Jurnal Agroekoteknologi FP USU E-ISSN No. 2337- 659
Vol.7.No.2, Maret 2019 (47): 376-382 https://jurnal.usu.ac.id/agroekoteknologi

Keragaman Jamur Antagonis Pada Rhizosfer Karet (*Hevea Brassiliensis* Muell.Arg.) Sehat dan Terserang Jamur Akar Putih *(Rigidoporus Microporus* (Swartz: Fr)

The Diversity of Antagonistic Fungi in Rhizosphere of Rubber (*Hevea brassiliensis* Muell.Arg) Healthy and Infected White Root Rot Disease (*Rigidoporus microporus* Swartz: Fr)

Irma Aryani*, Lisnawita dan Lahmuddin Lubis
Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian USU Medan 20155
*Corresponding author : :irmaaryani1996@gmail.com

ABSTRACT

The beneficial microorganisms in the rhizosphere are very abundant. This potential, especially antagonistic fungi can be used to control soil-borne pathogens, including in controlling white root rot disease which is a soil-borne pathogen. This study aims to determine the antagonistic fungal diversity of healthy rubber rhizosphare and infected with white root rot disease. This research was conducted in Plant Disease Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Sumatera Utara from October 2017 until March 2018. The research was conducted by collecting of soil samples from healthy rubber plant and infected white root rot disease in rubber plantation of Silomlom Village, Simpang Empat Sub-district, of Asahan Regency then soil samples were isolated in the Laboratory until obtained a pure fungi isolates and antagonistic test and identified to the genus level. The results showed that fungi obtained in healthy plant rhizosphere were Mortierella, Humicola, Fusarium, Aspergillus, Gliocladium, Penicillium, Trichoderma and on the plant rhizosphare attacted white root disease obtained fungi Trichoderma, Humicola, and Phialophora. The results of antagonistic test showed that the highest inhibition was Mortierella that was 90%, then Trichoderma was 71.85%, Aspergillus 66.46% and the lowest was Humicola 27.78%.

Keywords: rhizosphere, rubber, white root rot disease, antagonistic test

ABSTRAK

Mikroorganisme menguntungkan yang berada pada rhizosfer sangat melimpah jumlahnya. Potensi tersebut, khususnya jamur antagonis dapat digunakan untuk mengendalikan patogen tular tanah termasuk juga dalam pengendalian Jamur Akar Putih yang merupakan patogen tular tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman jamur antagonis yang terdapat pada tanah di sekitar perakaran (rhizosfer) tanaman karet sehat dan yang terserang jamur akar putih. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara pada bulan Oktober 2017 sampai Maret 2018. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari tanaman karet yang sehat dan terserang jamur akar putih di kebun karet Desa Silomlom, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Asahan dan kemudian sampel tanah diisolasi di laboratorium hingga didapat biakan murni jamur serta dilakukan uji antagonis dan diidentifikasi sampai tingkat genus. Hasil penelitian menunjukkan jamur yang diperoleh pada rhizosfer tanaman sehat adalah *Mortierella, Humicola, Fusarium, Aspergillus, Gliocladium, Penicillium, Trichoderma* dan pada rhizosfer tanaman terserang diperoleh jamur *Trichoderma, Humicola*, dan *Phialophora*. Hasil uji antagonis menunjukan bahwa daya hambat tertinggi pada jamur *Mortierella* yaitu sebesar 90%, diikuti dengan *Trichoderma* 71,85%, *Aspergillus* 66,46%, dan daya hambat terendah pada jamur *Humicola* sebesar 27,78%.

Kata kunci: rhizosfer, karet, jamur akar putih, uji antagonis

PENDAHULUAN

Karet (*Hevea brassilliensis*) merupakan komoditas perkebunan yang sangat penting peranannya di Indonesia. Selain sebagai sumber lapangan kerja bagi sekitar 1,4 juta kepala keluarga, komoditas ini juga memberikan kontribusi yang signifikan sebagai salah satu sumber devisa non-migas, pemasok bahan baku karet dan berperan penting dalam mendorong pertumbuhan sentra-sentra ekonomi baru di wilayah-wilayah pengembangan karet (Budiman, 2012).

Luas areal perkebunan karet di Indonesia dari tahun 2013 hingga 2015 mengalami peningkatan, pada tahun 2013 luas areal karet sebesar 3.555.946 ha hingga tahun 2015 meningkat menjadi 3.621.587 ha. Namun produksi dari tahun 2013 sebesar 1083 kg/ha/tahun mengalami penurunan pada tahun 2015 menjadi 1036 kg/ha/tahun. Terlebih lagi pada perkebunan karet rakyat yang produktivitasnya rendah padahal luas areal perkebunan rakyat adalah 85% dari total luas areal di Indonesia dibandingkan dengan perkebunan swasta sebesar 9% dan perkebunan negara sebesar 6% (Direktorat Jendral Perkebunan, 2015).

Kabupaten Asahan merupakan salah satu sentra perkebunan karet di Sumatera Utara. Produksi karet mengalami penurunan dari 7.934,88 ton pada tahun 2011 menjadi 5.073,79 ton pada tahun 2014. Rata-rata produksi karet di Asahan pada tahun 2014 yaitu 5.073,88 ton dengan luas lahan 5.252,21 ha (Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Asahan, 2015).

Rendahnya produktivitas tanaman karet rakyat ini karena umumnya usaha tani karet rakyat diusahakan dalam skala kecil dan tidak dikelola dengan baik. Penyebab lainnya adalah banyaknya areal kebun karet yang telah tua/rusak dan terserang oleh peyakit jamur akar putih (JAP/*Rigidoporus microporus*) sehingga kurang produktif dan perlu segera diremajakan. Pada tahun 2014 luas serangan per ha JAP di Kabupaten Asahan mencapai 361,17 ha dengan taksasi kehilangan hasil per tiga bulan adalah 216,7 ha. Kerugian yang ditimbulkan mencapai Rp. 1.159.671.750 dengan presentase kerugian mencapai 8,53 % (BBPPTP, 2014).

Pengendalian yang umum dilakukan oleh para petani di perkebunan rakyat di Kabupaten Asahan sebagian besar dengan membersihkan lahan, namun ada yang melakukan pengerokan pada tanaman yang terserang. Permukaan akar yang ditumbuhi jamur dikerok dengan alat yang tidak melukai akar. Bagian akar yang busuk dipotong dan dibakar. Pengendalian hayati dilakukan dengan menaburkan biakan jamur *Trichoderma harzianum* yang dicampur dengan kompos sebanyak 200 g/lubang tanam (Rahayu, 2016).

Mikroorganisme menguntungkan yang berada disekitar perakaran (rhizosfer) sangat melimpah jumlahnya. Potensi tersebut, khususnya jamur antagonis, digunakan untuk mengendalikan patogen tular tanah termasuk juga dalam pengendalian JAP yang merupakan patogen tular tanah. Lapisan rizosfer di perkebunan karet mengandung mikrobiologis sebagai biofungisida dan biofertilizer yang berpotensi dalam peningkatan produktivitas karet (Amaria *et al.*, 2014)

Melihat adanya penurunan produksi tanaman karet akibat serangan JAP di Kabupaten Asahan serta pengendalian yang belum maksimal maka dari itu perlu dilakukan penelitian tentang eksplorasi jamur-jamur yang bisa di manfaatkan sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan serangan JAP. Hasilnya akan diharapkan lebih efisien dan efektif untuk pengendalian jamur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman jamur antagonis yang terdapat pada tanah sekitar perakaran (rhizosfer) tanaman karet sehat dan yang terserang JAP yang berpotensi untuk mengendalikan jamur akar putih (JAP).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel tanah di kebun karet di Desa Silomlom Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Asahan dan isolasi jamur di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas

Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Penelitian ini di laksanakan pada bulan Oktober 2017 sampai Maret 2018.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas ukur, petridish, toolbox, beker gelas, pinset, kaca pereparat,obek glass, slotip, kantong plastik, shakeer, aluminium foil, oven, laminar air flow, hot plat, timbangan, batang pengaduk, mikroskop, cangkul, buku data, kamera, meteran dan alat – alat yang mendukung lainnya.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah sekitar tanaman karet, aquadesh, alkohol 70 %, PDA, methanol, imersi oil, methil blue.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Pengambilan data dilakukan dengan metode *purposive random sampling* (acak) pada kebun di Desa Silomlom. Sampel yang diambil dari tanaman karet yang sehat dan yang terserang JAP. Mengambil sampel tanah di sekitar akar (rhizosfer) dari tanaman karet pada kedalaman ± 0-15 cm dari permukaan tanah selanjutnya semua sampel di bawa ke Laboratorium untuk proses selanjutnya.

Pemilihan Kebun

Pemilihan kebun berdasarkan data luas tanaman karet perkebunan rakyat menurut kecamatan dan desa. Pekerjaan dimulai dengan survei atau pengecekan lapangan tanaman karet terserang JAP yang ditunjukkan dengan gejala serangan. Gejala serangan dilihat dari gejala di atas permukaan tanah dari batang hingga daun.

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari pohon karet yang sehat dan yang terserang JAP. Pengambilan setiap sampel tanah dilakukan dengan cara mengambil tanah di rhizosfer tanaman karet dari empat titik dengan kedalaman ± 20 cm dari permukaan tanah. Tanah yang diambil lalu dikompositkan dengan total ± sebanyak 200 g, dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label. Label yang ditulis berupa nama kebun dan titik sampel pengambilan. Sampel di simpan pada box. Selanjutnya di bawa ke Laboratorium Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara (Amaria *et al.*, 2013)

Isolasi Jamur

Cara isolasi jamur yaitu dengan mengambil sebanyak 10 g tiap sampel tanah yang telah dikompositkan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 90 ml air steril, lalu di shaker selama 15 menit. Suspensi kemudian diencerkan hingga pengenceran 10^{-5}. Untuk pengenceran 10^{-3} sampai 10^{-5} diambil 1 ml kemudian dibiakkan dalam media PDA, dan diinkubasi selama 3 hari paada suhu ruang. Setiap koloni jamur yang tumbuh dicatat, dihitung jumlahnya dan dikelompokkan berdasarkan bentuk dan warna koloni kemudian dimurnikan pada media PDA (Amaria *et al.*, 2013).

Perhitungan Keanekaragaman Jamur

Keanekaragaman jamur ditentukan dengan mengelompokkan koloni berdasarkan perbedaan bentuk koloni, warna permukaan atas dan bawah, serta tepiannya.

Uji Antagonis

Uji antagonis dilakukan untuk mengetahui potensi jamur yang didapat sebagai agens antagonis. Uji antagonis dilakukan dengan menumbuhkan jamur akar putih dan jamur yang didapat pada bagian tepi yang berbeda dan berjarak 3 cm, kemudian diinkubasi pada suhu ruang, sedangkan untuk kontrol yaitu dengan metelakkan isolat jamur akar putih saja pada cawan petri yang telah berisi media PDA. Tiap pengujian dilakukan 3 kali ulangan.

Pengamatan dilakukan dengan mengukur daerah hambatan yang dihasilkan agens hayati terhadap JAP. Untuk mengukur presentase penghambatannya dapat dihitung dengan rumus:

$$IZ = \left(\frac{R1-R2}{R1}\right) \times 100\ \%.$$

Keterangan :

IZ = persen zona penghambat pertumbuhan (%)

R1 = jari-jari koloni jamur akar putih yang menjauhi agens

R2 = jari-jari koloni jamur akar putih yang mendekati agens

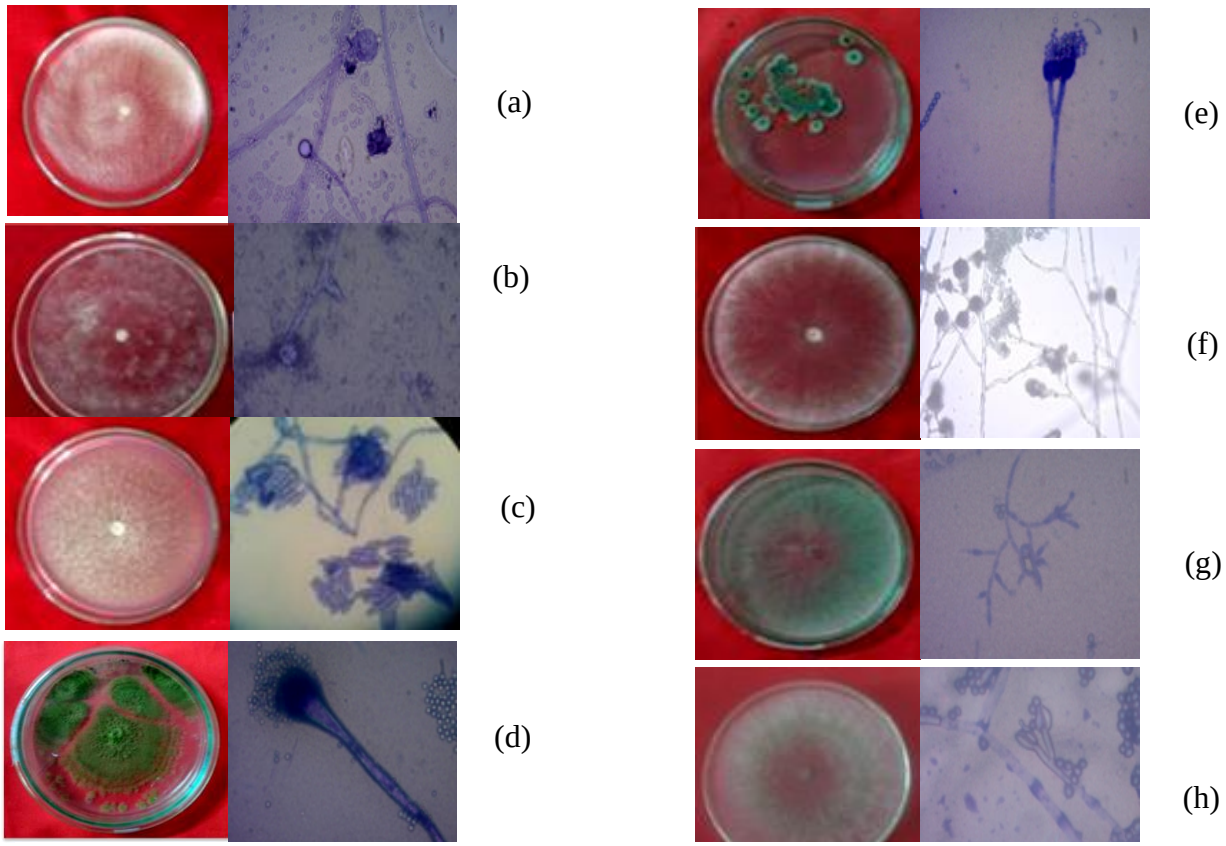
Identifikasi Jamur

Biakan murni jamur diidentifikasi dengan mengambil koloni menggunakan selotip transparan sampai hifa jamur menempel. Kemudian selotip ditempelkan pada kaca preparat yang telah ditetesi methil blue dan diamati di bawah mikroskop. Identifikasi morfologi dicocokkan menggunakan buku kunci identifikasi yang ditulis Watanabe (2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Isolat Jamur yang diperoleh

Hasil eksplorasi jamur pada rhizosfer tanaman karet sehat didapatkan 12 isolat jamur sedangkan pada rhizosfer tanaman karet terserang JAP terdapat 11 isolat jamur. Dari 12 isolat jamur dari sampel tanaman sehat dan diidentifikasi diperoleh 8 genus jamur yaitu *Mortierella*, 2 genus *Humicola*, *Fusarium*, 3 genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gliocladium*, dan 3 genus *Trichoderma*. Sedangkan dari 11 isolat jamur dari sampel tanaman terserang JAP dan diidentifikasi diperoleh hanya 3 genus yaitu 2 genus *Humicola*, 5 genus *Trichoderma*, 2 genus *Phialophora*, dan 2 isolat jamur yang tidak teridentifikasi. Genus yang diperoleh lebih beragam pada tanaman sehat dibandingkan pada tanaman terserag. Beragamnya genus yang terdapat pada tanaman sehat ini memungkinkan tanaman terlindungi dari patogen seperti JAP.



Gambar 1. Makroskopis dan mikroskopis jamur tanah telah diidentifikasi (a) *Mortierella*, (b) *Humicola*, (c) *Fusarium*, (d) *Aspergillus*, e) *Penicillium*, (f) *Gliocladium*, (g) *Trichoderma*, (h) *Phialophora*.

Tabel 1. Daerah hambatan pemberian jamur tanah terhadap Jamur Akar Putih

	Perlakuan	Daerah Hambatan						
		1 Hsi	2 Hsi	3 Hsi	4 Hsi	5 Hsi	6 Hsi	7 Hsi
Sehat	SS1	15,00	59,59 ab	85,71 a	90,00 a	91,11 a	90,00 a	90,00 a
	SS2	15,00	47,91 bc	77,20 ab	81,11 ab	85,55 ab	85,55 ab	85,55 ab
	SS3	16,67	19,27 e	40,83 ef	68,89 bc	70,00 cd	72,22 bc	72,22 bc
	SS4	0,00	21,78 de	27,78 f	27,78 e	27,78 f	27,78 f	27,78 f
	SS5	0,00	25,38 de	47,56 de	57,98 cd	57,98 cde	59,09 cde	62,42 cde
	SS6	11,11	23,93 de	62,14 bcd	66,46 c	66,46 cd	66,46 cd	66,46 cd
	SS7	8,33	20,75 e	66,85 bc	71,85 bc	71,85 bc	71,85 bc	71,85 bcd
	SS8	11,00	44,1 c	35,04 ef	47,78 d	45,55 e	45,55 e	46,66 e
	SS9	0,00	62,32 ab	59,37 cd	59,37 cd	59,37 cde	59,37 cde	59,37 cde
	SS10	0,00	16,02 e	64,45 bcd	64,45 c	64,44 cd	64,45 cd	64,45 cd
	SS11	8,33	37,12 cd	65,56 bc	70,45 bc	56,01 de	56,01 de	56,01 de
	SS12	6,67	64,84 a	60,40 cd	64,44 c	64,44 cd	64,44 cd	64,44 cd
Terserang JAP	SK1	11,11	6,11 d	6,08 d	26,66 ef	12,22 fg	11,11 gh	23,33 fg
	SK2	0,00	10,25 d	5,51 d	8,89 f	8,89 g	8,89 h	8,89 g
	SK3	0,00	68,06 a	78,86 a	49,98 bc	49,98 bcd	49,98 bcd	49,98 bcde
	SK4	16,67	62,9 a	74,44 a	57,40 ab	57,40 abc	57,40 abc	57,40 abcd
	SK5	16,67	38,33 bc	27,78 c	36,11 cde	36,11 de	36,11 def	36,11 def
	SK6	16,67	38,89 bc	57,40 b	30,00 de	30,00 def	30,00 efg	30,00 efg
	SK7	11,11	35,55 c	35,55 c	19,44 ef	19,44 efg	19,44 fgh	19,44 g
	SK8	0,00	36,29 bc	50,00 b	46,67 bcd	46,67 cd	46,67 cde	46,67, cde
	SK9	0,00	49,29 b	70,93 a	70,58 a	70,58 a	70,58 a	70,58 ab
	SK10	0,00	64,61 a	71,39 a	68,36 a	68,36 ab	68,36 ab	68,36 abc
	SK11	0,00	40,97 bc	55,83 b	73,33 a	73,33 a	73,33 a	73,33 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5%. SS: sampel dari tanaman sehat, SK: sampel dari tanaman terinfeksi, SS1: *Moertierella*, SS2 dan SS4: *Humicola*, SS3: *Fusarium*, SS5,SS6,SS10: *Aspergillus*, SS8: *Penicillium*, SS9: *Gliocladium*, SS7,SS11,SS12: *Trichoderma*, SK1,SK2: tidak teridentifikasi, SK3,SK5: *Humicola*, SK4, SK6, SK7, SK8, SK10: *Trichoderma*, SK9,SK11: *Phialophora*.

2. **Uji antagonisme jamur tanah terhadap Jamur Akar Putih secara in vitro**

Hasil penelitian presentase daerah hambatan pemberian jamur tanah terhadap JAP sampai 7 hari setelah inokulasi (hsi) dapat dilihat pada Tabel 1. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai daerah hambatan isolat jamur tanah berpegaruh sangat nyata terhadap JAP.

Tabel 1 menunjukkan bahwa JAP mengalami hambatan pertumbuhan karena kehadiran jamur antagonis. Daya hambat tertinggi pada 7 hsi terdapat pada perlakuan SSI yaitu jamur *Mortierella*. sebesar 90 % dan daya hambat terendah terdapat pada perlakuan SS4 yaitu jamur *Humicola*. sebesar 27,78%. Dari data daya hambat jamur *Mortierella* adalah yang tertinggi dibanding dengan semua perlakuan, hal ini menunjukkan bahwa jamur *Mortierella* adalah jamur yang berpotensi sebagai agens antagonis dalam mengendalikan JAP. Hal ini didukung oleh Asniah *et al.* (2013) Yang menyatakan bahwa terdapat empat jenis jamur diantaranya adalah *Mortierella* yang dapat mengkolonisasi perakaran brokoli secara endofitik dan menekan penyakit akar gada. Cook dan Baker (1989) menjelaskan bahwa salah satu syarat suatu organisme disebut sebagai agens hayati adalah apabila mempunyai kemampuan antagonisme atau kemampuan menghambat perkembangan dan pertumbuhan organisme lainnya.

Trichoderma juga mampu menghambat pertumbuhan JAP dengan nilai daerah hambatan sebesar 71,85% pada 7 hsi. Suwandi (2008) menyatakan kelompok jamur *Trichoderma* mempunyai mekanisme antagonis kompetisi, antibiosis dan mikoparasit yang efektif dalam menekan perkembangan patogen. Serta terdapat jamur lain seperti *Fusarium* dengan daya hambat sebesar 72,22 %, *Aspergillus* 64,45%, dan *Phialophora* 70,58 %. Daya hambat jamur diatas 70% dapat dikategorikan sebagai jamur yang berpotensi sebagai agens antagonis. Hal ini didukung oleh Amaria *et al*. (2014) yang menyatakan bahwa isolat jamur yang merupakan isolat antagonis yang pertumbuhan koloninya lebih cepat dibandingkan koloni patogen dan >70 % daya hambat dapat dikategorikan sebagai isolat terseleksi sebagai agens antagonis.

Pada Tabel diketahui bahwa presentase daerah hambatan dari sampel tanaman terserang terhadap JAP tidak semua isolat jamur dapat menghambat pertumbuhan JAP. Dapat dilihat pada perlakuan SK2 daya hambat pada 7 hsi yang sangat rendah sebesar 8,89%. Namun terdapat juga jamur-jamur lain yang dapat menghambat pertumbuhan JAP seperti *Trichoderma*, *Humicola, dan Phialophora* walaupun daya hambat tertinggi hanya 73,33 %. Rendahya daya hambat pada jamur-jamur ini disebabkan oleh tanah tempat pengambilan sampel adalah tanah yang telah terinfeksi oleh JAP, sehingga mikroba bermanfaat tidak dapat berkembang karena telah didominasi oleh keberadaan patogen di dalam tanah tersebut. Winarno (1992) menyatakan jumlah koloni jamur tanah di lahan endemis patogen lebih rendah dibandingkan di lahan non endemis. Hal ini diduga akibat rusaknya sumberdaya hayati dan kurangnya peran jamur tanah lahan endemis dalam mengendalikan patogen. Sehingga jamur patogen di lahan endemis lebih banyak berperan dibandingkan di lahan non endemis.

SIMPULAN

Jamur yang didapat pada rhizosfer tanaman sehat adalah *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Mortierella*, dan *Humicola* sedangkan pada rhizosfer tanaman terinfeksi JAP yaitu *Trichoderma, Humicola*, dan *Phialophora*.

Pada pengujian antagonisme jamur terhadap JAP diperoleh daya hambat tertinggi pada jamur *Mortierella*.

Pengujian antagonis jamur dapat dilihat bahwa jamur yang didapat dari tanaman sehat memiliki presentase daya hambat yang lebih tinggi dibandingkan dengan jamur yang didapat dari tanaman terserang JAP.

DAFTAR PUSTAKA

Amaria W., Taufiq E dan Harni R. 2014. Seleksi dan Identifikasi Jamur Antagonis Sebagai Agens Hayati Jamur Akar Putih *Rigidoporus microporus* pada Tanaman Karet. Buletin Ristri. 4 (1): 55-64.

Asniah, Widodo dan Wiyono S. 2013. Potensi Cendawan Asal Tanah Perakaran Bambu Sebagai Endofit dan Agens Biokontrol Penyakit Akar Gada. J. HPT Tropika. 3 (1): 61-68

BBPPTP. 2014. Laporan Serangan OPT Penting Perkebunan. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Medan

Budiman H. 2012. Budidaya Karet Unggul Prospek Jitu Investasi Masa Depan. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.

Cook J R and Baker F K 1989. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Patogen. APS Press. The American Phytopatological Society St. Paul Minnesota.

Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Asahan. 2015. Daftar Luas Areal dan Produksi Tanaman Karet Kabupaten Asahan. Asahan.

Direktorat Jendral Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Karet 2014-2016. Direktoral Jenderal Perkebunan, Jakarta.

Purwitasari S, dan Hastuti R B. 2009. Isolasi dan Determinasi Jamur Indigenous Rhizosfer Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis, Magelang. *BIOMA*. FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang. Vol. 11, No. 2. 45-53

Rahayu M S. 2016. Distribusi Peta Awal Serangan Penyakit Jamur Akar Putih (JAP) (*Rigidoporus microporus* (Swartz: Fr)) pada beberapa Perkebunan Karet Rakyat di Kabupaten Asahan. Skripsi Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian USU. Medan.

Suwandi. 2008. Evaluasi kombinasi isolat *Trichoderma* mikoparasit dalam mengendalikan penyakit akar putih pada bibit karet. *J. HPT Tropika* 8 (1) : 55-62.

Watanabe T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Secend Editions. CRC Press. New York.

Winarno R. 1992. Ekologi Sebagai Dasar untuk Memahami Tatanan dalam Lingkungan Hidup. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Malang.