

**POTENSI ANTAGONISME ACTINOMYCETES DARI
RHIZOSFER TANAMAN KUBIS TERHADAP *Fusarium
oxysporum* f. sp. *conglutinans* PENYEBAB LAYU
FUSARIUM PADA TANAMAN KUBIS (*Brassica oleracea*)**

**Oleh:
FIEREZA BAYU PRATAMA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018

**POTENSI ANTAGONISME ACTINOMYCETES DARI
RHIZOSFER TANAMAN KUBIS TERHADAP *Fusarium
oxysporum* f. sp. *conglutinans* PENYEBAB LAYU
FUSARIUM PADA TANAMAN KUBIS (*Brassica oleracea*)**

OLEH

FIEREZA BAYU PRATAMA

145040201111042

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

MALANG

2018



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 26 November 2018

Fiereza Bayu Pratama



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Potensi Antagonisme Actimycetes dari Rhizosfer Tanaman Kubis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* Penyebab Layu Fusarium pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*).

Nama Mahasiswa : Fiereza Bayu Pratama

NIM : 145040201111042

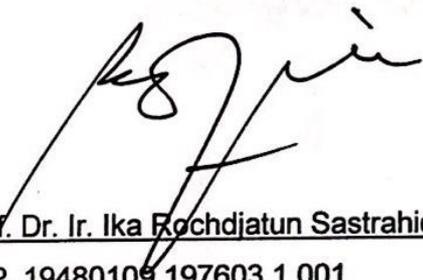
Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001



Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I



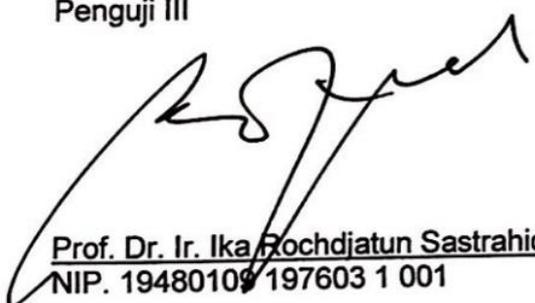
Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Penguji II



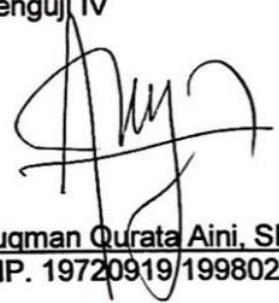
Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Penguji III



Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001

Penguji IV



Lugman Qurata Aini, SP., MP., PhD.
NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal Lulus : 03 JAN 2019





**Skripsi ini kupersembahkan untuk keluarga tercinta serta
teman sekaligus sahabat tersayang yang memberikan doa serta
dukungannya selalu**

RINGKASAN

Fiereza Bayu Pratama. 145040201111042. Potensi Antagonisme Actinomycetes Dari Rhizosfer Tanaman Kubis Terhadap *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Conglutinans* Penyebab Layu Fusarium Pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*). Dibawah Bimbingan Dosen Prof. Dr. ir Ika Rochdjatun Sastrahidayat sebagai pembimbing utama dan Antok Wahyu Sektiono, S.P., MP. sebagai pembimbing Pendamping.

Kubis (*Brassica oleracea* L) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena terdapat beberapa manfaat yang terkandung di dalam kubis. Produktivitas kubis di Indonesia mengalami fluktuasi dari tahun 2010 hingga 2014 hal tersebut berbanding terbalik dengan permintaan terhadap kubis yang terus meningkat dari tahun ke tahun.

Upaya peningkatan produksi dan mutu tanaman kubis mengalami banyak kendala, diantaranya adalah serangan penyakit. Salah satu penyakit pada tanaman kubis yang menyebabkan kerugian adalah penyakit layu fusarium. Penyakit layu fusarium disebabkan oleh patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Gejala penyakit layu fusarium ditandai dengan gejala layu, daun mengering dan akhirnya mati. gejala layu sering disertai dengan gejala klorosis dan nekrosis pada daun. Secara ekonomi *Fusarium* sp adalah patogen penting dalam pertanian hortikultura di dunia. Penyakit layu fusarium menyerang akar dan menimbulkan kerugian yang cukup besar.

Penyakit layu fusarium dapat dikendalikan menggunakan berbagai macam teknik pengendalian. Penggunaan agensia hayati mulai banyak digunakan dan dikembangkan karena dianggap memiliki kelebihan diantaranya tidak meninggalkan residu, ramah lingkungan, tidak menimbulkan resistensi, dan relatif murah. Agensia hayati yang dipilih guna mengendalikan populasi jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* adalah Actinomycetes. Actinomycetes merupakan bakteri gram positif yang mempunyai senyawa antibiotik yang berfungsi sebagai anti jamur sehingga diharapkan bisa mengendalikan populasi *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*.

Pada penelitian ini guna mendapatkan Actinomycetes perlu dilakukan sebuah eksplorasi pada rhizosfer tanaman kubis di UB forest. Hasil yang diperoleh adalah didapatkan 7 Actinomycetes (Ar 1, Ar 2, Ar 3, Ar 4, Ar 5, Ar 6, Ar 7) pada rhizosfer tanaman kubis. 7 isolat Actinomycetes tersebut diidentifikasi dan di golongkan pada genus *Streptomyces* (Ar 2, Ar 4, Ar 5, Ar 7) dan genus *Nocardia* (Ar 1, Ar 3, Ar 6). Isolat Actinomycetes yang didapatkan dari rhizosfer kubis dilakukan uji antagonisme terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* penyebab layu fusarium pada tanaman kubis.

Pada uji antagonisme Actinomycetes terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* diperoleh hasil persentase daya hambat terbesar dimiliki oleh isolat Ar 3 dengan daya hambat sebesar 44,16% dan yang terkecil adalah 32,49% pada isolat Ar 6. Ke tujuh isolat Actinomycetes ini memiliki daya hambat yang berbeda satu sama lain serta berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Hal ini terlihat bahwa pada perlakuan kontrol jamur patogen tumbuh dengan cepat, sedangkan pada perlakuan dengan menggunakan Actinomycetes pertumbuhan jamur jadi terhambat. Diketahui bahwa Actinomycetes merupakan bakteri gram positif yang dapat menghasilkan senyawa anti jamur, *Streptomyces* menghasilkan senyawa berupa bleomisin, eritromisin, josamisin, kanamisin, neomisin, tetrasiklin dan masih banyak lagi dan pada *Nocardia* menghasilkan senyawa rifampisin, mikomisin yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen.



SUMMARY

Potential Antagonism of Actinomycetes From Rhizosphere of Cabbage Plants Against *Fusarium oxysporum* f. Sp. *conglutinans* Causes of Fusarium Wilt in Cabbage Plants (*Brassica oleracea*). Under the Guidance of Lecturers Prof. Dr. ir Ika Rochdjatun Sastrahidayat as the main supervisor and Antok Wahyu Sektiono, S.P., MP. as a companion guide.

Cabbage (*Brassica oleracea* L) is one of the many horticulture plants consumed by the community because there are several benefits contained in cabbage. Cabbage productivity in Indonesia has fluctuated from 2010 to 2014, which is inversely proportional to the demand for cabbage which continues to increase from year to year.

Efforts to increase the production and quality of cabbage plants have many obstacles, including disease attacks. One of the diseases in cabbage plants that caused a loss was fusarium wilt. Fusarium wilt is caused by the pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Symptoms of fusarium wilt are characterized by symptoms of wilting, the leaves dry out and eventually die. symptoms of wilting are often accompanied by symptoms of chlorosis and necrosis in the leaves. Economically *Fusarium* sp is an important pathogen in horticultural agriculture in the world. Fusarium wilt attacks the roots and causes considerable losses

Fusarium wilt can be controlled using a variety of control techniques. The use of biological agents began to be widely used and developed because it is considered to have advantages such as leaving no residue, environmentally friendly, does not cause resistance, and is relatively inexpensive. Biological agents chosen to control *Fusarium oxysporum* fungal population f. sp. *conglutinans* are Actinomycetes. Actinomycetes are gram-positive bacteria that have antibiotic compounds that function as anti-fungal so that they are expected to control the population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*.

In this research to obtain Actinomycetes it is necessary to explore the rhizosphere of cabbage plants in UB's forests. The results obtained were obtained 7 Actinomycetes (Ar 1, Ar 2, Ar 3, Ar 4, Ar 5, Ar 6, Ar 7) in the cabbage plant rhizosphere. The 7 Actinomycetes isolates were identified and classified in the *Streptomyces* genus (Ar 2, Ar 4, Ar 5, Ar 7) and the genus *Nocardia* (Ar 1, Ar 3, Ar 6). Actinomycetes isolates obtained from the cabbage rhizosphere were tested for antagonism against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* cause fusarium wilt in cabbage plants.

In the Actinomycetes antagonism test for *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* obtained the largest percentage of inhibitory power possessed by isolates Ar3 with a inhibitory capacity of 44.16% and the smallest was 32.49% in Ar 6. isolates. The seven Actinomycetes isolates had different inhibitory power and were significantly different from control treatment. It is seen that in the control treatment of pathogenic fungi grow rapidly, whereas in the treatment using Actinomycetes the growth of fungi becomes inhibited. It is known that Actinomycetes is a gram-positive bacterium that can produce antifungal compounds, *Streptomyces* produces compounds such as bleomycin, erythromycin, josamycin, kanamycin, neomycin, tetracycline and many more and in *Nocardia* produces rifampicin compounds, mycycin which can inhibit the growth of pathogenic fungi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **“Potensi Antagonisme *Actinomyces* dari Rhizosfer Tanaman Kubis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* Penyebab Layu *Fusarium* pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*)”**.

Penyusunan skripsi dilaksanakan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Agroekoteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Setiap proses penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada

1. Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat Selaku dosen pembimbing utama dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. Selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dengan penuh kesabaran
2. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. Selaku ketua jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan,
3. Kedua orang tua yang selalu memberi motivasi, do'a, dukungan finansial dan material.
4. Petugas laboratorium dan semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam melakukan penelitian
5. Teman-teman seperjuangan angkatan 2014 Universitas Brawijaya. Khususnya teman dekat yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini

Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun. Penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Malang, 26 November 2018

Fiereza Bayu Pratama

RIWAYAT HIDUP

Penulis adalah putra pertama dari pasangan Bapak Andri Prasetyono dan Ibu Sulastri. Penulis lahir pada tanggal 02 Februari 1996 di Surabaya, Jawa Timur. Riwayat pendidikan penulis menempuh pendidikan dasar di Sekolah SDN Simokerto II 135 Surabaya pada tahun 2002 hingga 2008. Pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 11 Surabaya pada tahun 2008 hingga 2011. Pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 3 Surabaya pada tahun 2011 hingga 2014. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Brawijaya pada tahun 2014, sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Program Studi Agroekoteknologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	ii
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	ii
RIWAYAT HIDUP	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Hipotesis Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Actinomycetes.....	3
2.1.1 Taksonomi Actinomycetes	3
2.1.2 Biologi Actinomycetes	4
2.1.3 Morfologi Actinomycetes	5
2.1.4 Habitat Actinomycetes.....	5
2.1.5 Peran Actinomycetes Sebagai Agen Antagonis.....	6
2.2 Tanaman Kubis	7
2.2.1 Taksonomi Tanaman Kubis	7
2.2.1 Botani Tanaman Kubis	7
2.3 Penyakit Layu Fusarium Kubis	8
3. METODE PENELITIAN	11
3.1 Pelaksanaan Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian	11
3.4 Analisis Data.....	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Eksplorasi Actinomycetes Rhizosfer Kubis	16
4.2 Identifikasi Actinomycetes Rhizosfer Kubis	18

4.2.1 Karakterisasi Morfologi Actinomycetes Rhizosfer Kubis 18

4.2.2 Karakterisasi Actinomycetes secara Fisiologi dan Biokimia..... 22

4.3 Isolasi Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*..... 26

4.4 Daya Hambat Actinomycetes Terhadap *Fusarium oxysporum*..... 28

5. KESIMPULAN DAN SARAN..... 33

5.1 Kesimpulan..... 33

5.2 Saran 33

DAFTAR PUSTAKA..... 34

LAMPIRAN..... 39



DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Karakter Morfologi, Biokimia, dan Identifikasi Actinomyces Rhizosfer Kubis	28
2.	Daya hambat Actinomyces terhadap Fusarium oxysporum.....	30

LAMPIRAN

1.	Tabel Identifikasi Actinomyces	43
2.	Anova daya hambat Actinomyces	44



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Koloni Actinomycetes (Kekuda <i>et al.</i> , 2015).....	3
2.	Tanaman Kubis (Hendro Sunarjono, 2015).....	8
3.	Tanaman Kubis yang Terserang Penyakit Layu Fusarium (Bartolo, 2018).	11
4.	Lahan tanaman kubis di UB Forest, A. Pengambilan sampel tanah di lahan tanaman kubis di UB Forest, B.	16
5.	Isolasi Actinomycetes dari tanah rhizosfer tanaman kubis menggunakan teknik pengenceran bertingkat pada Tabung reaksi, A. Hasil isolasi Actinomycetes pada media SCA, B	17
6.	Salah satu hasil eksplorasi Actinomycetes rhizosfer kubis di UB Forest	19
7.	Kenampakan Makroskopis Ar 1, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 1, B.....	20
8.	Kenampakan Makroskopis Ar 2, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 2, B.....	21
9.	Kenampakan Makroskopis Ar 3, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 3, B.....	21
10.	Kenampakan Makroskopis Ar 4, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 4, B.....	21
11.	Kenampakan Makroskopis Ar 5, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 5, B.....	22
12.	Kenampakan Makroskopis Ar 6, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 6, B.....	23
13.	Kenampakan Makroskopis Ar 7, A. Kenampakan koloni tunggal Ar 7, B.....	23
14.	Uji KOH pada isolat Actinomycetes di lab, A. Uji KOH pada bakteri gram negatif , B (Badan Karantina Tumbuhan, 2008)	23
15.	<i>Uji pewarnaan gram pada isolat Actinomycetes di lab, A. Uji pewarnaan bakteri gram positif , B (Badan Karantina Tumbuhan, 2008)</i>	<i>24</i>
16.	<i>Daun tanaman kubis terserang penyakit layu fusarium (Bartolo. 2018).</i>	<i>27</i>
17.	<i>Purifikasi F. oxysporum pada media PDA di laboratorium, A. Koloni Fusarium oxysporum 9 HSI, B (Juniawan, 2015).</i>	<i>27</i>
18.	Kenampakan mikroskopis Fusarium oxysporum pada mikroskop laboratorium, A. Kenampakan mikroskopis Fusarium oxysporum, B. (Semangun, 2004)	28
19.	Grafik persentase daya hambat Actinomycetes	30
20.	Uji Antagonisme Actinomycetes terhadap jamur Fusarium oxysporum Perlakuan kontrol, A. Uji antagonis dengan Actinomycetes, B.	31

Lampiran

1.	Mikroskopis Actinomycetes.....	41
2.	Hasil Temuan Isolat Actinomycetes.....	43
3.	Antagonisme Actinomycetes Terhadap Fusarium oxysporum.....	43

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I



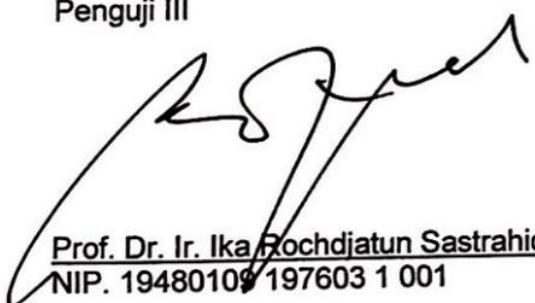
Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Penguji II



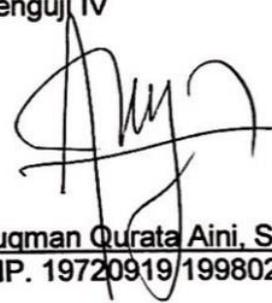
Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Penguji III



Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001

Penguji IV



Lugman Qurata Aini, SP., MP., PhD.
NIP. 19720919/199802 1 001

Tanggal Lulus : 03 JAN 2019



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Potensi Antagonisme Actimycetes dari Rhizosfer Tanaman Kubis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* Penyebab Layu Fusarium pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*).

Nama Mahasiswa : Fiereza Bayu Pratama

NIM : 145040201111042

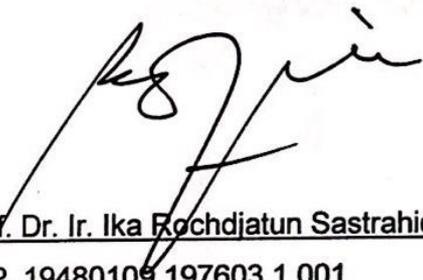
Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001



Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Actinomycetes merupakan salah satu bakteri yang mirip jamur dan tergolong dalam bakteri gram positif. Actinomycetes adalah bakteri gram positif aerob, tumbuh lambat dan membutuhkan temperatur sekitar 25^o -37^oC (Spicer, 2000), berukuran besar dengan kecenderungan untuk membentuk rantai atau filament umumnya Actinomycetes memiliki kisaran habitat yang cukup luas antara lain ditemukan pada tanah, kompos, padang rumput, tanah hutan, lumpur (Badji *et al.*, 2006). Actinomycetes juga terdapat di daerah perakaran tanaman (Nishimura *et al.*, 2002).

Actinomycetes memiliki manfaat yang melimpah seperti Actinomycetes berfungsi sebagai dekomposer yaitu untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan cara mendekomposisi bahan organik. Bahan organik akan meningkat dengan adanya Actinomycetes, selain itu Actinomycetes juga dapat digunakan sebagai agens hayati guna melindungi tanaman dari serangan patogen (Umo *et al.*, 2012).

Actinomycetes merupakan bakteri gram positif yang mempunyai senyawa antibiotik yang berfungsi sebagai anti jamur. Actinomycetes merupakan salah satu organisme yang banyak dimanfaatkan sebagai agens hayati karena memiliki mekanisme kerja sebagai kompetitor, antibiosis, parasit dan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Mekanisme antibiosis yang dimiliki Actinomycetes karena Actinomycetes memiliki antibiotik yang dapat melindungi tanaman dari serangan patogen dan dapat melindungi akar (Cao *et al.*, 2003). Terdapat lima kelompok antibiotik yang dihasilkan oleh aktinomisetes yaitu tetrasiklin, kloramfenikol, makrolida, linkomisin, dan aminoglikosida (Ambarwati dan Gama, 2009). Mengingat banyaknya antibiotik yang dihasilkan oleh Actinomycetes bersifat sebagai anti jamur perlu dilakukan pengujian terhadap salah satu patogen guna menjadikan Actinomycetes sebagai opsi untuk pengendalian menggunakan agens hayati. Salah satu patogen yang dapat dilakukan pengujian terhadap daya hambat yang dihasilkan oleh Actinomycetes adalah *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*.

Fusarium oxysporum f. sp. *conglutinans* merupakan patogen yang menyebabkan penyakit layu fusarium pada tanaman kubis. Gejala penyakit layu fusarium ditandai dengan gejala layu, gejala yang paling khas terdapat pada bagian dalam batang tanaman terdapat garis-garis coklat kehitaman. pada

tanaman yang masih muda penyakit ini dapat menyebabkan mati mendadak karena pada pangkal terjadi kerusakan (Semangun, 2001). Secara ekonomi *Fusarium* sp adalah patogen penting dalam pertanian hortikultura di dunia (Singleton *et al.*, 1993). Penyakit layu fusarium menimbulkan kerugian yang cukup besar serta dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 100% (Semangun, 2000).

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian daya hambat Actinomycetes yang berasal dari rhizosfer tanaman kubis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* guna mengetahui seberapa besar daya hambat Actinomycetes terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Pengambilan Actinomycetes akan dilakukan di rhizosfer tanaman kubis di UB forest. Pemilihan tempat guna dilakukan eksplorasi Actinomycetes didasarkan pada habitat Actinomycetes yang lebih banyak ditemui di tanah hutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja jenis Actinomycetes yang ditemukan di rhizosfer tanaman kubis?
2. Bagaimana proses antagonisme Actinomycetes terhadap patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis Actinomycetes yang terdapat pada rhizosfer tanaman kubis.
2. Mengetahui kemampuan antagonisme Actinomycetes dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* secara in vitro.

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah Hasil isolat Actinomycetes rhizosfer tanaman kubis mampu menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada akademisi, masyarakat, maupun petani dalam upaya pengendalian jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* penyebab layu fusarium pada kubis menggunakan agens hayati yang ramah lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Actinomycetes

Actinomycetes merupakan mikroorganisme tanah yang umum dijumpai pada berbagai jenis tanah. Populasinya berada pada urutan kedua setelah bakteri (Elberson *et al.*, 2000). Actinomycetes hidup sebagai safrofit dan aktif mendekomposisi bahan organik, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah (Nonomura dan Ohara, 1969). Actinomycetes merupakan salah satu mikroorganisme yang mampu mendegradasi selulosa di samping bakteri, kapang, dan khamir (Abe *et al.*, 1979).

Jenis Actinomycetes tergantung pada tipe tanah (Davies dan Williams, 1970). Jumlah Actinomycetes meningkat dengan adanya bahan organik yang terdekomposisi (Nonomura dan Ohara, 1971). Pada umumnya Actinomycetes tidak toleran terhadap asam dan jumlahnya menurun pada keadaan lingkungan dengan pH di bawah 5,0 (Jiang *et al.*, 1988). Rentang pH yang paling cocok untuk perkembangbiakan Actinomycetes adalah antara 6,5-8,0. Tanah yang tergenang air tidak cocok untuk pertumbuhan Actinomycetes, sedangkan tanah gurun yang kering atau setengah kering dapat mempertahankan populasi dalam jumlah cukup besar, karena adanya spora (Alexander, 1961).



Gambar 2.1. Koloni Actinomycetes (Kekuda *et al.*, 2015)

2.1.1 Taksonomi Actinomycetes

Klasifikasi dari Actinomycetes menurut Zhi (2009) adalah Kingdom: *Prokariot*, Divisi: *Bacteria*, Filum: *Firmicutes*, Kelas: *Actinobacteria*, Subkelas: *Actinobacteriae*, Ordo: *Rubiaceae*, Famili: *Actinomycetaceae*, Genus: *Actinomyces*, Spesies: *Actinomyces* sp.

2.1.2 Biologi Actinomycetes

Actinomycetes merupakan kelompok bakteri Gram positif yang banyak ditemukan hidup dalam tanah dan sering dinyatakan sebagai kelompok mikroorganisme peralihan antara bakteri dan jamur (Rao, 1994). Actinomycetes dikatakan menyerupai fungi karena mempunyai hifa bercabang dengan membentuk miselium. Miselium tumbuh menjulang ke udara, dan memisah dalam fragmen-fragmen yang pendek sehingga terlihat cabang (Sutedjo dan Kartasapoetra, 1991). Actinomycetes adalah bakteri gram positif aerob, tumbuh lambat dan membutuhkan temperatur sekitar 25°-37°C (Spicer, 2000). Actinomycetes mempunyai ciri-ciri seperti semua kriteria untuk sel prokariotik, yaitu dinding selnya mengandung asam muramat, tidak mempunyai mitokondria, tidak mempunyai pembungkus nukleus, (Rao, 1994). Actinomycetes juga berukuran besar dengan kecenderungan untuk membentuk rantai atau filament (Brooks, 2005). Actinomycetes mengalami pembelahan morfologis kompleks dan mampu mensintesis metabolit sekunder. Pada pembelahan morfologis, spora actinomycetes mengalami germinasi yang memanjang membentuk miselium vegetatif. Miselium akan membelah membentuk hifa yang dilanjutkan dengan membentuk dinding sel miselium dan spora matang (Miyadoh, 2003).

Actinomycetes dapat membentuk dua tipe miselium, yaitu:

1. Miselium vegetatif

Miselium vegetatif merupakan miselium yang tumbuh di atas medium. Beberapa spesies miselium vegetatif berbentuk lurus, panjang, dan ada yang berbentuk pendek, bercabang, atau bengkok. Miselium vegetatif berdiameter antara 0,2-0,8 μ . Terdapat miselium vegetatif yang dapat membentuk pigmen (Sutedjo dan Kartasapoetra, 1991).

2. Miselium udara (aerial)

Miselium udara (aerial) merupakan miselium yang tumbuh pada permukaan medium dan membentuk konidia. Miselium udara berbentuk pendek dan lurus, atau berulir-ulir (spiral) dan bercabang, dapat membentuk sporofora yang lurus, serta beberapa hifa udara bersifat steril. Miselium udara memiliki pigmen putih, kelabu, lembayung, merah, kuning, hijau, dan warna lainnya. Koloni actinomycetes biasanya keras, kasar, dan tumbuh cembung di atas permukaan medium (Rao, 1994). Terdapat koloni yang dapat mengubah warna medium serta menghasilkan bau menyerupai tanah yang disebut geomisin

(Indriasari, 1998 dalam Wahyuni, 2014). Koloni actinomycetes mempunyai pertumbuhan yang lambat dan melekat erat pada permukaan agar (Rao, 1994).

2.1.3 Morfologi Actinomycetes

Actinomycetes merupakan mikroorganisme tanah yang umum dijumpai pada berbagai jenis tanah. Populasinya berada pada urutan kedua setelah bakteri (Elberson *et al.*, 2000). Actinomycetes merupakan bakteri gram positif yang merupakan perahilan antara jamur dan bakteri. Actinomycetes memiliki kemampuan berupa dapat membentuk miselium dan menghasilkan spora hal tersebut yang membedakan actinomycetes dengan bakteri, kemiripannya dengan bakteri adalah Actinomycetes memiliki peptidoglikan dalam dinding sel dan mempunyai flagella (Sastrahidayat, 2007). Actinomycetes memiliki miselia mirip jamur tetapi hifa pada Actinomycetes lebih kecil dibandingkan jamur (Handayanto dan Hairiah, 2007). Actinomycetes membentuk koloni seperti bakteri namun umumnya permukaannya seperti tepung. Keberadaan Actinomycetes ditandai dengan bau seperti tanah lembab, bau tersebut merupakan hasil metabolisme dari Actinomycetes (Alexander, 1997).

2.1.4 Habitat Actinomycetes

Actinomycetes umumnya hidup di dalam tanah (Waluyo, 2009), banyak ditemukan di tanah berumput (rizosfer), juga di tempat-tempat ekstrim seperti daerah bekas letusan gunung berapi (Rahayu, 2010). Actinomycetes memiliki kisaran habitat yang cukup luas antara lain ditemukan pada tanah, kompos, padang rumput, tanah hutan, lumpur (Badji *et al.*, 2006). Actinomycetes juga terdapat di daerah perakaran tanaman (Nishimura *et al.*, 2002).

Pada ekosistem hutan sangat dimungkinkan ditemukan keragaman dan populasi actinomycetes yang tinggi. Jenis Actinomycetes tergantung pada tipe tanah (Davies dan Williams, 1970), karakteristik fisik, kadar bahan organik, dan pH lingkungan (Xu *et al.*, 1996). Jumlah Actinomycetes meningkat dengan adanya bahan organik yang mengalami dekomposisi (Nonomura dan Ohara, 1971). Pada umumnya Actinomycetes tidak toleran terhadap asam dan jumlahnya menurun pada keadaan lingkungan dengan pH di bawah 5,0 (Jiang dan Xu, 1985). *Streptomyces*, *Nocardia*, dan *Micronospora* merupakan genus Actinomycetes yang di temukan tanah hutan (Jiang *et al.*, 1988). *Streptomyces* merupakan genus dominan yang ditemukan di tanah hutan. *Streptomyces* dapat ditemui pada tutupan lahan berupa tanaman jadi hingga di rumput belulang

(Ambarwati *et al.*, 2014). Pada lahan hortikultura Actinomycetes dijadikan sebagai pupuk hayati. Actinomycetes sering dijadikan pupuk hayati sebagai pengendali penyakit tanaman bersama dengan *Trichoderma reesei*, *Trichoderma harzianum*.

Actinomycetes tidak toleran terhadap asam dan jumlahnya menurun pada pH 5,0. Rentang pH dan temperatur yang cocok untuk pertumbuhan aktinomisetes antara 6,5-8,0 dan pada temperatur 25-30°C. Namun, terdapat beberapa actinomycetes termofilik yang dapat tumbuh pada temperatur 55 - 65°C seperti Thermoactinomycetes dan Streptomyces (Rao, 1994). Jenis Actinomycetes tergantung pada tipe tanah, karakteristik fisik, kadar bahan organik dan pH lingkungan (Kanti, 2005). Mikroorganisme ini tidak toleran terhadap pH rendah. Actinomycetes juga terdapat pada tanah yang memiliki bahan organik tinggi, selain itu Actinomycetes juga dapat ditemukan pada rhizosfer tanaman (Zhang *et al.*, 2014). Labeda (1990), menerangkan bahwa Actinomycetes merupakan mikroorganisme yang jumlah dan jenisnya sangat dipengaruhi oleh suhu, jenis, pH, kandungan organik, aerasi, serta kadar air dalam tanah.

2.1.5 Peran Actinomycetes Sebagai Agen Antagonis

Pengendalian hayati merupakan suatu kegiatan yang ditujukan untuk menurunkan aktivitas patogen tanaman melalui interaksi dengan organisme hidup yang menghasilkan penurunan keberadaan penyakit yang disebabkan oleh patogen (Cook, 1985). Actinomycetes merupakan salah satu organisme yang banyak dimanfaatkan sebagai agens hayati karena memiliki mekanisme kerja sebagai kompetitor, antibiosis, parasit dan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Mekanisme antibiosis yang dimiliki Actinomycetes karena Actinomycetes memiliki antibiotik yang dapat melindungi tanaman dari serangan patogen dan dapat melindungi akar (Cao *et al.*, 2004). Terdapat lima kelompok antibiotik yang dihasilkan oleh aktinomisetes yaitu tetrasiklin, kloramfenikol, makrolida, linkomisin, dan aminoglikosida (Ambarwati dan Gama, 2009). Sebagai penghasil senyawa antibiotik, Actinomycetes banyak digunakan dalam industri obat, pengawetan makanan, pertanian, dan perikanan (Ryandini, 20011).

Actinomycetes telah dilaporkan sebagai salah satu kelompok mikroba tanah yang menjadi sumber yang kaya produk alami. Hampir tiga perempat dari antibiotik yang ada sekarang ini merupakan produksi dari Actinomycetes (Sateesh and Rathod, 2011). Manfaat lain dari Actinomycetes yaitu untuk

meningkatkan kesuburan tanah dengan cara mendekomposisi bahan organik. Bahan organik akan meningkat dengan adanya Actinomycetes (Umo *et al.*, 2012).

Mekanisme lain yang dimiliki Actinomycetes dalam mengendalikan patogen tanaman adalah parasitisme, Actinomycetes dapat mengeluarkan enzim kitinase yang dapat mendegradasi dinding sel patogen (Yurnaliza, 2008). Actinomycetes juga memiliki peran penting pada tanaman yaitu sebagai sumber nutrisi tanaman hal ini dikarenakan Actinomycetes berperan sebagai dekomposer yang mampu menghasilkan enzim-enzim untuk mendekomposisi bahan organik sehingga bisa menyediakan unsur hara bagi tanaman (Umo *et al.*, 2012).

2.2 Tanaman Kubis

2.2.1 Taksonomi Tanaman Kubis

Kedudukan Kubis dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan sebagai berikut: Kingdom: *Plantae*, Divisi: *Spermatophyta*, Subdivisi: *Angiospermae*, Kelas: *Di-cotyledonae*, Ordo: *Papavorales*, Famili: *cruciferae*, Genus: *Brassica*, Spesies: *Brassica oleraceae* L. (Rukmana, 1994).

2.2.1 Botani Tanaman Kubis

Kubis adalah salah satu sayuran dari keluarga *cruciferae* (*brassicaceae*). Sistem perakaran kubis adalah akar tunggang (*Radix Primaria*) dan akar serabut. Akar tunggang tumbuh ke pusat bumi (kearah dalam), sedangkan akar serabut tumbuh ke arah samping (horizontal), menyebar, dan dangkal (20 cm – 30 cm). Batang tanaman kubis bunga tumbuh tegak dan pendek (sekitar 30 cm). Batang tersebut berwarna hijau, tebal, dan lunak namun cukup kuat dan batang tanaman ini tidak bercabang (Cahyono, 2001). Batang tanaman kubis umumnya pendek dan banyak mengandung air. Di sekeliling batang hingga titik tumbuh terdapat helai daun yang bertangkai pendek (Pracaya, 2000).

Daun kubis berbentuk oval dengan bagian tepi daun bergerigi, agak panjang seperti daun tembakau dan membentuk celah - celah yang menyirip agak melengkung kedalam (Cahyono, 2003). Daun tanaman kubis berwarna hijau dan tumbuh berselang - seling pada batang tanaman. Daun memiliki tangkai yang agak panjang dengan pangkal daun yang menebal dan lunak. Daun-daun yang tumbuh pada pucuk batang sebelum massa bunga tersebut berukuran kecil dan melengkung ke dalam melindungi bunga yang sedang atau mulai tumbuh (Sugeng, 1981).

Bunga kubis merupakan bunga sempurna (hermaprodit) tiap bunga memiliki putik (pistilus) dan benangsari (stamen). Benang sarinya tersusun dari kepala sari (anthera) dan tangkai sari (Filamen), jumlahnya 6 buah dan terletak pada dua lingkaran pertama dan dua yang lebih pendek pada lingkaran kedua. Daun mahkota bunga berjumlah empat helai berwarna kuning terang. Proses mekarnya bunga dimulai menjelang sore hari dan bunga mekar pagi hari berikutnya (Pracaya, 2000).



Gambar 2.2. Tanaman Kubis (Hendro Sunarjono, 2015)

2.3 Penyakit Layu *Fusarium* Kubis

Fusarium sp adalah jamur patogen yang dapat menginfeksi tanaman dengan kisaran inang sangat luas seperti tomat, cabai, kacang panjang dan kubis (Direktorat Perlindungan Hortikultura, 2018). Jamur ini menyerang jaringan bagian vaskuler dan mengakibatkan kelayuan pada tanaman inangnya dengan cara menghambat aliran air pada jaringan xylem (De Cal *et al.*, 2000). Salah satu tanaman hortikultura yang diserang oleh *Fusarium* sp adalah tanaman kubis (*Brassica oleracea*).

Fusarium sp menyerang pertanaman dan penyebarannya sangat luas hampir di seluruh dunia. Cendawan ini menyerang pembuluh xylem tanaman inang sehingga mengakibatkan tanaman yang terinfeksi lebih cepat kehilangan air daripada tanaman yang sehat. Beberapa forma spesialis, asosiasi paling utama yaitu dengan penyakit akar atau umbi dari pada penyakit layu pembuluh. *Fusarium* sp termasuk ke dalam patogen tanaman yang dapat menular melalui tanah (soil borne). *Fusarium* sp yang menyebabkan penyakit pembuluh dikelompokkan ke dalam spesies *F. oxysporum*. Jenis ini dibagi lagi menjadi forma-forma spesialis (f.s.p) yang menyesuaikan diri pada tumbuhan inang tertentu yang diinfeksi sehingga jamur *F. oxysporum* yang menyerang tanaman kubis disebut *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* (Ramirez *et al.*, 1985).

Secara ekonomi *Fusarium* sp adalah patogen penting dalam pertanian hortikultura di dunia (Singleton *et al.*, 1992). Penyakit layu fusarium menyerang akar dan menimbulkan kerugian yang cukup besar (Semangun, 2000). Jamur *Fusarium* sp bersifat soil inhabitant sehingga dapat bertahan sangat lama sampai beberapa tahun di dalam tanah tanpa adanya inang dari jamur pathogen *Fusarium* sp tersebut (Semangun, 2001).

Gejala tanaman yang terserang penyakit ini adalah tanaman biasanya layu mulai dari daun bagian bawah dan anak tulang daun menguning. Bila infeksi berkembang, tanaman menjadi layu dalam 2 – 3 hari setelah infeksi. Jika tanaman sakit dipotong dekat pangkal batang akan terlihat gejala cincin coklat dari berkas pembuluh. Warna jaringan akar dan batang menjadi coklat. Tempat luka infeksi tertutup hifa yang berwarna putih seperti kapas. Pada tanaman muda, penyakit dapat menyebabkan tanaman mati secara mendadak, karena kanker yang melingkar pada pangkal batang. Bila serangan terjadi pada saat pertumbuhan tanaman sudah maksimum, maka tanaman masih dapat menghasilkan buah. Namun bila serangan sudah sampai pada batang, maka buah kecil akan gugur (Direktorat Perlindungan Hortikultura, 2018).

Infeksi jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* terjadi pada bagian jaringan pembuluh xylem. akibat gangguan pada jaringan xylem tanaman menunjukkan gejala layu, daun mengering dan akhirnya mati. gejala layu sering disertai dengan gejala klorosis dan nekrosis pada daun. gejala lain pada daun yaitu terjadi perubahan bentuk dan ukuran ruas daun yang baru muncul lebih pendek. gejala yang paling khas terdapat pada bagian dalam batang tanaman terdapat garis-garis coklat kehitaman. pada tanaman yang masih muda penyakit ini dapat menyebabkan mati mendadak karena pada pangkal terjadi kerusakan (Semangun, 2001).

Infeksi patogen menyebabkan gejala busuk akar yang berwarna coklat kemerah-merahan yang seringkali diselimuti misellium berwarna putih. Tanaman yang terinfeksi *Fusarium* sp mudah dicabut karena sebagian akarnya membusuk (nugraheni, 2010).

Cendawan ini dapat bertahan dalam tanah sebagai miselium atau spora tanpa adanya inang. Jika terdapat inang maka akan menginfeksi akar, masuk ke jaringan vaskular (xylem) menyebar dan memperbanyak diri, dan menyebabkan inang mengalami kelayuan karena sistem pembuluh pada tanaman inang tersebut tersumbat (Huda, 2010) Penyebaran jamur *Fusarium* sp juga

dipengaruhi oleh keadaan pH yaitu dari kisaran keasaman tanah yang memungkinkan jamur *Fusarium* sp tumbuh dan melakukan kegiatannya. Sementara itu, suhu didalam tanah erat kaitannya dengan suhu udara di atas permukaan tanah. Suhu udara yang rendah akan menyebabkan suhu tanah yang rendah, begitu juga sebaliknya. Suhu selain berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, juga terhadap perkembangan penyakitnya. Jamur *Fusarium* sp mampu hidup pada suhu tanah antara 10-24°C, meskipun hal ini tergantung pula pada isolat jamurnya (Soesanto, 2002). Patogen penyebab layu fusarium ini cepat berkembang pada tanah yang terlalu basah atau becek, kelembaban udara yang tinggi, dan pH tanah yang rendah (Tjahjadi, 1989). Cendawan ini sangat cocok pada tanahtanah asam yang mempunyai kisaran pH 4,5-6,0 (Sastrahidayat, 1989).

Populasi patogen dapat bertahan secara alami di dalam tanah dan pada akar-akar tanaman sakit. Apabila terdapat tanaman peka, melalui akar yang luka dapat segera menimbulkan infeksi. Sehingga perkembangan klamidospora dirangsang oleh keadaan akar tanaman yang lemah, pelukaan pada akar akan memproduksi zat-zat (seperti asam amino, gulamin) yang dapat mendorong pertumbuhan spora. Selain itu penyebaran cendawan yang luas secara alami dapat disebabkan oleh adanya curah hujan dan angin, selain oleh bantuan bibit atau partikel tanah. Adanya curah hujan yang tinggi akan membantu sebaran cendawan patogen tular tanah ke daerah lain yang lebih jauh, baik karena percikan maupun ikut aliran air. Jamur *Fusarium* sp membentuk sporangium yang berperan di dalam sebaran patogen karena hujan, selain karena angin.



Gambar 2.3. Tanaman Kubis yang Terserang Penyakit Layu Fusarium (Bartolo, 2018).

3. METODOLOGI

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Agustus 2018 di Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Secara geografis Desa Tawangargo terletak pada posisi 7°53'35" Lintang Selatan dan 112°53'41" Bujur Timur. Secara administratif, Desa Tawangargo terletak di Karangploso, Kabupaten Malang dengan posisi dibatasi oleh wilayah desa dan hutan. Di sebelah Utara berbatasan dengan lahan Perhutani, Gunung Arjuna. Di sebelah barat berbatasan dengan Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu . Di sisi selatan berbatasan dengan Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu , sedangkan di sisi timur berbatasan dengan Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu cetok, penggaris, gunting, pinset, cawan petri, autoklaf, gelas ukur (100 ml), erlenmeyer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, jarum ose, spatula, bunsen, pematik api, plastik wrap, plastik, alumunium foil, timbangan analitik, kompor listrik, laminar air flow cabinet (L AFC), tissue, botol sprayer, kaca preparat, object glass, jarum suntik, mikroskop dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* yang dieksplorasi dari tanaman kubis bergejala diambil dari Desa Tawangargo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang, isolat Actinomycetes hasil eksplorasi dari rizosfer tanaman kubis di Desa Tawangargo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang, Natrium hipoklorit (NaOCL) 2%, alcohol 70%, aquades, media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan media *Starch Casein Agar* (SCA).

3.3 Pelaksanaan Penelitian

A. Pembuatan Medium Pertumbuhan

1. Media SCA (*Starch Casein Agar*)

Pada penelitian ini media SCA berfungsi sebagai media selektif dan digunakan sebagai sumber nutrisi dan media tumbuh Actinomycetes.

2. Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Pada penelitian ini media PDA digunakan sebagai sumber nutrisi dan media tumbuh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* serta

digunakan sebagai media uji antagonisme Actinomycetes terhadap patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Komposisi PDA terdiri dari aquades, destrose dan kentang.

B. Eksplorasi Actinomycetes Rhizosfer Tanaman Kubis

Pengambilan sampel Actinomycetes pada rhizosfer tanaman kubis diambil di Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur dengan menggunakan metode sampling terpilih (purposive) yaitu menggunakan petak terpilih atau titik sampel yang dapat mewakili keadaan umum. Pengambilan titik sampel dilakukan secara sistematis diagonal. Pengambilan sampel Actinomycetes diambil dari tanah sekitar perakaran kubis dengan kedalaman 15 – 25 cm sebanyak 50 gram.

Isolasi Actinomycetes dilakukan dengan teknik pengenceran bertingkat yaitu 1 gram sampel tanah dimasukkan kedalam tabung reaksi dan diencerkan dengan aquades steril 9 ml kemudian kocok hingga larutan homogen dan diamkan selama 1 menit. Setelah itu larutan diambil 1 ml dan dilakukan pengenceran sampai pada tingkat pengenceran 10^{-4} dan 10^{-5} Pada tahap pengenceran terakhir diambil sebanyak 1 ml larutan untuk diisolasi pada media SCA dalam cawan petri.

C. Purifikasi Actinomycetes Rhizosfer Tanaman Kubis

Purifikasi dilakukan terhadap koloni yang menunjukkan ciri makroskopis kelompok Actinomycetes, yaitu bentuk koloni kasar, keras, seringkali dapat menghasilkan pigmen warna dan tumbuh menyebar, dan seringkali koloni tumbuh lambat dalam media buatan.

Sebagian besar dari Actinomycetes dapat membentuk filamen dan beberapa menghasilkan areal pertumbuhan yang luas dengan spora berantai yang panjang pada famili Streptomyces, Streptovercillium. Sedangkan pada famili Intrasporangium, Kineospora, Sporiothya menghasilkan areal pertumbuhan yang kecil bahkan hampir tidak ada dan memiliki bentuk spora yang bervariasi. Koloni yang memiliki ciri-ciri tersebut kemudian dipindahkan ke dalam cawan Petri berisi media PDA (Holt *et al.*, 1994)

D. Pengamatan Morfologi dan Identifikasi Actinomycetes

Pengamatan morfologi terhadap isolat Actinomycetes dilakukan dengan cara makroskopis dan mikroskopis. Pada pengamatan makroskopis dilakukan pengamatan pada morfologinya sedangkan pada mikroskopis dilakukan

pengujian dengan menggunakan KOH dan pewarnaan gram. Pengamatan dilakukan guna keperluan identifikasi yang mengacu pada sitasi dan buku Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (Holt *et al.*, 1994). Berikut ini merupakan langkah kerja dari pengujian KOH dan pewarnaan gram.

Pengujian KOH3% dilakukan dengan cara mengambil sedikit isolat actinomycetes dengan jarum ose steril. Kemudian diletakkan di atas kaca preparat dan ditetesi dengan larutan KOH 3% sebanyak 2 tetes. Isolat actinomycetes yang telah ditambahkan KOH 3% kemudian diratakan dengan menggunakan jarum ose ± 1 menit. Setelah 1 menit jarum ose ditarik ke atas ± 1 cm guna melihat apakah terbentuk benang pada isolat Actinomycetes yang diberi larutan KOH 3% jika terbentuk benang lendir maka isolat tersebut merupakan bakteri Gram negatif tetapi jika tidak terbentuk benang lendir maka isolat tersebut merupakan bakteri Gram positif

Uji pewarnaan gram dilakukan dengan cara mengambil isolat bakteri dengan jarum ose dan diletakkan pada gelas objek yang steril dan dikeringkan di atas bunsen. Isolat Actinomycetes ditetesi dengan larutan kristal violet 5% secukupnya diamkan selama 1 menit, kemudian dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan. Selanjutnya ditetesi dengan iodine dan didiamkan selama 20 detik yang selanjutnya dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan. Kemudian tetesi dengan alkohol 70% tunggu sekitar 20 detik lalu bilas dengan air mengalir. Tahap terakhir yakni isolat ditetesi dengan larutan safranin 0,1% dan didiamkan selama 20 detik kemudian dibilas dengan air mengalir dan keringkan. Diamati morfologi sel, serta warnanya di bawah mikroskop. Bakteri dengan gram positif akan menunjukkan warna ungu, sedangkan bakteri negatif akan berwarna merah.

E. Isolasi dan Purifikasi Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*

Isolasi patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* diambil dari daun bergejala. Gejala tanaman yang terserang penyakit ini adalah tanaman biasanya layu mulai dari daun bagian bawah dan anak tulang daun menguning. Bila infeksi berkembang, tanaman menjadi layu dalam 2 – 3 hari setelah infeksi. Jika tanaman sakit dipotong dekat pangkal batang akan terlihat gejala cincin coklat dari berkas pembuluh. Warna jaringan akar dan batang menjadi coklat. Tempat luka infeksi tertutup hifa yang berwarna putih seperti kapas. Pada tanaman muda, penyakit dapat menyebabkan tanaman mati secara mendadak, karena

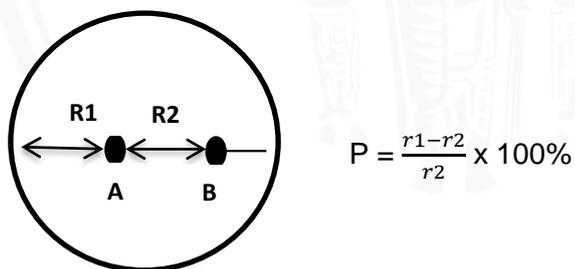
kanker yang melingkar pada pangkal batang. Bila serangan terjadi pada saat pertumbuhan tanaman sudah maksimum, maka tanaman masih dapat menghasilkan buah. Namun bila serangan sudah sampai pada batang, maka buah kecil akan gugur (Direktorat Perlindungan Hortikultura, 2018).

Proses inokulasi dilakukan dengan cara mencuci bagian tanaman yang sakit dengan air mengalir, kemudian memotong sampel tersebut dengan setengah bagian sehat dan setengah bagian sakit. Selanjutnya potongan jaringan tersebut disterilasi dengan menggunakan NaOCL 2% selama 1 menit, kemudian alcohol 70% selama 1 menit dan dibilas dengan menggunakan aquades sebanyak 2 kali masing – masing selama 1 menit. Tiriskan pada tissue steril dan inokulasikan di media PDA dan di inkubasi selama 5 – 7 hari.

Koloni jamur yang di duga jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* berdasarkan makroskopis dan mikroskopisnya akan dilakukan purifikasi dengan memindahkan ke media baru guna mendapatkan isolat murni.

F. Uji Antagonisme Actinomycetes Terhadap Jamur *F. oxysporum*

Pengujian daya antagonisme Actinomycetes terhadap jamur patogen *Fusarium* sp menggunakan metode oposisi langsung yaitu isolat jamur patogen *Fusarium* sp ditumbuhkan secara berhadapan dengan isolat Actinomycetes. Jarak antara kedua isolat \pm 3 cm pada cawan Petri berdiameter 9 cm yang berisi media PDA. Persentase daya hambat dihitung menggunakan rumus dibawah ini yaitu:



Dengan P adalah Persentase hambatan, r1 adalah Pertumbuhan jari – jari koloni patogen kontrol, r2 adalah jari – jari koloni patogen yang menuju dengan Actinomycetes. A adalah jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* dan B adalah Actinomycetes (Fokkema, 1976 dalam Rahaju, 2007).

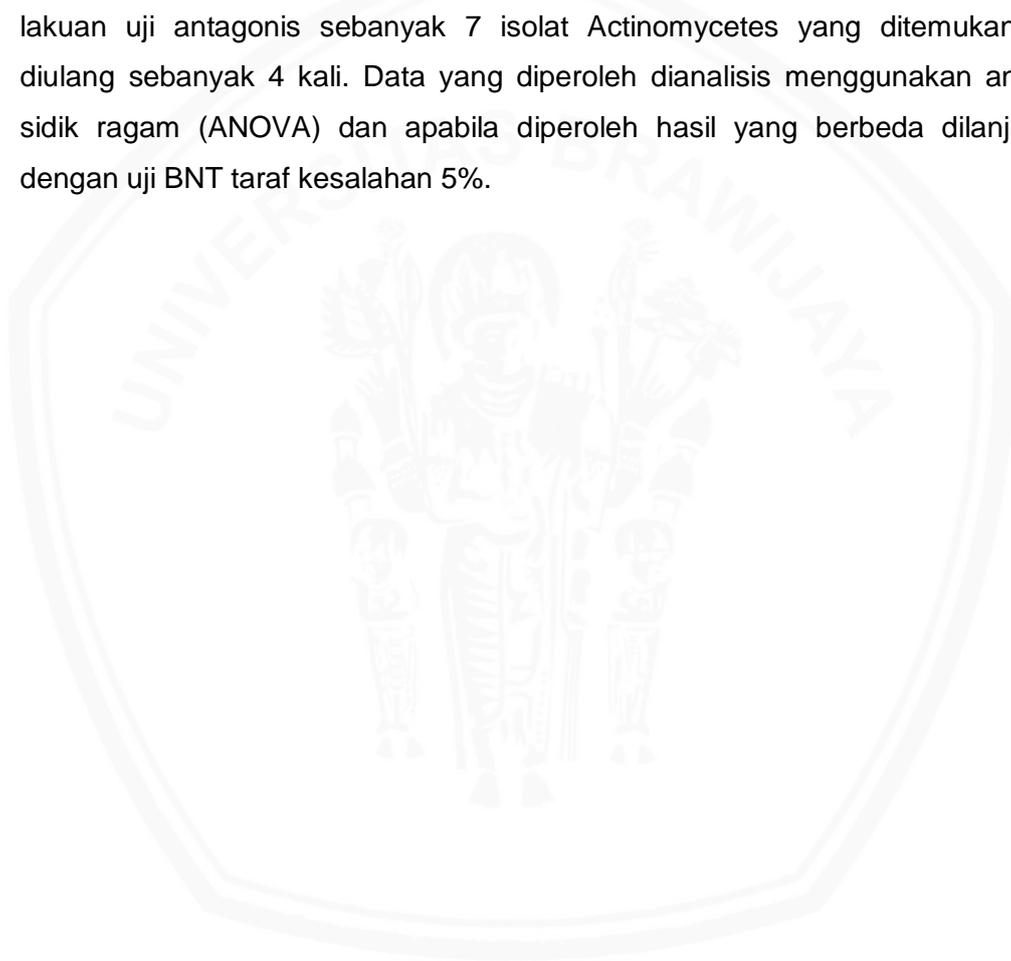
Rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan 8 perlakuan dengan masing-masing 4 ulangan, yaitu :

1. A0 : kontrol

2. Ar1 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 1
3. Ar2 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 2
4. Ar3 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 3
5. Ar4 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 4
6. Ar5 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 5
7. Ar6 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 6
8. Ar7 : Koloni Actinomycetes rhizosfer 7

3.4 Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan uji antagonis sebanyak 7 isolat Actinomycetes yang ditemukan dan diulang sebanyak 4 kali. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan apabila diperoleh hasil yang berbeda dilanjutkan dengan uji BNT taraf kesalahan 5%.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Eksplorasi Actinomycetes Rhizosfer Kubis

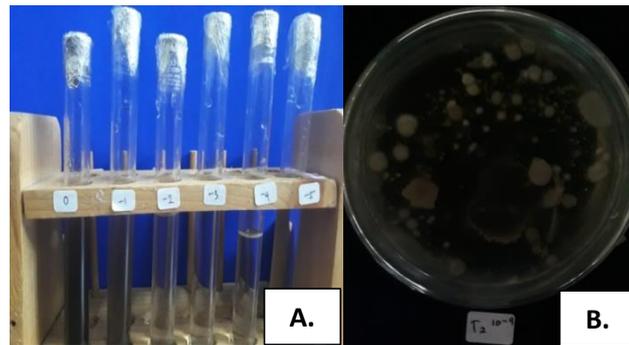
Eksplorasi Actinomycetes terbagi menjadi 3 tahapan langkah kerja yaitu pengambilan sampel tanah Actinomycetes rhizosfer tanaman kubis, Isolasi Actinomycetes rhizosfer dan purifikasi koloni yang diduga Actinomycetes. Pengambilan sampel tanah di lahan tanaman kubis menggunakan metode sampling terpilih (purposive) yaitu menggunakan petak terpilih atau titik sampel yang dapat mewakili keadaan umum. Pengambilan titik sampel dilakukan secara sistematis diagonal. Pengambilan sampel Actinomycetes diambil dari tanah sekitar perakaran kubis dengan kedalaman 15 – 25 cm sebanyak 50 gram. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Pemilihan lokasi guna dilakukan eksplorasi terhadap Actinomycetes adalah berdasarkan kondisi habitat Actinomycetes, Actinomycetes diketahui banyak ditemukan di tempat yang mengandung bahan organik serta banyak ditemukan di tanah hutan sehingga hal tersebut sesuai dengan keadaan lokasi yang akan dilakukan pengambilan sampel Actinomycetes hal tersebut sesuai dengan Davies dan William (1970) menyatakan bahwa pada ekosistem hutan sangat dimungkinkan ditemukan keragaman dan populasi actinomycetes yang tinggi. Jenis Actinomycetes tergantung pada tipe tanah, karakteristik fisik, kadar bahan organik, dan pH lingkungan (Xu *et al.*, 1996). Jumlah Actinomycetes meningkat dengan adanya bahan organik yang mengalami dekomposisi (Nonomura dan Ohara, 1971).



Gambar 4.1. Lahan tanaman kubis di UB Forest, A. Pengambilan sampel tanah di lahan tanaman kubis di UB Forest, B.

Isolasi Actinomycetes dilakukan dengan teknik pengenceran bertingkat yaitu 1 gram sampel tanah dimasukkan kedalam tabung reaksi dan diencerkan dengan aquades steril 9 ml kemudian kocok hingga larutan homogen dan diamkan selama 1 menit. Setelah itu larutan diambil 1 ml dan dilakukan pengenceran sampai pada tingkat pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} dan 10^{-5} Pada tahap

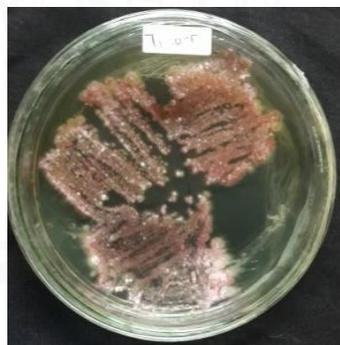
pengenceran terakhir diambil sebanyak 1 ml larutan untuk diisolasi pada media SCA dalam cawan petri.



Gambar 4.2. Isolasi Actinomycetes dari tanah rhizosfer tanaman kubis menggunakan teknik pengenceran bertingkat pada Tabung reaksi, (A); Hasil isolasi Actinomycetes pada media SCA, (B).

Purifikasi dilakukan terhadap koloni yang menunjukkan ciri makroskopis kelompok Actinomycetes, yaitu bentuk koloni keras, kasar, seringkali dapat menghasilkan pigmen warna dan tumbuh menyebar, dan seringkali koloni tumbuh lambat dalam media buatan. Sebagian besar dari Actinomycetes dapat membentuk filamen dan beberapa menghasilkan areal pertumbuhan yang luas dengan spora berantai yang panjang. Koloni yang memiliki ciri-ciri tersebut kemudian dipindahkan ke dalam cawan Petri berisi media PDA (Holt *et al.*, 1994).

Terdapat 7 isolat yang didapatkan dari rhizosfer tanaman kubis di Ub forest. 7 isolat tersebut adalah Ar 1, Ar 2, Ar 3, Ar 4, Ar 5, Ar 6, Ar 7. Berikut ini adalah salah satu gambar dari actinomycetes rhizosfer yang ditemukan di UB forest, gambar 7 isolat Actinomycetes dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 4.3. Salah satu hasil eksplorasi Actinomycetes rhizosfer kubis di UB Forest berumur 16 hari pada media SCA.

Hasil eksplorasi pada rhizosfer tanaman kubis ditemukan isolat Actinomycetes yang cukup banyak, hal tersebut diduga karena lahan tersebut merupakan lahan yang baru digunakan untuk budidaya tanaman hortikultura. Hal

tersebut diperoleh dari narasumber petani setempat. Intensifitas pertanian memiliki dampak yang nyata terhadap ketersediaan hara dalam tanah sehingga memiliki pengaruh terhadap jumlah mikroorganisme termasuk Actinomycetes pada lahan tersebut. Keberadaan Actinomycetes sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan seperti kandungan bahan organik, pH, serta suhu.

Hal tersebut sesuai dengan yang di ungkapkan oleh Kanti (2005) menyatakan bahwa jenis Actinomycetes tergantung pada tipe tanah, karakteristik fisik, kadar bahan organik dan pH lingkungan. Di alam, Actinomycetes dapat ditemui sebagai konidia atau bentuk vegetatif. Populasi di alam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kandungan organik, pH, kelembaban, temperatur, musim, kedalaman dan sebagainya (Suwandi, 2010). Hal tersebut juga sesuai seperti yang diungkapkan oleh Labeda (1990), menerangkan bahwa Actinomycetes merupakan mikroorganisme yang jumlah dan jenisnya sangat dipengaruhi oleh suhu, jenis tanah, pH, kandungan organik, aerasi, serta kadar air dalam tanah.

Menurut Xu *et al.*, (1996) menyatakan bahwa jenis Actinomycetes tergantung pada tipe tanah. karakteristik fisik, kadar bahan organik, dan pH lingkungan. Actinomycetes juga terdapat di daerah perakaran tanaman. Hal tersebut didukung dengan pernyataan Nonomura dan Ohara (1971) menyatakan bahwa jumlah Actinomycetes meningkat dengan adanya bahan organik yang mengalami dekomposisi.

Menurut Davies dan william (1970) menyatakan bahwa Pada ekosistem hutan sangat dimungkinkan ditemukan keragaman dan populasi actinomycetes yang tinggi. Jiang *et al.*, (1988) menambahkan bahwa Streptomyces, Nocardia, dan Micronospora merupakan genus Actinomycetes yang di temukan tanah hutan.

4.2 Identifikasi Actinomycetes Rhizosfer Kubis

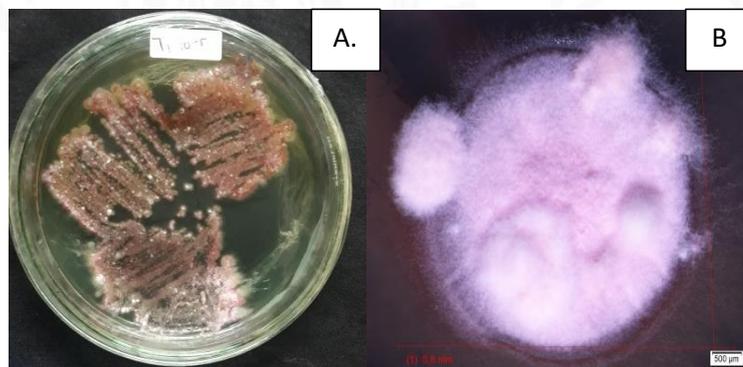
4.2.1 Karakterisasi Morfologi Actinomycetes Rhizosfer Kubis

Berdasarkan hasil eksplorasi pada rhizosfer tanaman kubis didapatkan 7 isolat Actinomycetes yaitu Ar1, Ar2, Ar3, Ar4, Ar5, Ar6, Ar7. Karakteristik morfologi yang diamati dari 7 isolat Actinomycetes adalah bentuk, warna, elevasi, struktur dalam koloni, dan bentuk tepi koloni. Pengamatan karakteristik morfologi Actinomycetes dilakukan melalui pengamatan koloni tunggalnya pada media SCA (*Starch Cassein Agar*).

Pengamatan koloni tunggal dilakukan dibawah mikroskop stereo untuk mendapatkan gambar yang lebih jelas serta mudah diidentifikasi. Menurut Rao (1994) menyatakan bahwa Koloni actinomycetes biasanya keras, kasar, dan tumbuh cembung di atas permukaan medium. Alexander (1997) menambahkan bahwa Actinomycetes membentuk koloni seperti bakteri namun umumnya permukaannya seperti tepung. Keberadaan Actinomycetes ditandai dengan bau seperti tanah lembab, bau tersebut merupakan hasil metabolisme dari Actinomycetes. Berikut ini merupakan hasil pengamatan morfologi dari 7 isolat Actinomycetes dari rhizosfer tanaman kubis.

1. Actinomycetes Rhizosfer 1 (Ar 1)

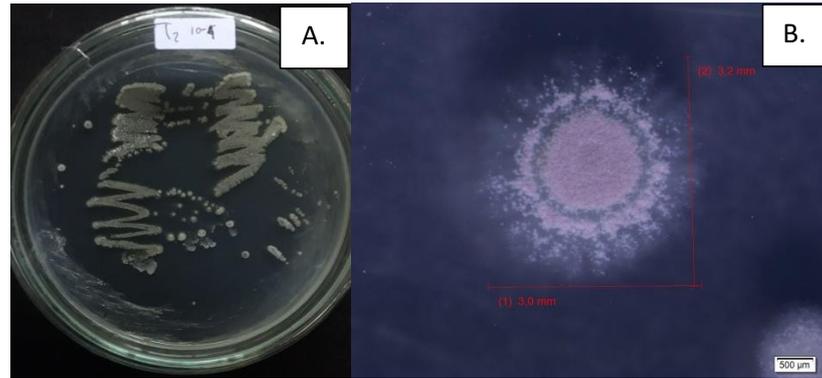
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomycetes memiliki warna permukaan dan bawah koloni berwarna merah muda. Bentuk koloni bulat dengan elevasi cembung dan tepian rata. Struktur dan tekstur Actinomycetes keras dengan permukaan kasar dan seperti beludru. dan berikut ini adalah gambar isolat Ar 1



Gambar 4.4 Kenampakan Makroskopis Ar 1 berumur 16 hari pada media SCA, (A); Kenampakan koloni tunggal Ar 1, (B).

2. Actinomycetes Rhizosfer 2 (Ar 2)

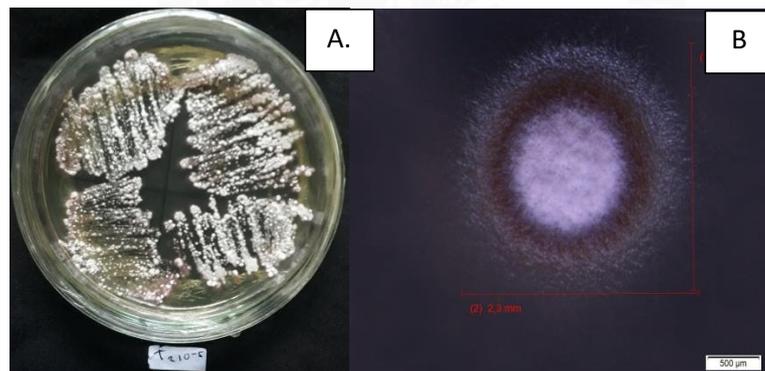
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomycetes memiliki warna permukaan kehijau - hijauan. Bentuk koloni bulat, struktur dan tekstur Actinomycetes keras dengan permukaan halus. Ukuran koloni sedikit lebih kecil dan warna bawah koloni pada Ar 2 adalah hijau tua dengan elevasi timbul datar dan tepian koloni tidak rata. berikut merupakan tampilan gambar dari isolat Ar 2.



Gambar 4.5. Kenampakan Makroskopis Ar 2 berumur 16 hari pada media SCA, (A); Kenampakan koloni tunggal Ar 2, (B).

3. Actinomycetes Rhizosfer 3 (Ar 3)

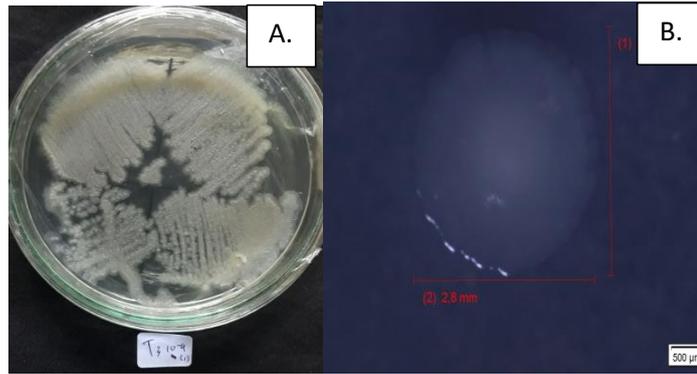
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomycetes memiliki warna permukaan putih dengan tepian merah muda. Bentuk koloni bulat, struktur dan tekstur Actinomycetes keras dengan permukaan seperti beludru dan seperti kerikil dengan elevasi cembung dan tepian koloni berakar. Ukuran koloni sedikit lebih kecil dan warna bawah koloni adalah merah muda, berikut ini merupakan tampilan gambar isolat Ar 3



Gambar 4.6. Kenampakan Makroskopis Ar 3 berumur 16 hari pada media SCA, (A); Kenampakan koloni tunggal Ar 3, (B).

4. Actinomycetes Rhizosfer 4 (Ar 4)

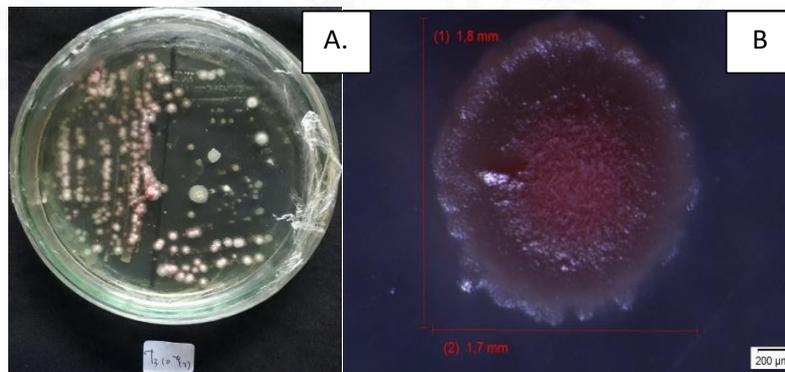
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomycetes memiliki warna permukaan yang sama dengan warna dasar koloni yaitu warna abu – abu. Struktur dan teksturnya adalah sedikit keras dengan bentuk permukaan yang tidak rata dan seperti kerikil dengan elevasi timbul datar serta tepian koloni rata, berikut ini merupakan gambar dari isolat Ar 4.



Gambar 4.7. Kenampakan Makroskopis Ar 4 berumur 16 hari pada media SCA, (A); Kenampakan koloni tunggal Ar 4, (B).

5. Actinomycetes Rhizosfer 5 (Ar 5)

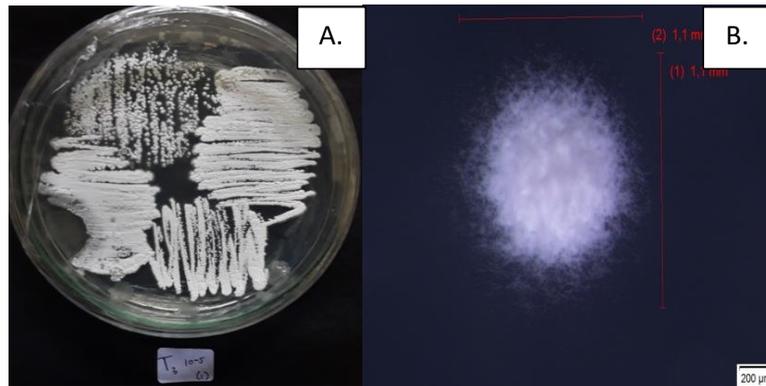
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomycetes memiliki warna permukaan yang sama dengan warna dasar koloni yaitu warna merah. Bentuk koloni bulat Struktur dan teksturnya adalah sedikit keras dengan bentuk permukaan yang tidak rata dengan elevasi sedikit cembung dan tepian koloni rata, berikut ini merupakan gambar dari isolat Ar 5.



Gambar 4.8. Kenampakan Makroskopis Ar 5 berumur 16 hari pada media SCA, (A); Kenampakan koloni tunggal Ar 5, (B).

6. Actinomycetes Rhizosfer 6 (Ar 6)

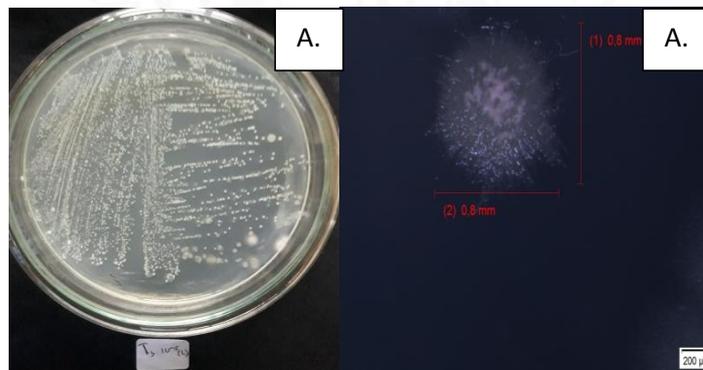
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomycetes memiliki warna permukaan yang sama dengan warna dasar koloni yaitu warna merah. Bentuk koloni bulat, struktur dan teksturnya adalah seperti beludru dengan bentuk permukaan yang tidak rata dengan elevasi sedikit cembung dan tepian koloni berakar, berikut ini adalah tampilan gambar dari isolat Ar 6.



Gambar 4.9. Kenampakan Makroskopis Ar 6 berumur 16 hari pada media SCA, (A;. Kenampakan koloni tunggal Ar 6, (B).

7. Actinomyces Rhizosfer 7 (Ar 7)

Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis koloni Actinomyces memiliki warna permukaan yang sama dengan warna dasar koloni yaitu warna kuning muda. Struktur dan teksturnya adalah sedikit keras dengan bentuk permukaan yang rata dengan elevasi timbul datar serta tepian koloni rata, berikut ini adalah tampilan gambar dari isolat Ar 7.



Gambar 4.10. Kenampakan Makroskopis Ar 7 berumur 16 hari pada media SCA, (A). Kenampakan koloni tunggal Ar 7, (B).

4.2.2 Karakterisasi Actinomyces secara Fisiologi dan Biokimia

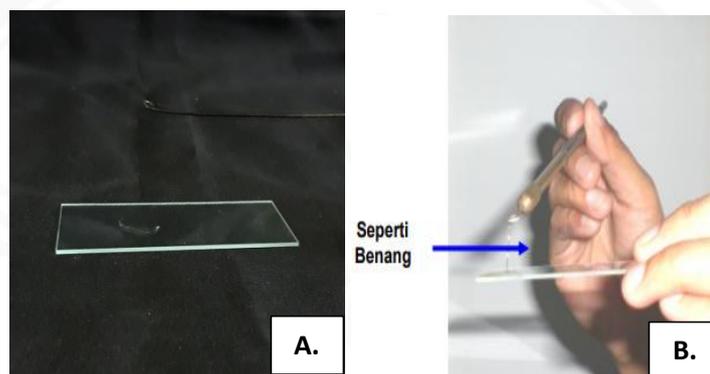
Langkah kerja yang dilakukan setelah karakterisasi morfologi adalah dilakukan pengamatan mikroskopis berupa uji reaksi dengan KOH dan uji pewarnaan gram.

A. Uji Reaksi dengan KOH

Berdasarkan hasil eksplorasi Actinomyces pada rhizosfer tanaman kubis ditemukan 7 isolat yang akan diidentifikasi secara mikroskopis, langkah awal dalam identifikasi mikroskopis adalah dilakukan pengujian reaksi dengan menggunakan KOH 3%. Pada penelitian ini uji KOH dilakukan untuk mengetahui

isolat Actinomycetes merupakan jenis bakteri gram positif atau gram negatif guna keperluan identifikasi (Badan Karantina Tumbuhan, 2018).

Berdasarkan hasil uji reaksi dengan menggunakan KOH terhadap isolat Actinomycetes didapatkan hasil berupa 7 isolat Actinomycetes merupakan bakteri gram positif (+). Hal ini dikarenakan pada saat dilakukan uji reaksi KOH suspensi bakteri tetap encer sehingga 7 isolat Actinomycetes diidentifikasi sebagai bakteri gram positif. Pada pengujian reaksi dengan menggunakan KOH koloni bakteri dapat dikatakan sebagai gram positif jika suspensi tetap encer saat dilakukan pengujian KOH, sedangkan bakteri di golongan sebagai gram negatif karena suspensi bakteri berubah menjadi berlendir serta lengket saat dilakukan pengujian KOH (Badan Karantina Tumbuhan, 2008).



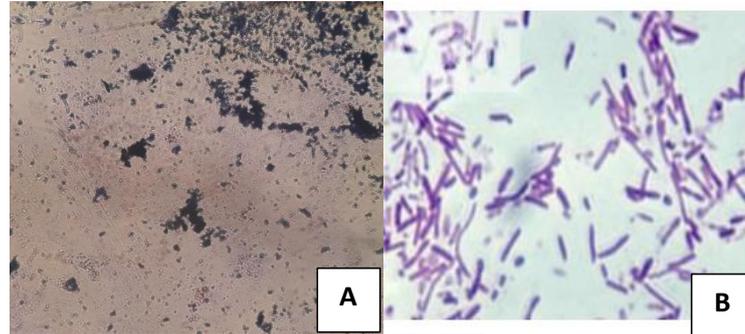
Gambar 4.11. Uji KOH pada isolat Actinomycetes di lab, (A). Uji KOH pada bakteri gram negatif, (B). (Badan Karantina Tumbuhan, 2008).

B. Uji Pewarnaan Gram

Pengujian pewarnaan Gram merupakan tahapan identifikasi secara mikroskopis setelah dilakukan pengujian reaksi dengan menggunakan KOH pada isolat Actinomycetes rhizosfer kubis. Pengujian pewarnaan gram dimaksudkan untuk membedakan bakteri tergolong Gram positif atau Gram negatif. Bakteri Gram positif berwarna ungu, sedangkan Gram negatif berwarna merah (Badan Karantina Tumbuhan, 2008).

Berdasarkan hasil uji pewarnaan gram pada isolat Actinomycetes didapatkan hasil berupa isolat Actinomycetes rhizosfer tanaman kubis merupakan bakteri gram positif. Hal ini didasarkan pada karakteristik berupa sel Actinomycetes berwarna ungu pada saat dilakukan uji pewarnaan gram. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan oleh Badan Karantina Tumbuhan (2008) menyatakan bahwa bakteri gram positif selnya akan berwarna ungu atau biru tua

saat dilakukan uji pewarnaan gram, sedangkan bakteri gram negatif akan berwarna merah pada saat dilakukan uji pewarnaan gram (Badan Karantina Tumbuhan, 2008).



Gambar 4.12. Uji pewarnaan gram pada isolat Actinomycetes di lab, (A). Uji pewarnaan bakteri gram positif, (B) (Badan Karantina Tumbuhan, 2008).

Berikut ini adalah tabel identifikasi makroskopis serta mikroskopis isolat Actinomycetes yang didapatkan dari rhizosfer tanaman kubis.

Tabel 1. Karakter Morfologi, Biokimia, dan Identifikasi Actinomycetes Rhizosfer Kubis

Karakter	Ar 1	Ar 2	Ar 3	Ar 4	Ar 5	Ar 6	Ar 7
Bentuk koloni	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Warna Koloni	Merah muda	Hijau	Putih tepian merah muda	Abu-abu	Merah	Putih	Kuning
Tepian	Rata	Tidak rata	Rata	Rata	Rata	Rata	Rata
Elevasi	Cembung	Timbul datar	Cembung	Timbul datar	Cembung	Cembung	Timbul datar
Uji KOH	+	+	+	+	+	+	+
Uji Gram	+	+	+	+	+	+	+
Bentuk sel	Basil	Bulat	Basil	Bulat	Bulat	Basil	Spiral
Genus	<i>Nocardia</i>	<i>Streptomyces</i>	<i>Nocardia</i>	<i>Streptomyces</i>	<i>Streptomyces</i>	<i>Nocardia</i>	<i>Streptomyces</i>

Keterangan: (+): Positif; (-): Negatif.

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa dari 7 temuan isolat yang didapatkan dibagi menjadi 2 genus yaitu *Streptomyces* dan *Nocardia*. Identifikasi 7 isolat Actinomycetes didasarkan pada karakterisasi morfologi dan karakterisasi fisiologi dan biokimia bakteri Actinomycetes. Isolat Actinomycetes dengan kode Ar 1, Ar 3, dan Ar 6 di golongan sebagai genus *Nocardia* sp. Isolat Ar 1, Ar 3, dan Ar 6 memiliki karakteristik morfologi yaitu bentuk bulat, permukaan cembung dan dengan tepian yang rata. Warna koloni pada Ar 1 adalah merah muda, Ar 3

memiliki warna koloni putih dengan tepian merah muda dan pada Ar 6 memiliki warna koloni putih. Karakteristik fisiologi berdasarkan beberapa pengujian biokimia yaitu uji gram menunjukkan hasil positif serta pengamatan sel pada mikroskop memiliki sel berwarna biru dan berbentuk basil atau filamen yang bercabang-cabang, sehingga tergolong dalam genus *Nocardia*.

Menurut pujiati (2014) menyatakan bahwa *Nocardia* memiliki tekstur seperti beludru bila bersporulasi yang merupakan miseliumnya, warna koloni bagian bawah berwarna merah sedangkan tekstur koloni yang belum bersporulasi mengkerut-kerut dibagian tengah koloni, unisel. *Streptomyces* yang belum bersporulasi bentuk koloni mirip bakteri yaitu konveks, tepi rata, warna krem, permukaan berfilamen, reverse tidak berwarna dan reverse berwarna merah untuk yang sudah bersporulasi. Elisa Armaida dan Siti Khotimah (2016) menambahkan bahwa Sel *Nocardia* yang diperoleh berbentuk basil atau ilamen yang bercabang-cabang. Panjang filamen berkisar antara 2 – 20 μm , tidak memiliki septa dan miselium membentuk percabangan monopodial.

Isolat Actinomycetes dengan kode Ar 2, Ar 4, Ar 5 dan Ar 7 di golongan sebagai genus *Streptomyces* sp hal tersebut dikarenakan Isolat Ar 2, Ar 4, Ar 5 dan Ar 7 memiliki ciri seperti *Streptomyces*. Karakteristik morfologi isolat Ar 2, Ar 4, Ar 5 dan Ar 7 yaitu bentuk bulat, permukaan timbul datar dan cembung, serta memiliki tepian yang rata. Warna koloni pada Ar 2 adalah hijau, Ar 4 memiliki warna koloni abu-abu, pada Ar 5 memiliki warna koloni merah dan pada Ar 7 memiliki koloni berwarna kuning. Karakteristik fisiologi berdasarkan beberapa pengujian biokimia yaitu uji gram menunjukkan hasil positif serta pengamatan sel isolat Ar 2, Ar 4, Ar 5 dan Ar 7 dibawah mikroskop memiliki sel berwarna biru dan berbentuk bulat, sehingga memiliki kesamaan karakter dengan actinomycetes genus *Streptomyces*.

Menurut Isnaeni (2010) menyatakan bahwa *Streptomyces* menghasilkan per-tumbuhan miselium substrat dan aerial yang bagus. Pada pengamatan mikroskopik sel-sel *Streptomyces* sp. memanjang mirip hifa cendawan namun tidak berseptas, cenderung membentuk percabangan. Hifanya agak panjang dan umumnya memiliki diameter 0,5-0,8 μm . Filamennya berkembang dalam lapisan bawah, tumbuh menjulang ke atas bagaikan antena. Filamen tersebut memisah dalam fragmen-fragmen yang pendek sehingga akan tampak bagaikan cabang/batang-batang pada bakteri (Sutedjo, 1996). Holt (1994) menambahkan bahwa *Streptomyces* merupakan bakteri gram positif yang berbentuk

streptokokus yang tersusun secara spiral berukuran sekitar 0,8 – 2 μm , salah satu isolat terdapat rantai spora. Rantai spora membentuk miselium aerial, jarang mengalami fragmentasi tetapi spora terbentuk dari segmentasi hifa

4.3 Isolasi Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*

Jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* di isolasi dari lapang yang menunjukkan gejala serangan penyakit layu fusarium pada tanaman kubis. Penyakit layu fusarium disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Pengamatan yang telah dilakukan di lapang menunjukkan adanya gejala penyakit layu fusarium.

Gejala tanaman yang terserang penyakit ini adalah tanaman biasanya layu mulai dari daun bagian bawah dan anak tulang daun menguning. Bila infeksi berkembang, tanaman menjadi layu dalam 2 – 3 hari setelah infeksi. Jika tanaman sakit dipotong dekat pangkal batang akan terlihat gejala cincin coklat dari berkas pembuluh. Warna jaringan akar dan batang menjadi coklat. Tempat luka infeksi tertutup hifa yang berwarna putih seperti kapas (Direktorat Perlindungan Hortikultura, 2018).



Gambar 4.13. Daun tanaman kubis yang terserang penyakit layu fusarium (Bartolo. 2018).

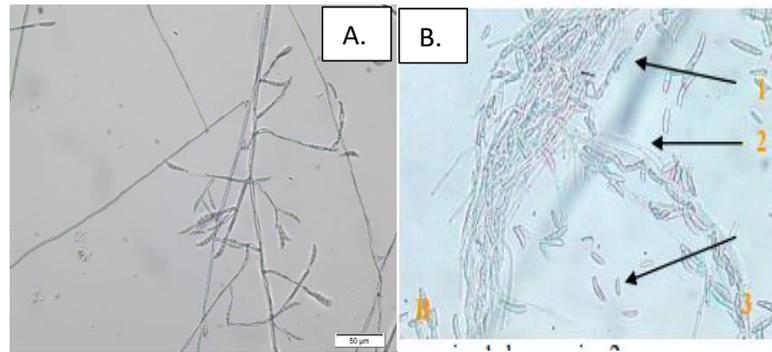
Isolasi jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* (Foc) dilakukan dengan menginokulasikan bagian yang diduga sebagai penyakit layu fusarium pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan di inkubasi selama 5-7 hari, koloni yang diduga sebagai *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* diambil guna dilakukan purifikasi serta dilakukan pengamatan makroskopis dan mikroskopisnya. Pengamatan makroskopis pada media PDA didapatkan bahwa warna koloni dari biakan *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* berwarna putih pada saat awal tumbuh dan terdapat warna orange pada koloni ketika koloni hampir memenuhi media PDA. hal tersebut sesuai dengan BBPP ketindan (2018) menyatakan bahwa Pada medium Potato Dextrose Agar (PDA) mula-mula

miselium berwarna putih, semakin tua warna menjadi krem atau kuning pucat, dalam keadaan tertentu berwarna merah muda agak ungu. Miselium bersekat dan membentuk percabangan. Beberapa isolat *Fusarium* akan membentuk pigmen biru atau merah di dalam medium. Miselium yang dihasilkan oleh cendawan patogen penyebab penyakit layu ini mulanya berwarna putih keruh, kemudian menjadi kuning pucat, merah muda pucat sampai keunguan (Susetyo, 2010).



Gambar 4.14. Koloni *F. oxysporum* pada media PDA berumur 2 hsi

Kenampakan mikroskopis *Fusarium oxysporum* berupa hifa bersekat, konidia berbentuk seperti bulan sabit dengan ujung yang lancip. hal tersebut sesuai dengan BBPP Ketindan (2018) menyatakan bahwa koloni *Fusarium oxysporum* Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas, melengkung seperti bulan sabit, terdiri dari 3-5 septa, dan biasanya dihasilkan pada permukaan tanaman yang terserang lanjut. Klamidospora memiliki dinding tebal dihasilkan pada ujung miselium yang sudah tua atau didalam makrokonidia, terdiri dari 1-2 septa. Jamur *Fusarium oxysporum* memiliki struktur yang terdiri dari mikrokonidium dan makrokonidium. konidiofor bercabang - cabang dan makrokonidium berbentuk sabit, bertangkai kecil, sering kali berpasangan (Semangun, 2004).



Gambar 4.15. Kenampakan mikroskopis *Fusarium oxysporum* pada mikroskop di laboratorium, (A); Kenampakan mikroskopis *Fusarium oxysporum*, (B) (Semangun, 2004).

4.4 Daya Hambat Actinomycetes Terhadap *Fusarium oxysporum*

Pengujian daya hambat Actinomycetes terhadap *Fusarium oxysporum* menggunakan metode oposisi yaitu menginokulasikan Actinomycetes bersamaan dengan *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* dalam media PDA pada satu cawan petri. Pengamatan daya hambat Actinomycetes terhadap jamur *Fusarium oxysporum* dilakukan setiap hari dan pengamatan daya hambat berhenti pada hari ke 4, hal ini dikarenakan *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* pada perlakuan kontrol jamur *Fusarium oxysporum* sudah menyentok kertas saring pada hari ke 4.

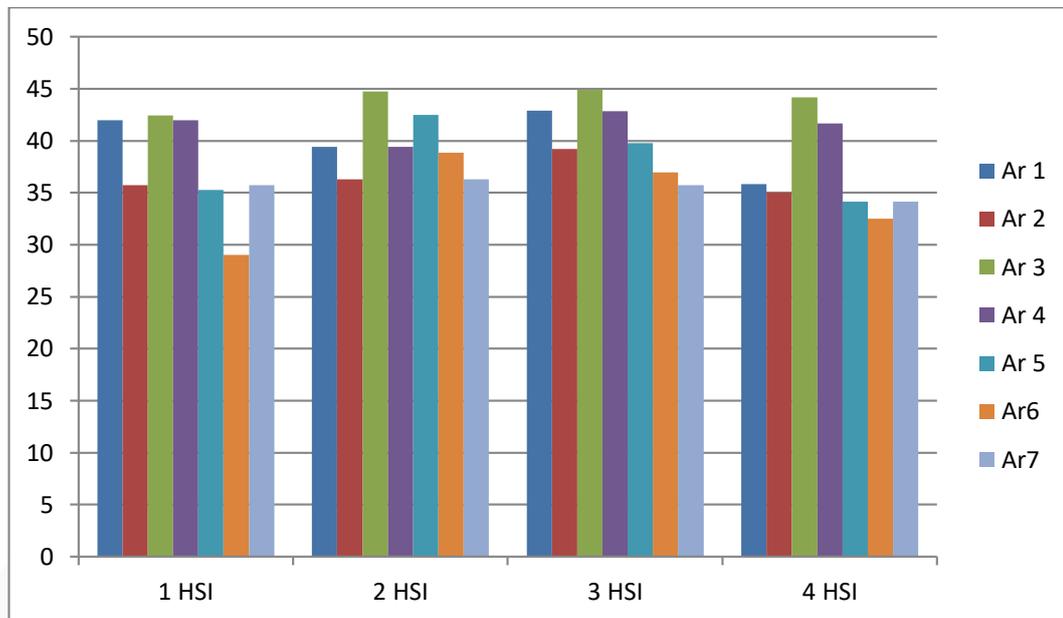
Berdasarkan analisa ragam menunjukkan bahwa setiap masing-masing perlakuan memiliki daya hambat yang berbeda terhadap jamur *Fusarium oxysporum* berikut ini merupakan daya hambat Actinomycetes terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* terdapat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Daya hambat Actinomycetes terhadap *Fusarium oxysporum*

Perlakuan	1 HSI	2 HSI	3 HSI	4 HSI
Kontrol	0 a	0 a	0 a	0 a
Ar1	41,964 c	39,43 bc	42,887 bc	35,833 b
Ar2	35,714 bc	36,305 b	39,208 d	34,999 b
Ar3	42,410 c	44,761 c	44,874 d	44,166 c
Ar4	41,964 c	39,43 bc	42,833 cd	41,666 c
Ar5	35,267 bc	42,463 c	39,75 bc	34,166 b
Ar6	29,017 b	38,834 b	36,934 b	32,499 b
Ar7	35,714 bc	36,305 b	35,708 b	34,166 b

Berdasarkan analisis dari tabel isolat Actinomycetes mampu menghambat *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*, masing-masing perlakuan memiliki hambatan yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan isolat Ar3 memiliki

persentase daya hambat terbesar diantara isolat lain. Isolat Actinomycetes memiliki persentase daya hambat tertinggi hingga terendah adalah Ar3, Ar4, Ar1, Ar5, Ar2, Ar7, dan Ar6. Diagram daya hambat Actinomycetes terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* pada 4 HSI tersaji pada gambar 19.

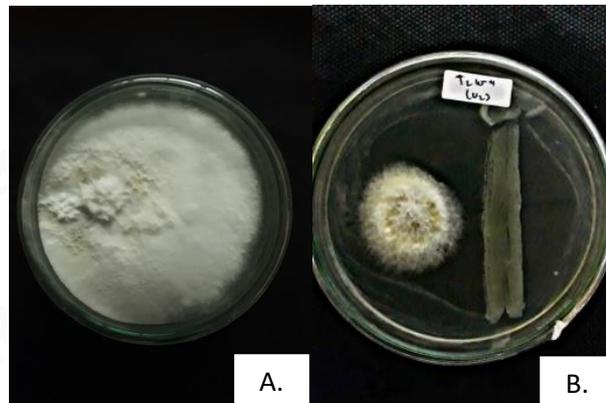


Gambar 4.16. Grafik persentase daya hambat Actinomycetes

Berdasarkan Tabel 2 dan gambar 19 dapat diketahui bahwa isolat Ar 3 memiliki daya hambat terbesar diantara isolat lain yaitu sebesar 44,166 %, jika dibandingkan dengan isolat yang lain maka tidak menunjukkan angka yang berbeda nyata dengan isolat Actinomycetes yang lain.

Hal tersebut diduga karena isolat yang didapatkan masih dalam satu genus yaitu genus Steptomycetes dan Nocardia sehingga kemampuan daya hambatnya tidak jauh berbeda antara isolat satu dengan yang lain. Isolat Ar 6 merupakan yang memiliki persentase daya hambat lebih lambat dibandingkan dengan isolat yang lain yaitu sebesar 32,49 %. Besarnya persentase daya hambat Actinomycetes dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya adalah pertumbuhan koloni Actinomycetes, dimana Actinomycetes lebih lama tumbuhnya daripada jamur patogen. Walaupun Actinomycetes memiliki masa tumbuh yang lebih lama dibandingkan dengan jamur patogen, namun masing-masing isolat Actinomycetes mempunyai persentase daya hambat yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol yang merupakan perlakuan pengujian Actinomycetes tanpa menggunakan Actinomycetes.

Pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* da perlakuan dengan Actinomycetes, jamur patogen *Fusarium oxysporum* menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pertumbuhan yang lambat dari jamur patogen *Fusarium oxysporum* diduga karena Actinomycetes memiliki mekanisme daya hambat berupa sebagai kompetitor nutrisi. Hal ini dapat terlihat bahwa terdapat zona hambat pada perlakuan dengan menggunakan Actinomycetes, hal tersebut ditunjukkan pada gambar 20.



Gambar 4.17. Uji Antagonisme Actinomycetes terhadap jamur *Fusarium oxysporum* Perlakuan kontrol pada 4 HSI pada media PDA, (A). Uji antagonis dengan Actinomycetes pada 4 HSI pada media PDA, (B).

Berdasarkan gambar 19 dan gambar 20 dapat dilihat bahwa hasil uji antagonis diatas menunjukkan bahwa 7 isolat Actinomycetes yang di uji terhadap patogen *Fusarium oxysporum* memiliki interaksi antagonisme berupa kompetisi dan antibiosis. Menurut Beker dan Cook (1982) menyatakan bahwa terdapat banyak cara organisme antagonis dalam melakukan penghantman terhadap patogen seperti kompetisi terhadap tempat tumbuh dan nutrisi, antibiosis, dan parasitisme

Bedasarkan gambar 19 dapat dilihat bahwa terdapat zona hambat antara jamur patogen *Fusarium oxysporum* dengan Actinomycetes. Uji antagonisme Actinomycetes terhadap *Fusarium oxysporum* memperlihatkan bahwa Actinomycetes memiliki mekanisme penghambatan berupa kompetisi. Actinomycetes sebagai kompetitor yakni sebagai pesaing dalam memperoleh nutrisi dengan jamur patogen. Dari hasil antagonisme terlihat bahwa terdapat zona hambat antara Actinomycetes dengan jamur patogen dan jamur patogen nampak tumbuh lebih lambat dibanding dengan perlakuan kontrol. Hal ini serupa

dengan yang dinyatakan oleh Muller (1984) dalam Kajariyah (2016) menyatakan bahwa actinomycetes dapat menghambat patogen melalui mekanisme kompetisi unsur hara dengan jamur patogen. Menurut suwandi (2010) menyatakan bahwa Actinomycetes merupakan kelompok mikroba penghasil antibiotik terbesar yang dapat menghambat laju patogen, kelompok penghasil antibiotik, terutama dari jenis *Streptomyces* (bleomisin, eritromisin, josamisin, kanamisin, neomisin, tetrasiklin dan masih banyak lagi); Mikromonospora (gentamisin, fortimisin, sisomisin); *Nocardia* (rifampisin, mikomisin) dan lain-lain.

Pernyataan tersebut didukung oleh pernyataan Qotrunnada (2012) dalam Kajariyah (2016) menyatakan bahwa Actinomycetes telah dilaporkan dapat menghambat laju pertumbuhan jamur patogen *Sclerotium rolfsii* dan *Gloesporium piperatum* serta, media tumbuh dapat berubah menjadi keruh dengan adanya Actinomycetes hal ini dikarenakan Actinomycetes mengeluarkan anti biotik. Actinomycetes juga merupakan salah satu organisme yang banyak dimanfaatkan sebagai agens hayati karena memiliki mekanisme kerja sebagai kompetitor, antibiosis, parasit dan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Mekanisme antibiosis yang dimiliki Actinomycetes karena. Terdapat lima kelompok antibiotik yang dihasilkan oleh aktinomisetes yaitu tetrasiklin, kloramfenikol, makrolida, linkomisin, dan aminoglikosida (Ambarwati dan Gama, 2009).

Apabila memperhatikan pertumbuhan dari Actinomycetes lebih lambat dibandingkan dengan jamur *Fusarium oxysporum* maka dalam pengaplikasian di lapang harus dilakukan lebih awal serta dilakukan secara terjadwal sebelum terdapat gejala serangan penyakit layu fusarium. Pengendalian penyakit tanaman dengan menggunakan Actinomycetes sebagai agens hayati mempunyai keuntungan berupa tidak menimbulkan residu jika dilakukan berulang-ulang. Actinomycetes sebagai agns hayati dapat dilakukan lebih sering dan terjadwal hal ini bertujuan agar populasi agnes hayati lebih dominan daripada jamur patogen di lapang.

Dalam pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman kubis, selain menggunakan agens hayati perlu memperhatikan hal-hal lain dalam fungsi sistem agroekosistem. Diperlukan upaya peningkatan biodiversitas dalam suatu agroekosistem agar pengendalian menggunakan agens hayati dapat bekerja lebih efisien. Biodiversitas yang tinggi pada lingkungan akan memiliki manfaat yang baik seperti dapat berfungsi sebagai habitat musuh alami atau mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman. Dalam pengaplikasian agens

hayati di lapang, lahan yang digunakan setidaknya dapat menunjang kehidupan agens hayati tersebut seperti memiliki kandungan bahan organik yang tinggi yang dimana Actinomycetes banyak ditemui dan berkembang cepat pada lahan yang memiliki bahan organik tinggi, selain berperan sebagai agens hayati Actinomycetes memiliki peran lain sebagai decomposer bahan organik.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil isolasi Actinomycetes pada rhizosfer tanaman kubis di UB Forest ditemukan 7 bakteri yang berpotensi menghambat *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Conglutinans* secara in vitro
2. Perlakuan antagonis hasil isolat Actinomycetes mampu secara nyata menghambat *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Conglutinans*
3. Bakteri Actinomycetes yang berpotensi sebagai antagonis *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Conglutinans* secara in vitro termasuk kedalam genus *Streptomyces* sp dan *Nocardia* sp.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka perlu dilakukan pengkajian lebih dalam mengenai manfaat Actinomycetes dan pengaplikasian di lahan guna mengetahui ke efektifan Actinomycetes sebagai agens hayati dalam melakukan pengendalian di lapang serta perlu adanya penelitian lebih lanjut pada penggunaan media lain sebagai media tumbuh Actinomycetes.

DAFTAR PUSTAKA

- Abe, S., S. Horii and K. Kameoka. 1979. Application of enzymatic analysis with glucoamylase, pronase and cellulase to various feeds for cattle. *Journal of Animal Science* 48: 1483-1490.
- Alexander, M. 1961. *Introduction to Soil Microbiology*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Alexander, M., 1977. *Introduction to Soil Microbiology*, John Wiley and sons, New York.
- Ambarwati dan T.A. Gama. 2009. Isolasi actinomycetes dari tanah sawah sebagai penghasil antibiotik. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 10 (2) : 101-111.
- Ambarwati A., Sembiring, L., Soegihardjo, C.J., 2014, Antibiotic produced by streptomycetes associated with rhizosphere of purple nut sedge (*Cyperus rotundus* L.) in Surakarta, Indonesia, *African Journal of Microbiology Research*, 6 (1), 52–57
- Armaida, E. Dan S. Khotimah. 2016. Karakterisasi Actinomycetes yang Berasosiasi dengan Porifera (*Axinella* spp.) dari Perairan Pulau Lemukutam Kalimantan Barat. Universitas Tanjungpura.
- Asnani, A., D. Ryandini. 2011, Screening of Marine Actinomycetes from Segara Anakan Indonesia for Antimicrobial Activity. *Proceeding International Conference on Natural Sciences* ICONS 2011, Shaker Verlag, Germany; ISBN 978-3-8440-1403-7; ISSN 1434-5536.
- Badan Karantina Tumbuhan. 2008. *Pedoman Diagnosis OPTK Golongan Bakteri*. Jakarta
- Bartolo. M.E. Gambar *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans*. Diunduh dari <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5357428>. Pada tanggal 28 November 2018
- BBPP Ketindan. 2018. *Fusarium oxysporum*. Diunduh dari <http://bbppketindan.bppsdp.pertanian.go.id/blog/mengenal-jamur-fusarium-oxysporum>. Pada tanggal 15 Oktober 2018.
- Badji, B., A. Zitouni, F. Mathieu, A. Lebrihi, and N. Sabaou. 2006. Antimicrobial compounds produced by actinomadura sp. AC104 isolated from an Algerian Sahara soil. *Canadian Journal of Microbiology*. 55 (4) : 328-373.
- Baker, K. F. dan R. J. Cook. 1982. *Biological control of plant pathogens*. The American Phytopathology Society. Minnesota Favel.
- Brooks, F. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran*. Salemba Medika. Jakarta.
- Cahyono, B. 2001. *Kubis Bunga Dan Broccoli*. Kanisius. Yogyakarta
- Cahyono, B. 2003. *Teknik dan Strategi Budi Daya Sawi Hijau (Pai-Tsai)*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Cao, L., Z. Qiu, X. Dai, H. Tan, Y. Lin & S. Zhou. 2004 Isolation of Endophytic Actinomycetes from Roots and Leaves of Banana (*Musa acuminata*) Planta and their Activities against *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. *World J. Microbiol. Biotech*. 20: 381-385.

- Cook, R.J. 1985. Biological control of plant pathogens: Theory to application. (Presidential Address of 76th Annual Meeting). *Phytopathology* 75(1):25-29.
- Davies, F.L., and Williams, S.T. 1970. Studies on the ecology of Actinomycetes in soil. I. The occurrence and distribution of Actinomycetes in a pine forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 2: 227-238.
- De Cal A, Garcia-Lepe R & Melgarejo P. 2000. Induced resistance by *Penicillium oxalicum* against *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*: Histological studies of infected and induced tomato stem. *Phytopathology* 90: 260-268.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura. 2018. *Fusarium oxysporum*. diunduh dari http://hortikultura.pertanian.go.id/?page_id=19, Pada tanggal 15 Oktober 2018.
- Elberson, M.A., F. Malekzadeh, M.T. Yazdi, N. Kameranpour, M.R. NooriDloii, M.H. Matte, M. Shahamat, R.R. Colwell, and K.R. Sowers. 2000. *Cellulomonas persica* sp. nov. and *Cellulomonas iranensis* sp. nov., mesophilic cellulose-degrading bacteria isolated from forest soil. *International Journal on Systematic and Evolution Microbiology* 50: 993-996.
- Handayanto, E. dan Hairiah, K., 2007, *Biologi Tanah: Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*, Yogyakarta, Pustaka Adipura.
- Holt, J.G.N.R. Krieg, P.A.H. Sneath, J.T. Staley, dan S.T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 9th Editions. Williams & Wilkins Baltimore. 566 hal.
- Huda, Miftahul. 2010. *Pengendalian Layu Fusarium pada Tanaman Pisang (Musa paradisiaca L.) secara Kultur Teknis dan Hayati*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Isnaini, Salihah Nur. 2010. *Isolasi Rare Actinomycetes dari Pasir Pantai Depok Istimewa Yogyakarta yang Berpotensi Antibiotic Terhadap Propionibaerium acne*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jiang, C.L., and L.H. Xu. 1985. Isolation methods for study of actinomycete population. *Microbiology* 12: 218-220.
- Jiang, C.L., L.H. Xu, Y.R. Yang, G.Y. Guo, J. Ma, and Y. Liu. 1991. *Actinobispora*, a new genus of the order Actinomycetales. *International Journal on Systematic Bacteriology* 41: 526-528.
- Jiang, C.L., L.H. Xu, and G.Y. Guo. 1988. The investigation on actinomycete population and resources in some areas in Yunnan. V. The actinomycetes in the frigid mountains. *Acta Microbiologica Sinica* 28: 198-205.
- Kajariyah, S. N. 2016. *Skripsi Uji Antagonisme Actinomycetes Rhizosfer dan Endofit Akar Tanaman Cabai (Capsicum frutescens L.) Terhadap Jamur Colletotrichum capsici (Syd.) Bult et Bisby*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Kanti, A., 2005 *Actinomycetes Selulolitik dari Tanah Hutan Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi*, *Biodiversitas*, 6, 85-89.
- Kekuda, P., Onkarappa, A. Gautham, C.M. Sunita, Raghavendra. 2015. *Antimicrobial, Antioxidant and Cytotoxic Activity of Streptomyces*

- species from Western Ghat Soils of Karnataka, India. *Internasional journal on ResearchGate* 4(2): 164-180
- Labeda, D. P., 1990, *Isolation of Actinomycetes for Biotechnology Application, Isolation of Biotechnological Organism from Nature*, New York, McGraw-Hill Publishing Company.
- Nugraheni, Endah Sulisty. 2010. KARAKTERISASI BIOLOGI ISOLAT-ISOLAT *Fusarium* sp PADA TANAMAN CABAI MERAH (*Capsicum annum* L.) ASAL BOYOLALI. UNS
- Miyadoh, S. 2003. *Prosedur Karakterisasi dan Identifikasi Aktinomisetes*. Pusat Penelitian Bioteknologi, LIPI. Bogor.
- Nishimura, T., A. Meguro, S. Hasegawa, Y. Nakagawa, M. Shimizu, and M. Hunoh. 2002. An endophytic actinomycetes, streptomycetes sp. AOK-30, isolated from mountain laurel and its antifungal activity. *Journal of Gen Plant Pathology*. 68 : 390-397.
- Nonomura, H., and Y. Ohara. 1969a. Distribution of soil actinomycetes. VI. culture method effective for both preferential isolation and enumeration of Microbispora and Streptosporangium strains in soil. *Journal of Fermentation Technology* 47: 463-469.
- Nonomura, H., and Y. Ohara. 1971a. Distribution of soil actinomycetes. VIII. Green spore group of Microtetraspora, its preferential isolation and taxonomic characteristics. 49: 1-7
- Pracaya. 2000. *Kol alias Kubis*. Penebar Swadaya, Jakarta
- Pujiati. 2014. *Isolasi Actinomycetes dari Tanah Kebun Sebagai Bahan Petunjuk Praktikum Mikrobiologi*. IKIP PGRI MADIUN
- Rao, N. S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. UI press. Jakarta. 353 hlm.
- Rahaju M. 2007. *Ragam Patogen Tular Tanah dan Mikroba Antagonisnya pada Rizosfer Kacang-Kacangan di Jawa Timur*
- Rahayu, T. 2010, *Isolasi Rare Actinomycetes dari Pasir Pantai Depok Daerah Istimewa Yogyakarta yang berpotensi Antibiotik terhadap E. coli Multiresisten*, Skripsi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rukmana, R. 1994. *Budidaya Kubis Bunga dan Brokoli*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sateesh, V.N., and J.L Rathod. 2011. Selective isolation and antimicrobial activity of rare actinomycetes from mangrove sediment of Karwar. *Journal of Ecobiotechnology*. 3 (10) : 48-53.
- Sastrahidayat. 1989. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Sastrahidayat, I.R. 2007. *Manfaat Actinomycetes Bagi Ekologi*. Makalah Lokakarya Pengembangan Data Base OPT dan Agen Hayati. Jurusan HPT. Fakultas Pertanian UB; Malang.
- Semangun H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta (IN): Universitas Gadjah Mada
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 754 p.

- Semangun, H. 2004. Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 850 hal.
- Singleton, L. L, D. Mihail, and C. M. Rush. 1992. Methods for Research on Soil Borne Phytopathogenic Fungi. APS Press. St. Paul. Minnesota. 265 p.
- Spicer W.J. 2000. Clinical bacteriology, mycology and parasitology: an illustrated colour text. London: Harcourt Publishers Limited.
- Soesanto, L. 2000. Ecology and Biological Control of *Verticillium dahliae*. Ph.D Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands
- Sugeng, 1981. Bercocok tanam sayuran. Aneka ilmu. Semarang.
- Sunarjono, H.H. 2004. Bertanam 30 Jenis Sayur. Penebar Swadaya. Jakarta. Halaman 38 - 47
- Sunarjono, Hendro. 2015. Bertanam 36 Jenis Sayuran. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sutedjo, M.M., dan G. Kartasapoetra. 1991. Pengantar Ilmu Tanah. Rineka Cipta. Jakarta. 447 hlm.
- Sutedjo. 1996. Mikrobiologi Tanah. Trinika Cipta. Jakarta.
- Soesanto, L. 2002. Penyakit Busuk Rimpang Jahe di Sentra Produksi Jahe Jawa Tengah : 2. Intensitas dan Pola Sebaran Penyakit. Proyek Pembinaan Kelembagaan Litbang Pertanian (ARMP II) Jawa Tengah.
- Susetyo, Aryo Pratomo. 2010. Hubungan Keanekaragaman Cendawan Rizosfer Tanaman Pisang (*Musa spp.*) dan Penyakit Layu *Fusarium*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Suwandi, U., 2010, Mikroorganisme Penghasil Antibiotik. Diunduh dari www.kalbe.com. Pada tanggal 15 Oktober 2018.
- Syamsulbahri, 1996. Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan. Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Tjahjadi, N. 1989. Hama dan Penyakit Tanaman. Kanisius. Yogyakarta
- Umo, W.D., Y. Retnowati, dan N. Kandowanko. 2012. Biodiversitas actinomycetes pada kawasan mangrove desa Bulalo kecamatan Kwandang dan uji potensi sebagai penghasil antibiotika. Laporan Penelitian I-Mhere. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo. 42 hlm.
- Villupadua, J.R., R.M. Endo, P. Bosland and P. H. William. 1985. A new race of *fusarium oxysporum* f.sp. *conglutinans* that attacks cabbage with type A resistance. *Plant Disease* 69:612-613.
- Wahyuni, D.S. 2014. Skrining aktivitas isolat aktinomisetes tanah asal Indonesia penghasil antibakteri. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 35 hlm.
- Waluyo, Lud. 2009. Mikrobiologi Lingkungan. Malang: UMM Press.
- Xu, L.H., Q.R. Li, and C.L. Jiang. 1996. Diversity of soil Actinomycetes in Yunnan, China. *Applied Environmental Microbiology* 62 (1): 244-248.
- Yurnaliza. 2008. Senyawa Khitin dan Kajian Aktivitas Enzim Mikrobial Pendegradasinya. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Zhang, X., Y. Zhang, J. Zhao, C. Liu, S.Wang, L. Yang, H. He, W. Xiang and X. Wang. 2014. *Nonomurea fuscirosea* sp. nov., an actinomycete isolated

from the rhizosphere soil of rehmanna (*Rehmannia glutinosa* Libosch). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* (64). Hal. 1102–1107.

Zhi, X.Y., W.J. Li and E. Stackebrandt. 2009. An update of the structure and 16S rRNA gene sequence-based definition of higher ranks of the class actinobacteria, with the proposal of two new suborders and four new families and emended descriptions of the existing higher taxa. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 589-608.

