

**UJI ANTAGONIS CENDAWAN ENDOFIT DARI DAUN
JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) TERHADAP *FUSARIUM*
OXYSPOURUM PENYEBAB PENYAKIT BUSUK UMBI PADA
BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *ascalonicum* (L.) Backer).**



FAUZIYYAH NAHDAH

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2020

**UJI ANTAGONIS CENDAWAN ENDOFIT DARI DAUN
JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) TERHADAP *FUSARIUM*
OXYSPOURUM PENYEBAB PENYAKIT BUSUK UMBI PADA
BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *ascalonicum* (L.) Backer)**

Oleh

FAUZIYYAH NAHDAH

NIM. E1A214130

**Skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Pertanian
pada
Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
JURUSAN AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2020**

RINGKASAN

FAUZIYYAH NAHDAH. “Uji Antagonis Cendawan Endofit dari Daun Jarak Pagar (*Jatropha curas* L) terhadap *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Busuk Umbi pada Bawang Merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* (L.) Backer)” dibawah bimbingan **Dr. Ir. H. Akhmad Rizali, M. Sc** dan **Rabiatul Wahdah, S. P, M. S.**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian beberapa isolat endofit dan pengaruh terbaik isolat endofit dari daun jarak pagar terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada bawang merah secara *in vitro*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman dan Laboratorium Terpadu Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian pada bulan Juni hingga Juli 2018.

Penelitian ini menggunakan metode eksplorasi (isolasi endofit dari daun jarak pagar sehat) dan observasi (uji antagonis cendawan endofit dari daun jarak pagar dengan *Fusarium oxysporum*). Pelaksanaan penelitian terdiri dari empat tahap yaitu sterilisasi alat, pembuatan media PDA, isolasi endofit dari daun jarak pagar, pemurnian (purifikasi) serta pengukuran jarak tumbuh, dan uji daya hambat. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian adalah rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor dengan 10 perlakuan dan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 30 satuan percobaan.

Hasil penelitian diperoleh 14 isolat endofit murni dengan nilai rasio pertumbuhan 4,5 cm/2 hari. Berdasarkan hasil analisis ragam *one way anova* dengan uji F pada taraf 5 % variabel nilai persen hambat isolat endofit terhadap *Fusarium oxysporum* pada hari ke 7 berbeda-beda. Hasil penelitian jika dilihat

secara langsung menunjukkan bahwa isolat endofit mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dengan persentase hambatan berkisar antara 56,00% hingga 77,33%. Perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* adalah perlakuan PB4b dengan persen hambat sebesar 77,33%.

Judul : Uji Antagonis Cendawan Endofit dari Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* Penyebab Busuk Umbi pada Bawang Merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* (L.) Backer).

Nama : FAUZIYYAH NAHDAH

NIM : E1A214130

Program Studi : Agroekoteknologi

Menyetujui Tim Pembimbing :

Anggota,



Rabiatul Wahdah, SP. MP
NIP. 19890101 20170820 5 001

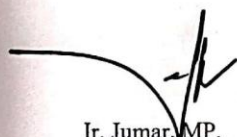
Ketua,



Dr. Ir. H. Akhmad Rizali, M.Sc
NIP. 19590226 198503 1 002

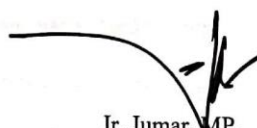
Diketahui oleh :

Ketua Program Studi
Agroekoteknologi



Ir. Jumar, MP.
NIP. 19651024 199303 1 001

Ketua Jurusan
Agroekoteknologi



Ir. Jumar, MP.
NIP. 19651024 199303 1 001

Tanggal Lulus : 9 Januari 2020

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Barabai, pada tanggal 16 Oktober 1996 sebagai puteri sulung dari 3 bersaudara, dari pasangan almarhum ayah Rusmadi dan ibu Noorjainah Hayati. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat Sekolah Dasar pada tahun 2008 di SDN Kandangan Kota 1 Kabupaten Hulu Sungai Selatan, pendidikan tingkat Menengah Pertama pada tahun 2011 di SMP Darul Hijrah Kabupaten Banjar dan tingkat Menengah Atas pada tahun 2014 di SMAN 1 Kandangan. Penulis masuk Perguruan Tinggi pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

Selama menempuh pendidikan di Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, penulis pernah mengikuti Organisasi LPM Kinday Universitas Lambung Mangkurat. Penulis juga pernah mengikuti KKN (Kuliah Kerja Nyata) selama satu bulan di Kabupaten Tapin pada tahun 2017. Penulis tergabung pada kelompok 22 KKN Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis melaksanakan penelitian pada bulan Juni – Juli 2018 di Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman serta Laboratorium Terpadu Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru dengan judul UJI ANTAGONIS CENDAWAN ENDOFIT DARI DAUN JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) TERHADAP *FUSARIUM OXYSPORUM* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK UMBI PADA BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *ascalonicum* (L.) Backer).

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Antagonis Cendawan Endofit dari Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* Penyebab Busuk Umbi pada Bawang Merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* (L.) Backer)”. Walaupun dalam penyelesaian skripsi ini banyak terdapat hambatan namun berkat usaha yang keras dan doa yang tak henti-hentinya, akhirnya semua dapat terselesaikan.

Keberhasilan serta kelancaran dalam penyusunan laporan akhir skripsi ini tidak lepas dari peran serta bimbingan beberapa pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT dan khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Akmad Rizali, M. Sc. dan Ibu Rabiatal Wahdah, S. P., M. S. selaku dosen pembimbing pertama dan pembimbing kedua, yang telah meluangkan waktu serta memberikan pikiran, arahan serta masukkan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
2. Ibu Noorkomala Sari, S. Si., M. Sc. yang sangat banyak memberikan semangat serta arahan dalam pengerjaan penelitian skripsi ini.
3. Kedua orang tua terutama Bapak Rusmadi, almarhum ayahanda tercinta yang berkat harapan beliau saya mampu bertahan dalam menyelesaikan semua kewajiban saya sebagai mahasiswi serta Ibu Noorjainah Hayati ibunda tersayang karena telah memberikan saya doa dan semangat yang tiada henti.

4. Semua sahabat, teman, dan kerabat yang telah mendukung dalam pembuatan laporan skripsi ini.
5. Keluarga besar Program Studi Agroekoteknologi angkatan 2014 yang telah membantu dalam terselesaikannya laporan skripsi ini yang tidak bias disebutkan satu persatu.

Harapan penulis skripsi dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi semua pembaca. Mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi penelitian ini. Oleh karena itu, kritik serta saran yang sifatnya membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kemajuan kita bersama.

Banjarbaru, Januari 2020

Fauziyyah Nahdah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	4
Hipotesis	5
Tujuan Penelitian	5
Manfaat Penelitian	6
TINJAUAN PUSTAKA	7
<i>Fusarium oxysporum</i>	7
Potensi Endofit Sebagai Agen Hayati dalam Pengendali Penyakit ...	10
Tanaman Jarak Pagar	14
Sistem Ketahanan Tanaman dan Mekanisme Ketahanan Induksi	15
BAHAN DAN METODE	18
Bahan dan Alat	18
Waktu dan Tempat	19
Rancangan Penelitian	19
Pelaksanaan Penelitian	20
Pengamatan	23
Analisis Data	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	25
Hasil	25
Isolasi dan pemurnian (purifikasi) endofit dari daun jarak pagar (<i>Jatropha curcas</i> L.)	25

Pertumbuhan miselia isolat endofit dari daun jarak pagar (<i>Jatropha curcas</i> L.)	27
Uji daya hambat dengan metode <i>dual culture</i>	28
Pembahasan	31
KESIMPULAN	36
Kesimpulan	36
Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Bentuk analisis ragam (ANOVA)	23
2.	Hasil uji daya hambat endofit daun jarak pagar dengan patogen <i>Fusarium oxysporum</i> pada hari ke-3, 5, dan 7 HSI	29

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Mikrokonidia dan makrokonidia <i>Fusarium oxysporum</i>	7
2.	<i>Fusarium oxysporum</i> pada media PDA	8
3.	Tanaman bawang merah dan umbi bawang merah yang terserang <i>Fusarium oxysporum</i>	9
4.	Tanaman jarak pagar (<i>Jatropha curcas</i> L.)	15
5.	Morfologi koloni endofit dari daun jarak pagar dan <i>Fusarium oxysporum</i> tampak depan	26
6.	Pertumbuhan miselia isolat endofit daun jarak pagar pada hari ke-3, 5, dan 7 HSI	27
7.	Rerata pertumbuhan miselia isolat endofit daun jarak pagar	28
8.	Hasil uji daya hambat endofit daun jarak pagar dengan patogen <i>Fusarium oxysporum</i> pada hari ke-3, 5, dan 7 HSI	29
9.	<i>Dual culture</i> perlakuan PB4b yang diduga menunjukkan mekanisme kompetisi dalam menghambat patogen	34
10.	<i>Dual culture</i> perlakuan PA4b, B3, dan C1 yang diduga menunjukkan mekanisme antagonisme dalam menghambat patogen	35

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Dokumentasi hasil isolasi endofit pada daun jarak pagar.....	44
2.	Dokumentasi uji daya hambat hari ke-3 HSI.....	45
3.	Dokumentasi uji daya hambat Hari ke-5 HSI.....	46
4.	Dokumentasi uji daya hambat Hari ke-7 HSI.....	47
5.	Daun jarak pagar yang digunakan dalam penelitian.....	48
6.	Tabel hasil pengamatan pertumbuhan endofit dan <i>Fusarium oxysporum</i>	49
7.	Tabel hasil perhitungan rerata pertumbuhan endofit dan <i>Fusarium oxysporum</i>	50
8.	Tabel hasil pengamatan jari-jari koloni patogen pada cawan perlakuan (R2).....	51
9.	Tabel hasil perhitungan persentase daya hambat.....	52
10.	Hasil analisis data uji daya hambat endofit dan <i>Fusarium oxysporum</i> secara <i>in vitro</i>	53

PENDAHULUAN

Latar belakang

Bawang merah merupakan salah satu komoditas sayuran termasuk ke dalam kelompok rempah yang berfungsi sebagai bumbu penyedap makanan serta obat tradisional (Balitbang Pertanian, 2006). Setiap tahun hampir selalu terjadi peningkatan produksi bawang merah, akan tetapi hal tersebut belum mampu mengimbangi peningkatan permintaan bawang merah secara nasional seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri olahan. Produksi bawang merah nasional cukup memadai untuk menyuplai kebutuhan konsumsi di dalam negeri, namun produksi berfluktuasi pada saat kondisi iklim tidak normal (Suwandi, 2014).

Salah satu penyakit penting yang sering dijumpai pada tanaman bawang merah adalah penyakit busuk umbi, yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum*. Penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan langsung pada umbi dan menimbulkan kerusakan serta menurunkan hasil umbi lapis hingga 50% (Zulaika, 2014). Korlina *et al.* (2000) melaporkan kerusakan dapat mencapai 75% pada umur 42 hari setelah tanam dan akan terus bertambah apabila tidak dilakukan pengendalian.

Usaha untuk mengendalikan patogen yang sulit dikendalikan seperti patogen tular tanah dan virus umumnya dilakukan dengan menggunakan bahan kimia atau pestisida. Penggunaan pestisida yang berlebihan dan terus menerus telah menunjukkan suatu dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan seperti timbulnya resistensi hama atau patogen kedua, resistensi patogen dan matinya

musuh-musuh alami, sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem (Istikorini, 2002).

Sejalan dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan mutu lingkungan maka usaha pengendalian hama dan penyakit sekarang lebih diarahkan kepada pemanfaatan musuh-musuh alami hama dan patogen yang lebih kita kenal dengan pengendalian secara hayati. Salah satu alternatif pengendalian penyakit secara hayati menggunakan cendawan endofit yang bersifat antagonistik (Sudantha & Abadi, 2006). Endofit terdapat di jaringan tanaman seperti bunga, buah, batang, daun, akar, dan biji serta merupakan pelindung bagi tanaman inang dari stress lingkungan dan kompetisi mikroba (Hung & Annapurna, 2004). Cendawan ini hidup bersimbiosis saling menguntungkan dengan tanaman inang, dimana mikroba endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman sedangkan mikroba menghasilkan senyawa aktif berupa metabolit sekunder yang menjaga inang dari serangan penyakit (Taechowishan *et al.*, 2003).

Endofit mampu berperan sebagai elisitor biologi untuk menginduksi ketahanan tanaman dari serangan penyakit. Beberapa kasus yang pernah dilaporkan diantaranya dalam penelitian Sudantha *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa cendawan *Trichoderma viride* isolat ENDO-20, *T. koningii* isolat ENDO-21 dan *T. polysporum* isolat ENDO-22 mampu menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* pada tanaman pisang secara *in vitro* sebesar 44,44-45,22%. Edisaputra (2005) menyatakan bahwa pemberian *Trichoderma harianum* dan *Fusarium* non patogenik melalui mekanisme induksi ketahanan dapat menghambat kejadian penyakit layu *Fusarium* pada bawang merah. Hoerosalam *et*

al. (2013) menyatakan pemberian elisitor biotik berupa PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan abiotik berupa asam salisilat dan Benzothiadiazole-S-Metyl melalui *seed treatment* dapat menghambat kejadian penyakit bulai pada tanaman jagung masing-masing sebesar 1,68% hingga 73,84% dan 10,66% hingga 60,41%.

Pada penelitian sebelumnya penggunaan mikroba antagonis terbukti mampu menurunkan persentase kejadian penyakit busuk umbi pada bawang merah. Menurut Edisaputra (2005) perlakuan perendaman bibit bawang merah dengan cendawan non patogenik berupa *Trichoderma harzianum* dan *Fusarium* non patogenik berpengaruh nyata terhadap kejadian penyakit busuk umbi dibandingkan dengan kontrol dengan kejadian penyakit pada bawang merah hanya sebesar 3,70% hingga 11,11% sedangkan pada kontrol sebesar 29,63%. Zulaika (2014) menyatakan kejadian penyakit busuk umbi pada bawang merah yang telah direndam dengan endofit yang berasal dari tanaman bawang merah sehat menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol. Kejadian penyakit pada semua perlakuan cendawan endofit hanya sekitar 20-38% sedangkan pada kontrol mencapai 58,75%.

Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) merupakan tanaman yang tergolong kedalam keluarga *Euphorbiaceae*. Saat ini pengolahan tanaman jarak pagar baru difokuskan pada bagian buah dan biji untuk diambil minyaknya. Padahal, hampir seluruh bagian tanaman ini memiliki manfaat, termasuk daun dan ranting. Daun merupakan salah satu bagian tanaman yang banyak mengandung senyawa metabolit sekunder yang merupakan senyawa aktif. Pada tahun 2012 penelitian yang

dilakukan oleh Sharma *et al.* (2012) menunjukkan ekstrak etanol dari daun jarak pagar mengandung zat-zat berupa alkaloid, saponin, tannin, terpenoid, steroid, glikosida, fenol, dan flavonoid. Pada penelitian terdahulu terhadap *Jatropha curcas* L. dilaporkan bahwa tanaman ini menunjukkan aktivitas bioaktif sebagai penyembuh luka (Sachdeva *et al.*, 2012) anti diarrhoeal (Mujumdar *et al.*, 2000), anti diabetes (Patil *et al.*, 2011). Sementara itu, ekstrak alkoholik daun tanaman jarak pagar dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba. Ekstrak diketahui menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Shigella flexneri*. Pada konsentrasi 12,5 mg/ml ekstrak metanol daun jarak pagar telah mampu memberi efek penghambatan minimum terhadap tiga jenis cendawan yaitu *Candida tropicalis*, *C. krusei*, dan *C. parapsilosis* (Sharma *et al.*, 2012).

Menurut Siadi (2012) tanaman jarak pagar dapat digunakan sebagai biopestisida. Aplikasi ekstrak bungkil biji jarak pagar dengan larutan NaCl 0,1% pada tanaman bayam memberikan hasil yang baik. Ekstrak bungkil biji jarak disebut mengandung forbol ester dan kursin sebesar 0,253% yang beracun dan dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida. Potensi tanaman jarak pagar terhadap menghambat pertumbuhan cendawan belum dilaporkan sehingga pada penelitian ini digunakan isolat endofit dari tanaman jarak untuk menghambat pertumbuhan penyakit busuk umbi yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*.

Perumusan Masalah

1. Apakah pemberian endofit dari jarak pagar berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* ?
2. Apakah terdapat endofit yang memberikan pengaruh terbaik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* ?

Hipotesis

1. Pemberian beberapa jenis isolat endofit dari daun jarak pagar berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
2. Pemberian isolat endofit dari daun jarak pagar dapat memberikan pengaruh terbaik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh pemberian beberapa isolat endofit dari daun jarak pagar terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada bawang merah secara *in vitro*.
2. Mengetahui pengaruh terbaik isolat endofit dari daun jarak pagar dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada bawang merah secara *in vitro*.

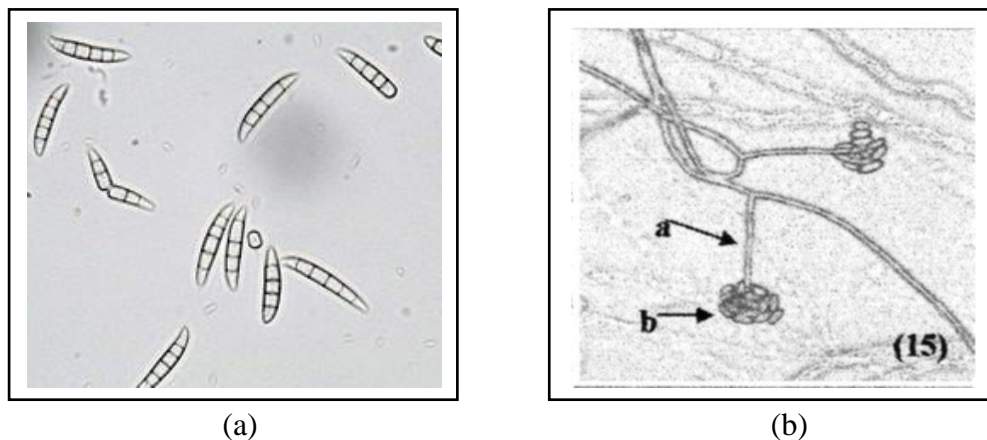
Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi bagi petani dan praktisi pertanian tentang pemanfaatan agensia hayati berupa endofit dalam mengatasi serangan *Fusarium oxysporum* pada bawang merah.
2. Menambah informasi mengenai peran biologi dan ekologi mikroorganisme endofit dalam menghambat pertumbuhan penyakit tanaman menggantikan penggunaan ekstrak tanaman inangnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Fusarium oxysporum

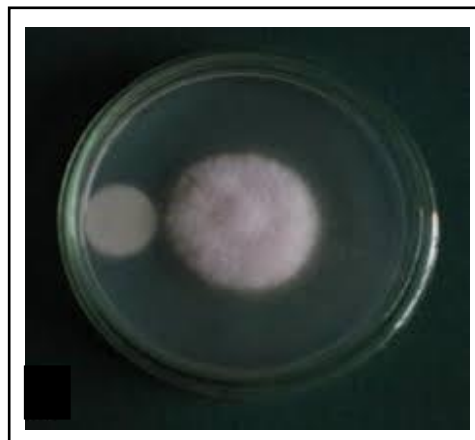
Cendawan *Fusarium* sp. termasuk “*soil inhabitant*” yaitu parasit yang bersifat sebagai penyerbu tanah atau penghuni perakaran yang menyebar dalam tanah (Garret, 1970). *Fusarium oxysporum* memiliki fase patogenesis dan saprogenesis. Pada fase patogenesis, cendawan hidup sebagai parasit pada tanaman inang dan pada fase saprogenesis menjadi saprofit pada sisa tanaman. Agrios (2005) menyatakan bahwa cendawan yang menyerang tanaman semusim biasanya bertahan pada sisa-sisa tanaman inang, terinvestasi di dalam tanah dan organ perbanyak tanaman seperti biji, dan umbi dengan membentuk struktur bertahan.



Gambar 1. Mikrokonidia (a) dan makrokonidia (b) *Fusarium oxysporum* (Sutejo *et al.*, 2008).

Fusarium oxysporum umumnya menyerang bagian pembuluh di jaringan akar dan melakukan penetrasi pada pangkal batang. Gejala penyakit biasanya muncul setelah pertengahan musim tanam dan berlanjut sampai panen dengan gejala busuk. Penyebaran penyakit dapat meluas dengan cepat terutama pada tanah

yang ditanamai bawang merah secara terus menerus. Cendawan ini dapat bertahan hidup pada tanaman liar tanpa menyebabkan gejala (Lockwood, 1986). Penyebaran jarak pendek terjadi melalui air dan alat-alat pertanian yang terkontaminasi, sedangkan penyebaran jarak jauh melalui bibit yang sakit ke tempat lain atau pemindahan tanah yang telah terinfeksi, maka tabung kecambah dari spora atau miselium akan melakukan penetrasi langsung ke akar yang sehat atau melalui luka-luka pada akar (Sastrahidayat, 1983). Luka dapat terjadi karena pemotongan tunas bibit secara sengaja untuk memecahkan dormansi atau karena serangan organisme lain seperti nematoda (Lucas *et al.*, 1985).



Gambar 2. *Fusarium oxysporum* pada media PDA (Hasanudin & Rosmayati, 2013).

Gejala penyakit ini ditandai dengan daun berwarna kuning, terpilin, dan kerdil. Jika tanaman dicabut, akar yang terdapat pada pangkal umbi membusuk dan ditumbuhi miselium cendawan patogen. Lama kelamaan daun-daun tersebut akan rebah mengalami kematian jaringan (Kuruppu, 1999). Penetrasi akar juga bisa

disebabkan oleh nematoda, kemudian cendawan tumbuh memproduksi toksin pada luka tersebut, yang akhirnya mematikan sel. Gejala awal di pertanaman akan muncul pada umur dua minggu setelah tanam (MST) apabila penyakit terbawa dari bibit, tetapi apabila infeksi terjadi di lapangan gejala muncul pada empat minggu setelah tanam (Duriat *et al.*, 1994).



Gambar 3. Tanaman bawang merah (a) (Dinakaran *et al.*, 2013) dan umbi bawang merah (b) yang terserang *Fusarium oxysporum* (Isakeit, 1997).

Perkembangan penyakit *Fusarium oxysporum* sp. terutama dipengaruhi oleh suhu tanah yang tinggi dan pH tanah yang rendah. Suhu tanah mempunyai peranan yang sangat penting, sebab cendawan sangat peka terhadap perubahan suhu. Kondisi yang cocok untuk pertumbuhan cendawan ini adalah pada tanah yang mempunyai kelembaban tinggi dan suhu tanah berkisar 5°C sampai 30°C. Suhu tanah optimum bagi perkembangan penyakit adalah 28°C dengan pH tanah berkisar antara 4-7. *Fusarium* sp. dapat tumbuh pada kelembaban optimum, yang sama dengan pertumbuhan inang (Walker, 1975).

Potensi Endofit Sebagai Agen Hayati dalam Pengendalian Penyakit

Pengendalian penyakit tanaman secara hayati dalam arti luas adalah setiap cara pengendalian penyebab penyakit atau pengurangan jumlah atau pengaruh patogen tersebut yang berhubungan dengan mekanisme kehidupan organisme lain selain manusia (Campbell, 1994). Dalam arti sempit pengendalian penyakit secara hayati adalah penambahan suatu mikroflora antagonis secara buatan ke dalam lingkungan untuk mengendalikan patogen (Cook & Baker, 1983). Pengendalian hayati adalah serangkaian tindakan untuk mengurangi kepadatan patogen baik dalam bentuk aktif maupun dorman secara alami atau memanipulasi lingkungan atau dengan cara mengintroduksi secara massal satu atau lebih organisme antagonis (Baker & Cook, 1974).

Mikroba antagonis atau agen pengendali hayati (APH) penyakit tanaman adalah jasad renik yang diperoleh dari alam, baik berupa bakteri, cendawan maupun virus yang dapat menekan, menghambat atau memusnahkan organisme pengganggu tanaman (OPT). Cendawan antagonis mempunyai kemampuan dalam menghambat perkembangan patogen dengan berbagai mekanisme antara lain melalui kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis dengan menghasilkan antibiotik tertentu berupa senyawa kimia yang mudah menguap (*volatile*) dan tidak menguap (*non volatile*) (Ajith & Lakshmidevi, 2010) atau *lytic enzyme* (kitinase, protease, dan glukinase), atau parasitisme dengan melilit hifa patogen, dan induksi ketahanan tanaman (Agrios, 2005). Organisme yang pertumbuhannya cepat mempunyai kemampuan menghasilkan zat antibiotik dan toleran terhadap antibiotik yang dihasilkan oleh

organisme lain, sedangkan kompetisi terjadi dalam hal oksigen, air, nutrisi, dan ruang yang diperlukan untuk kelangsungan hidupnya. Menurut Cook & Baker (1983), salah satu syarat suatu organisme dapat dikatakan sebagai agen pengendali hayati adalah mempunyai kemampuan antagonis dalam menghambat perkembangan atau pertumbuhan organisme lainnya. Perubahan virulensi cendawan dapat menginduksi ketahanan tanaman, dapat diaplikasikan baik di lapangan maupun di penyimpanan serta keamanan terhadap manusia dan lingkungan. Penggunaan agen pengendali hayati untuk mengendalikan OPT mempunyai beberapa keunggulan, antara lain : 1) tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, 2) aman bagi musuh alami, 3) mencegah timbulnya ledakan OPT sekunder, 4) menghasilkan produk yang bebas residu senyawa kimia sintetis, 5) aman bagi kesehatan manusia, dan 6) terdapat di sekitar pertanaman sehingga mengecahkan ketergantungan petani pada pestisida kimia sintetis (Tombe *et al.*, 1999).

Menurut Carrol (1998) cendawan endofit adalah cendawan yang dapat hidup pada bagian jaringan tanaman sehat seperti daun, bunga, ranting ataupun akar tanpa menimbulkan gejala penyakit. Cendawan endofit dapat menginduksi respon metabolisme inang sehingga tanaman menjadi resisten terhadap patogen tanaman (Clay, 1998). Cendawan ini menginfeksi jaringan tanaman sehat dan mampu menghasilkan mitotoksin, enzim serta antibiotik (Carrol, 1998). Endofit awalnya berada di lingkungan eksternal dan masuk ke tanaman melalui stomata, lentisel, luka, akar lateral, dan akar yang berkecambah. Luka pada pertumbuhan yang diakibatkan oleh faktor biotik seperti nematoda juga menjadi faktor utama masuknya endofit ke dalam tanaman (Athman, 2006). Adanya cendawan endofit di

dalam jaringan tanaman akan memberikan keuntungan bagi tanaman, yaitu meningkatnya toleransi tanaman terhadap logam berat, meningkatnya ketahanan terhadap kekeringan, menghambat serangan hama, dan resistensi sistemik terhadap patogen (Sudantha & Abadi, 2006). Cendawan endofit telah dilaporkan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Suyanarayanan *et al.*, 2009).

Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit (Tan & Zou, 2001). Menurut pandangan evolusi, endofit awalnya berasal dari patogen tanaman yang viruensinya hilang dan berada dalam tanaman selama periode pertumbuhan tanaman tersebut atau merupakan patogen yang tidak mampu mengekspresikan gen spesifik penyebab penyakit (Hallmann, 2001). Kemampuan endofit menghasilkan berbagai senyawa fitokimia tertentu yang juga dihasilkan oleh tumbuhan inangnya mungkin terkait dengan adanya rekombinasi genetik endofit dengan inangnya selama waktu evolusinya. Hal ini dapat menjelaskan penemuan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa cendawan *Taxomyces andreanae* yang diisolasi dari *Taxus brevifolia* dapat menghasilkan taxol seperti pada tanaman inangnya. Asosiasi endofit dengan tumbuhan inangnya digolongkan dalam dua kelompok yaitu mutualisme konstitutif dan induktif. Mutualisme konstitutif merupakan asosiasi yang erat antara endofit dengan tumbuhan terutama rumput-rumputan. Pada kelompok ini endofit menginfeksi ovula (benih) inang dan penyebarannya melalui

benih serta organ penyerbukan inang. Mutualisme induktif adalah asosiasi antara endofit dengan tumbuhan inang, yang penyebarannya terjadi secara bebas melalui air dan udara. Jenis ini hanya menginfeksi bagian vegetatif inang (Carroll, 1998).

Mekanisme interaksi yang terjadi antara patogen dengan cendawan antagonis didasarkan pada kriteria yang dikemukakan oleh Kusumawardani *et al.*, (2014) yaitu :

2. Kompetisi, apabila koloni cendawan antagonis menutupi koloni patogen dan pertumbuhan cendawan antagonis lebih cepat untuk memenuhi cawan petri. Hifa patogen akan mengalami lisis di daerah kontak.
3. Antibiosis, apabila terbentuk zona kosong di antara patogen dengan cendawan antagonis, hifa patogen mengalami perubahan bentuk, dan terdapat pigmen pada permukaan bawah koloni cendawan antagonis.
4. Parasitisme, apabila hifa cendawan antagonis tumbuh di atas patogen, pada daerah kontak hifa cendawan antagonis akan melilit hifa patogen, dan mengalami lisis.

Sebagian besar komponen kimia dari tanaman yang digunakan sebagai obat dan bahan obat merupakan metabolit sekunder. Salah satu cara terbaru dalam memproduksi senyawa metabolit sekunder sejenis yang terdapat dalam tanaman adalah dengan memanfaatkan mikroba endofit yang hidup dalam jaringan tanaman (Strobel, 1998). Pemanfaatan mikroba endofit dalam memproduksi senyawa aktif memiliki beberapa kelebihan, antara lain lebih cepat menghasilkan dengan mutu yang seragam, dapat diproduksi dalam skala besar dan kemungkinan diperoleh

komponen bioaktif baru dengan memberikan kondisi yang berbeda (Susilowati *et al.*, 2003).

Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.)

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) telah banyak digunakan di masyarakat sebagai obat tradisional terutama pada daunnya. Secara tradisional, tanaman ini banyak digunakan sebagai obat demam, obat kulit, obat sakit gigi, obat sariawan, obat luka, obat rematik, obat batuk, perut kembung dan banyak khasiat lainnya. Tanaman jarak pagar juga memiliki potensi yang besar untuk perkembangan produk dibidang obat-obatan, pertanian maupun industri kimia. Jarak pagar merupakan tumbuhan liar berbentuk perdu dengan tinggi 1-7 meter dan bercabang tidak teratur. Batangnya berkayu, silindris, dan bila terluka mengeluarkan getah. Tanaman ini termasuk dalam famili *Euphorbiaceae*. Ekstrak tumbuhan ini juga menunjukkan aktifitas anti mikroba, antioksidan, efek sitotoksik dan biodisel. Beberapa penelitian tentang fitokimia dan sifat farmakologis dari tanaman jarak pagar telah dilaporkan sebelumnya (Windarwati, 2011).



Gambar 4. Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) (Singh, 2011).

Uji fitokimia pada daun, akar, kulit batang, dan biji tanaman jarak pagar menunjukkan bahwa tanaman ini mengandung alkaloid, flavanoid, terpenoid, saponin, dan alkaloid dilaporkan bersifat antimikroba dan berpotensi sebagai bioaktif untuk pengendalian patogen tanaman seperti *Fusarium* sp. (Rante *et al.*, 2013).

Sistem Ketahanan Tanaman dan Mekanisme Ketahanan Induksi

Tanaman memiliki mekanisme pertahanan diri yang dapat diaktifkan dalam menanggapi tekanan biotik (patogen dan parasit) pada berbagai tingkatan, mulai dari virus mikroskopis hingga serangga fitofag. Kecepatan respon tanaman sangat penting dalam menentukan perbedaan cara mengatasi tekanan biotik (Choudhary *et al.*, 2007). Ketahanan terinduksi diartikan sebagai proses ketahanan aktif yang bergantung pada penghalang fisik atau kimia tanaman inang, yang diaktifkan oleh agensia biotik atau abiotik (agen penginduksi) yang dapat melindungi tanaman dari infeksi patogen tanah. Ketahanan terinduksi dikategorikan sebagai perlindungan

secara biologi pada tanaman target. Induksi resistensi menyebabkan kondisi fisiologis yang mengatur sistem ketahanan menjadi aktif atau menstimulasi mekanisme resistensi alami yang dimiliki tanaman inang (Zhang *et al.*, 2007). Ketahanan terinduksi berkembang setelah tanaman diinokulasi dengan elisitor biotik (mikroorganisme avirulen, nonpatogenik atau saprofit) dan elisitor abiotik (asam salisilat atau asam kloroetil fosfonat) (Choudhary *et al.*, 2008).

Menurut Koumutsi *et al.* (2007), berdasarkan ekspresi gejala pada bagian tanaman dapat dibedakan menjadi dua ketahanan terinduksi, yaitu induksi ketahanan lokal dan induksi ketahanan sistemik. Ketahanan terinduksi lokal merupakan mekanisme yang efektif pada kondisi lapang dan menyediakan mekanisme alami pengendalian hayati penyakit tanaman. Ketahanan terinduksi lokal akan mengurangi gejala penyakit terbatas pada jaringan yang diinduksi. Ketahanan terinduksi sistemik adalah ketahanan yang ekspresinya tampak merata pada seluruh bagian tanaman.

Mikroba yang bersifat menguntungkan bagi tanaman, seperti *Rhizobacteria* dari kelompok *Pseudomonas* sp. Dapat berfungsi sebagai penyubur, sarana pengendali hayati patogen tanaman, dan meningkatkan ketahanan tanaman secara *Induced Systemic Resistance* (ISR) (McMilan, 2007). Ketahanan terinduksi bukan ketahanan tanaman yang sebelumnya tidak mempunyai ketahanan, tetapi pengaktifan mekanisme ketahanan laten melalui inokulasi patogen atau mikroba (Soesanto, 2008). Pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan dengan pemanfaatan mikroba antagonis yang berdampak terhadap ketahanan tanaman dari gangguan patogen (Chen *et al.*, 2007).

Penginduksian ketahanan secara *Systemic Acquired Resistance* (SAR) dihubungkan dengan asam salisilat. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan daya pertahanan tanaman yang melibatkan ketahanan terinduksi sistemik, yang berhubungan dengan peningkatan senyawa penghambat patogen tanaman seperti fitoaleksin (Soesanto, 2008). Penelitian Luna *et al.* (2012). Juga mengindikasikan bahwa ketahanan terinduksi melalui jalur SAR dapat diwariskan secara epigenetik, gen ketahanan menjadi aktif pada keturunan arabidopsis yang induknya telah diberi perlakuan, sehingga keturunannya lebih tahan terhadap patogen *Hyaloperonospora arabidopsis*. Hasil penelitian Ariawan *et al.* (2015) menunjukkan bahwa perlakuan *Rhizobakteria* sangat nyata menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium* sp.

Ketahanan sistemik terinduksi pada bagian tanaman yang disebabkan oleh agen penginduksi mikroba maupun senyawa kimia ditunjukkan oleh peningkatan kandungan senyawa tertentu. Mekanisme penghambatannya terhadap serangan patogen melalui produksi antibiotik, toksin, kompetisi ruang dan nutrisi, menghasilkan siderofor, enzim β -1.3 glukonase, kitinase, β -1.4 glukosidase, citonase, peroksidase, fenol, asam salisilat dan HCN (Widnyana *et al.*, 2014). Mikorba antagonis dapat menginduksi resistensi tanaman terhadap patogen dengan cara mengaktifkan lintasan sinyal dan melibatkan hormon asam jasmonik dan etilen tanaman. Selain itu mikroba antagonis dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Nurhayati, 2011). Ketahanan tanaman juga dapat diinduksi dengan cara menginokulasi mikroba nonpatogenik dan perlakuan kimia tertentu.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan

Isolat *Fusarium oxysporum*. Digunakan sebagai isolat penyakit busuk umbi.

Daun Jarak pagar sehat. Digunakan sebagai tanaman inang penghasil endofit.

Media PDA. Digunakan sebagai media tumbuh endofit dan *Fusarium oxysporum*.

Aquades steril. Digunakan sebagai pelarut.

Alkohol 70%. Digunakan sebagai sterilan bahan di laboratorium.

Alat

Cawan petri. Digunakan sebagai wadah meletakkan media PDA.

Pipet. Digunakan untuk mengambil larutan.

Jarum ose. Digunakan untuk mengambil cendawan.

Aluminium foil dan kapas. Digunakan untuk menutup botol kaca.

Cling wrap. Digunakan untuk menutup cawan petri.

Enkas. Digunakan sebagai tempat isolasi dan inokulasi.

Autoklaf. Digunakan untuk mensterilisasi media.

Bunsen burner. Digunakan untuk mensterilisasi.

Mikroskop. Digunakan untuk melihat cendawan.

Gelas beker. Digunakan untuk menampung media dan aquades.

Pinset. Digunakan untuk mengambil bahan.

Gunting. Digunakan untuk memotong bahan.

Neraca analitik. Digunakan untuk menimbang bahan.

Jangka sorong. Digunakan untuk mengukur pertumbuhan miselium cendawan.

Scalpel. Digunakan untuk memotong daun jarak pagar.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman serta Laboratorium Terpadu Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga bulan Juli 2018.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), satu faktor dengan 10 perlakuan. Perlakuan yang diuji yaitu :

PE0 : *Fusarium oxysporum*

PA1 : *Fusarium oxysporum* + Endofit A1

PA2a : *Fusarium oxysporum* + Endofit A2a

PA2b : *Fusarium oxysporum* + Endofit A2b

PA4b : *Fusarium oxysporum* + Endofit A4b

PB3 : *Fusarium oxysporum* + Endofit B3

PB4b : *Fusarium oxysporum* + Endofit B4b

PC1 : *Fusarium oxysporum* + Endofit C1

PD3 : *Fusarium oxysporum* + Endofit D3

PD4b : *Fusarium oxysporum* + Endofit D4b

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 30 cawan percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Sterilisasi alat

Semua alat seperti tabung reaksi, cawan petri, pipet, jarum ose, gunting, pinset, gelas beker, cover glass dan slide glass yang akan digunakan dicuci dengan air hingga bersih, kemudian dikeringkan. Setelah kering alat yang memiliki permukaan mulut tabung disumbat terlebih dahulu dengan kapas sebelum semua alat dibungkus dengan kertas koran. Setelah semua terbungkus kertas koran, semua alat dimasukkan ke dalam autoklaf untuk disterilisasi selama sepuluh menit dengan suhu 121° C.

Pembuatan media PDA

Mencuci 200 g kentang sampai bersih, kemudian dipotong kecil-kecil dan direbus dengan 1000 mL aquades sampai empuk. Setelah mendidih ekstrak kentang disaring lalu ekstrak kentang dimasukkan ke dalam gelas beker dan berikutnya kembali direbus serta ditambahkan aquades jika cairan media tersebut kurang dari 1000 mL. Menambahkan 20 g dextrose dan 20 g agar serta diaduk hingga rata.

Kemudian setelah mendidih cairan tersebut dituang ke dalam botol kaca, kemudian mulut botol disumbat dengan kapas dan aluminium foil. Selanjutnya media PDA disterilkan menggunakan autoklaf pada tekanan 2 atm (suhu 121° C) selama 30 menit.

Isolasi endofit dari daun jarak pagar, pemurnian (purifikasi) dan pengukuran jarak tumbuh

Isolasi cendawan endofit menggunakan daun jarak pagar sehat, prosedur ini mengikuti prosedur yang pernah dilaporkan oleh Hallmann (1997). Daun jarak pagar sehat dibersihkan dengan Chlorox dan alkohol masing-masing selama 2 menit dan 30 detik dan dibilas dengan aquades sebanyak tiga kali kemudian dikeringkan dengan kertas saring (Zulaika,2014). Daun dipotong menjadi bagian kecil berukuran 0,5 x 0,5 cm. Potongan daun tersebut dimasukkan ke dalam media berisikan PDA. Tepi cawan petri disterilkan dengan api bunsen, kemudian tepi cawan petri ditutup dengan cling wrap dan diinkubasi selama 7 hari. Pada hari ke-7 dilakukan pemurnian isolat masing-masing daun akan diberi kode isolat EA1, EA2, EA3, EA4, EB1, EB2, EB3, EB4, EC1, EC2, EC3, EC4, ED1, ED2, ED3, dan ED4. Cawan yang berisi isolat murni dari tiap-tiap endofit akan diukur jarak pertumbuhannya pada hari ke 3, 5, dan 7 HSI. Pada hari ke-7 isolat-isolat endofit yang pertumbuhannya paling tinggi akan digunakan untuk uji daya hambat. Faktor yang diamati adalah diameter/jarak tumbuh hifa.

Uji daya hambat

Uji daya hambat (uji antagonisme) bertujuan untuk mengetahui apakah endofit mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. Pengujian dilakukan dengan metode biakan ganda (*dual culture*), yaitu dengan cara menumbuhkan patogen *Fusarium oxysporum* dan cendawan endofit dalam satu cawan petri berdiameter 9 cm yang berisi media PDA, dimana diameter cawan akan dibagi menjadi 3 bagian masing-masing 3 cm. Pada umur 7 hari setelah isolasi dan uji daya tumbuh patogen dan cendawan endofit diambil menggunakan jarum ose, tiap isolat diletakkan sesuai garis yang telah dibuat. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang, selanjutnya diamati setiap hari pertumbuhan isolat sampai hari ke 7 setelah inkubasi. Perhitungan uji daya hambat *dual culture* mengikuti metode yang dikenalkan oleh (Skidmore & Dickinson, 1973) dan dirujuk oleh beberapa penelitian terdahulu (Malleswari, 2014) dan (Begum *et al.*, 2008). Persentase hambatan diukur dan dihitung menggunakan rumus :

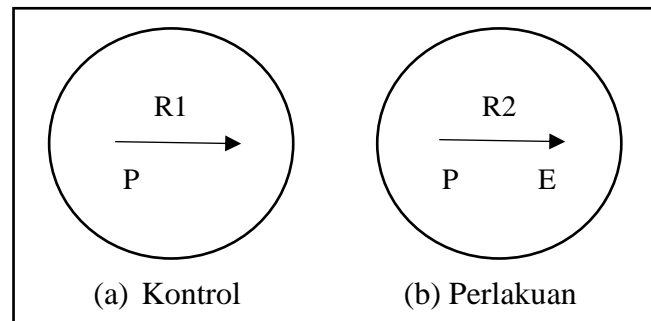
$$P = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Persentase Hambatan

R1 = Pertumbuhan koloni patogen pada cawan kontrol

R2 = Pertumbuhan koloni patogen yang mendekati endofit pada cawan perlakuan



Selanjutnya hasil dari uji daya hambat, dipilih satu isolat dengan daya hambat tertinggi berdasarkan persentase yang didapat.

Pengamatan

Peubah yang diamati adalah pertumbuhan miselia *Fusarium oxysporum* dan endofit yang berhasil diisolasi dari daun jarak pagar pada hari ke-3,5, dan 7 setelah inokulasi (HSI) serta persen hambat pada uji daya hambat (uji antagonis) antara isolat endofit dan *Fusarium oxysporum* pada metode *dual culture*.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam dengan model linier aditif sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Hasil pengamatan perlakuan ke-i pada ulangan ke-j

μ = Nilai tengah umum

α_i = Pengaruh perlakuan ke-i

ϵ_{ij} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Tabel 1. Bentuk Analisis Ragam (ANOVA)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F-hitung	F-tabel
					5%
Perlakuan	$t - 1$	JKP	KTP	KTP/KTG	
Galat	$t (r-1)$	JKG	KTG		
Total	$t.r - 1$	JKT			

Variabel nilai persen hambat dianalisis terlebih dahulu dengan uji kehomogenan ragam Bartlet. Jika data homogen dilanjutkan dengan analisis ragam (ANOVA), tetapi jika data tidak homogen dilakukan transformasi data. Analisis ragam (ANOVA) dilakukan dengan menggunakan uji F pada taraf 5%. Selanjutnya apabila perlakuan berpengaruh nyata atau sangat nyata akan dilakukan dengan uji beda rerata menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

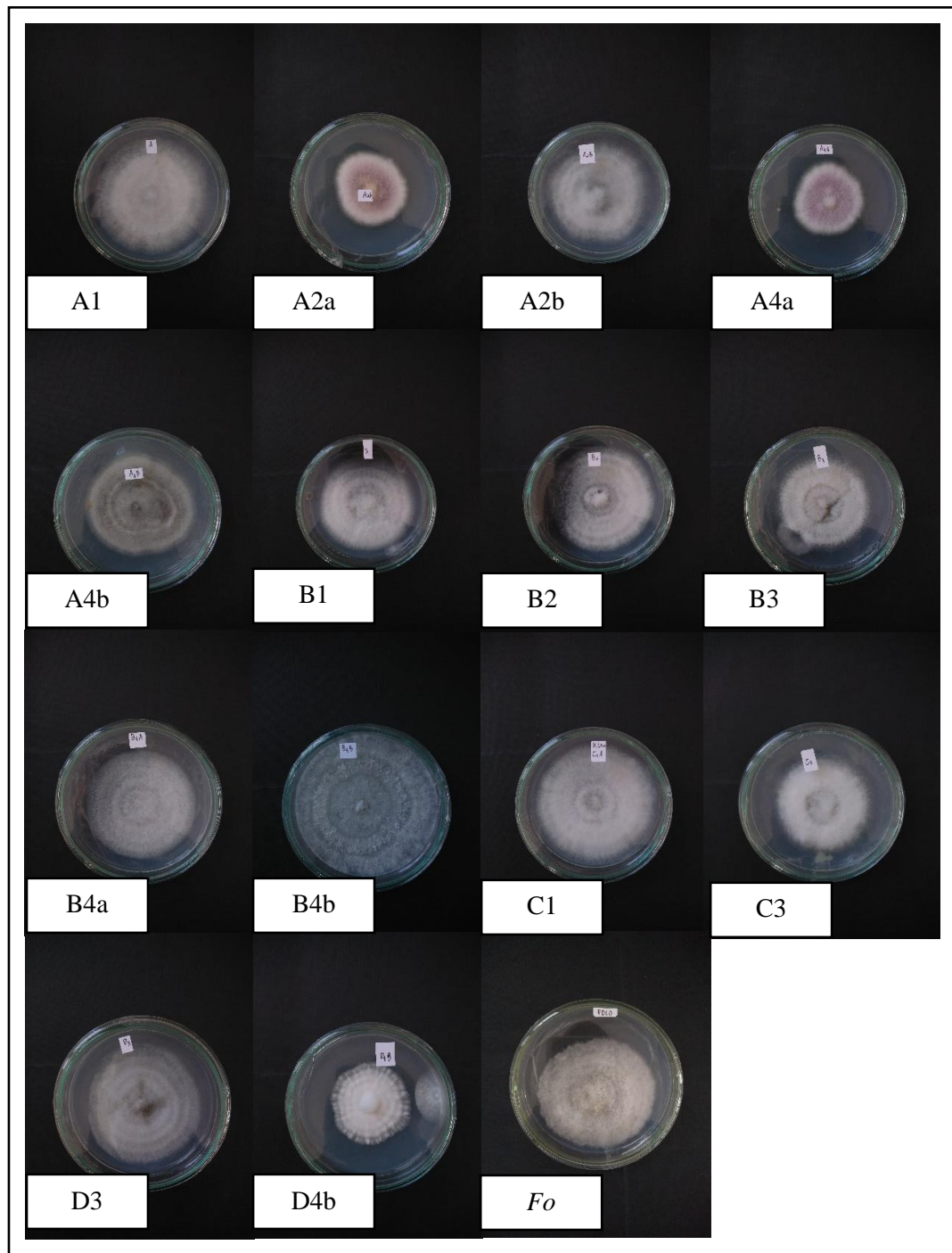
Hasil

Isolasi dan pemurnian (purifikasi) endofit dari daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)

Hasil pengamatan isolasi endofit dari tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) diperoleh 20 (dua puluh) isolat endofit yang diberi kode: A1, A2a, A2b, A3a, A3b, A4a, A4b, B1, B2, B3, B4a, B4b, C1, C3, C4, D1, D2, D3, D4a dan D4b (Lampiran 1). Endofit diisolasi dari 4 daun yang berasal dari tanaman berbeda dan dibiakkan pada 4 cawan petri yang berbeda. Endofit diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Isolat endofit kemudian dimurnikan dan diinkubasi kembali dengan cara diinokulasikan ke media PDA baru pada suhu ruang selama 7 hari. Pemurnian dilakukan pada setiap koloni cendawan yang dianggap berbeda berdasarkan pengamatan morfologi makroskopis yang dapat dilihat seperti warna, bentuk dan pola persebaran koloni. Dari 20 (dua puluh) isolat endofit hanya 14 (empat belas) endofit yang berhasil dimurnikan. Cawan yang berisi isolat murni dari tiap-tiap endofit akan diukur jarak pertumbuhannya pada hari ke 3, 5 dan 7 HSI. Endofit yang berhasil tumbuh dengan baik saat pemurnian adalah A1, A2a, A2b, A4a, A4b, B1, B2, B3, B4a, B4b, C1, C3, D3, dan D4b. Isolat endofit yang berhasil tumbuh dengan baik pada tahap pemurnian akan digunakan sebagai perlakuan pada uji lanjut yaitu uji daya hambat.

Secara keseluruhan berdasarkan pengamatan makroskopis miselium isolat kultur murni endofit dan *Fusarium oxysporum* (Gambar 5), endofit

berpotensi sebagai agen antagonis karena pertumbuhannya lebih tinggi jika dibandingkan dengan *Fusarium oxysporum*.

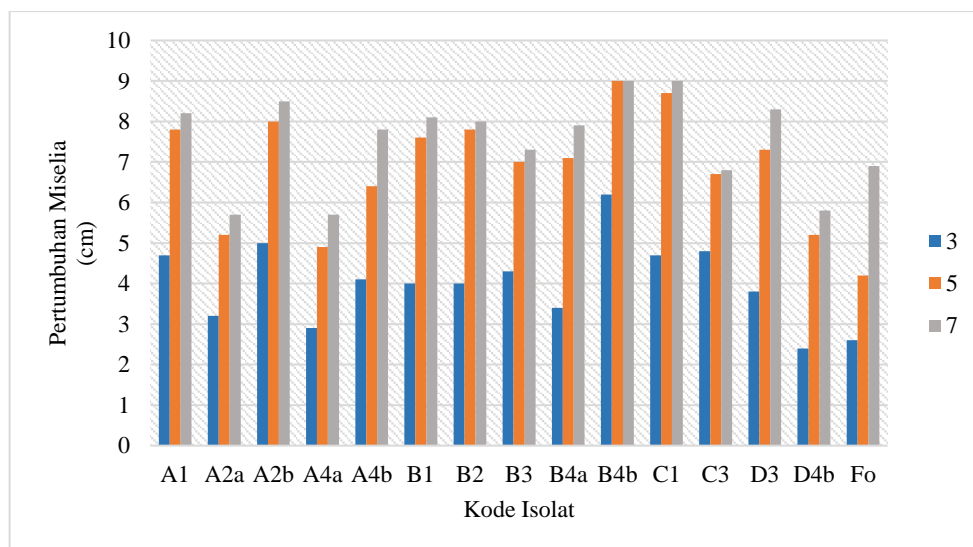


Gambar 5. Morfologi koloni endofit dari daun Jarak Pagar dan *Fusarium oxysporum* tampak depan.

Bersamaan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa salah satu ciri mikroba antagonis ditandai dengan pertumbuhannya yang lebih cepat dibandingkan patogen (Shehata *et al.*, 2008)

Pertumbuhan miselia isolat endofit dari daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)

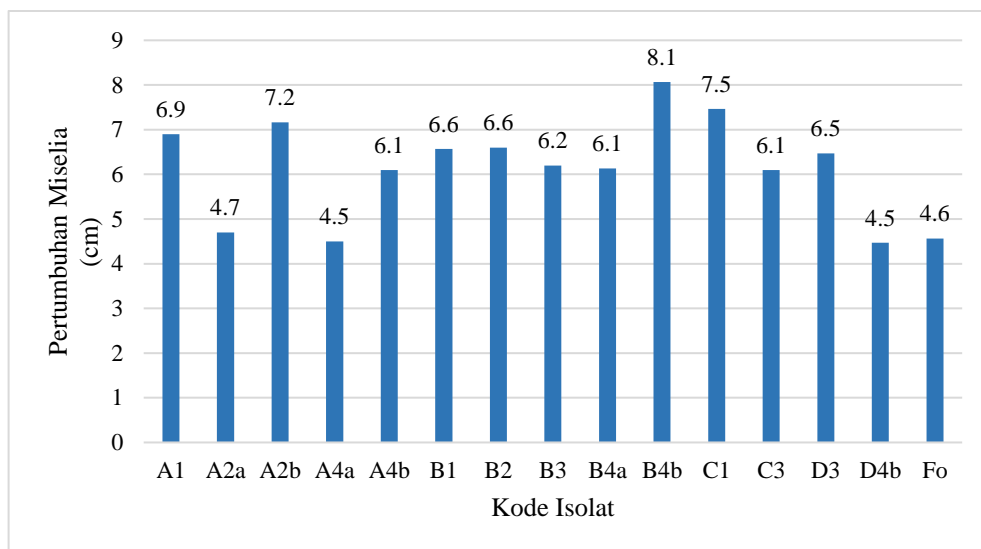
Pertumbuhan miselia isolat endofit diukur pada hari ke 3, 5 dan 7. Faktor yang diamati adalah diameter/jarak tumbuh hifa.



Gambar 6. Pertumbuhan miselia isolat endofit daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) pada hari ke-3, 5, dan 7 HSI.

Berdasarkan Gambar 6, pada hari ke-3 hingga hari ke-5 dapat terlihat bahwa pertumbuhan miselia masing-masing endofit terlihat meningkat tajam. Peningkatan pertumbuhan secara tajam diduga karena endofit berada pada fase eksponensial/fase logaritmik, sedangkan pada hari ke-5 hingga hari ke-7 pertumbuhan endofit menunjukkan nilai yang rendah. Hal ini diduga karena

endofit telah memasuki fase stationer sehingga kecepatan tumbuh pada endofit menurun.



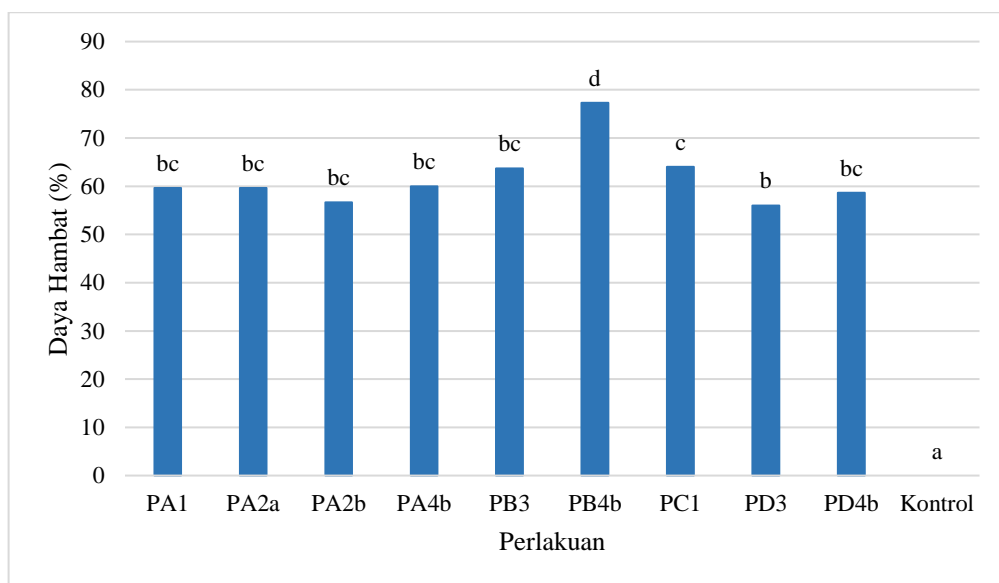
Gambar 7. Rerata pertumbuhan miselia isolat endofit daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)

Endofit yang menunjukkan pertumbuhan tercepat adalah isolat B4b dan C1. Diantara semua isolat endofit, miselium isolat B4b menunjukkan nilai pertumbuhan paling tinggi yaitu 9 cm (Gambar 6). Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa rerata pertumbuhan isolat endofit tertinggi adalah B4b sebesar 8,1cm/hari. Sedangkan pertumbuhan terendah ditunjukkan oleh isolat A4a dan D4b dengan rerata pertumbuhan sebesar 4,5 cm/hari.

Uji daya hambat dengan metode *dual culture*

Endofit yang digunakan untuk uji daya hambat dipilih sebanyak 9 isolat. Pemilihan isolat berdasarkan pada nilai rerata pertumbuhan paling tinggi diantara isolat lainnya. Data pengamatan R1 (pertumbuhan koloni patogen pada cawan kontrol) dan R2 (pertumbuhan koloni yang tumbuh mendekati isolat

endofit pada cawan perlakuan) pada masing-masing isolat. Berdasarkan hasil analisis ragam *one way anova* dengan uji F pada taraf 5% variabel nilai persen hambat semua isolat endofit pada hari ke-7 berpengaruh terhadap terhadap *Fusarium oxysporum* (kontrol) (Gambar 8).



Gambar 8. Hasil uji daya hambat endofit dari daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan patogen *Fusarium oxysporum* pada 7 HSI.

Perlakuan	Daya Hambat (%)
PA1	59.67 ^{bc}
PA2a	59.67 ^{bc}
PA2b	56.67 ^{bc}
PA4b	60.00 ^{bc}
PB3	63.67 ^{bc}
PB4b	77.33 ^d
PC1	64.00 ^c
PD3	56.00 ^b
PD4b	58.67 ^{bc}
Kontrol	0 ^a

Tabel 2. Hasil uji daya hambat endofit dari daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan patogen *Fusarium oxysporum* pada 7 HSI.

Hasil uji daya hambat pada beberapa isolat endofit menunjukkan bahwa pertumbuhan endofit lebih kuat jika dibandingkan dengan pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum*. Kemampuan endofit daun jarak pagar dalam menghambat pertumbuhan patogen berkisar antara 56,00% hingga 77,33%. Hasil daya hambat tertinggi adalah perlakuan PB4b dengan persentase daya hambat 77,33%, sedangkan hasil daya hambat terendah adalah perlakuan PA2b dengan persentase daya hambat 56,00%. Besarnya persentase daya hambat pada perlakuan PB4b menunjukkan bahwa perlakuan PB4b mampu mendominasi ruang lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya. Dari hasil perhitungan uji daya hambat dan pengukuran diameter koloni *Fusarium oxysporum* pada media uji antagonis dan kontrol dapat disimpulkan bahwa semua isolat endofit yang diisolasi mampu menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata persen hambat isolat endofit terhadap *Fusarium oxysporum* diatas 50%. Penggunaan endofit sebagai agen pengendali patogen sudah banyak dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Khastini *et al.* (2016) menyatakan potensi endofit asal ekosistem mangrove dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium sp.* sebesar 12,65 – 44,26%. Prasetya *et al.* (2018) menyatakan bahwa isolat endofit yang berasal dari tanaman bawang merah sehat mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada bawang merah dengan persentase daya hambat sebesar 0,05 – 0,17%.

Pembahasan

Pada hasil penelitian ini diperoleh 14 isolat murni dari daun jarak pagar yang dapat bertahan hidup dengan baik. Hal ini membuktikan bahwa tiap jenis tanaman masing-masing setidaknya memiliki satu atau lebih mikroba endofit yang terdiri dari cendawan ataupun bakteri (Masyarah, 2009). Tiap endofit menunjukkan kecepatan tumbuh yang berbeda namun semua endofit mengalami pertumbuhan yang meningkat tajam pada hari ke-3 hingga hari ke-5. Hal ini diduga karena semua endofit sedang berada pada fase eksponensial/fase logaritmik. Pada penelitian Wuryanti (2008) menyatakan cendawan yang berada pada fase eksponensial/fase logaritmik, cendawan akan tumbuh dengan cepat dan konstan. Pertumbuhan cendawan pada fase eksponensial sangat sensitif dan membutuhkan energi yang lebih banyak sehingga mengakibatkan nutrisi pada media akan sangat berkurang. Pada akhir masa eksponensial cendawan menghasilkan sisa-sisa metabolisme yang mungkin akan menghambat pertumbuhan. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan nilai pertumbuhan endofit pada hari ke-5 hingga hari ke-7 (Gambar 6). Setelah masa eksponensial berakhir cendawan akan memasuki masa stationer dimana pada fase ini jumlah sel yang tumbuh akan sama dengan jumlah sel yang mati. Pada fase ini sel-sel pada cendawan akan berukuran lebih kecil karena cendawan tetap melakukan reproduksi walaupun nutrisi pada media telah berkurang. Namun pada fase ini cendawan akan lebih tahan terhadap cekaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa endofit mampu menghambat pertumbuhan patogen secara *in vitro* dengan berbagai mekanisme dan persentase daya hambat yang beragam. Perbedaan kemampuan penghambatan jamur antagonis dapat disebabkan oleh perbedaan produksi senyawa metabolit sekunder yang ditentukan oleh jenis, strain jamur antagonis, serta jenis patogen. Metabolit sekunder yang dihasilkan endofit dalam menghambat pertumbuhan patogen juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya seperti jenis dan konsentrasi senyawa antibiotik yang dihasilkan, kehadiran jamur lain, laju keseimbangan biosintesis, serta biotransformasi (Vinale *et al.*, 2009). Pada Gambar 8 perlakuan PB4b menunjukkan kemampuan hambatan tertinggi dengan nilai 77,33%. Hasil pengamatan menunjukkan perlakuan PB4b mampu mendominasi ruang lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan PA4b, PB3 dan PC1 menunjukkan kemampuan mendominasi ruang lebih rendah jika dibandingkan dengan perlakuan PB4b, namun pada ketiga endofit ini menunjukkan bahwa pertumbuhan endofit dapat menghambat pertumbuhan patogen dengan perubahan warna pada daerah kontak.

Dominasi ruang yang terjadi pada perlakuan PB4b berhubungan dengan kecepatan tumbuh endofit B4b saat purnian (Gambar 7). Pada hari ke-3 setelah inokulasi pada pengamatan isolat murni, isolat endofit B4b menunjukkan pertumbuhan yang sangat cepat dibandingkan dengan isolat endofit lainnya. Faktor ruang tumbuh menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi kerja endofit, dimana semakin cepat pertumbuhan agen antagonis mengakibatkan pertumbuhan patogen akan terdesak serta tidak mendapatkan ruang untuk

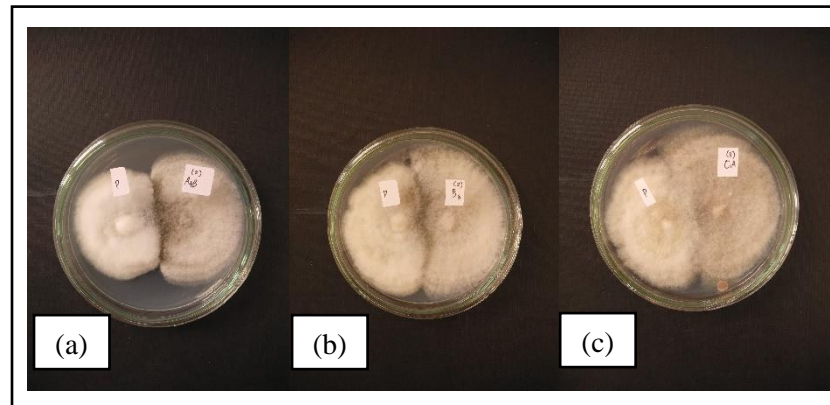
tumbuh dan berkembang. Sedangkan pada perlakuan PA2b menunjukkan persentase hambat yang relatif rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini berbeda dengan pertumbuhan isolat A2b saat dibiakan murni (Gambar 7). Rendahnya persentase hambatan pada perlakuan PA2b diduga karena pada saat ditumbuhkan dengan metode *dual culture*, *Fusarium oxysporum* menghasilkan toksin sehingga pertumbuhan isolat A2b terhambat.

Mikroorganisme antagonis dapat menggunakan satu atau lebih mekanisme untuk menghambat pertumbuhan patogen dan kinerjanya dapat berbeda terhadap jenis patogen yang lain. Mekanisme interaksi yang terjadi antara patogen dan endofit didasarkan pada 3 kriteria yaitu kompetisi, antibiosis dan parasitisme (Kusumawardani, 2014). Mekanisme kompetisi ditunjukkan pada perlakuan PB4b karena koloni endofit tumbuh menutupi koloni patogen dan pertumbuhan endofit lebih cepat memenuhi cawan petri. Endofit B4b sudah tumbuh memenuhi cawan pada hari ke 5 dan menghambat pertumbuhan patogen hingga nilai R2 patogen hanya mencapai 1,16 cm. Trigiano *et al.* (2008) menyatakan bahwa organisme yang pertumbuhannya cepat mempunyai kemampuan menghasilkan zat antibiotik dan toleran terhadap antibiotik yang dihasilkan organisme lain. Kompetisi adalah mekanisme yang terjadi antara dua atau lebih mikroorganisme yang menggunakan atau memperebutkan makanan (karbon dan nitrogen) atau sumber mineral yang sama, maupun menempati habitat atau inang yang sama. Mikroorganisme yang satu dapat mengalahkan mikroorganisme lainnya karena pertumbuhannya lebih cepat sehingga dapat menggunakan secara efisien sumber makanannya.



Gambar 9. *Dual culture* perlakuan PB4b yang diduga menunjukkan mekanisme kompetisi dalam menghambat patogen.

Perlakuan PA4b, PB3 dan PC1 menunjukkan perubahan warna pada titik temu antara patogen dan endofit. Hal ini diduga karena endofit A4b, B3 dan C1 memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen dengan melekatkan hifanya pada patogen kemudian mensekresikan enzim pendegradasi sel. Aktivitas enzim tersebut mengakibatkan dinding sel pada hifa patogen mengalami kerusakan dan perubahan warna. Metabolit sekunder yang diproduksi oleh endofit biasanya adalah senyawa yang juga dihasilkan oleh tanaman inangnya. Seperti yang dikemukakan Sunarwati & Yoza (2010) bahwa salah satu cara mikroba antagonis dalam menghambat patogen yaitu dengan lisis sehingga miselium patogen akan mengalami kerusakan dan menyebabkan kematian.



Gambar 10. *Dual culture* perlakuan (a) PA4b, (b) PB3, dan (c) PC1 yang diduga menunjukkan mekanisme antagonisme dalam menghambat patogen.

Kemampuan endofit menghasilkan berbagai senyawa fitokimia yang juga dihasilkan oleh tanaman inang terkait dengan adanya rekombinasi genetik antar patogen dan inang saat proses evolusi. Beberapa agen biokontrol dapat menghasilkan satu atau lebih jenis metabolit sekunder seperti alkaloid, polipeptida dan senyawa aromatik yang terbukti dapat menghambat pertumbuhan patogen (Gao *et al.*, 2010). Selain dengan menghasilkan metabolit sekunder endofit juga mampu menghambat pertumbuhan patogen dengan menghasilkan enzim litik yang mampu menghidrolisis berbagai senyawa polimer. Endofit akan menghasilkan enzim untuk menghidrolisis dinding sel patogen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Isolat endofit yang berasal dari daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) mampu menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum* pada bawang merah secara *in vitro*.
2. Perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* adalah PA4b dengan persen hambat sebesar 77,33%.

Saran

Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi isolat endofit yang telah diperoleh pada penelitian ini dan potensi endofit sebagai agen antagonis secara *in vivo*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. USA.
- Ajith, P.S. & N, Lakshmidēvi. 2010. Effect of Volatile and Nonvolatile Compounds from *Trichoderma* spp. Against *Colletotrichum capsici* Incitant of Anthracnose on Bell Peppers. Nature and Science. 8(9):256-269.
- Ariawan, I.W.G., D.N. Suprpta. & N.W. Suniti. 2013. Pemanfaatan *Aeromonas hydrophyla* untuk Mengendalikan Penyakit Layu *Fusarium* pada Beberapa Varietas Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Agroekoteknologi Tropika. 4(2):81-92.
- Athman, S.Y., A.Viljoen, N. Labuschagne, D.Coyne, C.S. Gold, P. Ragama, T. Dubois. & B. Niere. 2006. In vitro Antagonism of Endophytic *Fusarium oxysporum* Isolate Against The Burrowing Nematode *Radopholus similis*. Nematology. 8:627-636.
- Badan Litbang Pertanian. 2006. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Bawang Merah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Baker, K.F. & R.J Cook. 1974. Biological Control of Plant Patogens. WH Freeman. San Fransisco.
- Begum, M.M., M. Sariah, Z.M.A. Abidin, A.B. Puteh, M.A. Rahman. 2008. Antagonistic Potential of Selected Fungal and Bacterial Biocontrol Agents Against *Colletotrichum truncatum* of Soybean Seed. Pertanica J Trop Agric Sci. 31:45-53.
- Carrol, G.C. 1988. Fungal Endophytes in Stems and Leaves from Latent Patogens to Mutualistic Symbioth. Journal of Ecology. 69(1):2-9.
- Campbell, R. 1994. Biological Control of Soil Borne Disease: Some Present Problems and Different Approaches. Crop Protection. 13:4-12.
- Chen, X.H., A. Koumoutsi, R. Scholz, A. Eisenrech, K. Schneider & I. Schneider. 2007. Comparative Analysis of The Complete Genome Sequence of Plant Growth Promoting *Bacillus amyloliquifaciens* FZB 42. National Biotechnology. 25:1007-1014.
- Choundary, D.K., A. Prakash & B.N Johri. 2007. Induce Systemic Resistance (ISR) in Plants: Mechanism of Action. Indian J. Microbiol. 47:289-297.
- Clay, K. 1998. The Evolution of Endophytes. Agr Ecosystem Environment. 44:39-64.

- Cook, R.J & K.F Baker. 1983. The Natural and Practice of Biological Control of Plant Patogens. APS Press. Minnesota.
- Dinakaran, D., G. Gajendran, S. Mohankumar, G. Karthikeyan, S. Thiruvudainambi, E.I. Jonathan, R. Samiyappan, D.G. Pfeiffer, E.G. Rajotte, G.W. Norton, S. Miller & R. Muniappan. 2013. Evaluation of Integrated Pestand Disease Management Modulefor Shallots in Tamil Nadu, India: A Farmer's Participatory Approach. J. Integ. Pest Management. 4(2).
- Duriat, A.S., T.A. Soetiarso, L. Prabaningrum & R. Sutarya. 1994. Penerapan Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu pada Budidaya Bawang Merah. Balai Pertanian Hortikultura. Lembang.
- Edisaputra, E.K. 2005. Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Bawang Merah dengan Cendawan Antagonis dan Bahan Organik. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Gao, F.K., C.C. Dai & X.Z. Liu. 2010. Mechanisms of Fungal Endophytes in Plant Protection Againts Pathogens. African Journal of Microbiology Research. 4(13):1346-1351.
- Garret, S.D. 1970. Pathogenic Root Infecting Fungi. American Potato Journal. Cambridge University Press. Cambridge.
- Hallmann, J., A. Quadt-Hallmann, W.F. Mahaffee & J.W. Kloepper. 1997. Bacterial Endophytes in Agricultural Crop. Can. J. Microbiol. 43:895-914.
- Hallmann, J. 2001. Plant Interaction with Endopytic Bacteria. Institute of Plant Desease. Germany.
- Hasanudin & Rosmayati. 2013. Karakteristik Morfologi Isolat *Fusarium* Penyebab Penyakit Busuk Umbi Bawang Merah. Prosiding Seminar Nasional. Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Pekanbaru.
- Hung, P.Q. & K. Annapurna. 2004. Isolation and Characterization of Endophyte Bacteria in Soybean (*Glycine* sp.) Omnonrice. 12:92-101.
- Istikorini, Y. 2002. Pengendalian Penyakit Tumbuhan Secara Hayati Ekologis dan Berkelanjutan. Makalah Falsafah Sains Program Pascasarjana. Bogor.
- Khastini, R.O., S.G.S. Fitri, P. Marianingsih & A. Yuliani. Uji Potensi Biokontrol Cendawan Endofit Akar Asal Ekosistem Mangrove Pulau Dua Banten Terhadap Patogen *Fusarium*. Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi II:

Penguatan Peran Mikrobiologi dalam Pembangunan Industri Fermentasi dan Pertanian. Salatiga.

- Koumoutsis, A., X.H. Chen, J. Vater & R. Borriss. 2007. DegU and YczE Positively Regulates The Synthesis of *Bacillomycin D* by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Appl. Environ. Microbiol.*
- Korlina, E., L. Rosmahani, Baswarsiati, F. Kasijadi & E. Retnaningtyas. 2000. Pengkajian Rakitan Teknologi Usahatani Bawang Merah Tanam di Luar Musim. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian. Pengkajian BPTP Karangploso. Malang.* 160-171.
- Kuruppu, P.U. 1999. First Report of *Fusarium oxysporum* Causing a Leaf Twisting Disease on *Allium cepa* var. *Ascalonicum* in Sri Lanka. *Plant Disease.* 83-69.
- Kusumawardana, Y., L. Sulistyowati, A. Cholil. 2014. Potensi Antagonis Jamur Endofit pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) terhadap Jamur *Phytophthora capsici* Leionian Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang. *Jurnal HPT.* 3(1):21-29.
- Lockwood, J.L. 1986. Soilborne Plant Patogens: Concept and Connections. *Phytopathology.* 76:20-27.
- Lucas, G.B., C.L. Campbell & L.T. Lucas. 1985. *Introduction to Plant Diseases Identification and Management.* Avi Publishing. North Carolina.
- Luna, E., J.A.B. Toby, M.R. Roberts, V. Flors & J. Ton. 2012. Next-Generation Systemic Acquired Resistance. *Plant Physiology.* 158:844-853.
- Malleswari D. 2014. In vitro Antagonistic Activity of Diverse Bacterial Isolates Against *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 3(5):755–763.
- Maysarah. 2009. Isolasi dan Uji Kemampuan Antifungal Fungi Endofit dari Tanaman Andaliman (*Zathoxylum acanthopodium*) Terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara In vitro. Skripsi. Universitas Tanjungpura.
- McMilan, S. 2007. *Promoting Growth with PGPR.* Soil Foodweb Canada Ltd. Soil Biology Laboratory & Learning Center. Canada.
- Mujumdar, A.M., A.S. Upadhye & A.V. Misar. 2000. Studies on Antidiarrhoeal Activity of *Jatropha curcas* Root Extract in Albino Mice. *Journal of Ethnopharmacology.*

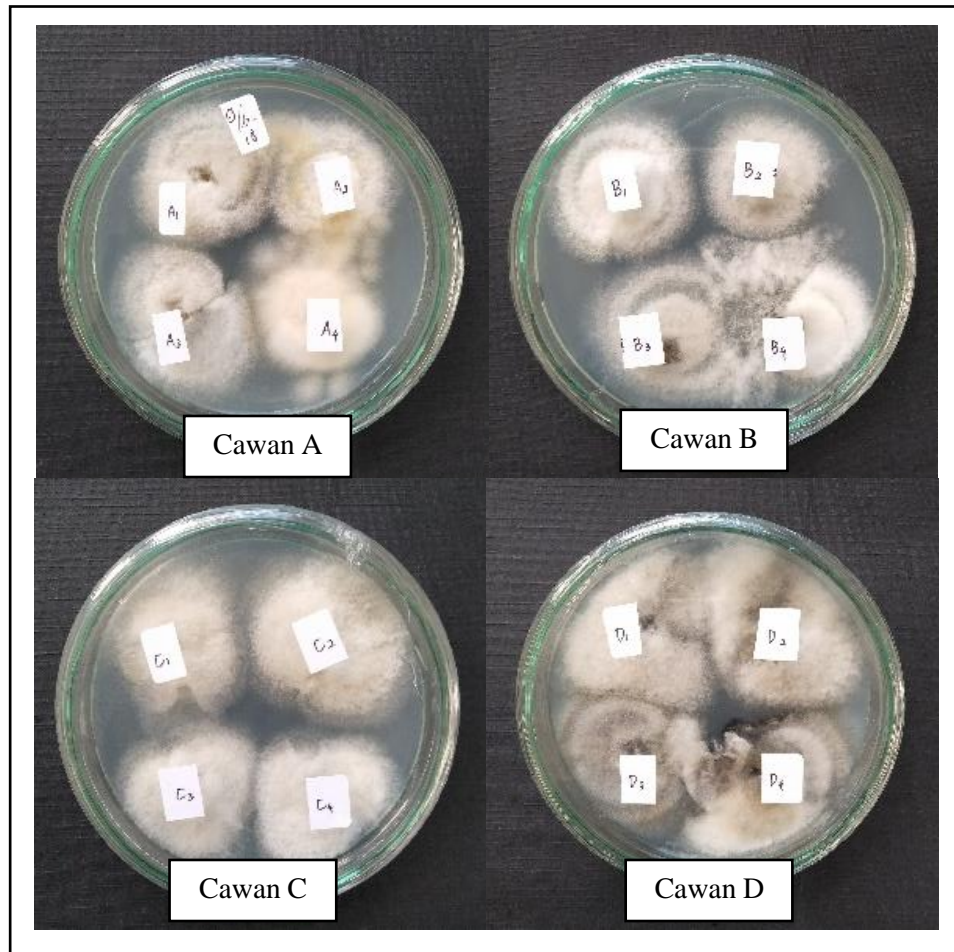
- Nurhayati. 2011. Penggunaan Jamur dan Bakteri dalam Pengendalian Penyakit Tanaman Secara Hayati yang Ramah Lingkungan. Prosiding Seminar Bidang Ilmu-ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat. Sumatera Utara.
- Patil, R.N., R.Y. Patil, B. Ahirwar & D. Ahirwar. 2011. Evaluation of Antidiabetic and Related Actions of Some Indian Medicinal Plants in Diabetic Rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*.
- Rahman, M.A., M.F. Begum, M.F. Alam. 2009. Screening of *Trichoderma* Isolates as a Biological Control Agents Against *Ceratocytis paradoxa* Causing Pineapple Disease of Sugarcane. *Microbiology*. 37(4):277-285.
- Rante, H.B., Taebe & S. Intan. 2013. Isolasi Fungi Endofit Penghasil Senyawa Antimikroba dari Daun Cabai Katokkon (*Capsicum annum* (L.) var. *Chinensis*) dan Profil KLT Bioautografi. *MFF*. 17(2):39-46.
- Sachdeva, K., P. Garg, M. Singhal, B. Srivastava. 2012. Pharmacological Evaluation of *Jatropha curcas* L. Extract for Anti-diarrhoeal Activity. *Research in Pharmacy*. 2(2):01-07.
- Sastrahidayat, I.R. 1983. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Sharma, A.K., M. Gangwar, R. Tilak, G. Nath, A.S.K. Sinha, Y.B Tripathi & D. Kumar. 2012. Comparative In vitro Antimicrobial and Phytochemical Evaluation of Methanolic Extract of Root, Stem and Leaf of *Jatropha curcas* L. *Journal of Pharmacognosy*. 4(30)-34-40.
- Shehata, S. Fawzy & A.M. Borollosy. 2008. Induction Yellow Mosaic Potyvirus and Growth Enhancement of Squash Plants Using Some Plant Growth Promoting *Rizhobacteria*. *Australian Journal of Basic and Applied Science* 2:174-182.
- Siadi, K. 2012. Ekstrak Bungkil Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) Sebagai Biopestisida yang Efektif dengan Penambahan Larutan NaCl. *Jurnal MIPA Universitas Semarang*. 35(1):77-83.
- Singh, B. 2011. *Jatropha curcas* L. Medical Plants. <http://medplants.blogspot.com/2012/12/jatropha-curcas-barbados-nut-danti.html>. Diakses tanggal 3 Desember 2012.
- Skidmore A.M., C.H. Dickinson. 1973. Effect of Phylloplane Fungi on The Senescence of Excised Barley Leaves. *Trans Br Mycol Soc*. 60(1):107–116.

- Soesanto, L. 2008. Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman, Suplemen ke Gulma dan Nematoda. Rajawali Press. Depok.
- Strobel, G.A. 1998. Fungal endophytes. Proc. of The 1997 Biotechnology of Microbial Product-Development in Ind. Microbiology. 35:69-71.
- Sudantha, I.M & A.L. Abadi. 2006. Uji Efektifitas Beberapa Isolat Jamur Endofit Antagonistik dalam Meningkatkan Ketahanan Induksi Beberapa Klon Vanili Terhadap Penyakit Busuk Batang. Universitas Mataram. Mataram.
- Sudantha, I.M., I.G.M. Kusnarta, M. Rahayu & I.N. Sudana. 2009. Karakterisasi dan Potensi Jamur Saprofit dan Endofit Antagonistik untuk Meningkatkan Ketahanan Induksi Tanaman Pisang Terhadap Penyakit Layu *Fusarium* di Nusa Tenggara Barat. Laporan Penelitian Kerjasama Kemitraan Pertanian Perguruan Tinggi (KKP3T) Badan Litbang Deptan. Mataram.
- Sunarwati, D., & R. Yoza. 2010. Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicilium* dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Penyebab Penyakit Busuk Akar Durian (*Phytophthora palmivora*) secara In vitro. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara. 176-189.
- Suryanarayan, T.S., N. Thirunavukkarasu, M.B. Govindarajulu, F. Sasse, R. Jansen & T.S. Murali. 2009. Fungal Endophytes and Bioprospecting. Fungal Biology Reviews. 23:9-19.
- Susilowati, D.N., R. Saraswati & E. Yuniarta. 2003. Isolasi dan Seleksi Mikroba Diazotrof Endofitik dan Penghasil Zat Pemacu Tumbuh pada Tanaman Padi dan Jagung. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Sutejo, A.M., A. Priatmojo & A. Wibowo. 2008. Identifikasi Morfologi Beberapa Spesies Jamur *Fusarium*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 14(1):7-13.
- Suwandi. 2014. Budidaya Tanaman Bawang Merah di Luar Musim. IAARD Press. Jakarta.
- Taechowisan, T., J.F. Peberdy & S. Lumyong. 2003. Isolation of Endophytic *Actinomycetes* from Selected Plants and Their Antifungalactivity. J. Microbiol. Biotechnol. 19:381-385.
- Tan, R.X. & W.X. Zou. 2001. Endophytes: A Rich Source of Functional Metabolites. Natural Product Report. 18:448-459.

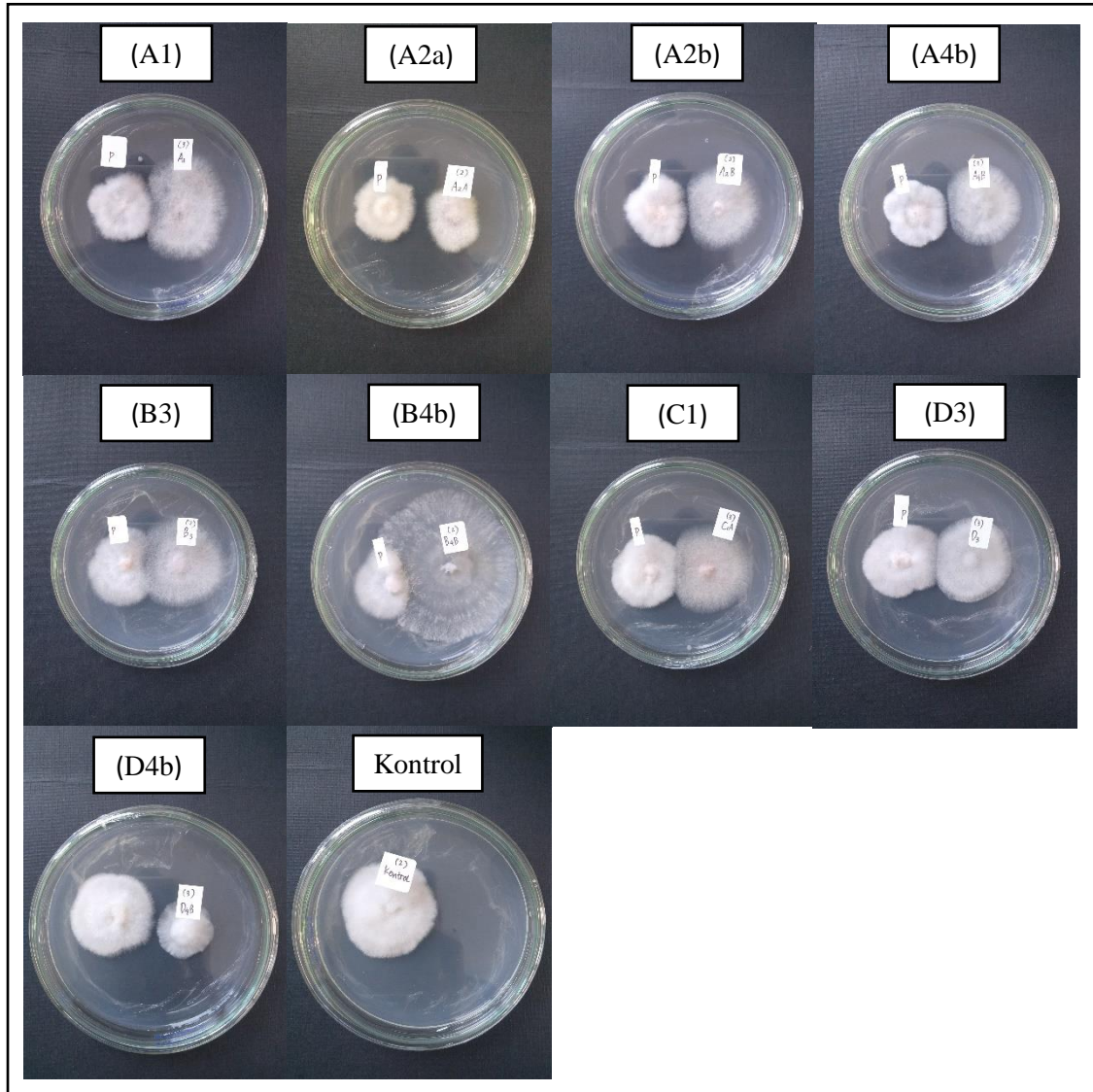
- Tombe, M., Sukanto, Zulhisnain & E. Taufiq. 1999. Pengaruh Produk Cengkih Terhadap Populasi Mikroba Tanah dan Intensitas Serangan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanilla*. Prosiding Forum Komunikasi Ilmiah Pemanfaatan Pestisida Nabati. Bogor.
- Vinale, F., E.L. Ghisalberti & K. Sivasithamparam. 2009. Factors Affecting The Production of *Trichoderma harzianum* Secondary Metabolites During The Interaction with Different Plant. Lett Appl Microbiol. 48:705-711.
- Prasetya, I.A.W.P., Y.S. Rahayu & G. Trimulyono. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Kitinolitik Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) serta Potensinya dalam Menghambat Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. Lentera Bio.7(1):1-8.
- Walker, J.C. 1975. Plant Pathology. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Widnyana, I.K., N.P. Pandawani & N.I.G.A.G.E. Martiningsih. 2014. Uji Aplikasi Bakteri *Pseudomonas alcaligenesis* Terhadap Kandungan Asam Salisilat dan Total Fenol dalam Upaya Menekan Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Tomat. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Unmas. Bali.
- Windarwati, S. 2011. Pemanfaatan Fraksi Aktif Ekstrak Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Sebagai Zat Antimikroba dan Antioksidan dalam Sediaan Kosmetik. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wuryanti. 2008. Pengaruh Penambahan Biotin pada Media Pertumbuhan Terhadap Produksi Sel *Aspergillus niger*. Jurnal Biologi Makassar. 10(2):46-50.
- Zhang, Z., Q. Li, Z. Li, P.E. Staswick, M. Wang & Y. Zhu. 2007. Dual Regulation Role of GH3.5 in Salicylic Acid and Auxin Signaling During Arabidopsis-*Pseudomonas syringae* Interaction. Plant Physiol. 145:450-464.
- Zulaika. 2014. Pemanfaatan Cendawan Endofit dalam Pengendalian Busuk Umbi (*Fusarium oxysporum*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*). Skripsi. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.

LAMPIRAN

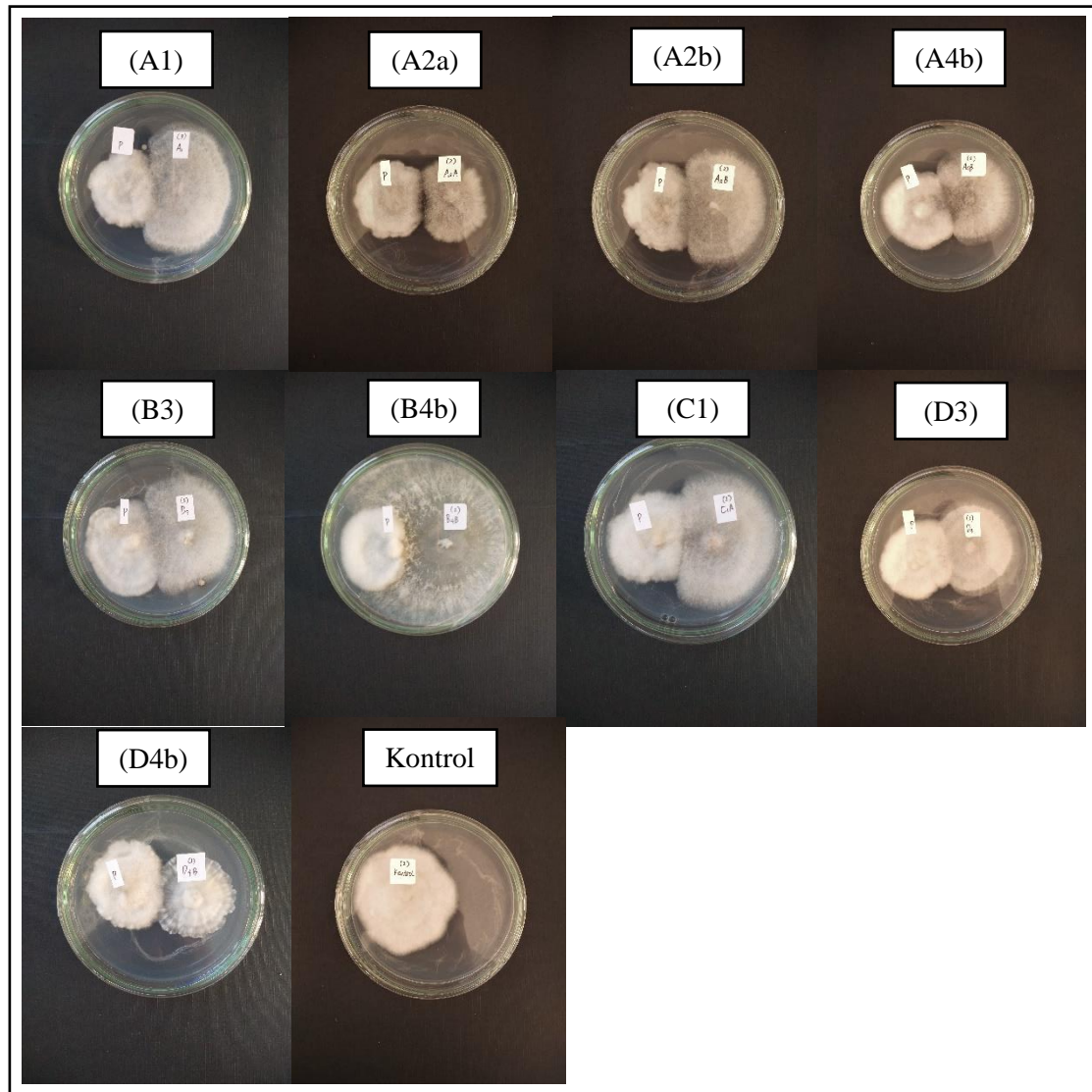
Lampiran 1. Dokumentasi hasil isolasi endofit pada daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)



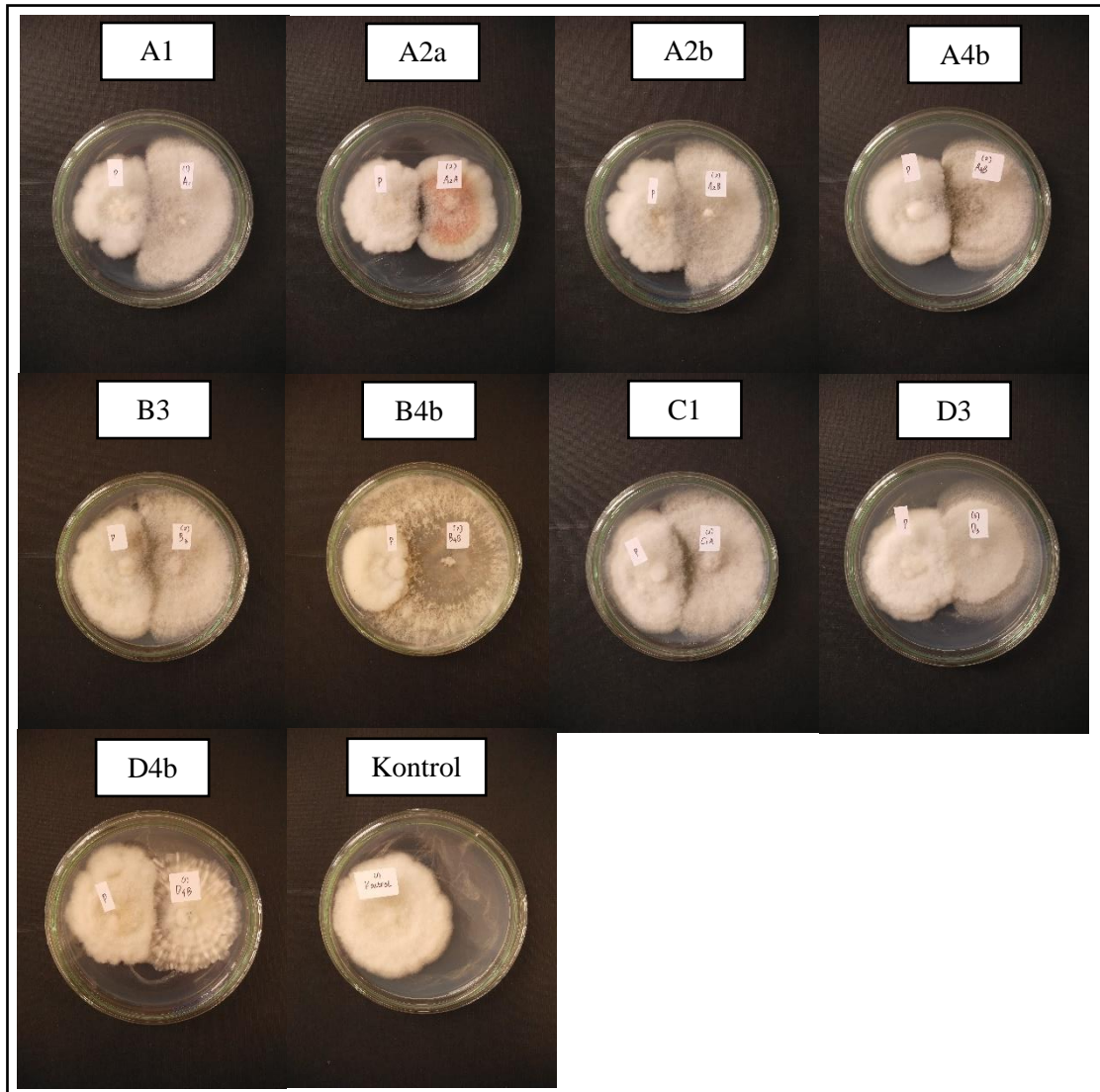
Lampiran 2. Dokumentasi uji daya hambat hari ke-3



Lampiran 3. Dokumentasi uji daya hambat hari ke-5



Lampiran 4. Dokumentasi uji daya hambat hari ke-7



Lampiran 5. Daun jarak pagar yang digunakan dalam penelitian



Lampiran 6. Tabel hasil pengamatan pertumbuhan endofit dan *Fusarium oxysporum*

Kode Isolat	Diameter Miselia Hari ke-		
	3	5	7
A1	4.7	7.8	8.2
A2a	3.2	5.2	5.7
A2b	5	8	8.5
A4a	2.9	4.9	5.7
A4b	4.1	6.4	7.8
B1	4	7.6	8.1
B2	4	7.8	8
B3	4.3	7	7.3
B4a	3.4	7.1	7.9
B4b	6.2	9	9
C1	4.7	8.7	9
C3	4.8	6.7	6.8
D3	3.8	7.3	8.3
D4b	2.4	5.2	5.8
<i>Fusarium oxysporum</i>	2.6	4.2	6.9

Lampiran 7. Tabel hasil perhitungan rerata pertumbuhan endofit dan *Fusarium oxysporum*

Kode Isolat	Diameter Miselia Hari ke-			Growth rate/2 day
	3	5	7	
A1	4.7	7.8	8.2	6.9
A2a	3.2	5.2	5.7	4.7
A2b	5	8	8.5	7.2
A4a	2.9	4.9	5.7	4.5
A4b	4.1	6.4	7.8	6.1
B1	4	7.6	8.1	6.6
B2	4	7.8	8	6.6
B3	4.3	7	7.3	6.2
B4a	3.4	7.1	7.9	6.1
B4b	6.2	9	9	8.1
C1	4.7	8.7	9	7.5
C3	4.8	6.7	6.8	6.1
D3	3.8	7.3	8.3	6.5
D4b	2.4	5.2	5.8	4.5
<i>Fusarium oxysporum</i>	2.6	4.2	6.9	4.6

Lampiran 8. Tabel hasil pengamatan jari-jari koloni patogen pada cawan perlakuan (R2).

Kode Isolat	R2 Hari ke-		
	3	5	7
A1 (1)	1.1	1.3	1.4
A1 (2)	1.4	1.5	1.5
A1 (3)	1.5	1.5	1.6
A2a (1)	1.1	1.3	1.3
A2a (2)	1.2	1.4	1.5
A2a (3)	1.6	1.7	1.7
A2b (1)	1.6	1.7	1.7
A2b (2)	1.3	1.5	1.5
A2b (3)	1.6	1.6	1.6
A4b (1)	1.5	1.6	1.6
A4b (2)	1.3	1.4	1.4
A4b (3)	1.3	1.4	1.4
B3 (1)	1.4	1.4	1.4
B3 (2)	1.2	1.2	1.2
B3 (3)	1.4	1.4	1.4
B4b (1)	0.6	1.1	1.1
B4b (2)	0.4	0.8	0.8
B4b (3)	0.3	0.6	0.6
C1a (1)	1.2	1.3	1.3
C1a (2)	1.3	1.3	1.3
C1a (3)	1.3	1.4	1.4
D3 (1)	1.1	1.3	1.5
D3 (2)	1.6	1.7	1.8
D3 (3)	1.3	1.5	1.6
D4b (1)	1.2	1.4	1.5
D4b (2)	1.2	1.4	1.6
D4b (3)	1.5	1.5	1.5
Kontrol (1)	1.7	2.7	3.5
Kontrol (2)	2.0	3.0	3.8
Kontrol (3)	1.6	3.0	3.8

Lampiran 9. Tabel hasil perhitungan persentase daya hambat

Kode Isolat	R2 Hari ke-		
	3	5	7
A1 (1)	35.29	51.85	60.00
A1 (2)	30.00	50.00	60.53
A1 (3)	6.25	50.00	57.89
A2a (1)	35.29	51.85	62.86
A2a (2)	40.00	53.33	60.53
A2a (3)	0.00	43.33	55.26
A2b (1)	5.88	37.04	51.43
A2b (2)	35.00	50.00	60.53
A2b (3)	0.00	46.67	57.89
A4b (1)	11.76	40.74	54.29
A4b (2)	35.00	53.33	63.16
A4b (3)	18.75	53.33	63.16
B3 (1)	17.65	48.15	60.00
B3 (2)	40.00	60.00	68.42
B3 (3)	12.50	53.33	63.16
B4b (1)	64.71	59.26	68.57
B4b (2)	80.00	73.33	78.95
B4b (3)	81.25	80.00	84.21
C1a (1)	29.41	51.85	62.86
C1a (2)	35.00	56.67	65.79
C1a (3)	18.75	53.33	63.16
D3 (1)	35.29	51.85	57.14
D3 (2)	20.00	43.33	52.63
D3 (3)	18.75	50.00	57.89
D4b (1)	25.00	48.15	57.14
D4b (2)	40.00	53.33	57.89
D4b (3)	6.25	50.00	60.53
Kontrol (1)	0	0	0
Kontrol (2)	0	0	0
Kontrol (3)	0	0	0

Lampiran 10. Hasil analisis uji daya hambat endofit terhadap *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*

```
ONEWAY persenhambat BY endofit
  /STATISTICS DESCRIPTIVES HOMOGENEITY
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05) .
```

Oneway

Notes

Output Created	08-MAR-2020 15:41:02	
Comments		
Input	Data	C: \Users\Sarin\OneDrive\Documents\le ndofit fauziyah.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	30
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax	ONEWAY persenhambat BY endofit /STATISTICS DESCRIPTIVES HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).	
Resources	Processor Time	00:00:00,09
	Elapsed Time	00:00:00,09

Descriptives

persen hambat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
A1	3	59.6667	1.52753	.88192	55.8721	63.4612	58.00
A2a	3	59.6667	4.16333	2.40370	49.3244	70.0090	55.00
A2b	3	56.6667	5.13160	2.96273	43.9191	69.4143	51.00
A4b	3	60.0000	5.19615	3.00000	47.0920	72.9080	54.00
B3	3	63.6667	4.04145	2.33333	53.6271	73.7062	60.00
B4b	3	77.3333	7.63763	4.40959	58.3604	96.3062	69.00
C1a	3	64.0000	1.73205	1.00000	59.6973	68.3027	63.00
D3	3	56.0000	2.64575	1.52753	49.4276	62.5724	53.00
D4b	3	58.6667	2.08167	1.20185	53.4955	63.8378	57.00
kontrol	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
Total	30	55.5667	20.00980	3.65327	48.0949	63.0384	.00

Descriptives

persen hambat

	Maximum
A1	61.00
A2a	63.00
A2b	61.00
A4b	63.00
B3	68.00
B4b	84.00
C1a	66.00
D3	58.00
D4b	61.00
kontrol	.00
Total	84.00

Test of Homogeneity of Variances

persen hambat

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.796	9	20	.027

ANOVA

persen hambat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11287.367	9	1254.152	77.417	.000
Within Groups	324.000	20	16.200		
Total	11611.367	29			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: persen hambat

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	A1	A2a	.00000	3.28634	1.000	-6.8552	6.8552
		A2b	3.00000	3.28634	.372	-3.8552	9.8552
		A4b	-.33333	3.28634	.920	-7.1885	6.5218
		B3	-4.00000	3.28634	.238	-10.8552	2.8552
		B4b	-17.66667*	3.28634	.000	-24.5218	-10.8115
		C1a	-4.33333	3.28634	.202	-11.1885	2.5218
		D3	3.66667	3.28634	.278	-3.1885	10.5218
		D4b	1.00000	3.28634	.764	-5.8552	7.8552
		kontrol	59.66667*	3.28634	.000	52.8115	66.5218
	A2a	A1	.00000	3.28634	1.000	-6.8552	6.8552
		A2b	3.00000	3.28634	.372	-3.8552	9.8552
		A4b	-.33333	3.28634	.920	-7.1885	6.5218
		B3	-4.00000	3.28634	.238	-10.8552	2.8552
		B4b	-17.66667*	3.28634	.000	-24.5218	-10.8115
		C1a	-4.33333	3.28634	.202	-11.1885	2.5218
		D3	3.66667	3.28634	.278	-3.1885	10.5218
		D4b	1.00000	3.28634	.764	-5.8552	7.8552
		kontrol	59.66667*	3.28634	.000	52.8115	66.5218
	A2b	A1	-3.00000	3.28634	.372	-9.8552	3.8552
		A2a	-3.00000	3.28634	.372	-9.8552	3.8552
		A4b	-3.33333	3.28634	.323	-10.1885	3.5218
		B3	-7.00000*	3.28634	.046	-13.8552	-.1448
		B4b	-20.66667*	3.28634	.000	-27.5218	-13.8115
		C1a	-7.33333*	3.28634	.037	-14.1885	-.4782
D3		.66667	3.28634	.841	-6.1885	7.5218	
D4b		-2.00000	3.28634	.550	-8.8552	4.8552	
kontrol		56.66667*	3.28634	.000	49.8115	63.5218	

Multiple Comparisons

Dependent Variable: persen hambat

(I) endofit	(J) endofit	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A4b	A1	.33333	3.28634	.920	-6.5218	7.1885
	A2a	.33333	3.28634	.920	-6.5218	7.1885
	A2b	3.33333	3.28634	.323	-3.5218	10.1885
	B3	-3.66667	3.28634	.278	-10.5218	3.1885
	B4b	-17.33333*	3.28634	.000	-24.1885	-10.4782
	C1a	-4.00000	3.28634	.238	-10.8552	2.8552
	D3	4.00000	3.28634	.238	-2.8552	10.8552
	D4b	1.33333	3.28634	.689	-5.5218	8.1885
	kontrol	60.00000*	3.28634	.000	53.1448	66.8552
B3	A1	4.00000	3.28634	.238	-2.8552	10.8552
	A2a	4.00000	3.28634	.238	-2.8552	10.8552
	A2b	7.00000*	3.28634	.046	.1448	13.8552
	A4b	3.66667	3.28634	.278	-3.1885	10.5218
	B4b	-13.66667*	3.28634	.000	-20.5218	-6.8115
	C1a	-.33333	3.28634	.920	-7.1885	6.5218
	D3	7.66667*	3.28634	.030	.8115	14.5218
	D4b	5.00000	3.28634	.144	-1.8552	11.8552
	kontrol	63.66667*	3.28634	.000	56.8115	70.5218
B4b	A1	17.66667*	3.28634	.000	10.8115	24.5218
	A2a	17.66667*	3.28634	.000	10.8115	24.5218
	A2b	20.66667*	3.28634	.000	13.8115	27.5218
	A4b	17.33333*	3.28634	.000	10.4782	24.1885
	B3	13.66667*	3.28634	.000	6.8115	20.5218
	C1a	13.33333*	3.28634	.001	6.4782	20.1885
	D3	21.33333*	3.28634	.000	14.4782	28.1885
	D4b	18.66667*	3.28634	.000	11.8115	25.5218
	kontrol	77.33333*	3.28634	.000	70.4782	84.1885
C1a	A1	4.33333	3.28634	.202	-2.5218	11.1885
	A2a	4.33333	3.28634	.202	-2.5218	11.1885
	A2b	7.33333*	3.28634	.037	.4782	14.1885
	A4b	4.00000	3.28634	.238	-2.8552	10.8552
	B3	.33333	3.28634	.920	-6.5218	7.1885
	B4b	-13.33333*	3.28634	.001	-20.1885	-6.4782
	D3	8.00000*	3.28634	.024	1.1448	14.8552
	D4b	5.33333	3.28634	.120	-1.5218	12.1885
	kontrol	64.00000*	3.28634	.000	57.1448	70.8552

Multiple Comparisons

Dependent Variable: persen hambat

(I) endofit	(J) endofit	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
D3	A1	-3.66667	3.28634	.278	-10.5218	3.1885
	A2a	-3.66667	3.28634	.278	-10.5218	3.1885
	A2b	-.66667	3.28634	.841	-7.5218	6.1885
	A4b	-4.00000	3.28634	.238	-10.8552	2.8552
	B3	-7.66667*	3.28634	.030	-14.5218	-.8115
	B4b	-21.33333*	3.28634	.000	-28.1885	-14.4782
	C1a	-8.00000*	3.28634	.024	-14.8552	-1.1448
	D4b	-2.66667	3.28634	.427	-9.5218	4.1885
	kontrol	56.00000*	3.28634	.000	49.1448	62.8552
D4b	A1	-1.00000	3.28634	.764	-7.8552	5.8552
	A2a	-1.00000	3.28634	.764	-7.8552	5.8552
	A2b	2.00000	3.28634	.550	-4.8552	8.8552
	A4b	-1.33333	3.28634	.689	-8.1885	5.5218
	B3	-5.00000	3.28634	.144	-11.8552	1.8552
	B4b	-18.66667*	3.28634	.000	-25.5218	-11.8115
	C1a	-5.33333	3.28634	.120	-12.1885	1.5218
	D3	2.66667	3.28634	.427	-4.1885	9.5218
	kontrol	58.66667*	3.28634	.000	51.8115	65.5218
kontrol	A1	-59.66667*	3.28634	.000	-66.5218	-52.8115
	A2a	-59.66667*	3.28634	.000	-66.5218	-52.8115
	A2b	-56.66667*	3.28634	.000	-63.5218	-49.8115
	A4b	-60.00000*	3.28634	.000	-66.8552	-53.1448
	B3	-63.66667*	3.28634	.000	-70.5218	-56.8115
	B4b	-77.33333*	3.28634	.000	-84.1885	-70.4782
	C1a	-64.00000*	3.28634	.000	-70.8552	-57.1448
	D3	-56.00000*	3.28634	.000	-62.8552	-49.1448
	D4b	-58.66667*	3.28634	.000	-65.5218	-51.8115

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

persen hambat

		N	Subset for alpha = 0.05			
endofit			1	2	3	4
Duncan ^a	kontrol	3	.0000			
	D3	3		56.0000		
	A2b	3		56.6667	56.6667	
	D4b	3		58.6667	58.6667	
	A1	3		59.6667	59.6667	
	A2a	3		59.6667	59.6667	
	A4b	3		60.0000	60.0000	
	B3	3		63.6667	63.6667	
	C1a	3			64.0000	
	B4b	3				77.3333
	Sig.		1.000	.053	.063	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

