

**JENIS DAN POTENSI FUNGI MIKORIZA ASAL
TANAH PASCA TAMBANG BATUBARA DALAM
MENGENDALIKAN PENYAKIT BUSUK BATANG
Fusarium sp. PADA TANAMAN JAGUNG**



SKRIPSI

Oleh :

**Agung Matsetio
NPM. E1J010059**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Jenis dan Potensi Fungi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang Batubara dalam Mengendalikan Penyakit Busuk Batang *Fusarium* sp. pada Tanaman Jagung” merupakan karya saya sendiri (ASLI), dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu Institusi Pendidikan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bengkulu, 30 Oktober 2014

Agung Matsetio
NPM. E1J010059

RINGKASAN

JENIS DAN POTENSI FUNGI MIKORIZA ASAL TANAH PASCA TAMBANG BATUBARA DALAM MENGENDALIKAN PENYAKIT BUSUK BATANG *Fusarium* sp. PADA TANAMAN JAGUNG

(Agung Matsetio, dibawah bimbingan Tunjung Pamekas dan Yenny Sariasih. 2014. 55 halaman)

Salah satu kendala pada budidaya tanaman jagung adalah penyakit busuk batang oleh *Fusarium* sp. yang menyebabkan tanaman jagung mengalami gagal panen. Alternatif pengendalian yang tepat digunakan adalah teknik Induksi Resistensi Sistemik. Fungi mikoriza merupakan salah satu mikroorganisme simbion tanaman yang memiliki potensi untuk digunakan dalam menginduksi ketahanan tanaman. Tanah bekas penambangan batubara memiliki keragaman jenis fungi yang melimpah walaupun keadaan tanah tersebut sangat minim untuk dibudidayakan tanaman. Oleh karena itu, eksplorasi tanah tersebut menjadi hal penting untuk mengetahui potensi fungi yang terdapat di tanah pasca tambang batubara mengingat tanahnya yang luas namun tidak termanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis fungi mikoriza asal tanah pasca tambang batubara yang memiliki potensi dalam mengendalikan penyakit busuk batang *Fusarium* sp. pada tanaman jagung.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2013 sampai April 2014 di Laboratorium dan Lahan Penelitian Proteksi Tanaman, Universitas Bengkulu. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang diulang sebanyak 5 kali dengan 10 perlakuan, yaitu tanpa mikoriza + Non-*Fusarium* sp. (M0), tanpa mikoriza + *Fusarium* sp. (M1), jenis mikoriza asal tanah pasca tambang batubara meliputi: *Glomus* sp.1 + Non-*Fusarium* sp. (M2), *Glomus* sp.2 + Non-*Fusarium* sp. (M3), *Glomus* sp.3 + Non-*Fusarium* sp. (M4), *Gigaspora* sp. + Non-*Fusarium* sp. (M5), *Glomus* sp.1 + *Fusarium* sp. (M6), , *Glomus* sp.2 + *Fusarium* sp. (M7), *Glomus* sp.3 + *Fusarium* sp. (M8), *Gigaspora* sp. + *Fusarium* sp. (M9) sehingga diperoleh 50 satuan percobaan. Data yang terkumpul diamati dengan analisis varians dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis mikoriza yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi pada tanah pasca tambang batubara adalah genus *Glomus* dan *Gigaspora* dengan variasi tipe spora mikoriza yang berbeda, yaitu 3 tipe *Glomus* meliputi: *Glomus*

sp.1, *Glomus* sp.2, dan *Glomus* sp.3 dan 1 tipe *Gigaspora* (*Gigaspora* sp.). Kepadatan populasi jenis mikoriza tertinggi pada tanah pasca tambang yang memiliki kandungan N=0,08%, P=106,35 ppm, pH=5, dan suhu tanah=36°C. Pemberian mikoriza asal tanah pasca tambang batubara mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung, yaitu tinggi tanaman terbaik pada minggu ke-3 yang diperoleh *Glomus* sp.1 (M6) sebesar 10,75%, berat kering tajuk oleh *Gigaspora* sp. (M5) sebesar 8,70%, berat basah akar oleh *Glomus* sp.1 (M6) sebesar 67,39%, dan berat kering akar oleh *Glomus* sp.2 (M3) sebesar 12,09%. Fungi mikoriza mampu menginduksi ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit busuk batang *Fusarium* sp., yaitu *Gigaspora* sp. (M9) mampu menunda masa inkubasi penyakit selama 10 hsi dibanding kontrol (naik sebesar 66,67%), *Glomus* sp.1 (M6), *Glomus* sp.2 (M7), dan *Gigaspora* sp. (M9) mampu menurunkan persentase serangan penyakit sebesar 20%, dan *Glomus* sp.1 (M6) dan 2 (M7) mampu menurunkan intensitas penyakit sebesar 30%, serta *Glomus* sp.3 (M8) memiliki tingkat kolonisasi yang lebih tinggi sebesar 73,33%.

(Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu).

SUMMARY

TYPE AND POTENTIAL OF MYCORRHIZAL FUNGI ORIGIN FROM POST COAL MINE SOIL TO CONTROL STEM ROT DISEASE *Fusarium* sp. OF CORN PLANTS

(Agung Matsetio, under supervised by Tunjung Pamekas and Yenny Sariash. 2014. 55 page)

One constraint on maize cultivation is stem rot disease by *Fusarium* sp. which causes the corn crop failures. Alternative appropriate controls used are techniques Induction of Systemic Resistance. Mycorrhizal fungi is one of the plant symbiont microorganisms that have the potential to be used to induce plant resistance. Former coal mining soil has abundant diversity of fungi although the situation is very minimal soil for cultivated plants. Therefore, the soil exploration becomes important do knowing the potential of soil fungi contained in the coal mine after considering the vast soil but not utilized. This study aims to determine the origin of the soil mycorrhizal fungi after coal mine which has the potential to control *Fusarium* sp. stem rot disease on cor.

The experiment was conducted in December 2013 to April 2014 in Laboratory and Field Research of Plant Protection, University of Bengkulu. This study used a completely randomized design that is repeated 5 times with 10 treatments, the type of soil mycorrhizae origin of coal mine closure include: without mycorrhizal + Non-*Fusarium* sp. (M0), without mycorrhiza + *Fusarium* sp. (M1), *Glomus* sp.1 + Non-*Fusarium* sp. (M2), *Glomus* sp.1 + *Fusarium* sp. (M3), *Glomus* sp.2 + Non-*Fusarium* sp. (M4), *Glomus* sp.2 + *Fusarium* sp. (M5), *Glomus* sp.3 + Non-*Fusarium* sp. (M6), *Glomus* sp.3 + *Fusarium* sp. (M7), *Gigaspora* sp. + Non-*Fusarium* sp. (M8), and *Gigaspora* sp. + *Fusarium* sp. (M9) so that obtainable 50 experimental units. The collected data was observed by analysis of variance and if significantly different followed by DMRT 5% level.

The results showed that the type of mycorrhizae that can be isolated and identified on the ground after a coal mine is genus *Glomus* and *Gigaspora* with a variation of different types of mycorrhizal spores, namely 3 types of *Glomus* include: *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2 and *Glomus* sp.3 and *Gigaspora* 1 type (*Gigaspora* sp.) were grouped by mycorrhizal types on post-mining land that contains N = 0.08%, P = 106.35 ppm, pH = 5,

and the soil temperature = 36°C. Observations characteristics of pathogenic fungi *Fusarium* sp. identified characteristics of colony diameter, color development of colonies, colony elevation, shape, size, and septa conidia and spore density. The provision of post-mining land mycorrhizal origin of coal is able to increase the growth of corn plants, which is the best plant height in the 3rd week of *Glomus* sp.1 (M6) obtained 10.75%, shoot dry weight by *Gigaspora* sp. (M5) amounted to 8.70%, wet weight of roots by *Glomus* sp.1 (M6) by 67.39%, and the dry weight of roots by *Glomus* sp.2 (M3) amounted to 12.09%. Mycorrhizal fungi were able to induce plant resistance to maize stem rot disease *Fusarium* sp., *Gigaspora* sp. (M9) able to delay the incubation period of the disease for 10 days after inoculation compared to control (up 66.67%), *Glomus* sp.1, (M6) *Glomus* sp.2 (M7), and *Gigaspora* sp. (M9) able to reduce the percentage of disease by 20%, and *Glomus* sp.1 (M6) and 2 (M7) was able to reduce the intensity of the disease by 30%, and *Glomus* sp.3 (M8) have a higher colonization rate of 73.33%.

(Study Program of Agroecotechnology, Department of Agriculture Cultivation, Faculty of Agriculture, University of Bengkulu).

JENIS DAN POTENSI FUNGI MIKORIZA ASAL TANAH PASCA TAMBANG BATUBARA DALAM MENGENDALIKAN PENYAKIT BUSUK BATANG *Fusarium* sp. PADA TANAMAN JAGUNG

Fusarium sp. PADA TANAMAN JAGUNG

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat

Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian

Universitas Bengkulu

Oleh :

Agung Matsetio
NPM. E1J010059

Pembimbing :

Dr. Ir. Tunjung Pamekas, M.Sc.
Yenny Sariasih, S.P., M.Sc.

Bengkulu
2014

2014

RIWAYAT HIDUP

Agung Matsetio. Penulis merupakan anak terakhir dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Saring dan Ibu Sudarminah yang lahir pada tanggal 25 Agustus 1992 di Kota Palembang, Sumatera Selatan.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 27 Palembang pada tahun 2004, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama di SLTP Negeri 3 Palembang pada tahun 2007, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 11 Palembang pada tahun 2010. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai Mahasiswa Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama mengikuti pendidikan di Universitas Bengkulu penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Agroekoteknologi (Himagrotek) dan organisasi Moslem Generation Club (MGC) sebagai anggota Equin pada tahun 2011-2012. Penulis juga pernah menjadi Co-Ass mata kuliah Biologi, Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu, Penyakit Tanaman, dan Hama Penting Tanaman Utama.

Selama kuliah penulis mendapatkan bantuan beasiswa BBM pada tahun 2010-2011, 2011-2012 dan 2012-2013. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Talang Ambung, Kecamatan Merigi Kelindang, Kabupaten Bengkulu Tengah Periode 70 pada tanggal 1 juli – 31 Agustus 2013 dan penulis juga melaksanakan magang selama 1 bulan (10 Januari – 10 Februari 2014) di perkebunan teh PT. Sarana Mandiri Mukti, Kecamatan Kabawetan, Kab. Kepahiang, Provinsi Bengkulu.

MOTTO DAN PERSEMPAHAN

Motto :

- Φ "Dan mintalah pertolongan (kepada) Allah dengan sabar dan sholat. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusu' , (yaitu) orang-orang yang menyakini , bahwa mereka akan menemui Robb-nya dan bahwa mereka akan kembali kepad-Nya ." (QS Al-Baqarah: 45-46)
- Φ Keberhasilan adalah sebuah proses. Niatmu adalah awal keberhasilan. Peluh keringatmu adalah penyedapnya. Tetesan air matamu adalah pewarnanya. Doamu dan doa orang-orang disekitarmu adalah bara api yang mematangkannya. Kegagalan di setiap langkahmu adalah pengawetnya. Maka dari itu, bersabarlah! Allah selalu menyertai orang-orang yang penuh kesabaran dalam proses menuju keberhasilan. Sesungguhnya kesabaran akan membuatmu mengerti bagaimana cara mensyukuri arti sebuah keberhasilan.
- Φ Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali kita jatuh.
- Φ Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan; jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan; tapi lihatlah sekitar anda dengan penuh kesadaran.

Dengan Allah SWT. Kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang kusayangi:

- 9 Bapak dan Ibuku tercinta yang selalu mendoakanku, memberi dorongan semangat dan pengorbanan yang tiada terhingga yang selalu ada menyertai di setiap langkah hidupku dalam meraih cita-citaku.
- 9 Saudara-saudaraku, Kakakku Jumaiko yang selalu memberikanku arahan dan nasihat terbaiknya untukku, dan Ayukku tersayang Dwi Handayani, Tri Susi Lawati, dan Riana Sari yang selalu memberikan candaan serta kasih sayangnya untukku.
- 9 Buat kekasihku tercinta Lili Amanda yang selalu menemaniku dan memberikan semangatnya untukku dikala diriku kelelahan dan berputus asa. Terima kasih My Lovely'ku.
- 9 Untuk teman-temanku seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam tulisan ini, terima kasih untuk candaan dan kebersamaannya selama ini.
- 9 Agama, Bangsa, dan Almamaterku.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim,

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul "**Jenis dan Potensi Fungi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang Batubara dalam Mengendalikan Penyakit Busuk Batang *Fusarium* sp. pada Tanaman Jagung**". Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2013 hingga April 2014, di Laboratorium dan Lahan Penelitian Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu.

Keberhasilan dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Ibu **Dr. Ir. Tunjung Pamekas, M.Sc.** sebagai pembimbing utama dan Ibu **Yenny Sariash, S.P., M.Sc.** sebagai pembimbing pendamping, yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan memberikan masukan dalam penyelesaian skripsi ini. Kepada Bapak **Dr. Ir. Sumardi, M.S** dan **Ir. Hasanudin, M.P** selaku dosen pengujii skripsi yang telah banyak memberikan saran, kritik dan nasehat yang bersifat membangun bagi penulis.

Terima kasih kepada Bapak **Ir. Usman Krisjoko Suharjo, M.Sc., Ph.D** selaku pembimbing akademik penulis yang telah banyak memberikan petunjuk, bimbingan dan motivasi selama masa perkuliahan. Terima kasih kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Pengajar yang tidak dapat disebutkan satu persatu serta Laboran Lab. Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu yang telah banyak membantu selama penulis melaksanakan penelitian.

Terima kasih juga untuk para teman-teman seperjuangan Azka, Redi, Dion, Rahmat, Imam, Eko, Tya, Santi, Agus, dan seluruh Agroekoteknologi 2010, akhirnya aku lulus juga. Semoga amal kebaikan kalian mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang dan yang membutuhkannya. Amin ya rabbal'alamiin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Bengkulu, 12 November 2014

Agung Matsetio

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Tanah Pasca Tambang Batubara	4
B. Tanaman Jagung	5
C. Penyakit Busuk Batang	6
D. Induksi Resistensi	6
E. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	8
F. Peran FMA terhadap Patogen Akar Tanaman	10
III. METODOLOGI PENELITIAN	12
A. Waktu dan Tempat Penelitian	12
B. Bahan dan Alat	12
C. Rancangan Penelitian	12
D. Tahapan Penelitian	13
E. Variabel Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Jagung	14
F. Variabel Pengamatan Penyakit <i>Fusarium</i> sp.	15
G. Data Penunjang	17
H. Analisis Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
A. Karakterisasi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang	18
B. Karakterisasi <i>Fusarium</i> sp.	21
C. Pengaruh Fungi Mikoriza terhadap Variabel Pertumbuhan Tanaman Jagung	23
1. Waktu muncul bibit jagung	23
2. Pertumbuhan tinggi tanaman	25
3. Jumlah daun	27
4. Berat basah tajuk tanaman jagung	28
5. Berat kering tajuk tanaman jagung	29
6. Berat basah akar tanaman jagung	30
7. Berat kering akar tanaman jagung	32
D. Pengaruh Fungi Mikoriza terhadap Variabel Penyakit <i>Fusarium</i> sp.	
1. Masa inkubasi penyakit	33
2. Persentase tanaman terinfeksi	35
3. Intensitas serangan penyakit	38
4. Tingkat kolonisasi akar	41

V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis mikoriza dari tanah pasca tambang batubara	18
2. Data analisis kandungan N dan P, pH, serta suhu tanah sumber mikoriza	19
3. Karakteristik spora mikoriza hasil ekstraksi tanah pasca tambang batubara	21
4. Karakteristik <i>Fusarium</i> sp. secara makroskopis dan mikroskopis	22
5. Hasil uji lanjut pengaruh fungi mikoriza terhadap variabel pertumbuhan waktu muncul bibit jagung, tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tajuk, berat kering tajuk, berat basah akar, dan berat kering akar	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Spora mikoriza asal tanah pasca tambang batubara	20
2. <i>Fusarium</i> sp. pada medium PDA	22
3. Pengaruh fungi mikoriza terhadap tinggi tanaman jagung pada minggu ke-3	26
4. Pengaruh mikoriza terhadap masa inkubasi penyakit busuk batang <i>Fusarium</i> sp. pada tanaman jagung	33
5. Kenampakan gejala serangan tanaman pada daun	35
6. Pengaruh mikoriza terhadap persentase tanaman terinfeksi pada minggu ke-4.....	36
7. Gejala dalam penyakit busuk batang jagung oleh <i>Fusarium</i> sp.	38
8. Pengaruh mikoriza terhadap intensitas serangan penyakit <i>Fusarium</i> sp. pada minggu ke-4	39
9. Pewarnaan fungi mikoriza yang mengkolonisasi jaringan akar tanaman jagung	41
10. Pengaruh mikoriza terhadap tingkat kolonisasi akar tanaman jagung	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Denah penelitian	51
2. Langkah kerja metode ekstraksi mikoriza dari tanah menurut Jenkins (1964)	52
3. Langkah kerja metode pewarnaan Kormanik dan McGraw (1982)	52
4. Analisis varians pengaruh fungi mikoriza terhadap waktu muncul bibit jagung	53
5. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi tanaman minggu ke-1	53
6. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi tanaman minggu ke-2	53
7. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi tanaman minggu ke-3	53
8. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi tanaman minggu ke-4.....	53
9. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi tanaman minggu ke-5	53
10. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap jumlah daun minggu ke- 1	54
11. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap jumlah daun minggu ke- 2	54
12. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap jumlah daun minggu ke- 3	54
13. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap jumlah daun minggu ke- 4	54
14. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap jumlah daun minggu ke- 5	54
15. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap berat basah tajuk tanaman	54
16. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap berat kering tajuk tanaman	55
17. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap berat basah akar tanaman....	55
18. Analisis keragaman pengaruh fungi mikoriza terhadap berat kering akar tanaman...	55

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jagung merupakan salah satu tanaman serealia yang memiliki kandungan gizi dan serat kasar yang cukup memadai untuk digunakan sebagai bahan pangan pengganti beras. Selain itu jagung, dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak dan bahan baku produk industri (Farida, 2011). Hal tersebut menyebabkan kebutuhan akan jagung meningkat dengan pesat, sementara produksi nasional jagung belum dapat mengimbangi kebutuhan dalam negeri. Salah satu faktor penyebabnya adalah faktor biotik, yaitu serangan penyakit. Penyakit yang dapat menyerang tanaman jagung adalah penyakit busuk batang jagung oleh *Fusarium* sp. Cendawan *Fusarium* sp. merupakan salah satu cendawan yang sering dijumpai di seluruh dunia dan memiliki sifat parasit pada tanaman. Selain itu, cendawan tersebut dapat menyerang hampir semua tanaman, bahkan sampai di penyimpanan (Talanca, 2007).

Penyakit busuk batang merupakan penyakit utama kedua pada tanaman jagung setelah penyakit bulai (Burhanuddin, 2008). Pakki (2005) menyatakan bahwa cendawan *F. moniliforme* merupakan spesies dominan yang menginfeksi semua bagian jagung antara lain: akar, batang, pelepas, tongkol, dan terutama biji. Cendawan *Fusarium* sp. memiliki keragaman dan populasi tinggi serta memiliki komponen yang dapat berinteraksi dengannya, seperti stress lingkungan dan serangga hama sehingga daya dukung perkembangan patogen semakin cepat. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk melindungi dan membuat daya tahan yang kuat bagi tanaman agar resisten terhadap serangan penyakit.

Upaya pengendalian penyakit busuk batang yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. telah banyak dilakukan, antara lain: pergiliran tanaman, sterilisasi tanah, penggunaan fungisida dengan bahan aktif Mancozeb dan Carbendazim (Talanca, 2007), namun belum menunjukkan hasil yang diinginkan. Sementara itu, pengendalian kimiawi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan kerusakan tanah. Untuk itu, diperlukan adanya alternatif pengendalian penyakit yang efektif dan dapat mengurangi penggunaan bahan kimiawi sehingga mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

Induksi resistensi sistemik (IRS) adalah salah satu alternatif baru yang dinilai prospektif dalam mengendalikan penyakit tanaman. Kuc (2001 *dalam* Sigit, 2008), menyatakan bahwa IRS adalah fenomena munculnya ketahanan tanaman yang bersifat sistemik yang diinduksi oleh induksi lokal atau dengan perlakuan menggunakan komponen

mikrobia atau senyawa sederhana organik dan anorganik. Resistensi dapat diinduksi dengan inokulasi awal oleh patogen, non-patogen, dan perlakuan kimia tertentu. Perlakuan menggunakan agen penginduksi dapat mengaktifkan secara cepat berbagai resistensi tanaman, diantaranya akumulasi fitoaleksin dan peningkatan aktivitas enzim kitinase, β -1,3-glukanase, β -1,4-glukosidase (Fuchs *et al.*, 1997 *dalam* Panjaitan, 1999). Dilaporkan juga oleh Misaghi (1982) bahwa tanaman pisang mengeluarkan senyawa gel dan tilosis ketika telah terjadi infeksi oleh *F. oxysporum* f.sp. *cubense* sehingga penyebaran dan perkembangan patogen penyebab layu fusarium ini menjadi terhambat.

Beberapa mikrobia yang hidup di dalam tanah dapat bersimbiosis mutualisme dengan tanaman yang menghasilkan suatu ketahanan tanaman terhadap patogen. Diantara mikrobia yang dapat bersimbiosis dengan tanaman adalah fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang merupakan cendawan obligat dengan spora berasosiasi dengan akar tanaman. Menurut Ambarwulan *et al.* (2013) bahwa tanaman pisang yang diberi mikoriza mampu menurunkan persentase kejadian penyakit karena infeksi *F. oxysporum* f.sp *cubense* dan nematoda *Radhopolus similis*. Hal ini terjadi karena pemanfaatan FMA indigenus dari rizosfir pisang merupakan solusi potensial untuk mengendalikan patogen tular tanah dan mampu meningkatkan ketahanan pisang terhadap berbagai jenis patogen (Suswati, 2005).

Mikoriza memiliki peranan bagi tanaman inangnya, yaitu memperbesar areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan miselium di sekeliling akar. Akibat perluasan area jelajah akar melalui bantuan miselium mikoriza sehingga lebih banyak unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman inang dibandingkan dengan tanaman lain yang tidak bersimbiosis dengan mikoriza (Laiya *et al.*, 2013). Setiap jenis FMA memiliki kemampuan yang berbeda-beda di dalam membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, pemilihan isolat FMA yang benar-benar kompatibel dengan tanaman yang dibudidayakan perlu dilakukan (Nurbaitiy *et al.*, 2009). Selain itu, FMA diyakini mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Subba Rao (1982 *dalam* Ginting *et al.*, 2013), menyatakan bahwa hifa mikoriza mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman dan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza akan menyebabkan pertumbuhan akar lebih banyak, sehingga penyerapan P lebih cepat oleh akar tanaman. Matsubara *et al.* (1998 *dalam* Talanca dan Adnan, 2005) melaporkan bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza, maka tinggi, bobot kering, dan konsentrasi P pada bagian atas maupun akar tanaman mempunyai nilai yang tinggi dibandingkan dengan tanpa mikoriza. Karakteristik asosiasi mikoriza memungkinkan tanaman untuk memperoleh air dan hara dalam kondisi lingkungan yang kering dan miskin

unsur hara, perlindungan terhadap patogen akar dan unsur toksik dan secara tidak langsung melalui perbaikan struktur tanah (Subiksa, 2008 *dalam* Widyasunu *et al.*, 2010).

Disisi lain, Provinsi Bengkulu merupakan provinsi yang memiliki perusahaan besar tambang batubara terutama di kabupaten Bengkulu Tengah. Namun, lahan bekas penambangan yang luas ini tidak berpotensi untuk dimanfaatkan kembali karena telah tercemar sehingga menjadi lahan yang kritis. Hermawan (2011) menyatakan bahwa lahan bekas tambang batubara biasanya memiliki tingkat kepadatan yang tinggi dan kurang subur dikarenakan adanya bahan-bahan timbunan yang berasal dari lapisan bawah tanah, baik horison C maupun bahan induk tanah. Simbiosis mikoriza merupakan fenomena yang banyak dijumpai dalam kolonisasi lahan-lahan kritis atau miskin hara. Mikoriza dapat menyerap fosfor lebih besar ketika di dalam tanah tingkat ketersediaannya rendah atau terjerap dalam senyawa kompleks. Rendahnya kandungan fosfor pada tanah tambang yang bermikoriza memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan tanaman dan ketahanannya dengan penurunan cekaman yang berhubungan dengan ketersediaan hara, kadar garam, logam beracun dan faktor biotik seperti patogen, penyerapan hifa dan bahan organik (Ulfa *et al.*, 2011).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai jenis dan potensi mikoriza asal tanah pasca tambang batubara dalam menginduksi pertumbuhan dan ketahanan tanaman jagung terhadap patogen *Fusarium* sp.

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui jenis dan potensi fungi mikoriza asal tanah pasca tambang batubara dalam mengendalikan penyakit busuk batang *Fusarium* sp. pada tanaman jagung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Pasca Tambang Batubara

Lahan bekas tambang batubara merupakan lahan kritis yang memiliki tingkat kepadatan tinggi dan kurang subur dikarenakan adanya bahan-bahan timbunan yang berasal dari lapisan bawah tanah, baik horizon C maupun bahan induk tanah. Lalu lintas alat-alat berat selama proses penambangan dan penimbunan juga berperan penting dalam menghasilkan lapisan tanah permukaan yang padat dan terjadinya penutupan pori-pori tanah (*surface sealing and crusting*) (Hermawan, 2011). Menurut Sutanto (2002) menyatakan aktivitas penambangan juga merusak sifat biologi tanah karena saat penggerukan bahan tambang terjadi pembongkaran lapisan nonbatubara yang mengakibatkan lapisan pucuk dan seresah tanah hilang serta siklus hara terputus. Lapisan *top soil* dan seresah tersebut sebagai sumber C bagi jasad renik yang berperan dalam penyediaan unsur hara sehingga tanah tersebut memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara seperti N, P, dan K yang rendah.

Sejalan dengan aktifnya penambangan, dampak lingkungan berupa kerusakan lahan akibat aktivitas penambangan terbuka akan terbentuk lahan kritis sebelum diadakan penutupan tambang. Penambangan terbuka (*open pit mining*) batubara dapat menyebabkan kerusakan lingkungan akibat proses eksplorasinya (Rahmawaty, 2002). Pengembalian lapisan tanah pada bekas galian pasca penambangan tidak mampu mengembalikan kondisi lahan sama seperti kondisi sebelum dilakukan penambangan. Perubahan susunan tanah, mengakibatkan degradasi sifat-sifat tanahnya, baik secara fisik, kimia maupun biologinya.

Peningkatkan kualitas lahan kritis merupakan salah satu upaya mengembalikan kondisi tanah pasca tambang yang tidak termanfaatkan menjadi lahan yang aktif kembali untuk budidaya pertanian dengan cara memanfaatkan potensi mikroorganisme yang hidup pada tanah tersebut. Hasil penelitian yang telah dilakukan Ulfa *et al.* (2011) menyatakan bahwa kehadiran mikroorganisme mikoriza pada areal timbunan tanpa *top soil* di areal bekas tambang batubara, jenis *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. ditemukan di tiap umur areal reklamasi pasca tambang batubara, sedangkan jenis *Glomus* sp. mulai ditemukan di areal reklamasi delapan tahun pasca tambang. Simbiosis mikoriza merupakan fenomena yang banyak dijumpai dalam kolonisasi lahan-lahan kritis atau miskin hara. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan tanaman dan ketahanannya dengan penurunan cekaman yang berhubungan dengan ketersediaan hara,

kadar garam, logam beracun dan faktor biotik seperti patogen, penyerapan hifa dan bahan organik.

B. Tanaman Jagung

Tanaman jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu jenis tanaman pangan biji-bijian dari keluarga rerumputan yang berasal dari Amerika yang tersebar hingga wilayah Asia dan Afrika (Prihatman, 2000). Tanaman jagung merupakan tanaman berumah satu (*monoecious*), bunga jantan (*stamineate*) terbentuk pada malai dan bunga betina (*tepistila*) terletak pada tongkol di pertengahan batang secara terpisah tapi masih dalam satu tanaman. Jagung tergolong tanaman C4 dan mampu beradaptasi dengan baik pada faktor pembatas pertumbuhan dan produksi. Salah satu sifat tanaman jagung sebagai tanaman C4, antara lain daun mempunyai laju fotosintesis tinggi, fotorespirasi dan transpirasi rendah, serta efisien dalam penggunaan air.

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan penting di Indonesia dan mempunyai peran strategis dalam perekonomian nasional, mengingat fungsinya yang multiguna, yaitu: sebagai sumber pangan, pakan, dan bahan baku industri (Depatemen Pertanian, 2009 dalam Moelyohadi *et.al.*, 2012). Produksi jagung Indonesia pada tahun 2012 sebesar 19,39 juta ton pipilan kering atau mengalami peningkatan sebesar 1,74 juta ton (9,88 persen) dibandingkan tahun 2011. Walaupun sudah mengalami peningkatan, tetapi produksi jagung tidak sebanding dengan pertumbuhan tingkat konsumsi jagung nasional sehingga pada tahun 2012 masih harus mengimpor jagung (Badan Pusat Statistik, 2013).

Salah satu manfaat jagung untuk pakan adalah sebagai sumber energi metabolism. Walaupun jagung mengandung protein sebesar 8,5%, tetapi pertimbangan penggunaan jagung sebagai pakan adalah untuk energi karena mengandung 3,5% lemak yang terutama terdapat di bagian lembaga biji. Kadar asam lemak linoleat dalam lemak jagung sangat tinggi, sehingga dapat memenuhi kebutuhan ayam, terutama ayam petelur (Tangendjaja dan Wina, 2007). Jagung sebagai pangan alternatif merupakan salah satu serealia yang strategis dan bernilai ekonomis serta mempunyai peluang untuk dikembangkan karena kedudukannya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras. Begitu juga di industri, kelangkaan bahan bakar minyak dari fosil mendorong berbagai negara mencari energi alternatif dari bahan bakar nabati (biofuel), di antaranya jagung untuk dijadikan bioetanol sebagai substansi premium. Hal ini mengakibatkan permintaan akan jagung semakin meningkat, sulit didapat dan mahal harganya (Purwanto, 2007). Oleh karena itu, untuk pengembangan jagung diperlukan adanya perhatian yang lebih dalam menangani masalah yang ada.

C. Penyakit Busuk Batang

Penyakit busuk batang yang disebabkan *Fusarium* sp. adalah salah satu penyakit utama pada tanaman jagung. Penyakit busuk batang ini menyebabkan kehilangan hasil sekitar 65 % dan menyerang saat awal musim penghujan dengan intensitas yang bervariasi (Burhanuddin, 2008). *Fusarium* sp. adalah cendawan yang dapat bersifat saprofit maupun parasit bagi tanaman.

Gejala umum yang dijumpai pada tanaman jagung terserang penyakit busuk batang *Fusarium* sp. adalah pada bagian bawah batang jagung berwarna hijau kekuningan, sehingga kemudian berubah warna menjadi coklat kekuningan. Ruas paling bawah empelurnya membusuk dan terlepas dari kulit luar batang, sehingga batang menjadi lembek, kemudian struktur batang berubah menjadi silinder rapat menjadi tabung (Talanca, 2007).

Cendawan *Fusarium* sp. juga dapat menyebabkan penyakit busuk tongkol yang bervariasi tergantung jamurnya dan berat ringannya penyakit. *Fusarium graminearum* menyebabkan pembusukan yang berwarna merah jambu berkembang dari ujung ke pangkal tongkol. Cendawan *Fusarium* sp. penyebab penyakit busuk batang jagung menyebabkan bercak merah jambu pada upih daun, pemasakan buah sebelum waktunya, dan patahnya pangkal batang jika telah stadia tinggi serta berkembang lebih baik pada batang yang telah tua atau mati (Semangun, 2004).

Fusarium sp. penyebab penyakit busuk batang dan busuk tongkol merupakan patogen lemah yang cenderung menyerang tanaman dalam kondisi kurang baik dan semakin banyak terdapat pada pertanaman yang semakin tua (Sudjono, 1989 ; Semangun, 2004). Cendawan *Fusarium* sp. biasanya melakukan infeksi melalui kutikula atau lubang alamiah. Cendawan ini berkembang pada suhu 20-22°C dengan pH netral dan kandungan N tanah tinggi. Pola sebaran cendawan *Fusarium* sp. mulai dari daerah dingin (suhu < 5°C) sampai daerah tropika (suhu diatas 25°C), dari daerah kering (curah hujan tahunan < 250 mm) sampai daerah basah (curah hujan tahunan > 1000 mm). Cendawan *Fusarium* sp. dapat bertahan hidup pada sisa-sisa tanaman terinfeksi, sedangkan konidianya tidak dapat bertahan lama dalam tanah tanpa adanya sisa-sisa tanaman inang (Talanca, 2007).

D. Induksi Resistensi

Induksi ketahanan adalah salah satu teknologi di bidang pertanian yang digunakan sebagai alternatif dalam pengendalian penyakit tanaman. Heil dan Richard (2002) menyatakan bahwa induksi ketahanan merupakan suatu ketahanan yang berkembang setelah adanya preinokulasi tanaman dengan senyawa pengimbas (elisitor) baik elisitor

biotik (jamur isolat hipovirulen) maupun elisitor abiotik (senyawa kimiawi seperti kitosan). Dengan aplikasi elisitor, induksi resistensi atau ketahanan dapat berkembang jika sel inang mampu melakukan transkripsi dan menghasilkan enzim baru, yaitu penginduksi ketahanan yang akan mengaktifkan gen tumbuhan yang bertanggung jawab dalam mekanisme pertahanan tanaman tersebut.

Induksi resistensi bekerja dengan cara menstimulir tanaman untuk bereaksi lebih tanggap terhadap kehadiran patogen. Reaksi ini diantaranya berupa akumulasi fitoaleksin, lignifikasi, serta meningkatnya aktivitas enzim hidrolitik, seperti kitinase dan glukonase (Kuc, 2001). Aplikasi isolat hipovirulen dari *Sclerotinia minor* mampu menekan intensitas penyakit *S. minor* virulen lebih dari 50% dan menekan produksi sklerosium hingga 90% (Boland, 2004).

Dari berbagai penelitian diketahui adanya asosiasi mutualisme tanaman dengan mikoriza yang dapat merangsang tanaman meningkatkan ketahanannya terhadap patogen. Hasil penelitian Marlina *et al.* (2010) menjelaskan bahwa penggunaan mikoriza mampu menginduksi ketahanan sistemik pada tanaman cabai merah terhadap *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa karena mikoriza mampu mengakumulasi asam salisilat di dalam tanaman cabai merah yang berfungsi sebagai sinyal penginduksi untuk mengekspresikan gen pertahanan. Selain itu, mikoriza adalah salah satu elisitor biotik yang mampu meningkatkan ketahanan pada tanaman yang terserang penyakit. Ketahanan tanaman jahe terhadap serangan *Ralstonia solanacearum* ras 4, disebabkan karena akar jahe yang telah terkolonisasi FMA akan menghasilkan senyawa kimia yang bersifat sebagai antimikroba sehingga dapat melindungi perakaran tanaman terhadap patogen (Suharti *et al.*, 2008).

Mikoriza merupakan mikroorganisme yang berperan sebagai agen pengendali hidup yang potensial untuk dikembangkan. FMA indigenus akan lebih efektif dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit jika diaplikasikan pada tanaman asal tempat FMA tersebut. Ketahanan tanaman jahe terhadap serangan *R. solanacearum* ras 4, disebabkan akar yang telah terkolonisasi FMA menghasilkan senyawa kimia yang bersifat sebagai antimikroba sehingga dapat melindungi perakaran tanaman dari patogen (Suharti *et al.*, 2011). Selain itu, Suswati *et al.* (2013) menyatakan bahwa aplikasi FMA *Glomus* tipe-1, *Acaulospora* tipe-4, dan *Glomus fasciculatum*) dapat menginduksi ketahanan tanaman pisang Barangan terhadap *Blood Disease Bacterium* (BDB) pada tanaman pisang barangan.

Salah satu cara pengendalian penyakit tanaman adalah dengan meningkatkan kemampuan yang ada pada tanaman itu sendiri untuk merespon serangan patogen secara

cepat dan efektif melalui induksi resistensi (Gottstein and Kuc, 1989 *dalam* Sigit, 2008). Taufik *et al.* (2010) melaporkan bahwa tanaman cabai yang tidak diberi perlakuan PGPR menjadi sangat tercekam pada saat diinokulasi virus, sehingga tanaman meresponsnya secara cepat dengan memobilisasi metabolit sekunder seperti asam salisilat untuk melawan infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR dapat menunda terhadap pemunculan gejala infeksi TMV karena dipengaruhi oleh sistem induksi resistensi oleh rizobakteri sehingga masa inkubasi TMV menjadi lebih lama dibanding dengan tanaman tanpa perlakuan PGPR (A'yun *et al.*, 2013).

Induksi ketahanan tanaman yang rentan merupakan salah satu mekanisme pengendalian hayati yang sangat potensial untuk dikembangkan karena penggunaannya lebih praktis (diaplikasi pada benih/bibit), efisien (tidak perlu berulang-ulang), ekonomis dan ramah lingkungan (Habazar, 2004). Hasil penelitian Suswati *et al.* (2013) bahwa efek induksi ketahanan tanaman pisang dapat dilihat dari berbagai indikator diantaranya indikator fitopatologi dan agronomi. Indikator fitopatologi seperti: rendahnya persentase dan intensitas serangan penyakit serta rendahnya kepadatan propagul patogen di dalam jaringan tanaman dan indikator agronomi, yaitu: terjadinya peningkatan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun dan berat tanaman) dan peningkatan kolonisasi FMA.

E. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan asosiasi antara fungi tertentu dengan akar tanaman sebagai alternatif teknologi yang memiliki manfaat besar dalam meningkatkan produktivitas tanaman (Moelyohadi *et al.*, 2012). Keuntungan dari mikoriza terhadap tanaman dapat memperluas bidang penyerapan akar sehingga terjadi peningkatan absorpsi nutrisi dari dalam tanah dan komponen-komponen mikoriza pada akar. Meningkatnya serapan hara akan berdampak pada peningkatan pertumbuhan dan perkembangan akar sehingga berpengaruh pula pada peningkatan volume akar. Peningkatan volume akar akan memperbesar penyebaran hifa FMA pada sel akar sehingga meningkatkan persentase akar terinfeksi FMA (Nelvia *et al.*, 2010).

Taksonomi FMA berubah terus-menerus. Berdasarkan pada morfologi spora, dikenal lima genus mikoriza arbuskula yaitu *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Sclerocytis*, dan *Endogone*. FMA dikategorikan menjadi dua macam, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza disebut mikoriza ektotrof karena jamur ini seluruhnya menyelubungi masing-masing cabang akar dalam selubung atau mantel hifa yang hanya menembus antar sel korteks akar (interseluler), sedangkan endomikoriza, tidak membentuk selubung luar

tetapi hidup dalam sel akar (intraseluler) dan membentuk hubungan langsung antar sel akar dan tanah sekitarnya (Rao, 1994).

Fungi mikoriza merupakan cendawan obligat, dimana kelangsungan hidupnya berasosiasi akar tanaman dengan sporanya. Spora berkecambah dengan membentuk apressoria sebagai alat infeksi, dimana infeksinya biasa terjadi pada zone elongation. Proses ini dipengaruhi oleh anatomi akar dan umur tanaman yang terinfeksi. Hifa yang terbentuk pada akar bersifat interseluler dan intraseluler, namun terbatas pada lapisan kortex dan tidak sampai pada empulur. Hifa yang berkembang diluar jaringan akar maka berperan dalam penyerapan unsur hara tertentu dan air (Talanca dan Adnan, 2005).

Menurut Nusantara *et al.* (2012), FMA memiliki 4 peran fungsional, yaitu: adalah sebagai bioprotektor karena mampu melindungi tanaman dari cekaman biotika seperti patogen tanaman, sebagai bioprosesor karena mampu membantu tanaman menyerap hara dan air dari lokasi yang tidak terjangkau akar rambut, sebagai bioaktivator karena mampu meningkatkan simpanan karbon di rizosfer sehingga meningkatkan aktivitas jasad renik dalam menjalankan proses biogeokimia, dan bioagregator karena mampu meningkatkan agregasi tanah.

Fungi mikoriza mampu dapat membentuk kolonisasi sebelum melakukan infeksi tanaman dan menjalankan berbagai fungsinya untuk tanaman. Menurut Hapsoh (2008), tahapan kolonisasi FMA dimulai dari prekolonisasi, kontak dan penembusan, perkembangan kolonisasi, pergantian arbuskula, pertumbuhan hifa eksternal dan produksi spora. Prekolonisasi yang diawali pertumbuhan baik hifa, spora, maupun potongan akar yang terinfeksi FMA. Meskipun ada peningkatan pertumbuhan miselium pada akar, hifa tidak langsung tumbuh menuju akar sampai hifa tersebut benar-benar dekat akar. Selanjutnya, terjadi kontak hifa dengan akar yang diikuti pelekatannya hingga membentuk apresorium yang membengkak. Kemudian hifa masuk menembus dinding sel dengan penekanan yang ditandai hifa semakin mengecil dan berbentuk runcing sehingga percabangan hifa ke dalam kortex bagian tengah dan dalam akar memanjang membentuk kolonisasi sehingga terjadi mutualistik fungi-tanaman. Hasil kolonisasi ini membentuk bidang kontak interseluler dan intraseluler. Suharti *et al.* (2008) menyatakan bahwa persentase kolonisasi akar tanaman jahe oleh FMA meningkat sejalan dengan meningkatnya umur tanaman jahe dan kolonisasi tertinggi terjadi pada saat 2 bulan setelah tanam, yaitu sebesar 80-90%.

Adanya pertumbuhan hifa eksternal merupakan sumber inokulum penting untuk kelanjutan kolonisasi sistem perakaran yang sama dalam memproduksi spora yang dibentuk dalam tanah yang fungsinya mentransfer hara dari tanah ke tanaman. Hasil

penelitian Indriyani *et al.* (2011) menyatakan bahwa FMA paling berperan dalam meningkatkan serapan P oleh akar tanaman karena memiliki hifa yang menjalar luas ke dalam tanah melampaui jauh jarak yang dicapai rambut akar. Jamur mikoriza dengan hifa eksternalnya dapat meningkatkan absorpsi dari unsur-unsur yang inmobil di dalam tanah, seperti unsur P, Co, dan Zn dengan cara menambah atau memperluas absorpsi hara yang diluar kemampuan tanaman tersebut mengabsorbsinya. Rambut akar tanaman yang berasosiasi dengan tanaman yang bermikoriza bisa berkontak dengan volume tanah yang lebih luas dan memberikan permukaan absorpsi yang lebih besar dibandingkan pada rambut akar yang tanpa bermikoriza (Indriati *et al.*, 2013).

Mikoriza berperan dalam peningkatan penyerapan unsur-unsur hara tanah yang dibutuhkan oleh tanaman seperti P, N, K, Zn, Mg, Cu, dan Ca. Pada tanaman jagung, untuk menghasilkan mutu yang tinggi dibutuhkan ketersediaan hara N, P, dan K yang tinggi. Mikoriza merupakan alternatif untuk mengatasi kekurangan unsur hara terutama fosfat dalam tanah (Puspitasari *et al.*, 2012). Talandra dan Adnan (2005) melaporkan bahwa aplikasi P alam pada tanaman yang terinfeksi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan, pembentukan bintil akar, dan aktivitas bintil akar tanaman. Meningkatnya kandungan P dalam jaringan tanaman dapat mempercepat pembelahan sel terutama pada jaringan meristem tanaman sehingga berakibat lebih lanjut terhadap pertumbuhan tanaman (Lizawati *et al.*, 2014).

F. Peran FMA terhadap Patogen Akar Tanaman

Pemanfaatan mikoriza merupakan masukan teknologi mikrobia yang dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah pada budidaya pertanian. FMA menginfeksi akar tanaman tetapi tidak bersifat parasit, sebaliknya memberikan keuntungan pada tanaman inangnya antara lain meningkatkan serapan hara tanaman (Indriati *et al.*, 2013). Mikoriza yang menginfeksi tanaman, maka akan membentuk hifa eksternal sehingga memperluas permukaan akar dan menghasilkan senyawa kimia yang menyebabkan lepasnya ikatan hara dalam tanah. Selain itu, cendawan mikoriza dapat pula berfungsi sebagai pelindung dari serangan penyakit tertentu seperti patogen *Phytophthora*, *Phytiun*, *Rhizoctonia*, dan *Fusarium*. Perlindungan mikoriza terhadap patogen terjadi karena memanfaatkan karbohidrat lebih banyak dari akar, sebelum dikeluarkan dalam bentuk eksudat akar, menghasilkan antibiotik, dan memacu perkembangan mikroba saprofitik disekitar perakaran (Talandra dan Adnan, 2005).

Tanaman yang terinfeksi mikoriza menghasilkan bahan atsiri yang bersifat fungistatis jauh lebih banyak dibanding tanpa infeksi. Pada tanaman jagung yang terinfeksi

mikoriza mengandung asam amino 3-10 kali lebih banyak dari pada tanpa infeksi mikoriza. Bila patogen lebih dahulu menyerang tanaman sebelum infeksi cendawan mikoriza, maka mikoriza tidak akan berkembang pada perakaran tanaman. Hasil Penelitian Sigit (2008) bahwa tanaman cabai yang terserang penyakit layu fusarium yang diinfestasi FMA HST0 dan HST1 memiliki efektifitas penghambatan serangan sebesar 68,13 % dan 66, 265% yang berarti efektif sesuai dengan skor bahwa >60% - <80% = efektif.

Jenis tanaman yang berbeda akan menunjukkan reaksi yang berlainan terhadap infeksi mikoriza dan secara tak langsung mempengaruhi perkembangan infeksi dan kolonisasi jamur mikoriza. Perlakuan sumber spora yang berasal dari rizosfer tanaman yang sama dengan jenis tanaman inangnya cenderung lebih baik dari perlakuan sumber spora yang berasal tanaman inang yang berbeda dengan jenis tanaman inangnya terhadap derajat infeksi (Nurhayati, 2012). Hal ini juga didukung dari hasil penelitian Suharti *et al.* (2011) bahwa isolat FMA indigenus rizosfir tanaman jahe yang diintroduksi pada bibit jahe mampu menahan perkembangan penyakit layu bakteri yang disebabkan *Ralstonia solanacearum* ras 4 dengan kemampuan yang bervariasi. FMA indigenus juga mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jahe, yang menunjukkan bahwa, isolat FMA ini sudah beradaptasi dengan lingkungan tersebut sehingga menghalangi patogen masuk ke dalam jaringan tanaman.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2013 sampai dengan bulan April 2014 di laboratorium dan lahan penelitian Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: sampel tanah pasca tambang batubara tidak dan sudah diberi perlakuan pupuk kandang, tanah steril, benih jagung BISI-2, larutan gula (glukosa), isolat patogen *Fusarium* sp. (koleksi Lab. Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu yang berasal dari tanah pasca tambang batubara), PDA, KOH 10%, H₂O₂, HCl 10%, dan *lactofenol blue*.

Alat yang digunakan adalah polybag, nampang, otoklaf, gelas piala, lampu spiritus, sentrifuge dan tabungnya, mikroskop binokuler, mikro pipet, jarum ent (borer 1 cm), plastik, saringan 28, 270, dan 400 mesh, serta alat lain yang membantu penelitian.

C. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 10 perlakuan yang terdiri dari:

- M0: Tanpa inokulasi mikoriza dan tanpa *Fusarium* sp. (Kontrol)
- M1: Tanpa inokulasi mikoriza + *Fusarium* sp. (Kontrol patogen)
- M2: *Glomus* sp.1 + tanpa *Fusarium* sp.
- M3: *Glomus* sp.2 + tanpa *Fusarium* sp.
- M4: *Glomus* sp.3 + tanpa *Fusarium* sp.
- M5: *Gigaspora* sp. + tanpa *Fusarium* sp.
- M6: *Glomus* sp.1 + *Fusarium* sp.
- M7: *Glomus* sp.2 + *Fusarium* sp.
- M8: *Glomus* sp.3 + *Fusarium* sp.
- M9: *Gigaspora* sp. + *Fusarium* sp.

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 ulangan sehingga didapatkan 50 satuan percobaan.

D. Tahapan Penelitian

1. Sterilisasi Tanah

Tanah untuk penanaman diambil dari lahan dengan mengambil tanah lapisan atas (top soil) hingga kedalaman tanah 10 cm. Tanah dicangkul dan dibersihkan dari serasah, kemudian diayak menggunakan ayakan pasir. Selanjutnya, tanah dimasukkan ke dalam plastik ukuran 1 kg untuk disterilisasi ke dalam otoklaf dengan suhu 121°C dengan tekanan 2 atm selama 1 jam. Selanjutnya tanah di keluarkan dari otoklaf untuk di biarkan dingin sebelum digunakan.

2. Ekstraksi dan Karakterisasi Mikoriza

Sampel tanah yang diekstraksi berjumlah 13 sampel tanah pasca tambang batubara yang berbeda, yaitu Tanah tambang awal (T0); Tanah tambang + pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha (T1); Tanah tambang + pupuk kandang ayam dosis 20 ton/ha (T2); Tanah tambang + pupuk kandang ayam dosis 30 ton/ha (T3); Tanah tambang + pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha pada tanaman umur 2 minggu (T4); Tanah tambang + pupuk kandang ayam dosis 20 ton/ha pada tanaman umur 2 minggu (T5); Tanah tambang + pupuk kandang ayam dosis 30 ton/ha pada tanaman umur 2 minggu (T6); Tanah tambang + pupuk kandang kambing dosis 10 ton/ha (T7); Tanah tambang + pupuk kandang kambing dosis 20 ton/ha (T8); Tanah tambang + pupuk kandang kambing dosis 30 ton/ha (T9); Tanah tambang + pupuk kandang kambing dosis 10 ton/ha pada tanaman umur 2 minggu (T10); Tanah tambang + pupuk kandang kambing dosis 20 ton/ha pada tanaman umur 2 minggu (T11); dan Tanah tambang + pupuk kandang kambing dosis 30 ton/ha pada tanaman umur 2 minggu (T12). Proses ekstraksi tanah menggunakan metode Jenkins (1964) (Lampiran 2). Mikoriza yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan buku identifikasi Schenk dan Perez (1988). Mikoriza yang ditemukan, selanjutnya dikelompokkan berdasarkan kesamaan ciri morfologi spora (warna, bentuk, dan ukuran spora).

3. Perbanyak Mikoriza

Setiap jenis mikoriza diperbanyak pada medium tanam yang berbeda. Media perbanyak mikoriza menggunakan campuran tanah steril dan zeolit (3:1) diletakkan di dalam nampang/pot plastik. Spora mikoriza diinokulasi ke tanah bersamaan dengan penanaman benih jagung dengan 3 spora/lubang tanam. Selanjutnya, tanaman dipelihara selama 3 minggu dengan disiram setiap 1 kali sehari. Kemudian, selama 2 minggu dilakukan stressing tanaman tanpa disiram (terkena air). Setelah itu, tanaman jagung dipanen untuk diambil akarnya dan daerah rizosfer perakaran. Akar jagung dipotong

sepanjang 1 cm. Kemudian, potongan akar jagung dan tanah rizosfer perakaran dikumpulkan dan disimpan untuk digunakan pada tahap penelitian selanjutnya.

4. Perbanyakan Cendawan *Fusarium* sp.

Cendawan *Fusarium* sp. yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman Universitas Bengkulu yang diisolasi dari tanah pasca tambang batubara. Isolat *Fusarium* sp. diperbanyak dengan menggunakan medium PDA (*Potato Dextrose Agar*) di Laboratorium Proteksi Tanaman. Selanjutnya, patogen dikarakterisasi yang meliputi: diameter koloni, warna koloni, kerapatan, dan ukuran koloni.

5. Penanaman Jagung dan Perlakuan Fungi Mikoriza

Penanaman jagung dilakukan pada tanah yang telah disterilkan dalam polibag (volume 1 kg tanah). Tanah dimasukkan ke dalam polybag dan dibuat lubang tanam sedalam 5 cm untuk menanam benih jagung dan mikoriza (dalam potongan akar jagung dan tanah rizosfer perakaran berasal dari perbanyakan tanaman jagung yang telah dipanen akarnya bersama bahan pembawanya sebanyak 1 gram/lubang tanam). Setelah itu, 2 benih jagung ditanam dan lakukan penjarangan tanaman (diambil satu tanaman/polybag) setelah jagung tumbuh berumur 7 hari. Semua polibag diletakkan di tempat yang terkena cahaya matahari dan penyiraman dilakukan setiap satu kali sehari jika tidak hujan.

6. Inokulasi Tanaman Jagung dengan *Fusarium* sp.

Tanaman jagung yang berumur 7 hari setelah tanam diinokulasi dengan isolat *Fusarium* sp. yang berumur 7 hari dengan kerapatan 10^7 konidia/ml sebanyak 10 cc/tanam. Inokulasi dilakukan dengan cara penyiraman pada media tanah di sekeliling tanaman jagung.

E. Variabel Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Jagung

1. Waktu Munculnya Bibit Jagung

Waktu munculnya bibit jagung diamati setiap hari sejak penanaman jagung hingga tanaman jagung tumbuh di atas permukaan tanah.

2. Tinggi Tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur dengan meteran/penggaris dari permukaan tanah sampai ujung daun tertinggi, diukur setiap minggu dimulai tanaman tumbuh di atas permukaan tanah sampai akhir pengamatan pada minggu ke 4 setelah inokulasi.

3. Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung pada daun yang telah berkembang sempurna. Pengamatan dilakukan seminggu sekali hingga akhir pengamatan penelitian pada minggu ke 4 setelah inokulasi.

4. Berat Basah dan Kering Tajuk (gram)

Tanaman jagung yang telah dipanen dibersihkan dari media tanamnya. Selanjutnya, dipisahkan bagian tajuk dengan akar dengan cara memotong bagian pangkal batang. Lalu, ditimbang dengan timbangan analitik. Setelah itu, tajuk dimasukkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 48 jam. Setelah itu, ditimbang dengan timbangan analitik kembali untuk mendapatkan hasil bobot kering tajuk tanaman.

5. Berat Basah dan Kering Akar (gram)

Tanaman jagung yang telah dipanen dibersihkan dan dipisahkan bagian tajuk dengan akar dengan cara memotong bagian leher akar dan ditimbang dengan timbangan analitik. Kemudian, akar dioven dengan suhu 70°C selama 48 jam dan ditimbang kembali untuk mendapatkan hasil bobot kering akar tanaman.

F. Variabel Pengamatan Penyakit *Fusarium* sp.

1. Masa Inkubasi Penyakit (hari)

Pengamatan masa inkubasi dilakukan setiap hari sejak tanaman diinokulasi patogen *Fusarium* sp. sampai munculnya gejala pertama penyakit yang menyerang pada tanaman ditandai dengan adanya kelayuan atau tanda lainnya pada daun paling muda.

2. Persentase Tanaman Terinfeksi (%)

Persentase tanaman terinfeksi dilakukan seminggu sekali, dihitung dengan mengamati jumlah tanaman terserang di setiap perlakuan. Persentase serangan dihitung dengan rumus:

$$\text{Persentase serangan} = \frac{\sum \text{tanaman terserang}}{\sum \text{seluruh tanaman}} \times 100\%$$

3. Intensitas Serangan Penyakit (%)

Intensitas serangan penyakit dihitung seminggu sekali sejak inokulasi berdasarkan persentase serangan dan dilakukan minggu ke 1, 2, 3, dan 4 setelah inokulasi patogen. Nilai hasil pengamatan dihitung dengan rumus Towsand & Hueberger dalam Fardianto (2011):

$$I = \frac{\sum(nxv)}{ZxN} \times 100\%$$

Keterangan :

- I = Intensitas serangan penyakit
- n = Jumlah bagian tanaman yang terserang pada setiap kategori
- v = Nilai skala setiap kategori serangan patogen
- N = Total jumlah bagian tanaman yang diamati
- Z = Nilai skor tertinggi

Skala intensitas penyakit dari penelitian tanaman krisan oleh Budi (2007), yaitu:

Nilai Skor	Kriteria
0	Tidak bergejala (sehat)
1	< 10% tanaman terserang
2	> 10-20% tanaman terserang
3	> 21-30% tanaman terserang
4	> 30% tanaman terserang

4. Tingkat Kolonisasi Akar (%)

Tingkat kolonisasi akar dihitung diakhir penelitian dengan menggunakan metode pewarnaan akar menurut Kormanik dan McGraw (1982) (Lampiran 3). Akar yang telah melewati rangkaian pewarnaan, diamati dibawah mikroskop dan dihitung dengan rumus:

$$\text{Kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{bidang pandang akar yang terinfeksi}}{\sum \text{bidang pandang total akar}} \times 100\%$$

Aras kolonisasi dikategorikan Rajapakse dan Miller (1992 *dalam* Nusantara *et al.*, 2012) sebagai berikut.

% kolonisasi	Kategori	Keterangan
0-5	Kelas 1	Sangat rendah
6-25	Kelas 2	Rendah
26-50	Kelas 3	Sedang
51-75	Kelas 4	Tinggi
75-100	Kelas 5	Sangat tinggi

G. Data Penunjang

1. Analisis kandungan N dan P

Analisis dilakukan di Laboratorium BPTP Bengkulu untuk mengetahui kandungan unsur N dan P pada sampel asal tanah pasca tambang batubara yang berpengaruh terhadap fungi mikoriza.

2. Suhu tanah

Suhu tanah yang diukur adalah suhu tanah asal pasca tambang batubara baik yang belum/sudah diberi perlakuan pupuk kandang dengan berbagai dosis.

3. pH tanah

Pengukuran pH tanah asal pasca tambang batubara yang belum/sudah diberi perlakuan pupuk kandang dengan berbagai dosis.

H. Analisis Data

Data dianalisis dengan analisis varians dan apabila memberikan hasil yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5 %.