

**POTENSI ANTAGONIS BAKTERI RIZOSFER DI UB *FOREST*
UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT BUSUK LUNAK
Erwinia sp. PADA TIGA VARIETAS UMBI KENTANG**

Oleh

FAIZ SYAFIQ ABRAR



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2019

**POTENSI ANTAGONIS BAKTERI RIZOSFER DI UB *FOREST*
UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT BUSUK LUNAK
Erwinia sp. PADA TIGA VARIETAS UMBI KENTANG**

Oleh

FAIZ SYAFIQ ABRAR

155040201111054

**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
2019**

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 Perguruan Tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2019

Faiz Syafiq Abrar



RINGKASAN

FAIZ SYAFIQ ABRAR. 155040201111054. Potensi Antagonis Bakteri Rizosfer di UB Forest untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Lunak *Erwinia* sp. pada Tiga Varietas Umbi Kentang. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, M.S. sebagai Pembimbing Utama dan Restu Rizkyta Kusuma, S.P., M.Sc. sebagai Pembimbing Pendamping.

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu komoditas potensial sebagai sumber karbohidrat serta memiliki arti penting pada perekonomian dunia terutama di Indonesia. Salah satu kendala produksi kentang adalah serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh bakteri *Erwinia* sp., baik ketika masih di lapangan maupun di gudang penyimpanan. Penyakit tersebut dapat diatasi dengan melakukan pengendalian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan yaitu dengan menggunakan varietas yang tahan terhadap serangan *Erwinia* sp. dan memanfaatkan agens hayati sebagai biokontrol patogen penyebab penyakit tumbuhan. Pada penelitian sebelumnya telah ditemukan beberapa genus bakteri non patogen pada rizosfer di UB Forest. Penelitian bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri rizosfer di UB Forest untuk mengendalikan dan menghambat patogen *Erwinia* sp. penyebab penyakit busuk lunak pada tiga varietas umbi kentang.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya mulai Bulan Februari sampai dengan Mei 2019. Penelitian terdiri dari beberapa tahapan: (1) Perbanyak inokulum bakteri patogen dan bakteri rizosfer di UB Forest (2) Uji patogenesitas bakteri patogen *Erwinia* sp. (3) Seleksi bakteri rizosfer terhadap patogen *Erwinia* sp. (4) Pengujian antagonis bakteri rizosfer terpilih terhadap patogen *Erwinia* sp. secara in vitro (5) Uji antibiosis bakteri antagonis (6) Uji penghambatan perkembangan penyakit busuk lunak oleh bakteri rizosfer pada tiga varietas Umbi Kentang yaitu Granola Kembang, Desiree, dan Atlantik.

Berdasarkan hasil seleksi 30 bakteri rizosfer, terdapat 14 isolat bakteri rizosfer UB Forest yang bersifat antagonis terhadap patogen *Erwinia* sp. dan empat isolat memiliki diameter penghambatan tertinggi yaitu isolat *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N17) dan *Pseudomonas* sp. (N19). Empat isolat bakteri antagonis dengan penghambatan tertinggi mekanisme antibiosisnya bersifat bakteriostatik dan hanya dapat menghambat pertumbuhan patogen *Erwinia* sp. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, interaksi perlakuan jenis isolat dan jenis varietas berpengaruh nyata terhadap massa busuk lunak umbi kentang. Pada perlakuan isolat bakteri antagonis *Pseudomonas* sp. (N19) pada varietas Desiree (V2B4) menghasilkan massa busuk lunak yang lebih rendah daripada kombinasi perlakuan yang lain, namun rerata massa busuk lunak tersebut masih lebih tinggi apabila dibandingkan perlakuan kontrol positif bakterisida pada varietas Desiree (V2B5). Persentase penurunan berat umbi terendah terdapat pada seluruh perlakuan isolat bakteri antagonis pada varietas Granola dan varietas Desiree dengan persentase 3%. Pada persentase penurunan berat umbi tertinggi terdapat pada perlakuan *Clostridium* sp. pada varietas Atlantik (V3B2) dengan persentase 5%.

SUMMARY

FAIZ SYAFIQ ABRAR. 155040201111054. The Potency of Rhizosphere Bacteria in UB Forest as Soft Rot Controller *Erwinia* sp. to Three Potato Tuber Varieties. Under the guidance of Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, M.S. and Restu Rizkyta Kusuma, S.P., M.Sc.

Potato plant (*Solanum tuberosum* L.) is one of the potential commodities as a source of carbohydrates and it has an important meaning in the world economy, especially in Indonesia. One of the obstacles in potato production is the attack of soft rot disease caused by *Erwinia* sp. while in the field or in the storage warehouse. The disease can be overcome by carrying out environmentally friendly and sustainable controls by using varieties which are resistant to the attacks of *Erwinia* sp. and utilizing biological agents as biocontrol pathogens that cause plant diseases. In previous studies, several genera of non-pathogenic bacteria have been found in the rhizosphere of UB Forest. This study was conducted to determine the potential of rhizosphere bacteria in UB Forest against the pathogen *Erwinia* sp. causes of soft rot in three potato tuber varieties.

The research was conducted at the Laboratory of Plant Diseases, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya from February to May 2019. The study consisted of several stages: (1) Propagation of pathogenic bacteria and rhizosphere bacteria inoculants in UB Forest. (2) Pathogenicity test of pathogenic bacteria *Erwinia* sp. (3) Selection of antagonistic of rhizobacteria from UB Forest to *Erwinia* sp. (4) Testing of selected rhizosphere bacterial antagonists to the pathogen *Erwinia* sp. in vitro (5) Antibiosis test for antagonistic bacterial (6) Test for inhibition of the development of soft rot by rhizosphere bacteria in three varieties of potato tuber.

Based on the selection of 30 rhizosphere bacteria, there are 14 isolates of rhizosphere bacteria that are antagonistic to the pathogen *Erwinia* sp. and four isolates had the highest inhibitory diameter, namely *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N17) and *Pseudomonas* sp. (N19). The four isolates of antagonistic bacteria with the highest inhibition of their antibiotic mechanism are bacteriostatic and can only inhibit the growth of the pathogen *Erwinia* sp. Based on the analysis of variance, the interaction of the treatment of isolates and varieties significantly affected the soft rot mass of potato tubers. In the treatment of *Pseudomonas* sp. (N19) in Desiree varieties (V2B4) produced lower soft rot mass compared to other treatment combinations, but the mean soft rot mass was still higher than the bactericidal control treatment in Desiree varieties (V2B5). The lowest percentage of tuber weight reduction was found in all antagonistic bacterial isolate treatments on Granola and Desiree varieties with a percentage of 3%. The highest percentage of tuber weight reduction is found in the treatment of *Clostridium* sp. in Atlantic varieties (V3B2) with a percentage of 5%.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat membuat laporan penelitian ini yang berjudul “Potensi Antagonis Bakteri Rizosfer di UB *Forest* untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Lunak *Erwinia* sp. pada Tiga Varietas Umbi Kentang”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS. selaku pembimbing utama skripsi yang telah memberikan banyak ilmu, kritik, dan saran.
2. Ibu Restu Rizkyta Kusuma, SP., M.Sc. selaku pembimbing pendamping skripsi yang sudah banyak memberikan bimbingan, pengarahan, kritik dan saran kepada penulis.
3. Kedua orang tua saya Bapak Zaenal Muttaqin dan Ibu Farida Tri Astuti yang selalu memberikan doa, nasihat serta dukungan kepada penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
5. Seluruh Staff Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan atas bantuannya dalam pelaksanaan skripsi.
6. Teman-teman jurusan HPT khususnya mahasiswa bimbingan Pak Latief dan Bu Restu angkatan 2015, Vina Rafika Sari, dan rekan-rekan saya yang telah memberikan dukungan, doa, dan nasihatnya dan membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga dalam penulisan penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, Juli 2019

Faiz Syafiq Abrar

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jember pada tanggal 13 Februari 1997. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Zaenal Muttaqin dan Ibu Farida Tri Astuti. Penulis mengawali proses belajar di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Jember pada tahun 2000-2003 kemudian penulis menempuh pendidikan dasar di SD Muhammadiyah 1 Jember pada tahun 2003-2009, pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Jember pada tahun 2009-2012 dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Arjasa Jember tahun 2012-2015. Penulis dinyatakan terdaftar sebagai mahasiswa strata-1 pada Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui jalur undangan SNMPTN pada tahun 2015. Pada semester lima, penulis memilih jurusan Perlindungan Tanaman dengan konsentrasi bakteri penyebab penyakit tanaman.

Selama menjadi mahasiswa, selain aktif dibidang akademik penulis juga aktif dalam kegiatan non akademik dengan mengikuti unit kegiatan mahasiswa Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM), menjadi staff muda bagian Komunikasi Informasi pada tahun 2015, staff Kementerian Luar Negeri 2016, dan Dirjen Kemenlu tahun 2017. Penulis juga mengikuti beberapa kegiatan dan kepanitiaan yaitu sebagai peserta Agriculture Leadership Program tahun 2015, ketua pelaksana Agriculture Study Tour 2016, Panitia Pengarah Indonesian Student Summit 2017, dan divisi Konsumsi Proteksi 2018. Selama menjadi mahasiswa, penulis juga pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa tahun 2015, dan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) tahun 2017. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan magang kerja di Balai Karantina Pertanian Kelas 1 Semarang. Selain itu, penulis juga pernah menjadi koordinator asisten praktikum Mata Kuliah Teknologi Produksi Agens Hayati tahun 2019.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Kentang	5
2.1.1 Klasifikasi Tanaman Kentang	5
2.1.2 Morfologi Tanaman Kentang	5
2.1.3 Syarat Tumbuh	6
2.1.4 Varietas Tanaman Kentang	6
2.2 Penyakit Busuk Lunak <i>Erwinia sp.</i>	7
2.3 Kawasan Hutan UB <i>Forest</i>	8
2.4 Rizobakteri	9
2.5 Bakteri Antagonis sebagai Agens Pengendali Hayati	10
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Metode Penelitian	11
3.4 Pelaksanaan Penelitian	11
3.4.1 Perbanyak Inokulum Patogen dan Bakteri Rizosfer	11
3.4.2 Penumbuhan dan Uji Patogenesitas Bakteri <i>Erwinia sp.</i>	12



3.4.3 Seleksi Bakteri Rizosfer terhadap patogen <i>Erwinia</i> sp.	13
3.4.4 Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer di UB <i>Forest</i> terhadap patogen <i>Erwinia</i> sp. secara <i>in vitro</i>	13
3.4.5 Uji Antibiosis Bakteri Antagonis	14
3.4.6 Uji Penghambatan Perkembangan Penyakit Busuk Lunak <i>Erwinia</i> sp. oleh Bakteri Antagonis Rizosfer pada Berbagai Varietas Umbi Kentang	14
3.5 Variabel Pengamatan.....	16
3.5.1 Diameter Penghambatan Bakteri Antagonis terhadap Patogen <i>Erwinia</i> sp.	16
3.5.2 Massa Busuk Lunak pada Jaringan Umbi Kentang.....	17
3.6 Analisis Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Patogenesitas <i>Erwinia</i> sp. pada Umbi Kentang	18
4.2 Seleksi Bakteri Rizosfer di UB <i>Forest</i> terhadap patogen <i>Erwinia</i> sp.	18
4.3 Penghambatan Pertumbuhan Bakteri Patogen <i>Erwinia</i> sp. oleh Bakteri Rizosfer UB <i>Forest</i> secara <i>in vitro</i>	20
4.4 Antibiosis Bakteri Antagonis	22
4.5 Persentase Penurunan Berat Umbi dan Penghambatan Perkembangan Penyakit <i>Erwinia</i> sp. pada Tiga Varietas Umbi Kentang	25
V. PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	34



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bakteri Rizosfer di UB <i>Forest</i>	12
2.	Kode Unit Percobaan	15
3.	Kategori Diameter Zona Hambat	16
4.	Diameter penghambatan 30 isolat bakteri rizosfer di UB <i>Forest</i> terhadap patogen <i>Erwinia</i> sp.	19
5.	Hasil uji penghambatan pertumbuhan <i>Erwinia</i> sp. oleh bakteri antagonis di UB <i>Forest</i> pada Cawan Petri	20
6.	Mekanisme Penghambatan oleh Bakteri Antagonis.....	23
7.	Pengaruh jenis isolat dan jenis varietas terhadap rerata massa busuk lunak dan persentase penurunan berat umbi kentang pada 7 HSI.....	25
Lampiran		
1.	Analisis ragam indeks penghambatan empat isolat bakteri antagonis setelah inokulasi 24 jam.....	34
2.	Analisis ragam indeks penghambatan empat isolat bakteri antagonis setelah inokulasi 48 jam.....	34
3.	Analisis ragam indeks penghambatan empat isolat bakteri antagonis setelah inokulasi 72 jam.....	34
4.	Analisis ragam indeks penghambatan Penghambatan Perkembangan Penyakit Busuk Lunak <i>Erwinia</i> sp.	34



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kentang Varietas Granola.....	5
2.	Gejala Serangan <i>Erwinia carotovora</i> pada Umbi Kentang.....	7
3.	Kenampakan mikroskopis bakteri rizosfer <i>Pseudomonas fluorescens</i> pada mikroskop.....	9
4.	Kenampakan Mikroskopis Bakteri <i>Bacillus</i> sp.	10
5.	Perhitungan diameter zona hambat pada cawan Petri.....	16
6.	Hasil uji busuk lunak patogen <i>Erwinia</i> sp. pada umbi kentang tujuh hari setelah inokulasi.....	18
7.	Zona hambat yang dihasilkan isolat bakteri rizosfer dalam menghambat <i>Erwinia</i> sp. 72 jam setelah inokulasi.....	21
8.	Uji penumbuhan zona hambat bakteri antagonis pada media NA.....	23
9.	Isolat bakteri antagonis (N3) memiliki zona hambat yang keruh.....	24
10.	Massa busuk lunak umbi kentang.....	27

Lampiran

1.	Uji penghambatan <i>Erwinia</i> sp. pada Umbi Kentang Varietas Granola....	35
2.	Uji penghambatan <i>Erwinia</i> sp. pada Umbi Kentang Varietas Desiree.....	36
3.	Uji penghambatan <i>Erwinia</i> sp. pada Umbi Kentang Varietas Atlantik....	37

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu komoditas potensial sebagai sumber karbohidrat serta memiliki arti penting pada perekonomian dunia terutama di Indonesia. Konsumsi kentang di Indonesia cenderung meningkat menyebabkan permintaan kentang untuk bahan olahan juga makin meningkat dari tahun ke tahun. Di Indonesia terdapat beberapa jenis kentang yang memiliki jumlah permintaan yang tinggi yaitu kentang Granola sebagai kentang sayur yang paling banyak dikonsumsi, kentang Desiree yang memiliki rasa lebih manis dibanding kentang jenis lainnya, dan kentang Atlantik atau *chips* yang banyak dikonsumsi sebagai kentang goreng (Oktaviana, 2013). Berdasarkan data yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian (2018), produksi kentang mengalami kenaikan 2% pada tahun 2018 mencapai 1,18 juta ton dibandingkan tahun 2017 yaitu 1,16 juta ton. Namun, produktivitas kentang di Indonesia masih tergolong rendah bila dibandingkan dengan produktivitas kentang di negara maju akibat masih adanya kendala dalam produksi kentang.

Salah satu kendala produksi kentang adalah serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh bakteri *Erwinia* sp., baik ketika masih di lapangan maupun di gudang penyimpanan (Addy, 2007). Serangan bakteri tersebut dapat menimbulkan perubahan fisik, fisiologi dan kimia pada umbi kentang sehingga mempengaruhi kuantitas dan kualitas produksi. *Erwinia* sp. merupakan salah satu bakteri yang umumnya menyebabkan gejala busuk lunak pada beberapa tanaman seperti kentang, wortel, dan sayuran hijau (Schaad *et al.*, 2001). Selain merupakan penyakit terbawa tanah yang merugikan pertanaman, penyakit tersebut juga merupakan penyakit pasca panen yang berkembang di penyimpanan dan juga terbawa umbi atau bibit (*seed borne*). Luka akibat penanganan saat panen yang kurang hati-hati maupun luka akibat hama merupakan salah satu faktor pendukung terjadinya infeksi *Erwinia* sp. pada umbi kentang di penyimpanan (Tsrer *et al.*, 1999).

Penyakit busuk lunak dapat menyerang tanaman muda maupun tanaman dewasa. Gejala yang timbul berupa bercak berwarna pucat dan basah. Bila

tanaman terserang, bercak akan cepat meluas terutama pada lingkungan dengan suhu dan kelembaban udara tinggi. Titik tumbuh yang terserang akan mengakibatkan terhentinya pertumbuhan tanaman. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan melakukan pengendalian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan yaitu dengan menggunakan varietas yang tahan terhadap serangan *Erwinia* sp. dan memanfaatkan agens hayati sebagai biokontrol patogen penyebab penyakit tumbuhan (Kloepper, 1993).

Pemilihan varietas yang tahan terhadap serangan penyakit busuk lunak *Erwinia* sp. dapat mengurangi permasalahan produksi kentang. Penggunaan varietas yang tidak tahan menjadi salah satu penyebab kentang rentan terserang penyakit busuk lunak *Erwinia* sp. Varietas tahan mempunyai kemampuan untuk menolak atau menghindari, sembuh kembali dan mentolerir dari serangan hama atau penyakit yang tidak dipunyai oleh tanaman lain yang sejenis (Soewito, 1993).

Upaya pengendalian penyakit yang ramah lingkungan juga dapat dilakukan dengan cara pengendalian biologi, yaitu dengan memanfaatkan mikroba antagonis (Agrios, 2005). Mikroba antagonis merupakan jasad renik yang diperoleh dari alam, salah satunya berupa bakteri yang dapat menekan, menghambat atau memusnahkan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) (Tombe, 2002). Mikroba antagonis yang dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati dapat diisolasi dari tanah berupa bakteri rizosfer. Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah ditemukan beberapa genus bakteri non patogen pada rizosfer lahan polikultur pinus dan wortel (Nur, 2019) dan lahan polikultur pinus dan kopi di UB *Forest* (Ariani, 2018). Salah satunya merupakan genus *Bacillus* yang diketahui berpotensi sebagai agen antagonis yang dapat mengendalikan patogen tanaman.

Pengujian antagonis dengan memanfaatkan bakteri rizosfer UB *Forest* terhadap patogen *Erwinia* sp. pada berbagai varietas umbi kentang belum dilakukan di Indonesia. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri rizosfer di UB *Forest* untuk mengendalikan patogen *Erwinia* sp. penyebab penyakit busuk lunak pada berbagai varietas umbi kentang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah terdapat bakteri rizosfer UB *Forest* yang bersifat antagonis terhadap bakteri patogen *Erwinia sp.* penyebab penyakit busuk lunak pada umbi kentang?
2. Bagaimana potensi bakteri rizosfer UB *Forest* dalam menghambat dan mengendalikan perkembangan patogen *Erwinia sp.* penyebab penyakit busuk lunak pada umbi kentang?
3. Bagaimana mekanisme antagonis bakteri rizosfer UB *Forest* dalam mengendalikan perkembangan patogen *Erwinia sp.*?
4. Apakah tiga varietas umbi kentang memiliki ketahanan yang berbeda terhadap penyakit busuk lunak *Erwinia sp.*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui bakteri rizosfer UB *Forest* yang bersifat antagonis terhadap patogen *Erwinia sp.* penyebab penyakit busuk lunak pada umbi kentang.
2. Mengetahui potensi bakteri rizosfer UB *Forest* dalam menghambat dan mengendalikan perkembangan patogen *Erwinia sp.* penyebab penyakit busuk lunak pada umbi kentang.
3. Mengetahui mekanisme antagonis bakteri rizosfer UB *Forest* dalam mengendalikan perkembangan patogen *Erwinia sp.*
4. Membandingkan ketahanan tiga varietas umbi kentang terhadap penyakit busuk lunak *Erwinia sp.*

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dari penelitian ini yaitu:

1. Terdapat bakteri rizosfer UB *Forest* yang bersifat antagonis terhadap bakteri patogen *Erwinia sp.* pada umbi kentang.
2. Bakteri rizosfer UB *Forest* berpotensi menghambat dan mengendalikan perkembangan penyakit busuk lunak *Erwinia sp.* pada umbi kentang.
3. Tiga varietas umbi kentang memiliki ketahanan yang berbeda terhadap serangan penyakit busuk lunak *Erwinia sp.*

1.5 Manfaat Penelitian

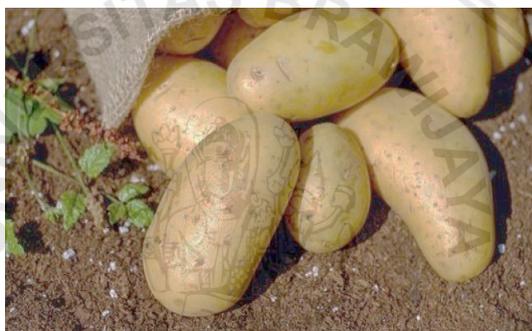
Manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai potensi bakteri rizosfer UB *Forest* untuk mengendalikan penyakit busuk lunak *Erwinia sp.* pada berbagai varietas umbi kentang. Potensi antagonis dari bakteri rizosfer di UB *Forest* dapat dikembangkan sebagai pengendali hayati berupa agens antagonis yang ramah lingkungan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai nilai komersial tinggi. Tingginya nilai komersial tersebut terletak pada tingginya pemanfaatan umbi kentang yang selain dapat diolah untuk berbagai produk olahan seperti untuk keripik, dan bentuk olahan lain, juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan yang sehat dan aman (Haris, 2010). Salah satu kentang yang banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu kentang varietas Granola yang biasanya dimanfaatkan sebagai kentang sayur. Kentang varietas Granola memiliki kualitas mutu yang unggul karena produktivitasnya dapat mencapai 30-35 ton/ha (Setiadi, 2009).



Gambar 1. Kentang Varietas Granola (Prahardini, 2006)

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Kentang

Tanaman kentang termasuk dalam kerajaan Plantae, divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Dicotylodena, ordo Tubiflorae, famili Solanaceae, marga Solanum, dan spesies *Solanum tuberosum* L. (Gembong, 1994).

2.1.2 Morfologi Tanaman Kentang

Kentang mempunyai sifat menjalar, batangnya berbentuk segi empat, panjangnya bisa mencapai 50 sampai 120 cm, dan tidak berkayu. Batang dan daun berwarna hijau kemerah-merahan atau keunguan. Bunganya berwarna ungu keputihan. Akar tanaman menjalar dan berukuran cukup kecil dan halus. Daun kentang merupakan daun majemuk, terdiri dari tangkai daun utama, daun primer, dan anak daun sekunder yang tumbuh pada tangkai daun utama diantara anak daun primer (Setiadi, 2009).

2.1.3 Syarat Tumbuh

Tanaman kentang dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik, apabila di tanam pada kondisi lingkungan yang sesuai dengan persyaratan tumbuhnya. Keadaan iklim yang ideal untuk tanaman kentang adalah suhu rendah (dingin) dengan suhu rata-rata harian antara 15–20°C. Kelembaban udara 80- 90% cukup mendapat sinar matahari dan curah hujan antara 200 hingga 300 mm per bulan atau rata-rata 1000 mm selama pertumbuhan (Rukmana, 1997).

Letak geografis atau ketinggian tempat berhubungan dengan keadaan iklim yang berpengaruh dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Daerah yang cocok untuk menanam kentang adalah dataran tinggi atau daerah pegunungan dengan ketinggian 1000–3000 mdpl. Pada dataran medium, tanaman kentang dapat di tanam pada ketinggian 300-700 mdpl. Kentang tumbuh dengan baik di tanah yang subur, gembur, dan memiliki drainase yang baik. Faktor cahaya matahari juga cukup berpengaruh terhadap pembentukan organ vegetatif tanaman, seperti batang, cabang, daun, serta organ generatif seperti bunga dan umbi. Faktor cahaya yang penting untuk pertumbuhan tanaman adalah intensitas cahaya dan lama penyinaran. Semakin besar atau meningkat intensitas cahaya yang dapat diterima tanaman dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman dan pembentukan umbi (Samadi, 2007).

2.1.4 Varietas Tanaman Kentang

Jenis kentang yang tumbuh di dunia pada dasarnya dikelompokkan dalam dua jenis yaitu kentang liar dan kentang budidaya. Plasma nutfah kentang liar penting artinya bagi pemuliaan tanaman karena memiliki sifat baik, antara lain tahan terhadap beberapa jenis penyakit. Jenis kentang budidaya memiliki varietas amat banyak yang dihasilkan beberapa negara produsen di dunia. Spesies Kentang *Solanum tuberosum* mempunyai banyak varietas. Umur tanaman kentang bervariasi menurut varietasnya (Sunaryono, 1990).

Menurut Samadi (2004), beberapa varietas kentang yang pernah diamati para peneliti, yaitu:

- a. Granola, umbi jenis ini berbentuk oval, kulit dan daging berwarna kuning. Umur panen normal 90 hari, meskipun umur 80 hari sudah bisa dipanen.

- b. Cosima, umbi kentang berbentuk bulat pipih, mata dangkal, permukaan rata, warna kulit kuning muda dan warna daging kuning tua.
- c. Desiree, termasuk kentang berumur sedang (100 hari) dengan umbi berbentuk bulat sampai oval memanjang, kulit merah, mata dangkal dan dagingnya kuning cenderung kemerah-merahan.
- d. Alpha, umbinya bulat sampai bulat telur, mempunyai keseragaman yang tinggi, bermata dangkal dan dagingnya berwarna kuning muda.
- e. Atlantik, umbi berbentuk bulat seperti bola tenis, kulit putih kekuningan, mata tunas sedikit dan daging umbi putih.
- f. Diamant, kentang yang memiliki produktivitas atau potensi yang tinggi, umbinya berbentuk oval hingga oval memanjang, kulit umbi berwarna putih dan licin, daging umbi berwarna putih kekuning-kuningan, tahan terhadap penyakit busuk daun dan serangan hama nematoda.

2.2 Penyakit Busuk Lunak *Erwinia sp.*

Penyakit busuk lunak *Erwinia sp.* merupakan patogen yang dapat menyerang dan merusak jaringan akar, umbi, batang, dan daun. *Erwinia sp.* dapat berkembang baik pada suhu diatas 22°C yaitu pada daerah iklim normal. Selain merupakan penyakit terbawa tanah yang merugikan pada pertanaman, penyakit tersebut juga merupakan penyakit pasca panen yang berkembang di penyimpanan (Tsror *et al.*, 1999).



Gambar 2. Gejala Serangan *Erwinia carotovora* pada Umbi Kentang (Prahardini, 2006)

Bakteri *E.carotovora* penyebab penyakit layu busuk lunak termasuk dalam kingdom Bacteria, divisi Proteobacteria, kelas Gammaproteobacteria, ordo Enterobacteriales, famili Enterobacteriaceae, genus *Erwinia*, dan spesies *Erwinia carotovora* (Rukmana, 2002).

Ciri khas bakteri *E.carotovora* terlihat dari sel bakteri yang berbentuk batang dengan ukuran $(1,5-2,0) \times (0,6-0,9) \mu$, umumnya membentuk rangkaian sel seperti rantai, tidak mempunyai kapsul dan tidak berspora. Bakteri bergerak menggunakan flagella yang terdapat di sekeliling sel bakteri (*flagella peritrichous*) dan bersifat gram negatif. Udara lembab dan suhu yang relatif rendah akan membantu mempercepat pembusukan jaringan tanaman yang terinfeksi jaringan tanaman ini, berakibat tanaman akan mati (Hakim, 2010).

Penyakit busuk lunak tergolong penyakit yang serius. Gejala serangan ditandai dengan munculnya bintik-bintik kecil berwarna kecoklatan. Bercak-bercak kecil berair tersebut kemudian berkembang menjadi kecoklatan dan mengeluarkan bau busuk (Hakim, 2010). Gejala serangan *E. carotovora* lebih banyak dijumpai pada tempat penyimpanan atau pada waktu pengangkutan (pasca panen) daripada dilapangan. Gejala awal terjadi bercak-bercak berair yang kemudian membesar dan berwarna coklat. Pada serangan lanjut, daun yang terinfeksi melunak, berlendir dan mengeluarkan bau yang khas (Sagala, 1998).

Pencegahan penyakit busuk lunak pada umbi kentang dapat dilakukan dengan pemanenan pada saat pagi hari, saat cuaca sedang cerah dan bukan saat kondisi tanah sedang basah. Hal ini dimaksudkan agar bakteri yang terdapat di sekitar tanaman kentang tidak ikut terbawa ke tempat penyimpanan. Pemanenan dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi kerusakan mekanik pada umbi. Tidak hanya saat pemanenan, ketika pengangkutan dan kegiatan lainnya setelah pasca panen juga harus dilakukan dengan hati-hati sehingga tidak berpotensi menimbulkan luka yang dapat menjadi tempat masuknya bakteri untuk menginfeksi umbi (Soesanto, 2006).

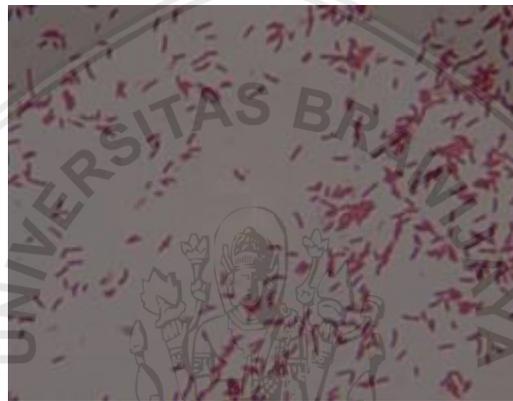
2.3 Kawasan Hutan UB Forest

Wilayah UB Forest terdiri atas hutan konservasi dan hutan produksi. Jenis tanaman pada hutan produksi didominasi oleh pinus. Tanaman bawah tegakan yang diusahakan oleh masyarakat setempat antara lain: kopi, jahe, wortel, sawi dan jenis sayuran lainnya. UB Forest terletak di lereng Gunung Arjuno tepatnya di Dusun Sumbersari, Desa Tawang Argo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, dengan ketinggian 1200 mdpl dan berada di lereng Gunung Arjuno yang memiliki ketinggian 3339 mdpl. Tingkat aksesibilitas ke kawasan UB Forest

cukup mudah karena fasilitas jalannya telah diaspal, dengan jarak tempuh kurang lebih 5,3 km dari jalan raya Karangploso-Kota Batu (Sumarlan, 2017).

2.4 Rizobakteri

Beberapa mikroorganisme rizosfer berperan dalam siklus hara, kualitas tanah, proses pembentukan tanah, memengaruhi aktivitas mikroorganisme, pertumbuhan tanaman, serta sebagai pengendali hayati terhadap penyakit tumbuhan. Rizobakteri adalah kelompok bakteri yang mengkolonisasi akar di daerah rizosfer tanaman. Populasi mikroorganisme di rizosfer biasanya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah bukan rizosfer (Lynch, 1990).

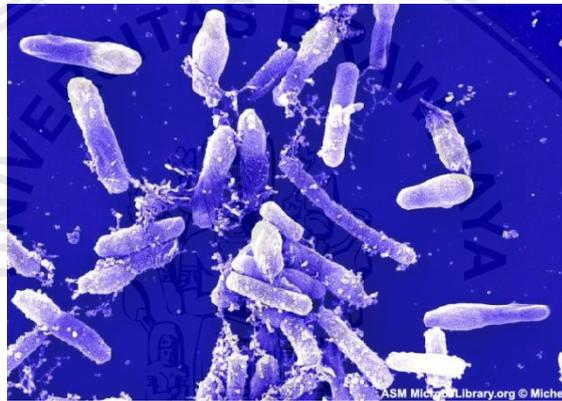


Gambar 3. Kenampakan mikroskopis bakteri rizosfer *Pseudomonas fluorescens* pada mikroskop. (Singh *et al.*, 2016)

Rizobakteri dapat menguntungkan bagi tanaman baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pengaruh langsung rizobakteri berdasarkan kemampuannya untuk menyediakan dan membantu penyerapan berbagai unsur hara di dalam tanah serta menyintesis dan mengubah konsentrasi fitohormon pemacu pertumbuhan tanaman. Sedangkan secara tidak langsung berkaitan dengan kemampuan menekan aktivitas penyakit dengan menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik (Kloepper, 1993). Rizobakteri telah banyak dikembangkan dan dilaporkan efektif untuk mengendalikan penyakit tanaman. Rizobakteri dari kelompok *Pseudomonas fluorescens* yang dikombinasikan *Bacillus licheniformis* dan *Pseudomonas chlororaphis* yang dikombinasikan dengan *Bacillus subtilis* terbukti efektif dalam mengendalikan penyakit *damping-off* pada cabai (Domenech *et al.*, 2006).

2.5 Bakteri Antagonis sebagai Agens Pengendali Hayati

Bakteri antagonis adalah jasad renik yang diperoleh dari alam berupa bakteri yang dapat menekan atau mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Penggunaan bakteri antagonis untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) mempunyai banyak keuntungan antara lain: 1) ramah lingkungan, 2) aman untuk menjaga keberadaan musuh alami bagi OPT tertentu, 3) mencegah terjadinya ledakan OPT sekunder, 4) menghasilkan produk yang bebas residu senyawa kimia sintetis, 5) aman bagi kesehatan manusia, 6) mudah didapatkan, 7) mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida kimia sintetis, dan 8) biaya yang dibutuhkan relatif murah karena aplikasinya dilakukan satu atau dua kali dalam satu musim tanam (Sopialena, 2018).



Gambar 4. Kenampakan Mikroskopis Bakteri *Bacillus* sp. (Kinsella, 2009)

Bakteri antagonis potensial yang cukup banyak digunakan untuk mengendalikan patogen di antaranya adalah beberapa rizobakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. (Kinsella, 2009) dan *Pseudomonas* sp. (Weller *et al.*, 2012). Penggunaan biopestisida yang menggunakan bakteri *P. fluorescens* telah banyak digunakan untuk mengendalikan penyakit. Selain dapat menekan perkembangan populasi dan aktivitas patogen, *P. fluorescens* dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. *Pseudomonas* merupakan salah satu bakteri yang efektif menekan berbagai penyakit tanaman diantaranya rebah semai, busuk lunak, layu bakteri, dan lain-lain pada banyak varietas tanaman (Hasanuddin, 2011).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya mulai bulan Februari sampai dengan Mei 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah timbangan analitik, kompor listrik, autoklaf, pisau, cawan Petri, jarum ose, bunsen, tabung reaksi, pinset, pipet, *blue tip*, *tube eppendorf*, botol media, gelas ukur, jangka sorong digital, kamera, mikropipet, sprayer, cutter, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), gunting, dan spektrofotometer.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri *Erwinia* sp., isolat bakteri rizosfer UB *Forest*, umbi kentang varietas Granola Kembang, Desiree, dan Atlantik, media *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB), bakterisida *Oxymycin* (60% Oksitetrasiklin, 40% Streptomisin sulfat), kertas saring diameter 5 mm, *plastic wrap*, aluminium foil, aquades steril, spiritus, tissue steril, alkohol 70% dan 96% dan kertas label.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian terdiri dari beberapa tahapan: (1) Perbanyak inokulum bakteri patogen dan bakteri rizosfer UB *Forest* (2) Penumbuhan dan uji patogenitas bakteri patogen *Erwinia* sp. (3) Seleksi bakteri rizosfer terhadap patogen *Erwinia* sp. (4) Pengujian antagonis bakteri rizosfer terpilih terhadap patogen *Erwinia* sp. secara *in vitro* (5) Uji antibiosis bakteri antagonis (6) Uji penghambatan perkembangan penyakit busuk lunak oleh bakteri rizosfer pada tiga varietas Umbi Kentang.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Perbanyak Inokulum Patogen *Erwinia* sp. dan Bakteri Rizosfer

Isolat bakteri patogen *Erwinia* sp. dan bakteri rizosfer didapatkan dari koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Terdapat 30 isolat bakteri rizosfer yang digunakan yaitu:

Tabel 1. Bakteri Rizosfer di Kawasan UB *Forest*

Bakteri Rizosfer Lahan Pertanaman Wortel	Kode Isolat	Bakteri Rizosfer Lahan Pertanaman Polikultur Kopi dan Pinus	Kode Isolat
<i>Bacillus</i> sp.	N3	<i>Erwinia</i> sp.	H1
<i>Erwinia</i> sp.	N5	<i>Pseudomonas</i> sp.	H13
<i>Xanthomonas</i> sp.	N7	<i>Erwinia</i> sp.	TH1
<i>Clostridium</i> sp.	N10	<i>Pseudomonas</i> sp.	TH2
<i>Xanthomonas</i> sp.	N11	<i>Pseudomonas</i> sp.	TH6
<i>Pseudomonas</i> sp.	N15	<i>Erwinia</i> sp.	TH7
<i>Erwinia</i> sp.	N16	<i>Clostridium</i> sp.	TH12
<i>Pseudomonas</i> sp.	N17	<i>Clostridium</i> sp.	TH16
<i>Pseudomonas</i> sp.	N19	<i>Erwinia</i> sp.	TH21
<i>Pantoea</i> sp.	N21	<i>Erwinia</i> sp.	TH23
<i>Xanthomonas</i> sp.	N23	<i>Erwinia</i> sp.	TH25
<i>Pseudomonas</i> sp.	N24	<i>Erwinia</i> sp.	TH26
<i>Xanthomonas</i> sp.	N25	<i>Erwinia</i> sp.	TH27
<i>Pantoea</i> sp.	N26	<i>Pantoea</i> sp.	TH31
<i>Erwinia</i> sp.	N27	<i>Pantoea</i> sp.	TH37

Isolat tersebut didapatkan dari rizosfer lahan polikultur pinus dan wortel dan lahan polikultur pinus dan kopi di UB *Forest* (Ariani,2018) dan (Nur,2019). Pemurnian bakteri dilakukan dengan streak koloni bakteri di tiap genusnya pada media *Nutrient Agar* (NA).

3.4.2 Penumbuhan dan Uji Patogenesitas Bakteri *Erwinia* sp.

Bakteri patogen *Erwinia* sp. diperoleh dari koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Isolat bakteri *Erwinia* sp. ditumbuhkan pada media NA dengan cara streak *quadrant* dan diinkubasi suhu ruang selama 24 jam. Proses peremajaan dan perbanyakan juga dilakukan dengan menggunakan media NA dan diinkubasi dengan suhu ruang selama 24 jam.

Isolat bakteri *Erwinia* sp. diujikan patogenesitasnya untuk mengetahui kemampuannya dalam menyebabkan penyakit busuk lunak pada umbi kentang. Pengujian patogenesitas bakteri *Erwinia* sp. dilakukan berdasarkan metode yang telah dilakukan Haque *et al.* (2009), permukaan umbi kentang disterilisasi dengan perendaman dalam sodium hipoklorit 1% selama 10 menit, lalu alkohol 70%, kemudian dicuci dengan aquades steril sebanyak tiga kali dan dikeringanginkan. Kemudian kentang dilubangi menggunakan ujung tip mikropipet steril,

selanjutnya diinokulasikan suspensi bakteri patogen *Erwinia sp.* pada konsentrasi 10^9 cfu/ml sebanyak 1 ml. Untuk perlakuan kontrol, umbi kentang diinokulasikan aquades steril. Kemudian umbi kentang diinkubasi dalam wadah lembab pada suhu kamar selama tujuh hari.

3.4.3 Seleksi Bakteri Rizosfer UB *Forest* terhadap Patogen *Erwinia sp.*

Seleksi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode Pengkabutan (*Spray*) menurut Kawaguchi *et al.* (2008). Bakteri rizosfer diinkubasi selama 24 jam, kemudian bakteri diambil dengan jarum ose lalu dibuat suspensi dalam aquades steril sebanyak 1 ml di dalam *tube eppendorf*. Kemudian disiapkan kertas saring steril dengan diameter 5 mm dan dimasukkan ke dalam suspensi selama ± 1 menit dan ditiriskan selama tiga jam. Selanjutnya kertas saring ditanam di media NA dan diinkubasi selama 24 jam, kemudian bakteri antagonis dimatikan dengan pemberian uap kloroform dengan menambahkan kloroform ditutup cawan Petri dalam keadaan terbalik selama 1 jam. Setelah menguap, biakan disemprot dengan suspensi bakteri patogen *Erwinia sp.* pada kerapatan 10^9 cfu/ml. Hasil perlakuan diamati selama 24 jam dan daerah hambatan (zona hambat) yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong dan didokumentasikan. Isolat bakteri antagonis yang memiliki daya penghambatan empat tertinggi terhadap bakteri patogen *Erwinia sp.* kemudian dipilih dan digunakan untuk pengujian selanjutnya.

3.4.4 Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer di UB *Forest* terhadap Patogen *Erwinia sp.* secara *in vitro*

Uji antagonis dilakukan menurut Kawaguchi *et al.* (2008). Bakteri rizosfer UB *Forest* yang terpilih diinkubasi selama 24 jam kemudian diambil dengan jarum ose lalu dibuat suspensi dalam aquades steril 1 ml di dalam *tube eppendorf*. Kemudian disiapkan kertas saring steril dengan diameter 5 mm dimasukkan ke dalam suspensi selama ± 1 menit dan ditiriskan selama tiga jam. Selanjutnya kertas saring ditanam di media NA dan diinkubasi selama 24 jam, kemudian bakteri antagonis dimatikan dengan pemberian uap kloroform dengan menambahkan kloroform ditutup cawan Petri dalam keadaan terbalik selama 1 jam. Setelah menguap, biakan disemprot dengan suspensi bakteri patogen *Erwinia*

sp. pada kerapatan 10^9 cfu/ml. Hasil perlakuan diamati selama 24 - 72 jam kemudian zona hambatan yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong lalu didokumentasikan.

Pengujian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Seluruh perlakuan diinkubasi selama 24 jam dan daerah zona hambat yang terbentuk diukur. Perlakuan yang diberikan yaitu:

1. Isolat bakteri rizosfer kode N3 dan *Erwinia sp.*
2. Isolat bakteri rizosfer kode N10 dan *Erwinia sp.*
3. Isolat bakteri rizosfer kode N17 dan *Erwinia sp.*
4. Isolat bakteri rizosfer kode N19 dan *Erwinia sp.*
5. Kontrol (Bakterisida dan *Erwinia sp.*)

3.4.5 Uji Antibiosis Bakteri Antagonis

Uji antibiosis digunakan untuk mengetahui mekanisme antagonis yang terbentuk, apakah termasuk ke dalam bakteriostatik atau bakterisida dengan menggunakan metode menurut Djatmiko *et al.* (2007) yang telah dimodifikasi. Mekanisme bakteriostatik atau bakterisidal dideteksi dengan cara bagian zona hambatan di sekitar kertas saring diambil secukupnya dengan menggunakan jarum ose kemudian ditumbuhkan pada media NA yang baru. Apabila bakteri dapat tumbuh pada media baru maka tipe antibiosisnya bakteriostatik, sedangkan apabila isolat bakteri antagonis tidak dapat tumbuh pada media, maka tipe antibiosisnya adalah bakterisida.

3.4.6 Uji Penghambatan Perkembangan Penyakit Busuk Lunak *Erwinia sp.*

oleh Bakteri Antagonis Rizosfer pada Berbagai Varietas Umbi Kentang

Uji penghambatan penyakit busuk lunak dilakukan menurut metode Haque *et al.* (2009). Permukaan umbi kentang disterilisasi dengan direndam sodium hipoklorit 1% selama 10 menit, lalu alkohol 70% kemudian dicuci dengan aquades steril tiga kali dan dikeringanginkan. Setelah itu umbi kentang dilukai dengan ujung mikrotip dan diinokulasikan dengan suspensi bakteri rizosfer sebanyak 50 μ l dan didiamkan selama dua jam hingga kering. Kemudian pada luka yang sama diinokulasikan suspensi bakteri patogen *Erwinia sp.* pada kerapatan 10^9 cfu/ml sebanyak 50 μ l. Setelah diinokulasi, umbi kentang kemudian

diinkubasi dalam wadah lembab dengan suhu kamar selama tujuh hari. Berat umbi kentang ditimbang sebelum dan sesudah inokulasi. Massa busuk lunak yang dihasilkan setiap perlakuan diambil dan ditimbang menggunakan timbangan analitik. Uji penghambatan perkembangan penyakit busuk lunak *Erwinia sp.* oleh bakteri antagonis rizosfer pada umbi kentang menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan dua faktor dan empat ulangan, faktor pertama dengan 7 taraf perlakuan dan faktor kedua adalah varietas dengan 3 taraf perlakuan.

Tabel 2. Kode Unit Percobaan

Perlakuan	Varietas Kentang		
	Granola Kembang (V1)	Desiree (V2)	Atlantik (V3)
B1	V1B1	V2B1	V3B1
B2	V1B2	V2B2	V3B2
B3	V1B3	V2B3	V3B3
B4	V1B4	V2B4	V3B4
B5	V1B5	V2B5	V3B5
B6	V1B6	V2B6	V3B6

Keterangan :

Faktor 1, jenis perlakuan (A) antara lain adalah:

1. B1 = Isolat bakteri rizosfer N3 dan *Erwinia sp.*
2. B2 = Isolat bakteri rizosfer N10 dan *Erwinia sp.*
3. B3 = Isolat bakteri rizosfer N17 dan *Erwinia sp.*
4. B4 = Isolat bakteri rizosfer N19 dan *Erwinia sp.*
5. B5 = Bakterisida dan *Erwinia sp.*
6. B6 = Aquades steril dan *Erwinia sp.*

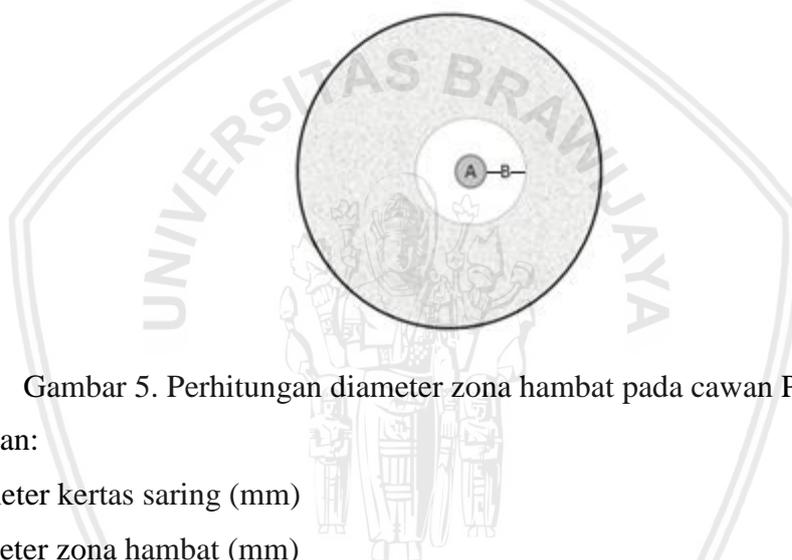
Faktor 2 adalah jenis varietas kentang (B) antara lain adalah:

1. V1 = Kentang Varietas Granola Kembang
2. V2 = Kentang Varietas Desiree
3. V3 = Kentang Varietas Atlantik

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Diameter Penghambatan Bakteri Antagonis terhadap Patogen *Erwinia* sp.

Pembentukan zona hambat yang dihasilkan oleh isolat bakteri rizosfer bersifat antagonis terhadap *Erwinia* sp. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong. Zona hambat yang terbentuk diukur secara vertikal dan horizontal kemudian dirata-rata. Data diameter digunakan untuk menunjukkan kemampuan atau daya hambat bakteri rizosfer bersifat antagonis terhadap *Erwinia* sp. Diameter penghambatan dihitung menurut Hudzicki (2012), yaitu diameter zona hambat dikurangi dengan diameter kertas saring (Gambar 3).



Gambar 5. Perhitungan diameter zona hambat pada cawan Petri

Keterangan:

A : Diameter kertas saring (mm)

B : Diameter zona hambat (mm)

Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur diameter penghambatan yang terbentuk menggunakan jangka sorong dan hasilnya dimasukkan kedalam kategori zona hambat. Menurut Davis dan Stout (1971) dalam Ardiansyah (2005), kategori zona hambat dibagi menjadi empat (Tabel 3).

Tabel 3. Kategori Diameter Zona Hambat

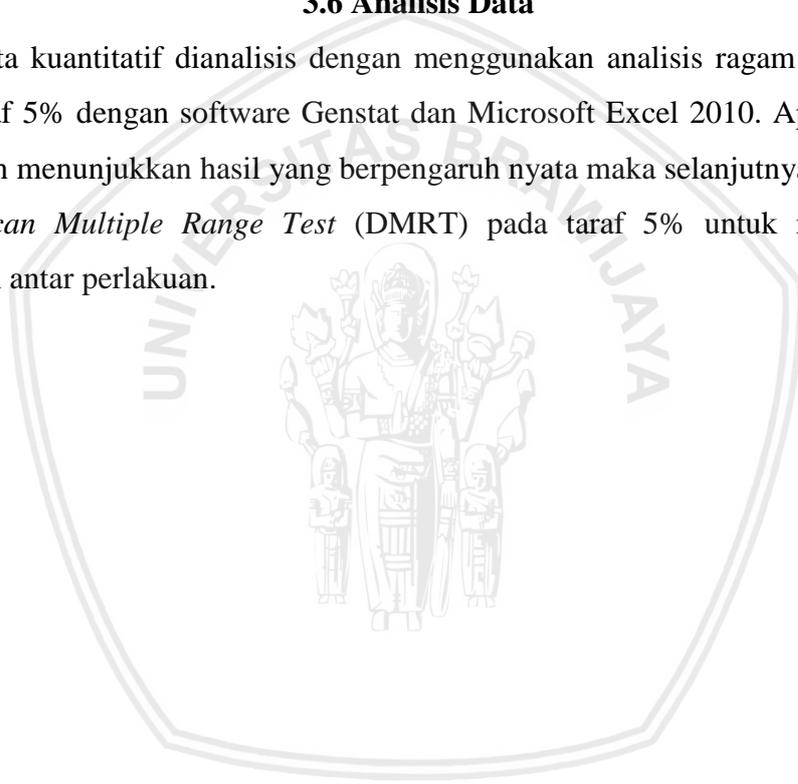
Diameter	Kekuatan Daya Hambat
≤ 5 mm	Lemah
5-10 mm	Sedang
10-19 mm	Kuat
≥ 20	Sangat Kuat

3.5.2 Massa Busuk Lunak pada Jaringan Umbi Kentang

Berat umbi kentang ditimbang sebelum dan sesudah inokulasi bakteri antagonis terhadap *Erwinia* sp. Pengamatan penghambatan pada umbi kentang oleh bakteri rizosfer tanaman bersifat antagonis terhadap patogen *Erwinia* sp. penyebab penyakit busuk lunak dilakukan dengan menghitung massa busuk lunak pada jaringan umbi kentang. Kentang diiris menjadi dua bagian lalu jaringan busuk yang dihasilkan oleh isolat setiap perlakuan diambil dan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik (Haque *et al.*, 2009).

3.6 Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% dengan software Genstat dan Microsoft Excel 2010. Apabila hasil pengujian menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata maka selanjutnya dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Patogenesitas *Erwinia* sp. pada Umbi Kentang

Patogenesitas bakteri adalah kemampuan suatu bakteri dalam menyebabkan penyakit. Menurut Russo *et al.* (2006), patogenesitas setiap patogen berkaitan dengan kemampuannya dalam memproduksi enzim, toksin, dan dalam mempengaruhi sistem kekebalan inangnya.



Gambar 6. Hasil uji busuk lunak patogen *Erwinia* sp pada umbi kentang tujuh hari setelah inokulasi. (a) perlakuan kontrol dengan inokulasi aquades steril; (b) perlakuan dengan inokulasi bakteri patogen *Erwinia* sp.

Bakteri patogen *Erwinia* sp. diperoleh dari koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Isolat yang digunakan pada pengujian patogenesitas bakteri *Erwinia* sp. terhadap umbi kentang pada tujuh hari setelah inokulasi memperlihatkan gejala busuk lunak, muncul lendir pada bagian yang terserang, warna umbi menjadi coklat kehitaman serta mengeluarkan bau tidak sedap saat gejala meluas (Gambar 6). Menurut Sinaga (2006), gejala busuk yang dihasilkan berupa hancurnya jaringan tumbuhan, umbi menjadi lunak, dan gejalanya cepat meluas. Patogen penyebab busuk lunak menyerang jaringan parenkim dan menghancurkan jaringan tengah kemudian diikuti oleh kematian sel. Hal ini juga sesuai menurut Hakim (2010), penyakit busuk lunak memiliki gejala serangan ditandai dengan munculnya bintik-bintik berwarna kuning kecoklatan. Bercak-bercak kecil berair tersebut kemudian berkembang luas menjadi coklat dan mengeluarkan bau busuk.

4.2 Seleksi Bakteri Rizosfer di UB Forest terhadap Patogen *Erwinia* sp.

Seleksi dilakukan dengan menguji antagonis bakteri rizosfer UB Forest terhadap patogen *Erwinia* sp. pada cawan Petri. Berdasarkan hasil seleksi dari 30

isolat bakteri rizosfer, diperoleh 14 isolat bakteri yang bersifat antagonis terhadap patogen *Erwinia sp* yaitu N3, N5, N10, N11, N17, N19, N21, N23, N24, N25, N26, N27, dan TH37 (Tabel 4). Zona hambat yang terbentuk antara koloni bakteri rizosfer dan patogen *Erwinia sp*. menandakan bakteri rizosfer tersebut bersifat antagonis.

Tabel 4. Diameter penghambatan 30 isolat bakteri rizosfer di UB *Forest* terhadap patogen *Erwinia sp*.

Kode Isolat	Diameter (mm)	Kategori Zona Hambat	Kode Isolat	Diameter (mm)	Kategori Zona Hambat
N3*	9,2	Sedang	H1	0	Lemah
N5	5,0	Lemah	H13	0	Lemah
N7	5,0	Lemah	TH1	0	Lemah
N10*	8,8	Sedang	TH2	0	Lemah
N11	3,5	Lemah	TH6	0	Lemah
N15	0	Lemah	TH7	0	Lemah
N16	0	Lemah	TH12	0	Lemah
N17*	9,4	Sedang	TH16	0	Lemah
N19*	10,5	Kuat	TH21	0	Lemah
N21	3,0	Lemah	TH23	0	Lemah
N23	2,0	Lemah	TH25	0	Lemah
N24	1,5	Lemah	TH26	0	Lemah
N25	3,0	Lemah	TH27	0	Lemah
N26	3,0	Lemah	TH31	0	Lemah
N27	5,0	Lemah	TH37	1,0	Lemah

Keterangan : Tanda bintang (*) menunjukkan isolat bakteri yang terpilih untuk diuji lanjut. Kategori zona hambat ≤ 5 mm (Lemah); 5-10mm (Sedang); 10-19 mm (Kuat), ≥ 20 mm (Sangat Kuat) (Ardiansyah, 2005)

Daya hambat bakteri antagonis diketahui dengan menghitung diameter penghambatan terhadap patogen *Erwinia sp*. Isolat bakteri rizosfer yang bersifat antagonis dipilih empat isolat yang mempunyai zona hambat tertinggi. Isolat bakteri empat tertinggi yaitu isolat N3 (*Bacillus sp.*), N10 (*Clostridium sp.*), N17 (*Pseudomonas sp.*) dan N19 (*Pseudomonas sp.*). Kemampuan daya hambat dari isolat *Bacillus sp.* (N3), *Clostridium* (N10) dan *Pseudomonas sp.* (N17) dianggap memiliki aktivitas daya hambat sedang karena zona hambat yang dihasilkan 5-10 mm, sedangkan isolat *Pseudomonas sp.* (N19) dikategorikan memiliki daya penghambatan kuat karena zona hambat yang dihasilkan lebih dari 10 mm.

Masing-masing isolat bakteri memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam penghambatan terhadap pertumbuhan *Erwinia* sp. Perbedaan kemampuan tersebut dapat disebabkan perbedaan aktivitas kandungan senyawa antibakteri (Abubakar *et al.*, 2011). Selain itu, menurut Nion dan Toyota (2008), perbedaan kemampuan mikroba dapat disebabkan oleh pengaruh struktur tanah, kesuburan tanah, kelembaban dan ketersediaan nutrisi dalam tanah. Tanah yang sehat bukan hanya subur dan banyak mengandung bahan yang menunjang kesehatan tanaman, tetapi juga mampu menyediakan lingkungan yang cocok bagi mikroba tanah, sehingga dapat terlindungi dari patogen.

4.3 Penghambatan Pertumbuhan Bakteri Patogen *Erwinia* sp. oleh Bakteri Rizosfer UB *Forest* secara *in vitro*

Empat isolat bakteri antagonis terpilih yaitu *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N17), dan *Pseudomonas* sp. (N19) mampu menghasilkan zona hambat pada media NA ketika diuji dengan patogen *Erwinia* sp. (Tabel 5).

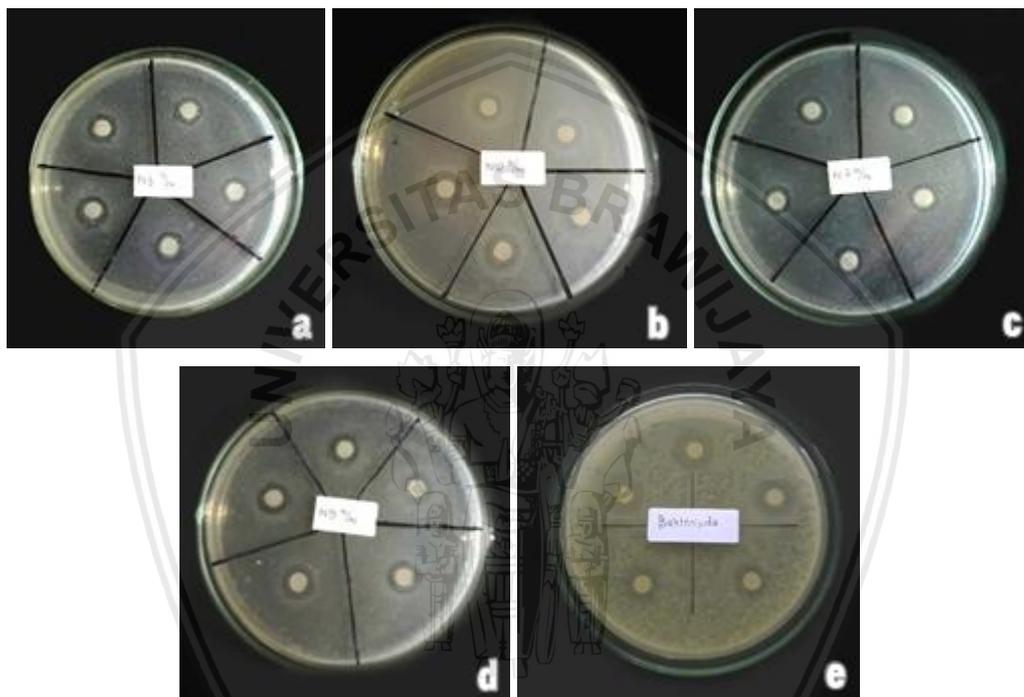
Tabel 5. Hasil uji penghambatan pertumbuhan *Erwinia* sp. oleh bakteri antagonis di UB *Forest* pada Cawan Petri

Perlakuan	Diameter Penghambatan (mm)		
	Hari ke-1 ± SD	Hari ke-2 ± SD	Hari ke-3 ± SD
<i>Bacillus</i> sp. (N3)	9.55 ± 0.06b	9.27 ± 0.04ab	9.18 ± 0.05b
<i>Clostridium</i> sp. (N10)	9.00 ± 0.05a	8.90 ± 0.05a	8.82 ± 0.09a
<i>Pseudomonas</i> sp. (N17)	9.74 ± 0.04b	9.53 ± 0.08b	9.39 ± 0.07b
<i>Pseudomonas</i> sp. (N19)	10.87 ± 0.08c	10.69 ± 0.08c	10.62 ± 0.07c
Bakterisida (Kontrol)	12.13 ± 0.74d	11.91 ± 0.76d	11.55 ± 0.60d

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%; SD = Standar Deviasi

Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui perlakuan isolat bakteri rizosfer menunjukkan diameter penghambatan yang berpengaruh nyata pada uji penghambatan pertumbuhan *Erwinia* sp (Tabel Lampiran 1). Perubahan diameter penghambatan pertumbuhan *Erwinia* sp. oleh bakteri antagonis pada hari ke-1, hari ke-2 dan hari ke-3 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, diameter

penghambatannya cenderung tetap. Adanya zona hambat dari hasil uji menunjukkan empat isolat bakteri rizosfer memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Erwinia* sp. dengan mekanisme antibiosis yaitu dengan cara memproduksi senyawa antibiotik. Menurut Ajizah (2004), jenis antibiotik yang dihasilkan menentukan kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Dalam penelitian ini, aktivitas bakteri rizosfer diduga mengandung senyawa-senyawa bermanfaat yang dihasilkan oleh bakteri antagonis.



Gambar 7. Zona hambat yang dihasilkan isolat bakteri rizosfer dalam menghambat *Erwinia* sp. 72 jam setelah inokulasi. (a) isolat N3; (b) isolat N10; (c) isolat N17; (d) isolat N19; (e) Kontrol Bakterisida

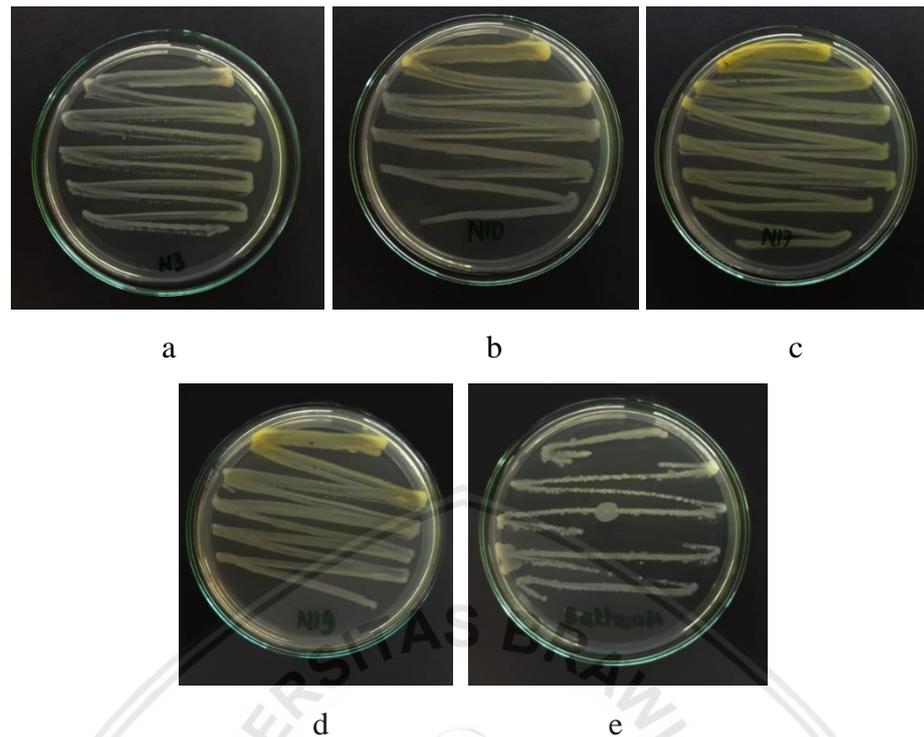
Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan isolat bakteri *Clostridium* (N10) merupakan isolat dengan diameter zona hambat terendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Isolat *Pseudomonas* sp. (N19) memiliki zona hambat lebih tinggi dibandingkan dengan isolat *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* (N10) dan *Pseudomonas* sp. (N17). Isolat *Pseudomonas* sp. (N19) memiliki diameter penghambatan tertinggi diantara isolat bakteri yang lain, namun isolat tersebut tidak lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol bakterisida. Menurut Lang dan Wagner (1993), beberapa jenis bakteri *Pseudomonas* sp. mampu menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pembentukan protoplasma bakteri

lainnya. *Pseudomonas* sp. merupakan salah satu bakteri yang digunakan dalam pengendalian penyakit tanaman. Bakteri ini mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder diantaranya senyawa alkaloida, fenol, flavonoida, glikosida, fitoaleksin, dan sebagainya. Metabolit sekunder tersebut bersifat toksin yang dapat menghambat pertumbuhan patogen, dan dapat berpengaruh terhadap ketahanan tanaman (Vallad dan Goodman, 2004).

Liu *et al.* (2009) juga menyatakan aktivitas antagonis *Bacillus* terjadi melalui beberapa mekanisme antara lain yaitu produksi senyawa anti mikroba. Spesies bakteri *Bacillus subtilis* mampu menghasilkan enzim protease dan kitinase yang berperan sebagai enzim pengurai dinding sel patogen (Khaeruni *et al.*, 2010). Sedangkan bakteri *Clostridium* sp. umumnya diketahui berperan sebagai bakteri dekomposer. Menurut Nurfitriani dan Handayanto (2017), *Clostridium* termasuk bakteri selulolitik. Penggunaan bakteri selulolitik sebagai bioaktivator dapat digunakan untuk mempersingkat waktu dekomposisi. Sementara itu, bakterisida sebagai kontrol mengandung bahan aktif streptomycin sulfat dan oksitetrasiklin. Oksitetrasiklin dan streptomisin adalah antibiotik yang dihasilkan alamiah dari spesies *Streptomyces*. Oksitetrasiklin digunakan untuk mengendalikan bakteri dan mikroplasma. Streptomisin merupakan bakterisida dan penggunaannya dapat bersifat fitotoksik terhadap tanaman (Manus dan Stockwell, 2001).

4.4 Antibiosis Bakteri Antagonis

Empat isolat bakteri antagonis terpilih yaitu isolat bakteri *Bacillus* (N3), *Clostridium* (N10), *Pseudomonas* sp. (N17) dan *Pseudomonas* (N19) dan perlakuan kontrol menghasilkan zona penghambatan pada media NA ketika diuji dengan bakteri patogen *Erwinia* sp. Uji antibiosis dilakukan untuk mengetahui mekanisme antagonis yang terbentuk pada zona penghambatan oleh bakteri antagonis. Berdasarkan toksisitasnya, mekanisme antibiotik dibagi dalam dua kelompok, yaitu antibiotik dengan aktivitas bakterostatik yang bersifat menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas bakterisida yang bersifat membunuh mikroba lain (Suwandi, 1992).



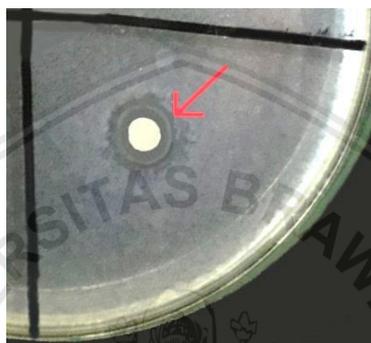
Gambar 8. Uji penumbuhan zona hambat bakteri antagonis hari ke-3 pada media NA (a) isolat N3; (b) isolat N10; (c) isolat N17; (d) isolat N19; (e) Kontrol Bakterisida

Aktivitas bakteriostatik atau bakterisidal dideteksi dengan cara bagian zona hambatan di sekitar kertas saring diambil secukupnya dengan menggunakan jarum ose kemudian ditumbuhkan pada media NA yang baru. Apabila bakteri dapat tumbuh pada media baru maka tipe antibiosisnya bakteriostatik, sedangkan apabila tidak dapat tumbuh pada media, maka tipe antibiosisnya adalah bakterisida. Berdasarkan hasil penumbuhan zona hambat bakteri antagonis pada media NA, menunjukkan bahwa semua isolat bakteri antagonis dapat tumbuh pada media baru (Gambar 8). Hal ini menunjukkan isolat bakteri antagonis *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N17), *Pseudomonas* sp. (N19), dan kontrol bakterisida memiliki sifat bakteriostatik.

Tabel 6. Mekanisme Penghambatan oleh Bakteri Antagonis

Jenis Isolat	Mekanisme Penghambatan
<i>Bacillus</i> sp. (N3)	Bakteriostatik
<i>Clostridium</i> sp. (N10)	Bakteriostatik
<i>Pseudomonas</i> sp. (N17)	Bakteriostatik
<i>Pseudomonas</i> sp. (N19)	Bakteriostatik
Bakterisida (Kontrol)	Bakteriostatik

Aktivitas mekanisme antibiosis bakteri antagonis juga dapat dilihat dari hasil uji penghambatan *Erwinia* sp. secara *in vitro*. Zona hambat seluruh isolat bakteri antagonis yang terbentuk disekeliling kertas cakram terlihat keruh, salah satunya bakteri *Bacillus* sp. (N3) (Gambar 9). Menurut Akhdiya dan Susilowati (2008), zona hambat yang jernih dapat disebabkan oleh produksi antibakteri yang bersifat bakterisida (membunuh bakteri uji), sedangkan zona hambat yang keruh disebabkan antibakteri yang dihasilkan bersifat bakteriostatik (hanya menghambat perkembangbiakan bakteri uji).



Gambar 9. Isolat bakteri antagonis (N3) pada hari ke-3 memiliki zona hambat yang keruh

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa semua isolat bakteri antagonis bersifat bakteriostatik dan hanya dapat menghambat pertumbuhan patogen *Erwinia* sp. Perlakuan kontrol bakterisida tipe antibiosisnya juga termasuk bakteriostatik. Hal tersebut diduga karena antibiotik yang terkandung pada bakterisida, yaitu oksitetrasiklin dan streptomisin sulfat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Manus dan Jones (1994), oksitetrasiklin merupakan kelompok antibiotik bersifat bakteriostatik, tidak membunuh bakteri patogen yang ada dalam populasi. Antibiotika ini bekerja dengan menghambat perkembang biakan sel-sel bakteri dengan menghambat sintesa protein. Meskipun kalsium oksitetrasiklin berpotensi toksik bagi mikroorganisme dalam tanah, oksitetrasiklin juga dihasilkan secara alamiah oleh bakteri tanah. Oleh karena itu *Environmental Protection Agency* (EPA) mengklasifikasikan oksitetrasiklin termasuk dalam kategori 4 yang menunjukkan toksisitas akut dengan tingkat paling rendah (Stockwell dan Duffy, 2012). Sementara itu, streptomisin sulfat bersifat bakterisida, bekerja dengan mengikat secara *irreversibel* dan menghambat sintesa

protein. Pada kadar tinggi, streptomisin dapat bersifat fitotoksik pada tanaman (Manus dan Jones, 1994).

4.5 Persentase Penurunan Berat Umbi dan Penghambatan Perkembangan Penyakit Busuk Lunak *Erwinia* sp. pada Tiga Varietas Umbi Kentang

Kemampuan penekanan perkembangan penyakit busuk lunak oleh isolat bakteri antagonis pada umbi kentang diketahui dengan mengukur massa busuk lunak yang dihasilkan umbi kentang dan mengamati penurunan berat umbi kentang serta perkembangan gejala busuk lunak *Erwinia* sp. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, interaksi perlakuan jenis isolat dan jenis varietas berpengaruh nyata terhadap massa busuk lunak.

Tabel 7. Pengaruh jenis isolat dan jenis varietas terhadap rerata massa busuk lunak dan persentase penurunan berat umbi kentang pada 7 HSI

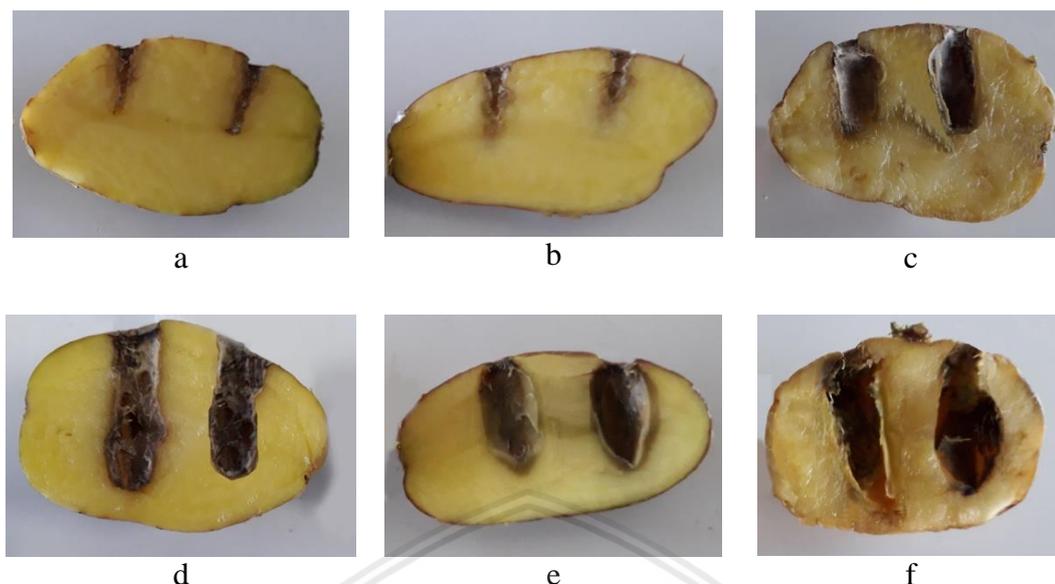
Perlakuan	Massa Busuk Lunak (gram) \pm SD	Penurunan Berat Umbi(%)
V1B1 (Granola K. - <i>Bacillus</i> sp. N3)	0,80 \pm 0.08 de	3%
V1B2 (Granola K. - <i>Clostridium</i> sp. N10)	0,85 \pm 0.10 de	3%
V1B3 (Granola K. - <i>Pseudomonas</i> sp. N17)	1,05 \pm 0.06 f	3%
V1B4 (Granola K. - <i>Pseudomonas</i> sp. N19)	0,75 \pm 0.06 de	3%
V1B5 (Granola K. - Kontrol (+) Bakterisida)	0,35 \pm 0.06 b	3%
V1B6 (Granola K. - Kontrol (-) Aquades)	2,30 \pm 0.06 i	4%
V2B1 (Desiree - <i>Bacillus</i> sp. N3)	0,73 \pm 0.12 d	3%
V2B2 (Desiree - <i>Clostridium</i> sp. N10)	0,75 \pm 0.10 de	3%
V2B3 (Desiree - <i>Pseudomonas</i> sp. N17)	0,88 \pm 0.05 e	3%
V2B4 (Desiree - <i>Pseudomonas</i> sp. N19)	0,58 \pm 0.05 c	3%
V2B5 (Desiree - Kontrol (+) Bakterisida)	0,23 \pm 0.05 a	3%
V2B6 (Desiree - Kontrol (-) Aquades)	1,03 \pm 0.10 f	3%
V3B1 (Atlantik - <i>Bacillus</i> sp. N3)	1,35 \pm 0.10 g	4%
V3B2 (Atlantik - <i>Clostridium</i> sp. N10)	2,05 \pm 0.06 h	5%
V3B3 (Atlantik - <i>Pseudomonas</i> sp. N17)	2,15 \pm 0.06 h	4%
V3B4 (Atlantik - <i>Pseudomonas</i> sp. N19)	1,30 \pm 0.12 g	4%
V3B5 (Atlantik - Kontrol (+) Bakterisida)	0,85 \pm 0.06 de	4%
V3B6 (Atlantik - Kontrol (-) Aquades)	3,45 \pm 0.17 j	6%

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%; SD: Standar Deviasi

Pada pengamatan pengaruh jenis isolat dan jenis varietas, hasil analisis ragam menunjukkan interaksi jenis isolat dan varietas berpengaruh nyata terhadap massa busuk lunak umbi kentang (Tabel Lampiran 4). Tabel 7 menunjukkan

interaksi varietas dan isolat bakteri antagonis yang menghasilkan massa busuk lunak terendah terdapat pada perlakuan V2B4 yaitu isolat bakteri antagonis *Pseudomonas* sp. N19 pada varietas Desiree yang menghasilkan massa busuk lunak 0,58 gram, dimana perlakuan tersebut massa busuk lunaknya berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan isolat bakteri antagonis yang lain, namun rerata massa busuk lunak tersebut masih lebih tinggi apabila dibandingkan perlakuan kontrol positif bakterisida pada varietas Desiree (V2B5) yaitu 0,23 gram dan perlakuan kontrol positif bakterisida pada Varietas Granola (V1B5) yaitu 0,35 gram. Rerata massa busuk lunak yang tertinggi terdapat pada perlakuan isolat bakteri *Clostridium* sp. N10 pada varietas Atlantik (V3B2) yaitu 2,05 gram dan perlakuan isolat bakteri *Pseudomonas* sp. N17 pada varietas Atlantik (V3B3) yaitu 2,15 gram, namun massa busuk lunak tersebut masih lebih rendah apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif aquades steril pada varietas Atlantik (V3B6) yang menghasilkan massa busuk lunak 3,45 gram. Berdasarkan hasil tersebut, umbi kentang varietas Desiree yang dikombinasikan dengan pengendalian menggunakan isolat bakteri antagonis *Pseudomonas* sp. (N19) dapat berpotensi untuk menghasilkan kualitas umbi kentang lebih baik dan lebih tahan terhadap serangan patogen penyebab busuk lunak *Erwinia* sp. dan bisa dimanfaatkan sebagai pengendalian alternatif yang ramah lingkungan. Menurut Mynt *et al.* (1986), integrasi varietas tahan dengan komponen pengendalian seperti penggunaan agens hayati mampu menekan kehilangan hasil. Menurut Semangun (2009), jika suatu kultivar mempunyai ketahanan lebih tinggi daripada kultivar yang lain maka ini berarti bahwa suatu kultivar tumbuhan disebut tahan terhadap serangan patogen tertentu, sedangkan kultivar lainnya dikatakan rentan.

Selain itu, menurut Handayani *et al.* (2015), perbedaan intensitas serangan penyakit busuk antarklon kentang yang diuji dalam penelitiannya mengindikasikan bahwa genetik berperan dalam ketahanan terhadap penyakit busuk pada kentang. Gen ketahanan dapat membangun sistem ketahanan baik secara vertikal maupun horizontal. Saldana (2011) menyebutkan bahwa ketahanan vertikal dikendalikan oleh gen tunggal diekspresikan dengan reaksi hipersensitif, sedangkan ketahanan horizontal melibatkan gen-gen pertahanan dan gen-gen pelindung.



Gambar 10. Massa busuk lunak umbi kentang (a) perlakuan isolat N19 pada varietas Granola (b) perlakuan isolat N19 pada varietas Desiree (c) perlakuan isolat N19 pada varietas Atlantik (d) perlakuan kontrol negatif aquades pada varietas Granola (e) perlakuan kontrol negatif aquades pada varietas Desiree (f) perlakuan kontrol negatif aquades pada varietas Atlantik

Perbedaan kemampuan isolat bakteri antagonis dalam menghambat perkembangan busuk lunak dengan jenis genus yang sama yaitu *Pseudomonas* sp. (N19) dan *Pseudomonas* sp. (N17) diduga karena perbedaan jenis spesies bakteri pada genus tersebut. Hal ini didukung oleh penelitian Wardlaw (1961), beberapa jenis *Pseudomonas* seperti *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas striata*, dan *Pseudomonas cepacia* memiliki kemampuan antagonis terhadap pertumbuhan mikroba lainnya. Isolat bakteri tersebut menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan patogen uji yang menunjukkan potensinya sebagai agens biokontrol patogen tersebut. Namun pada pengujian tersebut, *P. putida* kurang memperlihatkan kemampuan menghambat patogen.

Sementara itu, persentase penurunan berat umbi terendah terdapat pada seluruh perlakuan isolat bakteri antagonis pada varietas Granola dan varietas Desiree dengan persentase 3%. Sedangkan persentase penurunan berat umbi tertinggi terdapat pada perlakuan *Clostridium* sp. pada varietas Atlantik (V3B2) yaitu 5%, namun perlakuan V3B2 masih lebih rendah apabila dibandingkan perlakuan kontrol negatif aquades steril dengan varietas Atlantik (V3B6) yaitu 6%. Penurunan berat umbi kentang diduga karena pengaruh perlakuan massa

busuk lunak yang berlangsung selama tujuh hari. Hal ini sesuai menurut Asgar dan Rahayu (2014), semakin lama umbi disimpan maka semakin besar penyusutan bobotnya. Hal ini disebabkan oleh kadar gula reduksi yang terakumulasi selama penyimpanan dirombak menjadi pati dan terjadi peningkatan proses respirasi dan transpirasi sehingga umbi kentang melepaskan air dan karbon dioksida ke udara dalam ruangan. Hal ini juga menyebabkan busuk lunak yang dihasilkan umbi kentang mempengaruhi berat umbi menjadi semakin berkurang.



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil seleksi 30 isolat bakteri, terdapat 14 isolat bakteri rizosfer UB *Forest* yang bersifat antagonis terhadap patogen *Erwinia* sp. dan empat isolat memiliki diameter penghambatan tertinggi yaitu isolat *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N17) dan *Pseudomonas* sp. (N19).
2. Empat isolat bakteri antagonis dengan penghambatan tertinggi mekanisme antibiosisnya bersifat bakteriostatik dan hanya dapat menghambat pertumbuhan patogen *Erwinia* sp.
3. Isolat bakteri *Pseudomonas* sp. (N19) mampu menghambat pertumbuhan patogen *Erwinia* sp. dengan kemampuan lebih baik dari isolat lain namun kemampuan menghambatnya masih lebih rendah daripada bakterisida.
4. Kombinasi dari perlakuan isolat bakteri antagonis *Pseudomonas* sp. (N19) pada varietas Desiree memiliki kemampuan menghambat patogen paling baik dan menghasilkan massa busuk lunak yang lebih rendah daripada perlakuan yang lain.

5.2 Saran

Pengujian kemampuan penghambatan oleh bakteri antagonis belum efektif apabila dibandingkan dengan bakterisida. Saran dari penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai konsorsium bakteri antagonis untuk mengetahui potensinya dalam menghambat patogen *Erwinia* sp. serta identifikasi lanjut isolat hasil seleksi yang bersifat antagonis hingga tingkat spesies.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, H., Wahyudi, A.T., Yuhana, M. 2011. Skrining Bakteri yang Berasosiasi dengan *Jaspis* sp. Sebagai Penghasil Senyawa Antimikroba. *Jurnal Ilmu Kelautan IPB*. Vol. 16 (1): 35-40.
- Addy, H. S. 2007. Pengaruh Sumber Mineral terhadap Penekanan *Erwinia carotovora* oleh *Pseudomonas fluorescens* secara *in-vitro*. *Jurnal HPT Tropika*. Vol. 7. (2): 117-124.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. New York. p 922.
- Ajizah, A. 2004. Sensitivitas *Salmonella typhimurium* terhadap Ekstrak Daun *Psidium guajava* . *Jurnal Bioscientiae*. Vol. 1(1):31-38.
- Akhdiya, A., Susilowati, D. N. 2008. Aktivitas Penghambatan Bakteriosin dari Aktinomiset terhadap Bakteri Patogen Tanaman Pangan dan Patogen Tular Makanan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. Vol. 27(1): 55-60.
- Ardiansyah, 2005. Daun Beluntas Sebagai Bahan Antibakteri dan Antioksidan. <http://www.beritaiptek.com/berita-beritaiptek-2005-05-31-Daun-Beluntas-Sebagai-Bahan-Antibakteri-dan-Antioksidan.html>. (diakses 12 Mei 2019).
- Ariani, N. 2018. Kelimpahan Bakteri Rizosfer Pada Pertanaman Polikultur Kopi Dan Pinus Dengan Penggunaan Herbisida dan Tanpa Herbisida di Hutan Pendidikan UB Forest. Skripsi. Fakultas Pertanian. Malang: Universitas Brawijaya.
- Asgar, A. dan Rahayu, S.T. 2014. Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Waktu Pengkondisian untuk Mempertahankan Kualitas Kentang Kultivar Margahayu. *Jurnal Balai Penelitian Tanaman Sayuran*. Bandung. *Jurnal Hortikultura* Vol. 21(1): 51-59.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2018. *Produksi Sayuran di Indonesia*. (diakses 10 Februari 2019).
- Djarmiko, H. A., Arwiyanto, T., Hadisutrisno, B., dan Sunarminto, B. H. 2007. Potensi Tiga Genus Bakteri dari Rizosfer Tanaman sebagai Agensia Pengendali Hayati Penyakit. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* Vol. 9 (1): 40-47.
- Domenech, J., Reddy, M.S, Kloepper, J.W, Ramos, B., dan Manero F.J.G. 2006. Combined Application of the Biological Product LS213 with *Bacillus*, *Pseudomonas* or *Chryseobacterium* for Biological Control of Soil-Borne Diseases in Pepper and Tomato. *Jurnal Biocontrol*. Vol.51:245-248
- Haris, A. 2010 Pertumbuhan dan Produksi Kentang pada Berbagai Dosis Pemupukan . *Jurnal Agrisistem* Vol. 6(1): 15-22.
- Hakim, M. 2010. Potensi Sumber Daya Lahan untuk Tanaman Tebu di Indonesia. *Jurnal Agrikultura* 21 (1): 5-12.
- Handayani, T., Sahat, J.P., dan Sofiari, E. 2015. Ketahanan Lapangan Klon-Klon Kentang Hasil Persilangan terhadap Penyakit Busuk Daun. *Balai Penelitian Tanaman dan Sayuran*. Bandung. *J. Hort.* 25(4): 294-303.

- Haque, M. M., M. S. Kabir, L. Q. Aini, H. Hirata, dan S. Tsuyumu. 2009. SlyA, MarR Family Transcriptional Regulator is Essential for Virulence in *Dickeya dadantii* 3937. *Journal of Bacteriology*. 191 (17): 5409-5418.
- Hasanuddin, H. 2011. Uji Aktivitas Antibiosis *Pseudomonas fluorescent* terhadap *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imazeki Penyebab Penyakit Akar Putih. *J. HPT Tropika* Vol. 11(1): 87-94 .
- Hudzicki, J., 2012. Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol. America. America Society for Microbiology.
- Kawaguchi, A., K. Inoue, dan Ichinose, Y. 2008. Biological Control of Crown Gall of Grapevine, Rose, Tomato by Nonpathogenic *Agrobacterium vitis* Strain VAR03-1. *Journal Phytopathology*. Vol. 98 (11):1218-1225.
- Khaeruni, A., Sutariati G.A., Wahyuni, S. 2010. Karakterisasi dan Uji Aktifitas Bakteri Rizosfer Lahan Ultisol Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman dan Agensia Hayati Cendawan Patogen Tular Tanah secara in-vitro. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman Tropika*, 10(2):123-130.
- Kinsella, K. 2009. Production of Two Lipopeptide Antibiotic by *Bacillus subtilis* in the Rhizosphere. Dissertation. University of Connecticut.
- Kloepper, J.W. 1993. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria as Biological Control Agents. Alabama: Auburn University.
- Lang, S. dan Wagner, F. 1993. Bioconversion of Oils and Sugars to Glycolipids. Kosaric N, Biosurfactans. Production. Properties. Application. New York. Marcel Dekker. hlm 346-382.
- Liu, X., Pang, J., dan Yang, Z. 2009. The Biocontrol Effect of *Trichoderma* and *Bacillus subtilis* SY1. *Journal of Agricultural Science* Vol. 1(2): 132-136.
- Lynch, J.M. 1990. Introduction: Some Consequences of Microbial Rhizosphere Competence for Plant and Soil. New York (USA): John Willey & Sons. Vol 1. hlm 1-10
- Manus, P.S., dan Jones, A.L. 1994. Epidemiology and Genetic Analysis of *Streptomycin* Resistant *Erwinia amylovora* from Michigan and Evaluation of Oxytetracycline for Control. *Phytopathology* Vol.1 (84):627-633.
- Manus, P.S., dan Stockwell, V.O. 2001. Antibiotics Use for Plant Disease Management in United of States. March .Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2001-0327-01-RV.
- Mynt, M.M., Rapassus, H.R., dan Heinrichs. 1986. Integration of Varietal Resistance And Predation For Management of *N. virescens* population on Rice. *Crop Protection*. Vol. 5(4):259-265.
- Nion, Y.A., dan Toyota, K. 2008. Suppression of Bacteria Wilt And Fusarium Wilt by *Burkholderia nodosa* Strain Isolated from Kalimantan Soils, Indonesia. *Microbes Environ*. 23(2):134-141.
- Nur, S. K. M. 2018. Kelimpahan Bakteri Rizosfer Pada Kawasan Agroforestri Pinus dan Wortel di UB Forest dan Uji Ketahanannya Terhadap Insektisida Profenofos. Skripsi. Fakultas Pertanian. Malang: Universitas Brawijaya.

- Nurfitriani, S. dan Handayanto, E. Dekomposisi Kulit Kopi Oleh Bakteri Selulolitik yang diisolasi dari Timbunan Kulit Kopi di Perkebunan Kalibendo, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 4 (2): 503-514.
- Oktaviana, N. 2013 .Analisis Usahatani Kentang Varietas Atlantik Di Gapoktan Barisan Sari Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. Skripsi. Fakultas Pertanian. Solo:Universitas Sebelas Maret.
- Prahardini, P.E.R 2006. Rakitan Teknologi Perbenihan Kentang, Petunjuk Teknis Rakitan Teknologi Pertanian, Pemerintah Propinsi Jawa Timur.
- Rukmana, R. 1997. Kentang Budidaya dan Pasca Panen. Yogyakarta: Kanisius. hal. 108-109.
- Rukmana, R. 2002. Usaha Tani Kentang Sistem Mulsa Plastik. Yogyakarta: Kanisius.
- Russo, J. A., R. Yanong, R. P. E. 2006. Molds in Feeds and Aflatoxicosis. *Journal Mycology* (21): 1-4.
- Sagala, U.S. 1998. Uji Potensi Antagonisme *Pseudomonas fluorescens* (Isolat UKa dan UKd) terhadap *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* Penyebab Penyakit Busuk Lunak pada Tanaman Kubis. Skripsi. Fakultas Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Saldana, H. 2011. Evolution of Vertical and Horizontal Resistance and Its Application in Breeding Resistance to Potato Late Blight. *Potato Journal* Vol. 38. (1): 1-2.
- Samadi, B. 2004. Usaha Tani Kentang. Yogyakarta: Kanisius.
- Samadi, B. 2007. Kentang dan Analisis Usaha Tani. Yogyakarta: Kanisius.
- Schaad, N., Jones, J., dan Chun, W. 2001. Laboratory Guide for the Identification of Plant Pathogenic Bacteria. America: Third Edition. APS Press.
- Setiadi, F.N., Surya, S. 2009. Kentang: Varietas dan Pembudidayaan. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Semangun, H. 2009. Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia. Yogyakarta: . Gadjah Mada University Press.
- Sinaga, M.S. 2006. Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Edisi 2. Jakarta:Penebar Swadaya.
- Singh, R.N. Saxena, A., dan Pratap, R. 2016. Modeling of PrnD protein from *Pseudomonas fluorescens* RajNB11 and its comparative structural analysis with PrnD proteins expressed in *Burkholderia* and *Serratia*. *Turkish Journal of Biology*. (40) 623-633.
- Soesanto, S. dan Pramono, E. 2006. Pengaruh Macam dan Waktu Aplikasi Fungisida Nabati terhadap Perkembangan Penyakit Antraknosa pada Pisang Lepas Panen. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 6(1): 32-42.

- Soewito, T. 1993. Peningkatan Ketahanan Varietas Padi terhadap Wereng Coklat (*Nilaparvata lugens* Stal.). Seminar Penelitian Tanaman Pangan. Balittan Bogor.
- Sopialena, S. 2018. Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba. Samarinda: Mulawarman University Press.
- Stockwell, V.O, dan Duffy, B. 2012. Use Antibiotics in Plant Agricultural. Reff. Sci. Tsch. Off. Int. Epiz. 31(1):199-210.
- Sumarlan. 2017. Sekeping Informasi dari "UB Forest" Malang (Online) <http://bp2sdm.menlhk.go.id/pusrenbang/index.php/profil/renbang/sdmaparatur/24-sekeping-informasi-dari-UB-Forest-Malang>. (diakses 29 Juni 2019).
- Sunarjono. 1990. Petunjuk Praktis Budidaya Kentang. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Suwandi, U. 1992. Mekanisme Kerja Antibiotik. Cermin Dunia Kedokteran. Pusat Penelitian dan Pengembangan PT. Kalbe Farma Jakarta.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 1994. Taksonomi Tumbuhan Obat-Obatan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tombe, M. 2002. Potensi Agensia Hayati dalam Pengendalian Penyakit Tanaman Berwawasan Lingkungan dan Peranannya dalam Meningkatkan Sektor Agribisnis. Prosiding Seminar Nasional PFI Komda Purwokerto.
- Tsrer, L. M., Aharon, dan Erlich, O. 1999. Survey of Bacterial and Fungal Seedborne Diseases in Imported and Domestic Potato Seed Tubers. *Phytoparasitica*. 27(3):1-12.
- Vallad, E.G. dan Goodman, R. M. 2004. Systemic Acquired Resistance and Induced Systemic Resistance in Conventional Agriculture. *Crop Science* Vol. 44(6): 1920-1934.
- Wardlaw, C.W. 1961. Banana Diseases, Including Plantains and Abaca. *Longmans Phytopathology* 74 (2): 189-194.
- Weller, D. M., Mavrodi, D. V, van Pelt, J. A., Pieterse, C. M. J., van Loon, L. C., dan Bakker, P. A. H. M. 2012. Induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas syringae* pv. tomato by *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology*, 102(4): 403–412.

LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Analisis ragam indeks penghambatan empat isolat bakteri antagonis setelah inokulasi 24 jam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%	P-value
Perlakuan	4	31,099	7,7747	69,11 *	2,87	0,000
Galat	20	2,2500	0,1125			
Total	24	33,349			KK= 3,27%	

Tabel Lampiran 2. Analisis ragam indeks penghambatan empat isolat bakteri antagonis setelah inokulasi 48 jam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%	P-value
Perlakuan	4	30,47	7,62	64,60 *	2,87	0,000
Galat	20	2,36	0,12			
Total	24	32,83			KK= 3,41%	

Tabel Lampiran 3. Analisis ragam indeks penghambatan empat isolat bakteri antagonis setelah inokulasi 72 jam

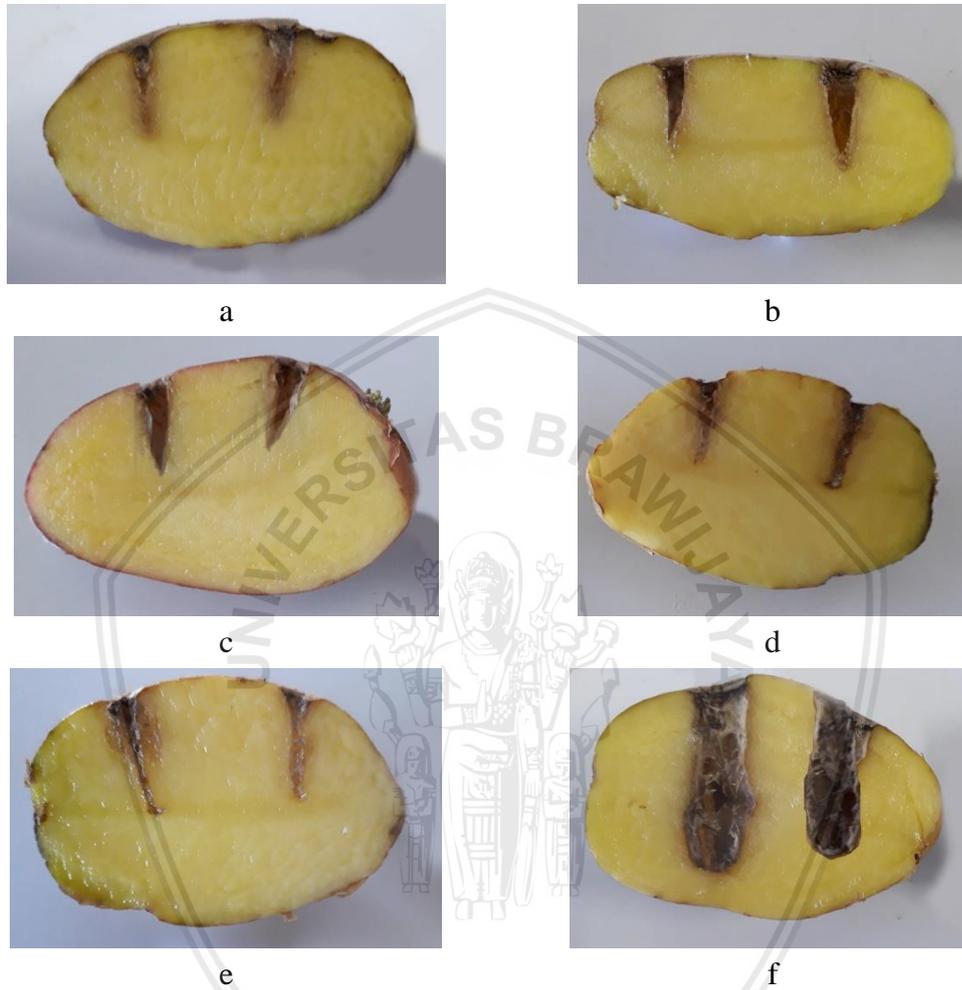
Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%	P-value
Perlakuan	4	25,82	6,46	85,54 *	2,87	0,000
Galat	20	1,51	0,08			
Total	24	27,33			KK= 2,77%	

Tabel Lampiran 4. Analisis ragam indeks penghambatan Penghambatan Perkembangan Penyakit Busuk Lunak *Erwinia* sp. oleh Bakteri Antagonis pada Berbagai Varietas Umbi Kentang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%	P-value
Perlakuan:	17	44,75				
V	2	17,30	8,65	1118,93 *	3,17	0,000
B	5	22,01	4,40	569,46 *	2,39	0,000
VxB	10	5,43	0,54	70,23 *	2,01	0,000
Galat	54	0,42	0,01			
Total	71	45,16			KK =7,39%	

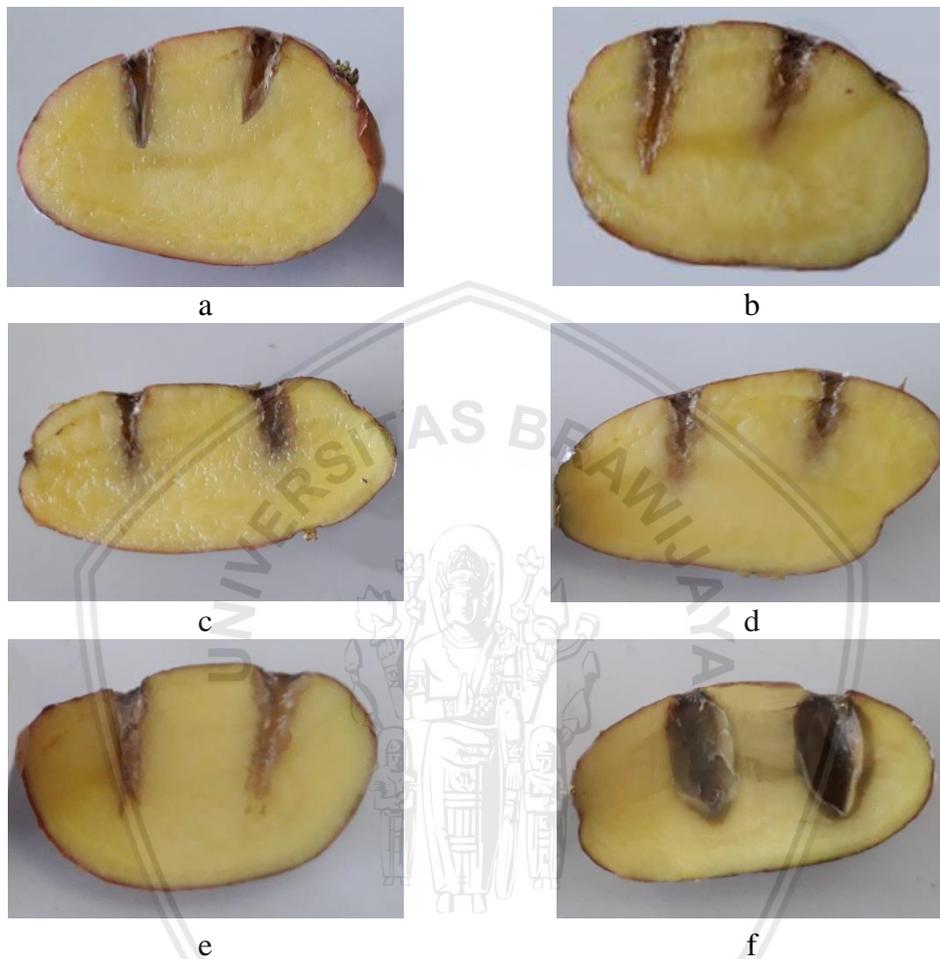
Keterangan : V = Jenis Isolat Bakteri; B = Jenis Varietas Umbi Kentang

Gambar Lampiran 1 . Uji penghambatan patogen *Erwinia sp.* pada Umbi Kentang Varietas Granola



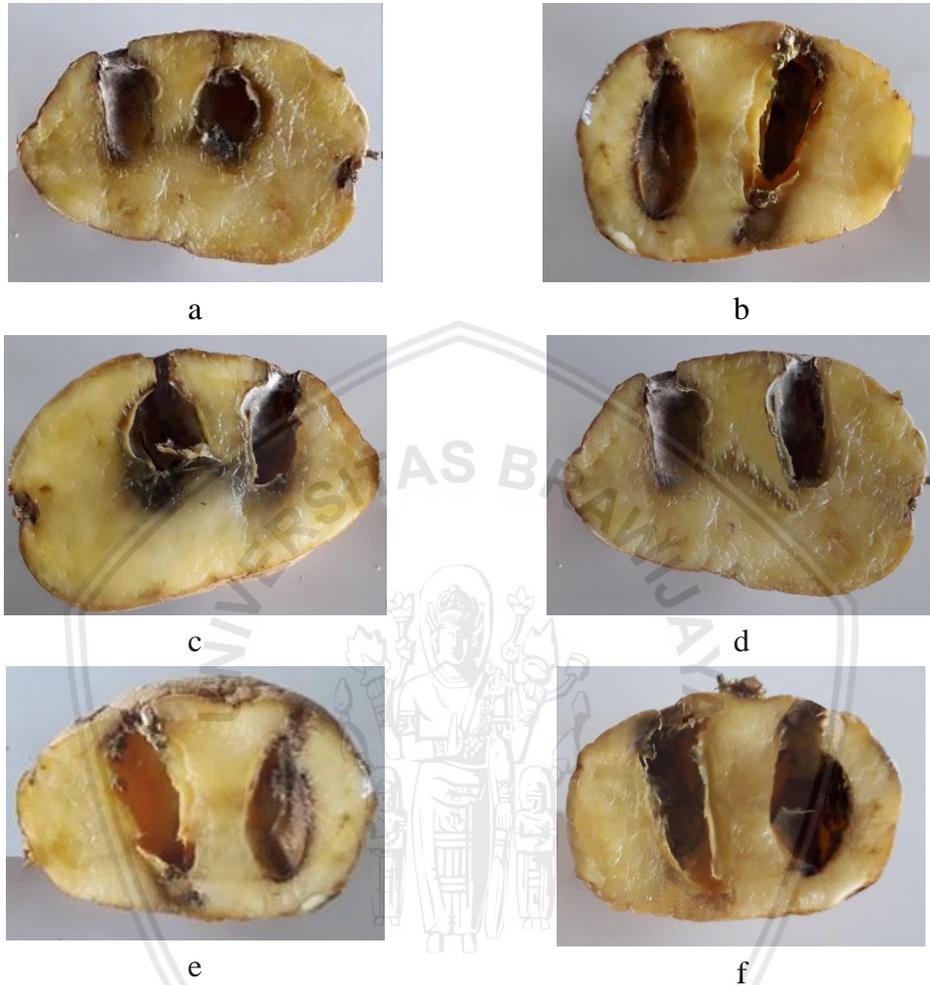
Keterangan: (a) isolat *Bacillus sp.* (N3); (b) *Clostridium sp.* (N10); *Pseudomonas sp.* (N17); (d) *Pseudomonas sp.* (N19); (e) kontrol Bakterisida; (f) kontrol Aquades

Gambar Lampiran 2. Uji penghambatan patogen *Erwinia* sp. pada Umbi Kentang Varietas Desiree



Keterangan: (a) isolat *Bacillus* sp. (N3); (b) *Clostridium* sp. (N10); *Pseudomonas* sp. (N17); (d) *Pseudomonas* sp. (N19); (e) kontrol Bakterisida; (f) kontrol Aquades

Gambar Lampiran 3. Uji penghambatan patogen *Erwinia* sp. pada Umbi Kentang Varietas Atlantik



Keterangan: (a) isolat *Bacillus* sp. (N3); (b) *Clostridium* sp. (N10); *Pseudomonas* sp. (N17); (d) *Pseudomonas* sp. (N19); (e) kontrol Bakterisida; (f) kontrol Aquades