertumbuhan Tanaman Cabai

a. Tinggi Tanaman

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	3644.744	364.474	15.052	2.01	*
Sisa	55	1331.792	24.214			
Total	65	4976.535				

* Berbeda sangat nyata

b. Jumlah Daun Tanaman

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	2949.606	294.961	24.793	2.01	*
Sisa	55	654.333	11.897			
Total	65	3603.939				

* Berbeda sangat nyata

c. Muncul Bunga Pertama

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	536.364	53.636	21.274	2.01	*
Sisa	55	138.667	2.521			
Total	65	675.030				

* Berbeda sangat nyata

d. Jumlah Buah

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	3388.152	338.815	19.048	2.01	*
Sisa	55	978.333	17.788			
Total	65	4366.485				

* Berbeda sangat nyata



e. Bobot Buah

ANOVA

	Db	JK	KT	F.hit	F.Tabel	Ket
Perlakuan	10	28182.146	2818.215	22.878	2.01	*
Sisa	55	6775.044	123.183			
Total	65	34957.191				

* Berbeda sangat nyata