

1. SUGARCANE PRODUCTS

2. VESICULAR - ARBUSCULAR MYCORRHIZA
IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

DISERTASI

STUDI GATRA BIOLOGI PENGGUNAAN *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza* UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TEBU (*Saccharum officinarum L.*) PADA TANAH KAHAT FOSFOR

PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIK

KK

Dis 14/02

Adi

S.



PRAPTININGSIH GAMAWATI ADINURANI

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1998

STUDI GATRA BIOLOGI PENGGUNAAN
Vesicular Arbuscular Mycorrhiza
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TEBU
(Saccharum officinarum L.)
PADA TANAH KAHAT FOSFOR

PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIK

DISERTASI

Untuk memperoleh Gelar Doktor
dalam Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
di bawah pimpinan Rektor Universitas Airlangga

Prof. H. Soedarto, dr., DTM&H., Ph.D

telah dipertahankan di hadapan
Rapat Terbuka Senat Universitas Airlangga
pada hari Selasa
tanggal 24 Pebruari 1998
pukul 10.00

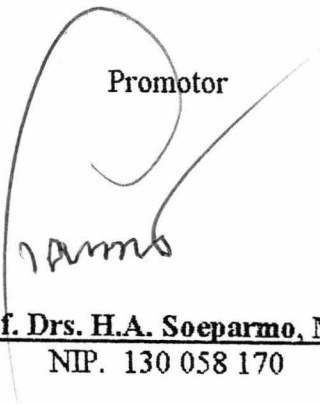
Oleh :
PRAPTININGSIH GAMAWATI ADINURANI
NIM 099110995 D

Lembar Pengesahan

Disertasi ini telah disetujui
tanggal 20 Maret 1998

oleh

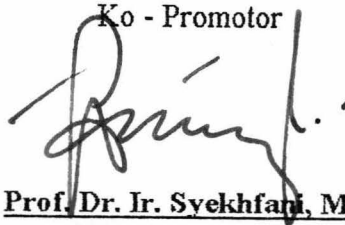
Promotor



Prof. Drs. H.A. Soeparmo, MSc.
NIP. 130 058 170



Ko - Promotor



Prof. Dr. Ir. Syekhfarid, MS.
NIP. 130 676 019

Dosen Pembimbing Disertasi

Promotor : Prof. Drs. H.A. Soeparmo, MSc

Ko-Promotor : Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS

Telah diuji pada ujian tertutup
Tanggal 11 Agustus 1997

Panitia Penguji Disertasi

- Ketua** : Prof. Dr. H. Rochiman Sasmita, drh., MS
- Anggota** : 1. Prof. Drs. H.A. Soeparmono, MSc
2. Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS
3. Prof. Ir. Moenarni Tampubolon
4. Prof. Dr. Ir. Hj. Siti Rasminah Ch. Sy.
5. Prof. Dr. Ir. Kusningrum Rochiman, MS
6. Dr. Ir. Hanjokrowati Sistojo Tjokrodirdjo

**Ditetapkan dengan Surat Keputusan
Rektor Universitas Airlangga
Nomor : 6360/J03/PP/1997
Tanggal 20 Agustus 1997**

Kupersembahkan kepada

Ayahanda yang tidak sempat melihat keberhasilanku

Ibunda yang selalu berdoa untuk keberhasilanku

Suami dan anak-anak tempat curahan kasihku

UCAPAN TERIMAKASIH

Serangkaian kerja yang cukup panjang telah ditempuh penulis untuk menyelesaikan disertasi ini. Untuk itu penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karuniaNya. Secara jujur, terselesainya disertasi ini bukanlah karya penulis semata. Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari peran Guru besar, Pembimbing, dan Dosen pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Demikian pula partisipasi dari rekan, sahabat yang telah tulus ikhlas membantu, memberi semangat, dan mendoakan penulis agar segera mewujudkan disertasi ini.

Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. H.A. Soeparmo, Drs., MSc. selaku promotor yang telah dengan sabar membimbing, memberi petunjuk, mendorong dan membangkitkan harapan penulis untuk menyelesaikan disertasi. Demikian pula kepada Prof. Dr. Syekhfani, Ir., MS. selaku kopromotor yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan masukan, arahan dan saran-saran yang sangat bermanfaat bagi penulis. Kesabaran, ketulusan dan nasihat promotor dan kopromotor selama membimbing telah memberikan banyak bekal dan suritauladan bagi penulis.

Penulis menyampaikan pula penghargaan setinggi-tingginya dan rasa terima kasih yang tulus kepada :

Pemerintah Republik Indonesia c.q. Menteri Pendidikan dan Kebudayaan melalui Tim Manajemen Program Doktor atas kepercayaan untuk memperoleh dana pendidikan program Doktor.

Rektor Universitas Airlangga Prof. H. Soedarto, dr., DTM&H., Ph.D. dan mantan Rektor Universitas Airlangga Prof. H. Bambang Rahino Setokoesoemo, dr., atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pendidikan Doktor pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga.

Prof. Dr. H. Soedijono, dr., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga dan mantan Direktur Program Pascasarjana Prof. Dr. Soetarjadi, Apt. atas kesempatan studi dan berbagai fasilitas yang diberikan selama menempuh program Doktor pada bidang Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Rektor Universitas Merdeka Madiun dr. Soedjarsodimuljo dan Ketua Yayasan Universitas Merdeka Madiun Bapak Soedjasmu, atas persetujuan untuk mengikuti program Doktor di Universitas Airlangga Surabaya serta rekan-rekan staf pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Merdeka, Madiun atas pengertian dan keikhlasannya. Khususnya Ir. Wuyé Ria, MP. atas bantuan analisis data.

Dosen Pembina Program Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Doktor Universitas Airlangga, Prof. H.A. Soeparmo, Drs., MSc., Prof. Abdoel Gani, SH., MSc., Prof. H. Abdoelbasir, Drs., Dr. Susanti Linuwih, Dr. Ami Soewandi, dan Dr. M. Zainuddin, Apt. yang telah memberikan bekal ilmu serta Prof. Dr. Hj. Siti Rasminah Chailani Sy., Ir. dan Dr. Kartini Kramadibrata, selaku dosen PJMK yang telah memberikan bekal ilmu untuk menunjang penelitian.

Prof. Dr. H. Rochiman Sasmita, drh, MS., Prof. Moenarni Tampubolon, Ir., Prof. Dr. Hj. Siti Rasminah Ch. Sy, Ir., Prof. Dr. Hj. Kusrieningrum Rochiman, Ir., MS., Dr. Ir. Hanjokrowati S. Tjokrodirdjo, dan Dr. Ir. Gading F. Hutasoit, MSc. atas koreksi dan saran penyempurnaan disertasi.

Direksi PT Rajawali Nusantara Indonesia, Kuasa Direksi PTP XIV, dan Kepala Puslit Agro PTP XIV atas izin melakukan penelitian di Pabrik Gula Jatitujuh, Jawa Barat.

Ir. Slamet Rianto, Djoko BSc., karyawan Laboratorium Tanah, dan bagian Agronomi Puslit Agro PTP XIV di PG Jatitujuh, atas bantuan analisis contoh tanaman /tanah dan pelaksanaan penelitian. Ir. Nina Trisnawati dan karyawan Laboratorium Mikropropagasi Puslit Agro PTP XIV di PG Jatitujuh atas penyediaan bahan penelitian.

Dr. Kartini Kramadibrata (Puslitbang Biologi, LIPI Bogor) atas arahan mendalam tentang mikoriza. Dra. Srilistyowati, Dra. Farida Hanum, MS. (MIPA, IPB), Ir. Basrie Usman, MS.(P3GI, Pasuruan) atas bantuan pustaka, Drs. M. Rusli (P3GI, Pasuruan) atas bantuan analisis data. Ir. Irawan, MS (P3GI Pasuruan) dan Ir. Joko Prajitno, MS (BPPT, Jakarta) atas bantuan pemotretan struktur cendawan mikoriza.

Ir. Yuliarin, Istilah, Rachmanulah dan Agus Zakarinda staf bagian Tanaman PT Rajawali Nusantara Indonesia di Surabaya atas bantuan penyelesaian disertasi.

Suami dan anak-anak tercinta, atas dorongan moral, kesabaran, pengertian, keiklasannya mendampingi dan membantu penulis dalam menyelesaikan program Doktor Demikian pula kepada ibu, ibu mertua dan ibu H.A Soeparmo (alm.) yang telah membantu dalam do'a serta almarhum ayahanda yang dengan segala upaya telah mengantarkan penulis ke jenjang pendidikan tinggi.

Akhirnya dengan tulus, penulis hanya dapat memohon kepada Allah, agar semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pendidikan program Doktor ini mendapat Rahmat, Taufik, dan Hidayah-Nya, Amin.

RINGKASAN

Kekahatan hara fosfor (P) merupakan kendala utama pada lahan kering bersifat masam. Pada lahan kering yang bersifat masam, hara P sangat mudah bereaksi dengan besi (Fe), aluminium (Al), dan mangan (Mn) membentuk ikatan kompleks yang mengendap dan sukar tersedia bagi tanaman. Ketersediaan P bagi tebu berpengaruh terhadap jumlah dan pertumbuhan anakan (*tillering*) serta kemasakan tebu.

Tebu mengangkut hara fosfor relatif tinggi. Setiap tahun tebu mengangkut fosfor tanah sekitar 59.4 kg P_2O_5 per hektar. Berdasarkan kenyataan tersebut diperlukan pemberian pupuk P dalam takaran tinggi agar dicapai hasil panen yang tinggi pula. Namun pemberian pupuk P dalam takaran tinggi berpengaruh terhadap produksi gula, ekonomi, dan ekologi. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah kahat fosfor pada budidaya lahan tebu diperlukan suatu konsep tanpa harus memberikan pupuk dengan takaran tinggi. Salah satu dari konsep tersebut adalah kemungkinan penggunaan *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza* (Mikoriza Vesikula Arbuskula = MVA).

Hasil penelitian membuktikan bahwa hifa eksternal cendawan MVA pada akar tanaman dapat memperluas daerah penyerapan hara terutama fosfor. Tanaman yang diinfeksi mikoriza mampu menyerap P dalam jumlah lebih tinggi dibanding tanpa mikoriza. Atas dasar pertimbangan tersebut maka diperlukan suatu studi gatra biologi penggunaan *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza* untuk meningkatkan produktivitas tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada tanah kahat fosfor. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui infektivitas dan efektivitas cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90; pengaruh cendawan MVA terhadap pertumbuhan tebu pada tanah oxisol dan inceptisol; aras takaran optimum inokulum cendawan MVA dan efisiensi jumlah pupuk P pada tebu bermikoriza.

Metode yang digunakan pada penelitian dalam pot adalah percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap sedang penelitian di lahan menggunakan percobaan faktorial Rancangan Acak Kelompok. Untuk mengetahui perbedaan perlakuan-perlakuan yang dicobakan dilakukan analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur.

Hasil isolasi spora pada rhizosfer tebu varietas M 442-51 di tanah inceptisol menunjukkan bahwa jumlah spora *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* lebih banyak dibanding *Gigaspora sp*. Berdasarkan uji *Most Probable Number* (MPN), propagul infeksi cendawan MVA Indigenus dan *Glomus sp* lebih tinggi dibanding *Acaulospora sp*.

Cendawan MVA Indigenus dan *Glomus sp* yang diinokulasikan ketiga varietas tebu bibit bagal pada tanah inceptisol dengan kandungan P_2O_5 tersedia (Olsen) relatif tinggi, mempunyai infeksi lebih tinggi dari pada *Acaulospora sp*. Derajat infeksi cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* pada varietas M 442-51 sebesar 98%, 93%, dan 81 %. Pada varietas Ps 61 sebesar 93%, 90%, dan 53 % serta varietas Q 90 sebesar 87%, 90%, dan 53 %. Demikian pula infeksi cendawan MVA Indigenus dan *Glomus sp* pada tebu mikropropagasi lebih tinggi dibanding infeksi *Acaulospora sp*. Derajat infeksi cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* pada varietas M 442-51 sebesar 93%, 60%, dan 49 %. Pada Ps 61 sebesar 67%, 63%, dan 37 % serta varietas Q 90 sebesar 67%, 57%, dan 37 %.

Berdasarkan kriteria efektivitas, cendawan MVA Indigenus sangat efektif pada tebu M 442-51 terutama terhadap kandungan fosfat daun, derajat infeksi, dan berat kering tanaman. Pada varietas Ps 61 sangat efektif terhadap kandungan fosfat daun dan varietas Q 90 terhadap fosfat daun dan derajat infeksi. Cendawan MVA *Glomus sp* sangat efektif terhadap kandungan fosfat daun pada ketiga varietas tebu dan sangat efektif terhadap derajat infeksi pada varietas M 442-51 dan Ps 61. Terhadap kedua parameter tersebut cendawan *Acaulospora sp* hanya cukup efektif

pada tebu varietas M 442-51 dan Ps 61. Dari ketiga cendawan MVA yang diinokulasikan pada tiga varietas tebu, keefektifan *Acaulospora sp* terendah.

Pada tanah inceptisol, inokulasi cendawan MVA berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu. Cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* meningkatkan tinggi tebu umur 12 minggu sebesar 11.75 %, 9.20 %, dan 7.90 %; diameter tebu sebesar 14.14 %, 13.64%, dan 12.63% serta nyata menurunkan unsur Fe pada rhizosfer tebu varietas M 442-51. Sedang pengaruh inokulasi cendawan MVA terhadap tinggi tebu pada tanah oxisol masing-masing adalah 16.71%, 24.65% dan 22.77%; diameter tebu sebesar 28.14 %, 26.62 %, dan 16.73 % serta nyata menurunkan unsur Mn pada rhizosfer tebu varietas M 442-51 dan Q 90.

Respon tinggi tebu dan derajat infeksi akar tebu terhadap beberapa aras takaran inokulum cendawan MVA terbesar pada takaran 300 gram. Respon tinggi tebu umur 6 minggu, 8 minggu, dan 10 minggu masing-masing sebesar 13.01 %, 9.67%, dan 8.90%. Berat kering maksimum tebu yang diinokulasi cendawan MVA diperoleh pada takaran inokulum 358.60 gram.

Inokulasi cendawan MVA Indigenus dapat mengurangi pemberian pupuk TSP sebesar 28.19% dengan perolehan tebu sebesar 1239.97 ku/ha dan *Glomus sp* sebesar 41.75% dengan perolehan tebu 1220.50 ku/ha

Dari hasil penelitian diketahui bahwa cendawan MVA Indigenus dan *Glomus sp* dapat diinokulasikan pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, Q 90. Kedua cendawan tersebut mempunyai infektivitas relatif tinggi dan efektif meningkatkan tinggi tanaman, derajat infeksi akar, kandungan fosfat daun, dan berat kering tanaman. Inokulasi cendawan MVA berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tebu baik, pada tanah inceptisol maupun oxisol. Penggunaan cendawan MVA mampu mengurangi pemberian pupuk TSP pada budidaya tebu M 442-51 di tanah kahat fosfor dan meningkatkan P_2O_5 tersedia di sekitar rhizosfer tebu maupun kadar P_2O_5 dalam nira tebu.

ABSTRACT

Keywords: VAM inoculation
sugarcane productivity
phosphor scarcity soils
infectivity
effectiveness

The purpose of this study is to investigate infectivity and effectiveness of VAM fungi for sugarcane varieties, the influence of VAM inoculation to the sugarcane growth in phosphor scarcity soils, the influence soil inoculum amount of VAM fungi to the sugarcane growth and also the effect of VAM inoculation and TSP fertilizer dosage application to the sugarcane yield, sugarcane content, and crystal sugar.

The experiment was conducted in Complete Randomized Design (pot experiment) and Randomized Block Design (field experiment). The parameters observed were agronomy components and yield production. The difference between treatments were tested by HSD (Honestly Significance Difference) 5 %.

The results showed that the infectivity of Indigenous VAM and *Glomus sp* were higher than *Acaulospora sp*. The Indigenous VAM have high effectiveness on M 442-51 cane variety for P concentration in leaf, percentage of root infected, and shoot dry weight, whereas *Glomus sp* has high effectiveness for P concentration in leaf on M 442-51, Ps 61, and Q 90 cane varieties.

Mycorrhizal treatments significantly affected cane height. In inceptisol soil, Indigenous VAM, *Glomus sp*, and *Acaulospora sp* increased cane height in the amount of 11.75%, 9.20%, and 7.90%, while in oxisol soil that is 16.71%, 24.65%, and 22.77%. The height of cane and percentage of root infected response was as high as 300 gram soil inoculum were applied and inoculation with 358.60 gram soil inoculum can be obtained maximum shoot dry weight. The VAM inoculation can either increase cane yield at a given level of applied P, or reduction of the P application level. Inoculated with Indigenous VAM can be reduced TSP fertilizer application in the amount of 28.19 %, while *Glomus sp* 41.75%.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Distribusi Mikoriza	7
2.2 Gatra Biologi MVA	8
2.3 Gatra Fisiologi MVA	20
2.4 Manfaat Cendawan MVA	23
2.5 Simbiosis MVA dengan Tebu	26
2.6 Mikropropagasi Tebu	27
BAB 3. KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	29
3.1 Kerangka Konseptual Penelitian	29
3.2 Hipotesis Penelitian	30
3.3 Kerangka Operasional Penelitian	31
BAB 4. METODE PENELITIAN	40
4.1 Pra Percobaan : Isolasi Spora dan Pemiakan Kultur Pot	40
4.2 Percobaan 1 Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Tebu dan Perubahan Unsur Hara Tanah.....	47
4.2.1. Pada tanah inceptisol	47
4.2.2. Pada tanah oxisol	51
4.3 Percobaan 2 Efektivitas Cendawan MVA terhadap Beberapa Varietas Tebu pada Tanah Inceptisol	54
4.4 Percobaan 3 Infektivitas Cendawan MVA Beberapa Varietas Tebu Bibit Bagal pada Tanah Inceptisol	57

4.5 Percobaan 4 Infektivitas Cendawan MVA Beberapa Varietas Tebu Mikropropagasi	60
4.6 Percobaan 5 Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA Indigenous dan <i>Glomus sp</i> pada Pertumbuhan Tebu Varietas M 442-51.....	62
4.7 Percobaan 6 Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA dan Aras Takaran Pupuk P terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu	64
BAB 5. HASIL PENELITIAN	69
5.1 Isolasi Spora dan Pengujian Potensi Inokulum	69
5.2 Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Tebu dan Perubahan Unsur Hara Tanah	72
5.2.1 Pada tanah inceptisol	72
5.2.2 Pada tanah oxisol	81
5.3 Efektivitas Cendawan MVA terhadap Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, Q 90 pada Tanah Inceptisol	89
5.4 Infektivitas Cendawan MVA terhadap Tebu Bibit Bagal Varietas M 442-51, Ps 61, Q 90 pada Tanah Inceptisol	92
5.5 Infektivitas Cendawan MVA terhadap Tebu Mikropropagasi Varietas M 442-51, Ps 61, Q 90 pada Tanah Inceptisol	97
5.6 Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA Indigenous dan <i>Glomus sp</i> pada Pertumbuhan Tebu M 442-51	100
5.7 Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA dan Aras Takaran Pupuk P terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu	108
BAB 6. PEMBAHASAN	122
BAB 7. SIMPULAN DAN SARAN	147
DAFTAR PUSTAKA	149
LAMPIRAN	159

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Jumlah jenis pembentuk MVA dari enam marga Famili Endogonaceae sampai April 1988	9
Tabel 5. 1	Rata-rata jumlah spora <i>Gigaspora sp.</i> , <i>Glomus sp</i> dan <i>Acaulospora sp</i> dalam 100 gr tanah	69
Tabel 5. 2	Hasil pengamatan infeksi akar <i>Sorghum bicolor</i> oleh cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp.</i> , dan <i>Acaulospora sp</i> pada beberapa tingkat pengenceran	71
Tabel 5. 3	Jumlah propagul infeksi cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp.</i> , dan <i>Acaulospora sp</i>	72
Tabel 5. 4	Pengaruh cendawan MVA dan pengaruh varietas tebu terhadap tinggi tanaman umur 6, 8, 10, dan 12 minggu.....	73
Tabel 5. 5	Pengaruh cendawan MVA dan pengaruh varietas tebu terhadap diameter tanaman umur 8 dan 12 minggu	74
Tabel 5. 6	Pengaruh cendawan MVA terhadap derajat infeksi dan kadar fosfat daun	75
Tabel 5. 7	Pengaruh cendawan MVA dan varietas tebu terhadap rata-rata berat kering tanaman dan berat kering akar	76
Tabel 5. 8	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 terhadap jumlah bahan organik dan pH tanah	78
Tabel 5. 9	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap nilai fosfat tanah	78
Tabel 5.10	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap nilai unsur hara nitrogen dan kalium	79
Tabel 5. 11	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 terhadap unsur hara Fe, Al dan Mn	80
Tabel 5. 12	Pengaruh cendawan MVA dan pengaruh varietas tebu terhadap tinggi tanaman umur 6, 8, 10, dan 12 minggu	81

Tabel 5.13	Pengaruh cendawan MVA dan pengaruh varietas tebu terhadap diameter tanaman umur 8 dan 12 minggu.....	83
Tabel 5.14	Pengaruh cendawan MVA dan pengaruh varietas tebu terhadap derajat infeksi akar dan kadar NPK daun	84
Tabel 5.15	Pengaruh cendawan MVA dan pengaruh varietas tebu terhadap berat kering tanaman dan berat kering akar	85
Tabel 5.16	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 terhadap jumlah bahan organik dan pH tanah	86
Tabel 5.17	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap unsur hara nitrogen dan kalium	87
Tabel 5.18	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap kadar fosfat total dan fosfat tersedia tanah oxisol	88
Tabel 5.19	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap unsur hara Fe, Al, dan Mn	89
Tabel 5.20	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada pertumbuhan tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 umur 3 bulan	90
Tabel 5.21	Efektivitas cendawan MVA pada beberapa parameter pertumbuhan varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90	91
Tabel 5.22	Rata-rata panjang akar tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q90 tanpa atau dengan inokulasi cendawan MVA	95
Tabel 5.23	Pengaruh aras takaran inokulum cendawan MVA terhadap tinggi tanaman.....	100
Tabel 5.24	Pengaruh aras takaran inokulum cendawan MVA terhadap kadar NPK daun tebu varietas M 442-51	101
Tabel 5.25	Pengaruh aras takaran inokulum dan pengaruh jenis cendawan MVA terhadap derajat infeksi akar dan jumlah anakan.....	102
Tabel 5.26	Rata-rata bahan organik dan pH tanah pada berbagai aras takaran inokulum cendawan MVA	103
Tabel 5.27	Rata-rata nilai unsur nitrogen dan kalium pada beberapa aras takaran inokulum cendawan MVA	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur cendawan MVA pada akar tanaman (Paul and Clark, 1989)	11
Gambar 2. 2	Fase infeksi cendawan MVA dalam akar <i>Sorghum bicolor</i> pada tanah oxisol yang diinokulasi dengan <i>Glomus manihots</i> (Sieverding, 1991).....	14
Gambar 2. 3	Skema kemungkinan sistem transpor fosfat (P_i) dan karbohidrat dalam cendawan MVA (Woolhouse, 1975).....	21
Gambar 3. 1	Kerangka konseptual penelitian	32
Gambar 3. 2	Kerangka operasional penelitian	33
Gambar 3. 3	Kerangka operasional percobaan pengaruh cendawan MVA terhadap pertumbuhan tebu pada tanah inceptisol.....	34
Gambar 3. 4	Kerangka operasional percobaan pengaruh cendawan MVA terhadap pertumbuhan tebu pada tanah oxisol.....	34
Gambar 3. 5	Kerangka operasional percobaan efektivitas cendawan MVA terhadap parameter pertumbuhan tebu pada tanah inceptisol.....	35
Gambar 3. 6	Kerangka operasional percobaan infektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu bibit bagal.....	36
Gambar 3. 7	Kerangka operasional percobaan infektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu mikropropagasi	37
Gambar 3. 8	Kerangka operasional percobaan pengaruh aras takaran inokulum cendawan MVA pada tebu M 442-51 pada tanah inceptisol steril ..	38
Gambar 3. 9	Kerangka operasional percobaan pengaruh jenis cendawan MVA dan aras takaran pupuk TSP terhadap pertumbuhan dan produksi tebu	39
Gambar 4. 1	Perbanyakkan inokulum cendawan MVA pada tanaman jagung	43

Gambar 4.2	Skema pengenceran tanah pada perhitungan propagul infeksi MVA dengan metode MPN .(Porter, 1979 dalam Sieverding, 1991).....	45
Gambar 4.3	Tanaman sorghum (<i>Sorghum bicolor</i>) pada beberapa tingkat pengenceran inokulum tanah	46
Gambar 4.4	Pemotongan bagian substrat A (bagian tengah) untuk penghitungan propagul infeksi cendawan MVA	46
Gambar 4.5	Denah percobaan pengaruh cendawan MVA terhadap pertumbuhan beberapa varietas tebu	48
Gambar 4.6	Penampakan tanaman tebu umur 2 bulan pada denah percobaan 1.1	49
Gambar 4.7	Denah percobaan pengaruh cendawan MVA terhadap pertumbuhan beberapa varietas tebu pada tanah oxisol	53
Gambar 4.8	Penampakan tebu umur 2 bulan pada pengujian infektivitas cendawan MVA	59
Gambar 4.9	Denah percobaan penentuan aras takaran inokulum MVA	63
Gambar 4.10	Denah percobaan di lahan	66
Gambar 5.1	Hasil pemotretan spora <i>Gigaspora sp</i> , <i>Glomus sp</i> , dan <i>Acaulospora sp</i> yang diisolasi dari rhizosfer tebu varietas M 442-51 (Schenck and Perez, 1988).....	69
Gambar 5.2	Inokulum cendawan MVA terdiri atas campuran tanah, potongan akar terinfeksi, vesikula, arbuskula, hifa, dan spora	70
Gambar 5.3	Perbedaan akar bermikoriza dan tanpa mikoriza	71
Gambar 5.4	Kolonisasi cendawan MVA Indigenus, <i>Glomus sp</i> , dan <i>Acaulospora sp</i> pada akar tebu bibit bagal varietas M 442-51	93
Gambar 5.5	Pola perkembangan infeksi cendawan MVA Indigenus, <i>Glomus sp</i> , dan <i>Acaulospora sp</i> pada tebu bibit bagal M 442-51, Ps 61, dan Q 90	94

Gambar 5. 6	Panjang akar tebu varietas M 442-51 yang diinokulasi cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp</i> , <i>Acaulospora sp</i> dan tanpa mikoriza.....	
Gambar 5. 7	Panjang akar tebu Ps 61 yang diinokulasi cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp</i> , <i>Acaulospora sp</i> , dan tanpa mikoriza	
Gambar 5. 8	Panjang akar tebu Q 90 yang diinokulasi cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp</i> , <i>Acaulospora sp</i> , dan tanpa mikoriza	97
Gambar 5. 9	Kolonisasi cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp</i> , dan <i>Acaulospora sp</i> pada akar tebu mikropropagasi varietas M 442-51 umur 6 bulan	98
Gambar 5. 10	Pola perkembangan infeksi cendawan MVA Indigenous, <i>Glomus sp</i> , dan <i>Acaulospora sp</i> pada tebu mikropropagasi varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90	99
Gambar 5. 11	Hubungan antara takaran inokulum cendawan MVA dengan berat kering tanaman	107
Gambar 5. 12	Hubungan antara takaran TSP dengan bobot tebu bermikoriza Indigenous	119
Gambar 5. 13	Hubungan antara aras takaran TSP dengan bobot tebu bermikoriza <i>Glomus sp</i>	120
Gambar 5. 14	Penampakan tebu M 442-51 umur 12 bulan yang diinokulasi A) <i>Glomus sp</i> pada takaran 50% TSP dan B) cendawan MVA Indigenous pada takaran 75% TSP.....	121

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Analisis ragam tinggi tebu yang diinokulasi mikoriza pada tanah inceptisol	160
Lampiran 2	Analisis ragam diameter tanaman, derajat infeksi, dan kadar fosfat daun tebu yang diinokulasi mikoriza pada tanah inceptisol	160
Lampiran 3	Analisis ragam berat kering tanaman, berat kering akar, dan jumlah anakan tebu yang diinokulasi mikoriza pada tanah inceptisol	160
Lampiran 4	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 terhadap kalsium dan magnesium tanah	161
Lampiran 5	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 terhadap unsur Cu dan Zn	161
Lampiran 6	Analisis ragam tinggi tebu yang diinokulasi mikoriza pada tanah oxisol	162
Lampiran 7	Analisis ragam diameter tanaman, derajat infeksi, dan jumlah anakan tebu yang diinokulasi mikoriza pada tanah oxisol	162
Lampiran 8	Analisi ragam kadar N,P, dan K daun tebu yang diinokulasi mikoriza pada tanah oxisol	162
Lampiran 9	Analisis ragam berat kering tanaman dan berat kering akar tebu bermikoriza pada tanah oxisol	163
Lampiran 10	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap kalsium dan magnesium	163
Lampiran 11	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu terhadap Cu dan Zn	164
Lampiran 12	Analisis ragam tinggi tebu varietas M 442-51 pada berbagai aras takaran inokulum mikoriza	164
Lampiran 13	Analisis ragam kadar N, P, dan K. daun tebu varietas M 442-51 pada berbagai aras takaran inokulum mikoriza	165

Lampiran 14	Analisis ragam diameter tanaman, derajat infeksi, jumlah anakan, dan berat kering tanaman tebu varietas M 442-51 pada berbagai aras takaran inokulum mikoriza	165
		166
Lampiran 15	Rata-rata nilai unsur kalsium dan magnesium pada beberapa aras takaran inokulum cendawan MVA	166
Lampiran 16	Rata-rata nilai unsur Cu dan Zn pada beberapa aras takaran inokulum cendawan MVA	167
Lampiran 17	Uji linieritas berat kering tanaman tebu varietas M 442-51 pada berbagai aras takaran inokulum cendawan MVA	167
Lampiran 18	Analisis ragam tinggi tanaman tebu bermikoriza pada beberapa aras takaran TSP	167
Lampiran 19	Analisis ragam diameter tanaman tebu bermikoriza pada berbagai aras takaran TSP	168
Lampiran 20	Analisis ragam derajat infeksi akar tebu bermikoriza pada berbagai aras takaran TSP	168
Lampiran 21	Analisis ragam kadar N P K daun dan P nira tebu bermikoriza pada berbagai aras takaran TSP	168
Lampiran 22	Analisis ragam jumlah anakan tebu bermikoriza pada berbagai aras takaran TSP	169
Lampiran 23	Analisis ragam komponen produksi tebu bermikoriza pada berbagai aras takaran TSP	169
Lampiran 24	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada berbagai aras takaran TSP terhadap kalsium dan magnesium	170
Lampiran 25	Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada berbagai aras takaran TSP terhadap Cu dan Zn	170
Lampiran 26	Uji linieritas bobot tebu bermikoriza Indigenous pada berbagai aras takaran TSP	171
Lampiran 27	Uji linieritas bobot tebu bermikoriza <i>Glomus sp</i> pada berbagai aras takaran TSP	171

Lampiran 28	Hasil analisis tanah yang dipergunakan untuk penelitian di dalam pot dan di lahan	171
Lampiran 29	Penghitungan persentase kolonisasi MVA pada akar dengan metode Gridline	172
Lampiran 30	Karakteristik tanah inceptisol dan oxisol	174
Lampiran 31	Peta klasifikasi tanah PG Jatitujuh rayon Jatitujuh.....	175
Lampiran 32	Peta klasifikasi tanah PG Jatitujuh rayon Jatimunggul.....	176

Bab 1

PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang Permasalahan

Produktivitas gula Indonesia cenderung menurun. Angka produktivitas hablur pada tahun 1940, mampu mencapai 17.63 ton/ha (Wiriaimodjo dkk, 1984). Pada tahun 1975 tercatat hablur/ha sebesar 9.16 ton, namun produktivitas hablur/ha pada tahun 1995 hanya mencapai 4.98 ton (Rusli dan Soemitro, 1997).

Permasalahan utama yakni penurunan rendemen tebu (kadar gula dalam batang tebu). Ariadi (1990) melaporkan bahwa rendemen tebu pada tahun 1940 mencapai 12.79 %, tetapi pada selang waktu tahun 1972-1975 mencapai 10.23 % dan pada selang waktu tahun 1985-1990 menurun menjadi 7.86 %. Statistik produksi gula Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata angka rendemen tebu pada tahun 1995 sebesar 6.97% (Rusli dan Soemitro, 1997).

Telaah lebih lanjut menunjukkan penurunan rendemen tersebut karena kadar nira tebu dan nilai nira mengalami penurunan (Arifin dkk, 1995). Mochtar dkk, (1988) menyatakan bahwa terdapat korelasi antara nilai nira dan kadar fosfat dalam nira. Nilai nira makin tinggi apabila kadar fosfat relatif tinggi. Sedang Alexander (1973) dan Humbert (1968) mengemukakan bahwa kadar fosfat yang rendah akan menurunkan laju fotosintesis. Dampak lebih lanjut menekan laju sintesis sakarosa, sehingga kadar sakarosa yang ditunjukkan dengan angka rendemen akan cenderung rendah.

Tebu memerlukan hara fosfor relatif tinggi. Clements (1980) mengemukakan dibutuhkan 19.96 kg P setiap 100 ton tebu. Menurut Mengel dan Kirby (1987) tanaman

tebu mengangkut P dalam tanah tiap tahun sekitar 59.4 kg P_2O_5 per hektar. Sedang Hignett (1982) menginformasikan bahwa tiap ton tebu memerlukan 1.65 kg P_2O_5 .

Hara P dalam tanah menjadi permasalahan pada sebagian areal budidaya tebu di Indonesia. Pergeseran pengelolaan tebu dari lahan sawah ke lahan kering berdampak penanaman tebu di lahan kering bertanah masam. Pada tahun 1992, tercatat 64 % dari 246.368 Ha perkebunan tebu lahan kering menggunakan tanah ber-pH masam (Mulyadi dkk., 1995). Salah satu masalah yang sering muncul di lahan kering bersifat masam adalah pengelolaan hara P. Soepardi (1979), Nurhayati dkk. (1986) mengemukakan bahwa pada tanah masam, hara P terikat dalam bentuk Al - P dan Fe - P yang tidak tersedia bagi tanaman.

Mengatasi permasalahan kahat fosfor tersebut, Premono dkk (1991) menyarankan pemupukan fosfat beraras takaran tinggi yaitu lebih dari 320 kg P per hektar di PG Bunga Mayang, Lampung. Pabrik Gula Subang dan PG Jatitujuh, Jawa Barat menerapkan pula aras takaran 10 kuintal TSP per hektar (Hendroko, 1991). Demikian pula Suwandi (1991) di PG Pleihari, Kalimantan Selatan, menyarankan aras takaran fosfat sebesar 12 kuintal TSP per hektar.

Pemupukan P berlebih, berdampak negatif pada produktivitas gula, ekologi dan ekonomi. Usman dan Sumoyo, (1991); Ismail dkk, (1991) mengemukakan bahwa terjadi penurunan rendemen pada aras takaran P berlebih. Telah ekonomi menunjukkan harga pupuk P (SP 36) pada tahun 1997 tercatat paling mahal dibanding pupuk ZA, Urea dan KCL. Demikian pula kenaikan harga pupuk P pada tahun 1997 di banding tahun 1986

sebesar 440 %. Kenaikan harga pupuk P ini tidak berimbang dengan kenaikan harga provenu gula yang hanya sebesar 129 % pada kurun waktu yang sama.

Mengatasi kekahatan unsur P, Sanchez dan Salinas (1981) menawarkan konsep tanpa harus menyediakan energi yang tinggi. Salah satu unsur dari konsep tersebut adalah kemungkinan memakai *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza* (Mikoriza Vesikula Arbuskula = MVA) untuk menaikkan serapan P oleh tanaman.

Pendekatan masalah kekahatan P dengan melibatkan MVA merupakan salah satu pendekatan ekonomi dan ekologi. Pemanfaatan mikroorganisme tanah tersebut sangat penting perannya dalam menekan terjadinya polusi lingkungan. Telah disadari bahwa pengembangan penelitian hendaknya berdasarkan pada pemahaman hakekat dari alam semesta untuk mencapai kehidupan dan penelitian harus berpijak pada tata nilai yang mempertahankan keselarasan dan kesinambungan kehidupan.

Hasil-hasil penelitian telah membuktikan bahwa infeksi cendawan MVA pada akar tanaman dapat memperluas daerah penyerapan hara oleh akar (Tinker dan Sanders, 1974; Mosse, 1981). Hasil penelitian Yost dan Fox (1979) pada beberapa tanaman menunjukkan bahwa kemampuan menyerap hara P oleh akar naik sampai 25 kali lebih besar dibandingkan tanaman yang tidak diinfeksi MVA. Kabirun dan Sutariningsih (1977), serta Toro dkk. (1985) menyatakan bahwa akar tebu dapat pula diinfeksi oleh cendawan MVA.

Terdapat kendala dalam penggunaan MVA, antara lain perbanyakan inokulum MVA belum dapat dilakukan secara *in vitro*, sehingga harus pada tanaman inang. Selain itu, inokulasi cendawan MVA pada tebu di lahan tersaing oleh mikroorganisme tanah.

Kendala ini mungkin dapat diatasi dengan menginokulasikan MVA pada *plantlet* mikropropagasi. Pada kondisi awal, media tumbuh *plantlet* dan bahan tanaman masih steril, sehingga diharapkan infeksi dapat berlangsung dan persaingan dengan mikroorganisme lain dapat dihindari. Dampak lebih lanjut, diharapkan simbiosis MVA dengan tebu lebih terjamin sempurna.

Berdasar permasalahan tersebut, diperlukan penelitian untuk mempelajari gatra biologi MVA dan pemanfaatannya pada budidaya tebu.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dirancang untuk menjawab permasalahan sebagai berikut.

1. Apakah inokulasi cendawan MVA berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu pada jenis tanah kahat fosfor?
2. Apakah terdapat perbedaan tingkat efektivitas jenis cendawan MVA yang diinokulasikan pada beberapa varietas tebu ?
3. Bagaimana tingkat infektivitas cendawan MVA yang diinokulasikan pada beberapa varietas tebu bibit bagal pada tanah kahat fosfor?
4. Bagaimana tingkat infektivitas cendawan MVA yang diinokulasikan pada *plantlet* beberapa varietas tebu pada tanah kahat fosfor?
5. Apakah aras takaran inokulum dan jenis cendawan MVA berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu?

6. Apakah inokulasi cendawan MVA pada tebu akan mengurangi aras takaran pupuk P yang diberikan dan berpengaruh pada pertumbuhan serta produksi tebu ?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan cendawan Mikoriza Vesikula Arbuskula dalam upaya meningkatkan luas serapan fosfat dan efisiensi penggunaan pupuk P untuk meningkatkan produktivitas tebu pada tanah kahat fosfor.

1.3.2. Tujuan Khusus

Penelitian ini dirancang untuk mencapai tujuan berikut.

1. Mengkaji pengaruh inokulasi cendawan MVA terhadap pertumbuhan beberapa varietas tebu pada jenis tanah kahat fosfor.
2. Mengkaji tingkat efektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu.
3. Mempelajari pola perkembangan infeksi dan tingkat infektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu bibit bagal pada tanah kahat fosfor.
4. Mempelajari pola perkembangan infeksi dan tingkat infektivitas cendawan MVA pada *plantlet* mikropropagasi beberapa varietas tebu pada tanah kahat fosfor.
5. Mengetahui aras takaran optimum inokulum dari masing-masing jenis cendawan MVA.

6. Mengkaji peranan cendawan MVA dalam efisiensi penggunaan pupuk P terhadap pertumbuhan dan produksi tebu.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dan memberikan sumbangan baik dari segi keilmuan maupun kegunaan praktis.

Dari segi keilmuan diharapkan mampu menghasilkan model perilaku cendawan MVA dalam hubungan simbiosisnya dengan beberapa varietas tebu yang ditanam pada jenis tanah kahat fosfor.

Dari segi kegunaan praktis diharapkan bahwa penggunaan cendawan MVA dapat menghemat pemakaian pupuk P anorganik, dapat meningkatkan produktivitas tebu terutama pada tanah kahat fosfor, dan mengembangkan pemakaian pupuk biologi yang berwawasan lingkungan.

Dari segi pembangunan pertanian diharapkan dapat mendukung program pemerintah dalam upaya mendayagunakan tanah kahat fosfor untuk lahan perkebunan.

Bab 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Distribusi Mikoriza

Mikoriza adalah cendawan akar yang dalam hidupnya membentuk hubungan simbiosis mutualistik dengan akar tanaman. Hampir semua tanaman mengadakan simbiosis dengan mikoriza. Ada dua tipe mikoriza yaitu ektomikoriza dan endomikoriza (Sieverding, 1991). Pengelompokan ini berdasarkan struktur dan cara cendawan menginfeksi tanaman inang. Cendawan pembentuk ektomikoriza hanya mampu berkembang di antara dinding-dinding sel korteks akar tanaman dan membentuk struktur yang disebut *hortig net*. Sedang endomikoriza selain berkembang di antara sel-sel korteks dapat masuk ke dalamnya membentuk struktur yang spesifik.

Ektomikoriza sangat bermanfaat pada ekosistem hutan, karena lebih dari 5000 jenis cendawan ektomikoriza terutama jenis dari *Boletus*, *Cortinarius*, *Russula* dan *Tricholoma* menginfeksi tanaman hutan seperti *Pinaceae* dan *Eucalyptus*. Penyebaran ektomikoriza mulai dari daerah sedang sampai daerah tropik. Alexander dan Hogberg (1986) menyatakan bahwa beberapa jenis tanaman tropik ditemukan bersimbiosis dengan ektomikoriza, namun demikian mayoritas tanaman tropik lebih banyak bersimbiosis dengan endomikoriza jenis Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA).

Mikoriza Vesikula Arbuskula terdapat pada daerah ekologi yang luas yaitu dari lingkungan basah sampai lingkungan kering (Powell and Bagyaraj, 1984). Hampir semua tanaman budidaya sub tropik dan tropik bersimbiosis dengan cendawan jenis ini. Sekitar 70.9 % tanaman tropik bermikoriza jenis MVA, 15.7 % bermikoriza

tipe lain dan 13.4 % adalah non mikoriza. Tanaman tropik yang bersimbiosis dengan MVA antara lain ketela pohon, kentang, kedelai, jagung, sorghum, tebu, tembakau, dan kapas (Trappe, 1987).

2.2. Gatra Biologi MVA

2.2.1. Taksonomi MVA

Cendawan MVA termasuk kelas *Zygomycetes*, ordo *Endogonales*, dan Famili *Endogonaceae*. Menurut Hall (1984) famili *Endogonaceae* mempunyai empat marga yaitu *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus* dan *Sclerocystis*. Dengan bertambahnya marga *Entrophospora* dan *Scutellospora*, jumlah marga famili *Endogonaceae* menjadi enam. Namun Sieverding (1991) menyebutkan ada tujuh marga dengan memasukkan marga *Endogone*. Marga ini oleh Hall (1984) tidak dimasukkan karena diketahui membentuk ektomikoriza dan bereproduksi secara seksual sedang marga yang lain bereproduksi secara asexual dan membentuk MVA.

Pengumpulan cendawan MVA pertama kali dilakukan oleh Gerdemann dan Trappe pada tahun 1974 dan sejak itu jumlah jenis baru semakin bertambah. Di antara marga yang tergolong famili *Endogonaceae*, *Glomus* lah yang memiliki jumlah jenis terbanyak dan sebaliknya pada marga *Entrophospora*. Jumlah jenis dari enam marga yang termasuk famili *Endogonaceae* tersaji pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jumlah Jenis Pembentuk MVA dari Enam Marga Famili *Endogonaceae* sampai April 1988

	Marga	Jumlah jenis
1	<i>Acaulospora</i>	22
2	<i>Entrophospora</i>	3
3	<i>Gigaspora</i>	6
4	<i>Glomus</i>	67
5	<i>Sclerocystis</i>	9
6	<i>Scutellospora</i>	19

Sumber : Sieverding (1991)

2.2.2. Struktur cendawan MVA

Struktur MVA yang berperan dalam kelangsungan simbiosis dengan tanaman inang adalah hifa intraselular, hifa interselular, arbuskula, dan vesikula. Menurut Abbott (1982) hifa intraselular berukuran antara 3-7 μm bergantung pada tipe cendawan, sedangkan jumlah dan sifat hifa dipengaruhi oleh tanaman inang. Hifa ini dapat menembus sel korteks akar tanaman dan membentuk hifa gelung di dalam sel.

Pembentukan hifa-hifa gelung umumnya terjadi pada akar rumput-rumputan, anggur, dan *raspberry* (Bonfante-Fasolo, 1984) serta pada akar tanaman coklat (Kramadibrata, 1989 dalam Gunawan, 1990). Terbentuknya hifa gelung ditentukan oleh jenis MVA dan tanaman inang. Sebagai contoh *Glomus fasciculatum* yang membentuk hifa gelung pada *Vitis vinivera* dan tidak membentuk hifa gelung pada *Marsilea crenata*. Baik hifa gelung ataupun hifa yang tidak membentuk gelung akan rusak setelah sitoplasma cendawan mengalami proses degenerasi. Hifa intraselular berubah menjadi hifa interselular setelah mencapai bagian tengah lapisan sel korteks. Hifa interselular yang dihasilkan dari hifa gelung atau cabang-cabang hifa yang menembus akar

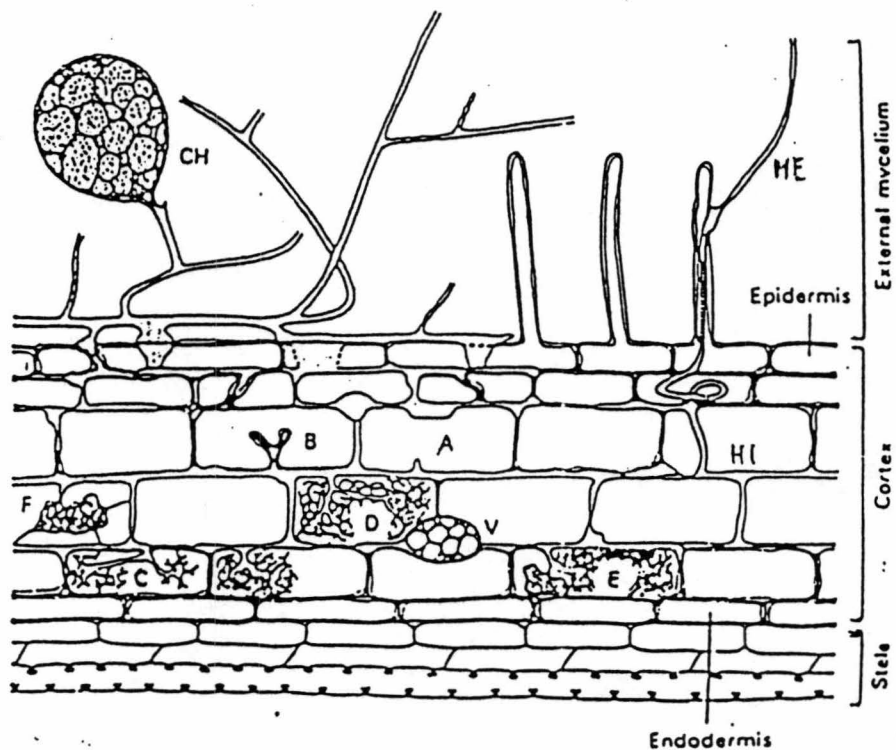
mempunyai diameter antara 2-6 μm . Hifa ini mengisi ruang-ruang inter selular. Kadang-kadang jumlahnya mencapai tiga atau empat hifa. Hifa inter selular yang berada di dalam sel korteks selanjutnya membentuk sistem percabangan hifa yang kompleks seperti semak-semak kecil dan disebut arbuskula. Arbuskula biasanya dibentuk pada bagian terminal hifa, tetapi dalam keadaan tertentu dibentuk pada bagian lateral hifa yang berkembang dari sel ke sel (Gray, 1971).

Arbuskula terbentuk setelah hifa mengalami percabangan dikotomi berkali-kali yang pada akhirnya tampak sebagai massa protoplasma berbutir-butir dan bercampur dengan protoplasma sel inang (Mosse, 1981). Arbuskula dianggap sebagai struktur utama karena berfungsi sebagai transfer hara dua arah antara cendawan dan inang (Sanders dan Sheikh, 1983).

Vesikula merupakan struktur bulat atau bulat memanjang yang dibentuk dari hifa yang membengkak, secara interkalar atau terminal. Vesikula dibentuk oleh hifa inter selular atau intraselular dan dapat dijumpai dalam sel korteks luar dan dalam dengan ukuran dari 30 - 50 μm sampai 80 - 100 μm (Bonfante-Fasolo, 1984). Vesikula dibentuk setelah pembentukan arbuskula (Harley dan Smith, 1983). Namun ada vesikula yang dibentuk tanpa pembentukan arbuskula terlebih dahulu, misalnya vesikula *Glomus fasciculatum* pada tanaman kedelai (Brown dan King, 1984). Tidak semua cendawan MVA membentuk vesikula dalam akar. Marga *Gigaspora* dan *Scutellospora* menghasilkan sel auxiliary dalam akar pada miselium eksternal (Sieverding, 1991).

Bonfante-Fasolo (1984) memberikan contoh *Gigaspora margarita* sebagai jenis yang tidak membentuk vesikula. Kadang-kadang ditemukan bentuk vesikula yang tidak

bercupil atau vesikula intraselular tidak beraturan yaitu pada *Acaulospora laevis*. Sedang pada *A. trappei* vesikulanya tidak bercupil namun berukuran lebih kecil. *Glomus* mempunyai vesikula berbentuk elip, inter atau intraselular. Jumlah vesikula yang dibentuk bergantung pada jenis cendawan. *Glomus fasciculatum* membentuk banyak vesikula sedang *G. monosporum* dan *G. caledonicum* menghasilkan sedikit vesikula. Vesikula berfungsi sebagai organ penyimpan makanan bagi cendawan (Trappe, 1982). Cadangan makanan ini digunakan apabila suplai metabolit dari tanaman



Gambar 2.1. Struktur Cendawan MVA pada Akar Tanaman

CH = chlamydospora, HI = hifa intraselular, V = vesikula,
A - F = tahapan pembentukan sampai degenerasi arbuskula,
HE = hifa eksternal (Paul dan Clark, 1989)

2.2.3. Infeksi cendawan MVA

Menurut Bowen, 1987 dalam Sieverding (1991) perkembangan cendawan MVA melalui beberapa tahap.

a. Tahap pra infeksi

Spora cendawan yang sedang istirahat, hifa cendawan, potongan-potongan akar yang mengandung cendawan merupakan propagul infeksi yang dapat memulai perkembangan cendawan. Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan spora yang ada di dalam tanah. Perkecambahan spora dan pertumbuhan pembuluh kecambah (*germ tube*) dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia tanah antara lain suhu, O₂, CO₂, kandungan air, pH, unsur hara tanah, dan sumber hara. Jika *germ tube* atau hifa dari propagul infeksi menyentuh akar tanaman inang maka terjadi penetrasi ke dalam akar.

b. Tahap penetrasi akar

Hifa cendawan menembus akar dan masuk di antara sel epidermis membentuk apresorium dalam lapisan sel yang pertama. Apresorium ini digunakan untuk melekatkan diri dengan tanaman inang. Setelah apresorium terbentuk, pertumbuhan autotrofik cendawan berakhir.

c. Tahap pembentukan arbuskula dan vesikula

Hifa yang masuk ke dalam sel epidermis, selanjutnya tumbuh secara inter dan intraselular. Hifa intraselular adalah hifa yang masuk ke dalam sel korteks membentuk hifa gelung atau hifa bercabang. Hifa tersebut berubah fungsi menjadi hifa interselular setelah masuk ke bagian tengah lapisan sel korteks dan mengisi ruang-ruang interselular.



Selanjutnya masuk ke bagian dalam sel korteks membentuk arbuskula. Arbuskula merupakan hifa bercabang yang kompleks dan terbentuk setelah 2-5 hari penetrasi. Di sekeliling hifa cabang yang halus terdapat banyak plasmalema, berfungsi memperluas permukaan arbuskula sehingga hubungan antara cendawan dan tanaman inang lebih intensif. Arbuskula dapat meningkatkan aktifitas metabolik sel tanaman inang, terutama disebabkan adanya transfer metabolit dan nutrisi yang bersifat dua arah antara cendawan dan tanaman inang.

Arbuskula hanya bertahan hidup selama 4-15 hari. Setelah itu mengalami degenerasi dan lisis oleh sel tanaman inang. Pada saat atau segera setelah arbuskula terbentuk, beberapa cendawan MVA membentuk vesikula inter atau intraselular sebagai organ penyimpanan cadangan makanan.

Terbentuknya hifa, arbuskula, dan vesikula menandakan bahwa akar tanaman inang telah terinfeksi cendawan MVA.

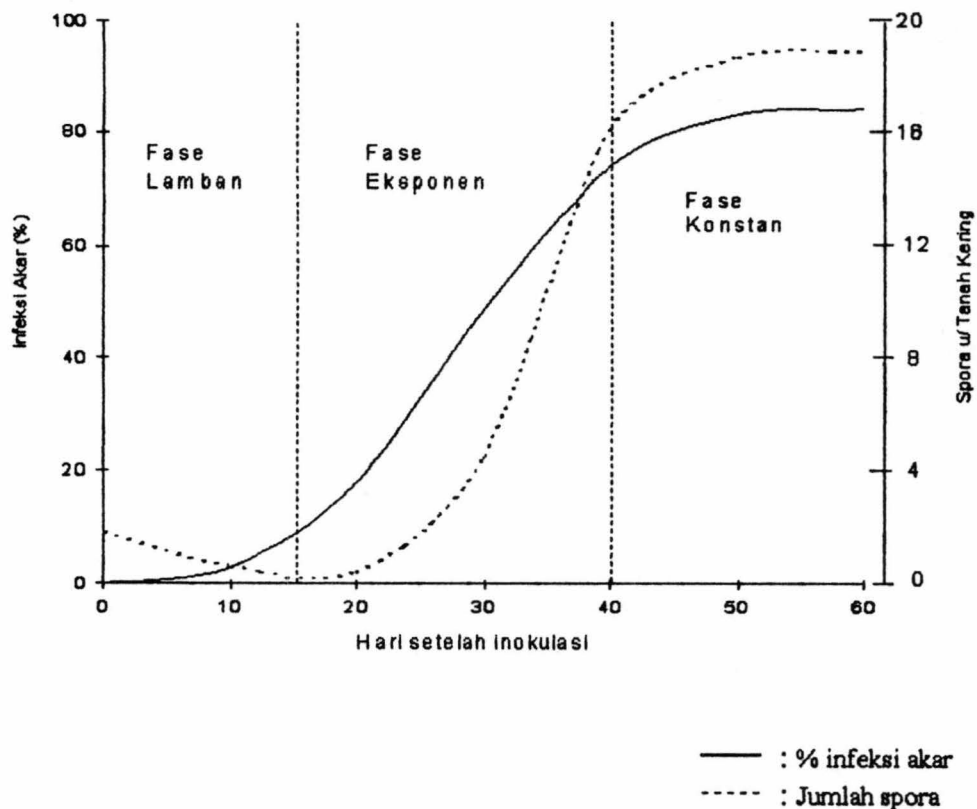
d. Tahap perkembangan infeksi cendawan dalam akar

Perkembangan infeksi cendawan dalam akar dibagi dalam tiga fase.

Fase lamban merupakan awal terjadinya infeksi dan perluasan infeksi berjalan lambat. Faktor yang berpengaruh pada fase ini terutama sifat fisika kimia tanah sedang faktor lain yang juga berpengaruh adalah tanaman inang dan jenis cendawan.

Fase eksponen ialah fase terjadinya infeksi yang menyebar dengan cepat dan cendawan tumbuh lebih cepat. Selama fase eksponen, cendawan tumbuh secara inter dan intraselular terutama dalam akar-akar sekunder yang halus.

Fase konstan merupakan fase pertumbuhan akar dan cendawan dengan kecepatan relatif sama. Menurut Menge dan Timmer (1982) fase konstan merupakan infeksi maksimum cendawan pada akar. Pola perkembangan infeksi cendawan MVA dalam akar seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Fase Infeksi Cendawan MVA dalam Akar *Sorghum bicolor* pada Tanah Oxisol yang Diinokulasi dengan *Glomus manihots* (Sieverding, 1991)

e. Tahap penyebaran cendawan dalam tanah

Pada saat atau setelah terjadi fase awal infeksi, hifa tumbuh ke luar akar dan ke daerah rhizosfer. Struktur cendawan yang berperan adalah miselium eksternal. Miselium eksternal tumbuh menuju permukaan akar untuk membentuk unit kolonisasi.

Umumnya miselium eksternal akar muda tidak berseptata dan terdiri atas cabang dikotom yang kasar. Diameter hifa utama antara 5-20 μm , sedang hifa sekunder mempunyai diameter 1-5 μm . Miselium eksternal ini berperan dalam penyerapan unsur hara dalam tanah terutama unsur P. Sanchez dan Salinas (1981) melaporkan bahwa kemampuan menyerap hara P pada tanaman yang terinfeksi MVA akan naik kira-kira 25 kali lebih besar dari tanaman yang tidak terinfeksi. Mosse (1981) melaporkan pula bahwa MVA mampu menambah luas serapan akar hingga mencapai 80 kali dengan laju serapan hampir empat kali dibanding perakaran normal (Sanders dan Sheikh, 1983). Oleh karena itu kemampuan cendawan dalam menyerap hara berhubungan dengan perkembangan miselium eksternal.

f. Tahap reproduksi cendawan MVA

Pada miselium eksternal, cendawan MVA membentuk spora. Spora dibentuk secara tunggal, berkelompok atau di dalam suatu sporokarp. Beberapa jenis dari marga *Acaulospora* dan *Glomus* membentuk sporokarp. Diameter spora antara 15-800 μm . Pembentukan spora dimulai segera setelah 3-4 minggu akar terinfeksi. Faktor yang mempengaruhi waktu pembentukan dan penyebaran spora antara lain jenis cendawan, tanaman inang, tanah, dan kondisi lingkungan. Miselium cendawan baik yang ada di dalam atau di luar akar merupakan struktur reproduksi yang lain dari cendawan MVA. Struktur tersebut dapat menginfeksi akar-akar yang baru. Struktur cendawan MVA seperti spora dapat hidup beberapa tahun.

2.2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi infeksi

Infeksi akar dan produksi spora oleh cendawan MVA dipengaruhi oleh faktor lingkungan, tanaman inang, dan jenis cendawan (Hetrick 1984).

a. Faktor lingkungan

Temperatur

Temperatur mempunyai pengaruh nyata terhadap infeksi dan pembentukan spora oleh cendawan MVA. Hal ini berkaitan dengan hasil fotosintesis tanaman inang yang diperlukan untuk perkembangan cendawan. Temperatur juga berpengaruh terhadap tahapan infeksi yaitu pada perkembangan spora, penetrasi hifa pada sel akar, dan perkembangannya dalam korteks akar.

Umumnya temperatur yang agak tinggi menghasilkan infeksi lebih banyak. Hayman (1974) menyatakan bahwa tingkat infeksi akar bawang bertambah dengan meningkatnya temperatur sampai 26°C. Temperatur di daerah tropik sangat menguntungkan, namun demikian temperatur harus dijaga agar tidak terlalu tinggi karena dapat menghambat pertumbuhan tanaman inang ataupun cendawan. Pengaruh temperatur terhadap pembentukan MVA dipelajari oleh Schenck dan Schroder (1974). Mereka mengamati perkembangan maksimum arbuskula terjadi pada temperatur mendekati 30°C, sedang infeksi permukaan akar oleh hifa antara 28 - 34°C, dan pembentukan spora serta perkembangan vesikula pada temperatur 35°C.

Spora terbanyak yang dihasilkan oleh *Glomus claroideum*, *G. clarum*, dan *Gigaspora pellusida* pada temperatur 24°C sedang *Glomus mosseae* dan *Acaulospora laevis* pada temperatur 30°C.

Cahaya

Cahaya merupakan faktor yang sama penting dengan temperatur. Hal ini disebabkan cahaya mutlak diperlukan dalam proses fotosintesis. Jumlah fotosintat yang dihasilkan menentukan terjadinya simbiosis cendawan MVA dengan tanaman inang.

Umumnya peningkatan intensitas cahaya akan meningkatkan pula persentase infeksi akar oleh cendawan MVA. Namun demikian panjang hari penyinaran lebih berpengaruh terhadap infeksi akar (Johnson *et al.*, 1982). Berdasarkan percobaan dalam rumah kaca bahwa fotoperiode selama 12 jam atau lebih akan nyata berpengaruh daripada intensitas cahaya. Tetapi jika panjang hari penyinaran yang tersedia sesuai dengan kebutuhan tanaman maka intensitas cahaya dapat berpengaruh terhadap peningkatan infeksi akar. Penurunan intensitas cahaya hingga 30% tidak mempengaruhi infeksi mikoriza pada tanaman golongan C₄ (Ferguson dan Menge, 1982). Namun intensitas cahaya yang rendah secara nyata dapat menurunkan tingkat infeksi meskipun pada pembentukan spora pengaruhnya kurang nyata.

Kesuburan tanah

Kandungan unsur hara di dalam tanah sangat berpengaruh terhadap proses infeksi dan perkembangan mikoriza. Infeksi akar dan produksi spora maksimum terjadi dalam tanah dengan kesuburan rendah. Kandungan fosfat dan nitrogen yang tinggi secara nyata

mengurangi proses infeksi (Hayman, 1970). Namun kadar nitrogen yang tinggi dengan kadar fosfor sedang masih dapat meningkatkan infeksi akar.

pH tanah

Infeksi akar oleh cendawan terjadi pada kisaran pH yang luas. *Glomus fasciculatum* mampu menginfeksi akar tanaman inang pada kisaran pH 5.5 - 9.5. Pada pH rendah beberapa isolat *Glomus tenuis* tidak mampu menginfeksi akar tanaman. *Glomus mosseae* dan beberapa jenis *Glomus* yang lain tampaknya lebih menyukai pH di atas 5.0 sedang beberapa jenis *Acaulospora* memerlukan pH di bawah 5.0 untuk mengadakan infeksi.

b. Tanaman inang

Keberadaan tanaman inang berperan dalam proses infeksi dan pembentukan spora. Perkembangan infeksi ditentukan oleh jenis tanaman inang dan pola tanam. Kompetisi antar tanaman inang akan terjadi terutama jika ditanam dengan pola tumpang sari. Menurut Ocampo *et al.* (1980) tanaman bawang kurang terinfeksi bila ditanam bersama-sama dengan barley atau kentang dibanding jika hanya tanaman bawang saja. Demikian pula halnya bawang dan jagung akan menghasilkan infeksi lebih banyak jika ditanam secara monokultur.

Munculnya cendawan MVA (ditandai dengan jumlah spora dalam tanah) tergantung pada jenis tanaman inang yang akan diinfeksi. Di daerah tanah hutan yang ditanami dengan enam jenis tanaman budidaya secara monokultur selama tujuh tahun, ternyata jumlah spora *Gigaspora sp* lebih banyak terdapat pada tanaman kedelai.

Sedang *Glomus* dan *Acaulospora sp* banyak terdapat di sekitar tanaman monokotil (Hetrick, 1984).

c. Jenis cendawan

Infeksi dan pembentukan spora dipengaruhi oleh jenis cendawan yang berada pada daerah rhizosfer tanaman inang. Namun di antara beberapa cendawan MVA mempunyai sifat sinergis atau kompetitif sehingga sulit untuk menentukan jenis cendawan yang sangat berpengaruh pada infeksi. Hal ini disebabkan morfologi struktur mikoriza yang dibentuk oleh beberapa endofit MVA saat infeksi hampir sama pada masing-masing jenis. Oleh karena itu pengaruh infeksi cendawan MVA Indigenus hanya berdasarkan respon pertumbuhan tanaman saja. Menurut Ocampo *et al.* (1980) akar barley, selada, kentang, dan bawang sedikit terjadi infeksi oleh MVA Indigenus dibanding jika tanaman tersebut hanya diinokulasi oleh *Glomus fasciculatum*. Jenis lain yang bersifat sebagai kompetitor utama dalam penyerapan fosfor adalah *Glomus tenue*. Hal ini diamati oleh Powell dan Daniel (1978) bahwa pertumbuhan tanaman tampak meningkat ketika *Glomus tenue* diinokulasikan pada kultur pot yang telah diinokulasi dengan jenis MVA yang lain. *G. macrocarpum* yang diinokulasikan pada kacang tanah dan kedelai mengalami tingkat infeksi yang rendah dibanding jika diinokulasi bersama-sama dengan *Gigaspora gigantea*. Diduga bahwa *G. gigantea* mempunyai kemampuan kompetitif yang tinggi. Meskipun beberapa perbedaan efisiensi cendawan MVA mungkin mencerminkan perbedaan kemampuan kompetisi di antara jenis cendawan namun perbedaan tersebut berkaitan pula dengan adaptasi cendawan terutama terhadap kondisi tanah.

2.3. Gatra Fisiologi Cendawan MVA

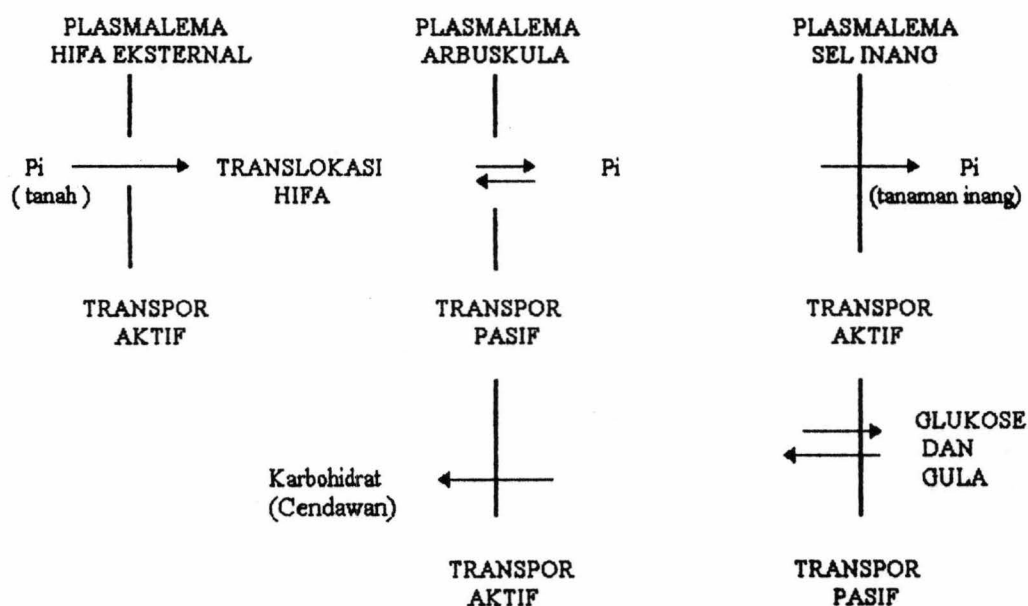
Hakekat simbiosis akar tanaman dan cendawan MVA adalah pemberian fotosintat (karbohidrat) dari tanaman inang kepada cendawan dan sebaliknya cendawan memberikan hara (terutama P) kepada tanaman. Fisiologi karbohidrat cendawan MVA belum diketahui secara terinci. Daft dan El- Giahmi (1978) melaporkan bahwa kebutuhan karbon cendawan MVA dipenuhi oleh tanaman inang sehingga perkembangannya di dalam perakaran tanaman bergantung pada tingkat fotosintesis tanaman inang.

Sukrosa dan glukosa merupakan komponen utama yang ditransfer ke akar. Cendawan akan merubah sukrosa terlarut dari tanaman inang menjadi glikogen tak larut dan kemudian menjadi lipid. Senyawa ini akan segera disalurkan ke seluruh bagian cendawan, termasuk ke miselium eksternal.

Tahapan metabolisme tersebut memerlukan Adenosin Tri Phosphat (ATP) untuk menghasilkan senyawa antara yang mengandung fosfor. Cendawan memiliki sistem transpor gula aktif dan pasif. Menurut Woolhouse (1975) gula secara pasif dilepaskan ke dalam matriks interfisial oleh plasmalema inang, kemudian secara aktif diambil melalui sistem transpor gula yang berlokasi dalam plasmalema cendawan. Struktur cendawan yang berperan adalah arbuskula, berfungsi sebagai tempat transfer metabolit dan nutrisi antara inang dan cendawan. Diduga di dalam fosforilasi, polifosfat membantu transpor aktif karbon dari inang ke dalam arbuskula juga melalui ATP yang dihasilkan oleh degradasi polifosfat kinase atau melalui fosforilasi gula secara langsung oleh enzim polifosfat glukokinase. Pada akar-akar bermikoriza ditemukan adanya

aktifitas poli P glukokinase dan ATP ase di dalam plasmalema inang dan juga dalam cabang-cabang arbuskula yang hidup. Hal ini menyokong suatu konsepsi bahwa ada sistem transpor gula antara inang dan cendawan.

Fisiologi utama yang menarik dari simbiosis MVA adalah kenaikan serapan P (Gianinazzi Pearson dan Gianinazzi, 1983). Kenaikan serapan P disebabkan karena MVA mampu menyerap tidak hanya dalam bentuk P labil tetapi juga bentuk P yang tersemat (terfiksasi). Fosfor dalam bentuk ortofosfat (P_i) yang telah diserap oleh hifa eksternal akan segera disintesis menjadi senyawa polifosfat, kemudian dialih-tempatkan menuju hifa internal dan organ-organ cendawan yang lain. Di dalam organ-organ tersebut, polifosfat akan segera dipecah menjadi fosfat anorganik kemudian masuk ke dalam sel tanaman. Mekanisme perpindahan P dari cendawan menuju tanaman belum banyak diketahui. Namun Woolhouse (1975) memberikan skema seperti Gambar 2.3



Gambar 2.3. Skema Kemungkinan Sistem Transpor Fosfat (P_i) dan Karbohidrat dalam Cendawan MVA (Woolhouse, 1975)

Pada Gambar 2.3 tampak bahwa pembawa fosfat pasif mensekresi P_i pada plasmalema arbuskula. Sistem transpor dan tahap pemindahan P di dalam arbuskula mungkin berhubungan dengan metabolisme polifosfat. Aktifitas enzim pemecah polifosfat (eksopolifosfatase dan endopolifosfatase) dalam akar bermikoriza lebih besar 134 % daripada di dalam akar yang tidak terinfeksi. Kedua enzim telah dideteksi terdapat dalam ekstrak hifa internal, namun tidak terdapat dalam hifa eksternal. Hal ini menunjang suatu pendapat bahwa pada saat mencapai arbuskula, polifosfat dipecah oleh enzim polifosfatase dan P_i dibebaskan. Alternatif lain, reaksi yang dikatalisis oleh enzim polifosfat-kinase merupakan reaksi dapat balik sehingga mungkin pemecahan hasil perombakan polifosfat, dibebaskan ATP. P_i atau ATP kemudian dilepaskan dan ditransfer melewati arbuskula menuju ke dalam inang. Namun keadaan seperti ini tidak selalu demikian. Mekanisme perpindahan P dari cendawan menuju tanaman belum banyak diketahui. Diduga enzim alkalin fosfatase terlibat sebagai energi dalam mekanisme tersebut (Gianinazzi Pearson dan Gianiazzi,1983; Carling dan Brown,1982).

Alkalin fosfatase merupakan enzim spesifik mikoriza yang berada di dalam vakuola arbuskula dewasa dan hifa interselular. Aktifitas maksimum terjadi ketika pembentukan arbuskula maksimum yaitu pada saat mikoriza mulai memberi respon terhadap pertumbuhan tanaman, namun tidak tampak pada arbuskula yang telah mengalami degenerasi. Alkalin fosfatase mungkin terlibat dalam transpor P aktif dan proses transfer dalam cendawan MVA. Aliran P di dalam hifa cendawan MVA berkisar antara 0.1 sampai 2.0×10^{-9} mol $cm^{-1}detik^{-1}$. Jumlah ini dikendalikan oleh tingkat kegiatan metabolisme (Sanders dan Tinker,1973).

2.4. Manfaat Cendawan MVA

2.4.1. Meningkatkan penyerapan unsur hara

Mikoriza membantu meningkatkan penyerapan unsur hara tanah terutama fosfor dalam bentuk terikat dan tidak tersedia bagi tanaman. Akar tanaman yang bermikoriza lebih efektif dalam menyerap unsur hara dibandingkan rambut-rambut akar itu sendiri. Hal ini disebabkan cendawan MVA membentuk hifa eksternal dan internal pada akar. Hifa eksternal berfungsi menyerap fosfor dan dengan bantuan enzim polifosfatase merubah fosfor menjadi senyawa polifosfat. Senyawa tersebut ditransfer ke hifa internal dan arbuskula yang selanjutnya dipecah menjadi fosfat anorganik yang dapat diserap oleh tanaman inang.

Sanchez dan Salinas (1981) melaporkan bahwa kemampuan menyerap hara P pada tanaman yang terinfeksi MVA akan naik kira-kira 25 kali lebih besar. Yost dan Fox (1979) menyatakan bahwa kebutuhan P yang harus ditambahkan ke dalam tanah pada komoditas ketela pohon naik menjadi 100 kali lebih besar apabila pada tanaman tersebut tidak ada MVA. Mosse (1981) melaporkan pula bahwa MVA mampu menambah luas serapan akar hingga mencapai 80 kali dengan laju serapan hampir empat kali dibanding perakaran normal (Sanders dan Sheikh, 1983). Hal ini disebabkan terdapat hifa eksternal yang meningkatkan volume serapan. Demikian pula panjang hifa eksternal dapat mencapai 80-134 kali panjang akar terinfeksi (Mosse, 1981). Sehingga hifa dapat mengambil P yang berjarak lebih dari 80 mm dari akar, dibanding akar yang hanya mampu mengambil P pada jarak 1-2 mm. Peningkatan penyerapan P oleh hifa



akan mengurangi penggunaan pupuk P dan dapat memperbaiki produksi tanaman (Jeffries, 1987).

Peningkatan penyerapan fosfor oleh cendawan MVA diikuti pula dengan peningkatan penyerapan unsur hara lain misalnya nitrogen, kalium, kalsium dan sulfur. Hasil penelitian Vander Zaag *et al.* (1979) menunjukkan bahwa MVA dapat menaikkan serapan K dan S. Demikian pula dilaporkan MVA juga berpengaruh pada kenaikan serapan Cl oleh tanaman *Triticum* 5 (Buwalda *et al.* 1983). Penelitian Young dan Jarrell (1985) menunjukkan bahwa inokulasi MVA menaikkan serapan Mn, Cu, dan Zn.

2.4.2. Meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan

Struktur hifa yang dimiliki oleh cendawan MVA selain dapat meningkatkan penyerapan unsur hara juga mampu menyerap air yang ada dalam pori-pori tanah. Jika penyebaran hifa pada akar tanaman inang sangat luas maka jumlah air yang diserap semakin banyak. Sehingga tanaman yang terinfeksi mikoriza akan lebih tahan terhadap kekeringan.

2.4.3. Mencegah infeksi patogen akar

Hifa yang terdapat pada permukaan akar secara langsung dapat melindungi akar dari infeksi patogen akar. Selain itu cendawan MVA juga menggunakan kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya untuk mengurangi perkembangan patogen di sekitar akar.

Beberapa tanaman yang bersimbiosis dengan cendawan MVA lebih tangguh terhadap beberapa penyakit yang menyerang akar. Mekanisme ketanggannya

terhadap penyakit belum banyak diketahui, diduga karena kenaikan pembentukan lignin, kandungan gula, sintesis fenol, asam-asam amino, aktifitas enzim-enzim oksidatif atau pembentukan ethylene akibat infeksi MVA. Saling rebut tempat infeksi pada akar dan saling pengaruh antara MVA dengan patogen diduga merupakan penyebab mekanisme ketenggangan terhadap penyakit ini (Mosse,1981; Gianinazzi Pearson dan Gianinazzi, 1983).

2.4.4. Menghasilkan hormon dan zat pengatur tumbuh

Beberapa cendawan MVA menghasilkan hormon pertumbuhan antara lain auksin, sitokinin, gibberelin, dan juga bahan perangsang pertumbuhan yang lain yaitu vitamin. Hormon-hormon tersebut bermanfaat dalam membantu pertumbuhan tanaman inang.

2.4.5. Merangsang aktivitas mikroorganisme lain

Dilaporkan pula bahwa cendawan MVA berperan ganda. Pada tanaman penambat N, pengamatan menunjukkan bahwa cendawan MVA secara tidak langsung dapat menaikkan serapan N melalui perbaikan jumlah bintil akar (Schonck dan Hinson, 1973). Serapan hara P yang lebih tinggi akan mendorong jumlah pembentukan bintil akar. Hal ini disebabkan mikoriza memberikan P yang dibutuhkan oleh bakteri penambat N. Simbiosis ganda tersebut pada buncis dapat meningkatkan jumlah bintil akar per akar, bobot basah per tanaman, berat leghaemoglobin dalam bintil akar, dan persen infeksi mikoriza (Daft dan El-Giahmi, 1974).

2.5. Simbiosis Cendawan MVA dengan Tebu

Kabirun dan Sutariningsih (1977), serta Toro dkk. (1985) melaporkan bahwa akar tanaman tebu dapat diinfeksi oleh MVA. Sugiyarta (1991), Simoen dan Windiharto (1988) mengemukakan bahwa terdapat beberapa hal yang mendukung penerapan MVA pada budidaya tebu di Indonesia, antara lain sebagai berikut (1) terdapat radiasi sinar matahari yang cukup tinggi untuk kelangsungan fotosintesis; (2) tebu digolongkan pada tanaman C_4 yang mampu melakukan fotosintesis aktif sehingga akan mampu mendukung kehidupan MVA; (3) budidaya tebu menerapkan sistem keprasan yang akan menyebabkan MVA tetap dapat bertahan hidup di dalam akar tebu, pada saat tanaman tebu ditebang; (4) terdapat tanah-tanah bermasalah P yang cukup luas yang justru mendukung kehidupan MVA; (5) pengadaan pupuk TSP relatif mahal karena bahan bakunya harus diimpor.

Tebu yang termasuk golongan tanaman C_4 sangat efisien menggunakan CO_2 dan energi matahari untuk fotosintesis dan menimbun fotosintatnya pada batang tebu. Sekitar 20 % fotosintat dikeluarkan melalui akar berupa eksudat yang sebagian besar dalam bentuk karbohidrat dan selebihnya berupa enzim, vitamin, hormon, dan asam amino. Setiap tahun pola pertanaman tebu menyumbang cukup banyak karbon (C) untuk tanah berupa sisa akar, sisa batang (bonggol), sisa daun (klaras), dan ampas tebu. Pengolahan tanah yang secara periodik dan perbaikan sistem drainase akan memperbaiki sirkulasi udara dalam tanah. Dengan demikian daerah perakaran (rhizosfer) tebu merupakan tempat ideal bagi kehidupan cendawan MVA karena bertambahnya sumber karbon organik dan oksigen.

Simbiosis cendawan MVA dengan tebu saling menguntungkan. Cendawan memperoleh karbohidrat dari tebu dan tebu memerlukan hara P yang penyerapannya dapat dibantu oleh cendawan. Peranan P dalam tanaman adalah sebagai bahan pembangun nukleoprotein. Peran yang lain ialah pada proses *ion transport*, kegiatan osmoses, fotosintesis dan glikolisis. Demikian pula senyawa-senyawa fosfor berperan pada penyimpanan dan pemindahan energi (Wallingford, 1978). Meskipun Pawirosemadi (1986) menunjukkan bahwa hara fosfor merupakan hara terkecil yang diangkut oleh tebu dibanding hara nitrogen dan kalium tetapi Soepardi (1979) mengemukakan bahwa hara fosfor merupakan unsur yang paling kritis bagi pertumbuhan tanaman. Kekurangan fosfor akan menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap unsur hara lain.

Khusus pada komoditas tebu, keberadaan P merangsang dan menentukan pertumbuhan perakaran dan pertunasan anakan (*tillering*). Anakan ini menentukan jumlah batang tebu pada saat panen, yang merupakan komponen penting dari hasil panen tebu. Sintesis sukrose dari glukose dan fruktose juga sangat dipengaruhi oleh hara P di dalam tebu; demikian pula kualitas nira tebu (Clements, 1980; Hatch, 1964; Mochtar, 1986; Mochtar dkk. 1988; Pawirosemadi, 1986).

2.6. Mikropropagasi Tebu

Tebu diperbanyak dengan stek batang. Pada pabrik-pabrik gula, bibit tebu digandakan secara berjenjang. Sistem berjenjang ini diawali dengan Kebun Bibit Pokok, selanjutnya Kebun Bibit Nenek, Kebun Bibit Induk dan Kebun Bibit Datar. Dari

Kebun Bibit Datar, tanaman dipindahkan ke kebun produksi yang disebut Kebun Tebu Giling. Masa penggandaan pada setiap jenjang kebun bibit, membutuhkan waktu lebih kurang 6 bulan. Hal ini dilakukan agar kualitas dan kuantitas bibit memenuhi persyaratan, di samping untuk menekan biaya.

Sugiyarta (1990), mengemukakan bahwa penjejangkan tersebut sebenarnya rawan. Selama masa penggandaan, bibit-bibit itu terancam oleh berbagai patogen. Penyakit ini akan terbawa dan berkembang dari satu generasi ke generasi berikutnya.

Permasalahan diatas disarankan untuk diatasi dengan mikropropagasi. Dengan teknik mikropropagasi akan dihasilkan bibit tebu dengan kualitas dan kuantitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional. Mikropropagasi mampu memperbanyak satu pucuk tebu menjadi 81.000 bibit (setara 4 Ha tanam) dalam waktu enam bulan, dibandingkan dengan sistem konvensional yang memberikan tingkat perbanyakan 7-12 kali (1 hektar bibit tebu menjadi 7-12 hektar tanam) pada waktu yang sama. Demikian pula Sugiyarta (1991), mengemukakan bahwa mikropropagasi relatif tidak mahal.

Inokulasi cendawan MVA melalui pelet atau dalam bentuk yang lain diduga mengalami kendala. MVA akan tersaing oleh mikroorganisme lain dalam upayanya mencapai perakaran tanaman. Sugiyarta (1991) mengemukakan bahwa permasalahan ini dapat diatasi dengan menginokulasikan MVA pada *plantlet* mikropropagasi. Pada kondisi steril dalam sistem mikropropagasi, infeksi dapat berlangsung tanpa persaingan mikroorganisme lain. Dampak lebih lanjut, diharapkan simbiosis MVA dengan tebu lebih terjamin sempurna.

Bab 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1. Kerangka Konseptual Penelitian

Berdasarkan struktur yang dimiliki, cendawan MVA dapat digunakan pada tanah kahat fosfor (P) antara lain jenis tanah inceptisol dan cxisol. Cendawan MVA sangat bermanfaat bagi tanaman yang memerlukan P dalam jumlah banyak seperti tebu. Selain itu hifa eksternal cendawan MVA dapat meningkatkan luas serapan unsur hara terutama fosfor (P). Asam fosfatase yang terdapat dalam hifa yang sedang aktif tumbuh dan meningkatnya aktifitas enzim fosfatase pada permukaan akar yang bermikoriza membantu penyerapan unsur hara P. Oleh karena itu simbiosis cendawan MVA dengan tebu dapat meningkatkan penyerapan fosfor dalam tanah, pertumbuhan dan hasil tanaman, serta kadar P dalam nira. Kelangsungan simbiosis cendawan MVA dengan tanaman tergantung pada infektifitas dan efektivitas cendawan MVA, serta interaksi antara inang dengan cendawan MVA. Respon tebu yang diinokulasi cendawan MVA ditentukan oleh jenis cendawan MVA, varietas tebu dan ketersediaan fosfor dalam tanah.

Pada tanah dengan kandungan P sangat rendah dan sangat tinggi akan menghambat infeksi mikoriza. Cendawan MVA yang sesuai dengan kondisi tanah dan varietas tebu dapat meningkatkan efektivitas penggunaan P oleh tanaman sehingga dapat mengurangi pemberian pupuk P pada tanaman. Selain itu perkembangan miselium eksternal, jumlah vesikula arbuskula juga meningkat sehingga simbiosis berlangsung baik.

Persaingan antar jenis cendawan MVA sendiri atau dengan mikroorganisme tanah yang lain dapat menghambat perkembangan infeksi MVA. Hambatan ini dapat diatasi dengan menggunakan inokulum jenis cendawan MVA yang sesuai dengan tanaman inang. Dapat pula dengan menginokulasi MVA pada *plantlet* mikropropagasi. Kondisi media tumbuh *plantlet* dan *eksplant* (bahan tanaman) yang steril dapat menjamin perkembangan infeksi mikoriza tanpa dipengaruhi mikroorganisme tanah yang lain sehingga simbiosis akan berlangsung lebih baik.

3.2. Hipotesis Penelitian

Dari uraian kerangka konseptual pemecahan masalah tersebut terhadap masalah penelitian yang terinci pada Bab 1.2 diajukan hipotesis sebagai berikut.

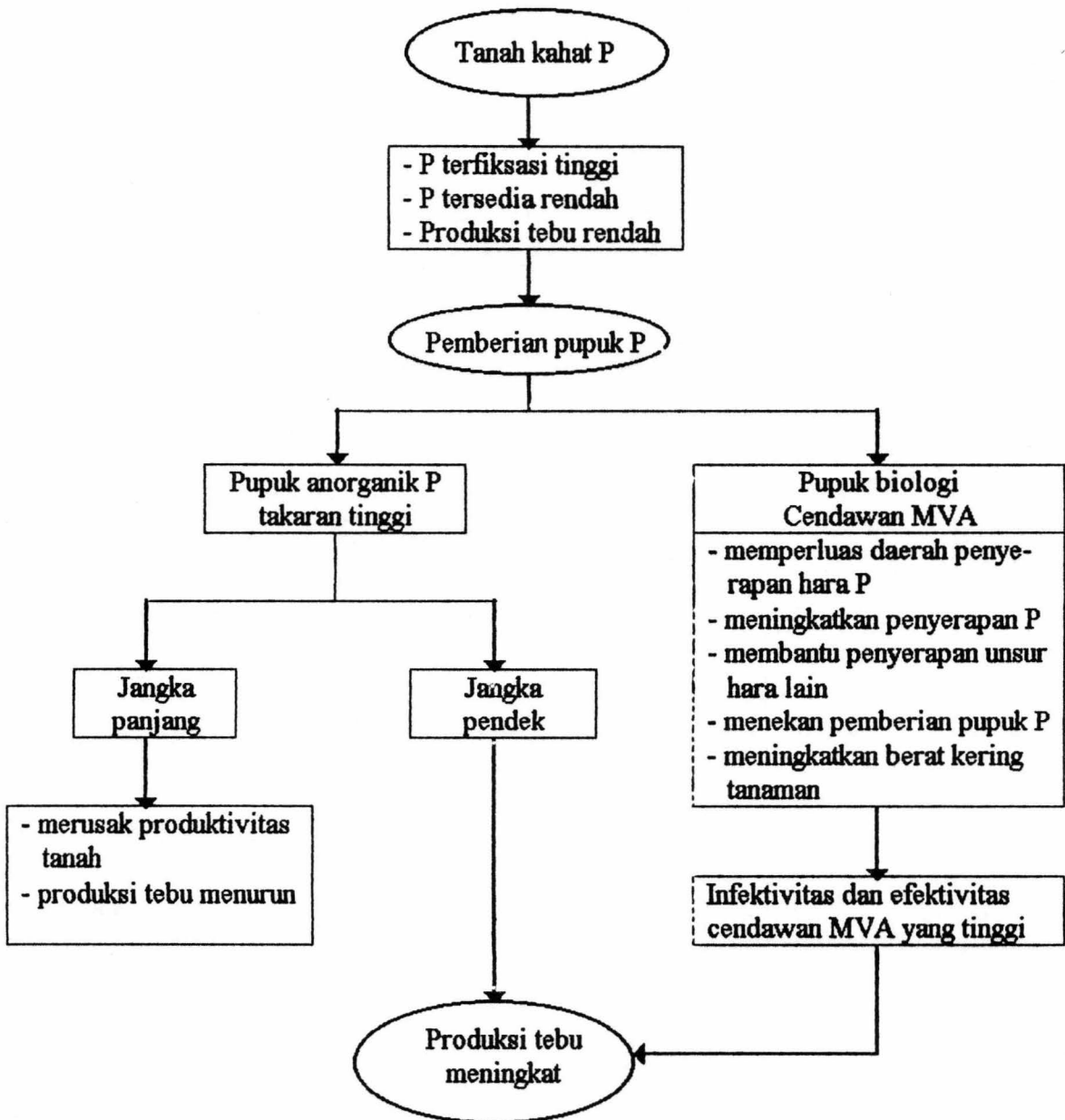
1. Inokulasi cendawan MVA pada jenis tanah kahat fosfor berpengaruh terhadap pertumbuhan beberapa varietas tebu dan unsur hara tanah.
2. Terdapat perbedaan tingkat efektivitas cendawan MVA terhadap pertumbuhan beberapa varietas tebu.
3. Terdapat perbedaan infektivitas cendawan MVA yang diinokulasikan pada beberapa varietas tebu bibit bagal pada tanah kahat fosfor.
4. Terdapat perbedaan infektivitas cendawan MVA yang diinokulasikan pada *plantlet* beberapa varietas tebu pada tanah kahat fosfor.
5. Aras takaran inokulum cendawan MVA berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu dan unsur hara tanah pada tanah kahat fosfor.
6. Inokulasi cendawan MVA pada tanah kahat fosfor berpengaruh terhadap pemberian pupuk P, pertumbuhan dan produksi tebu serta unsur hara tanah.

3.3. Kerangka Operasional Penelitian

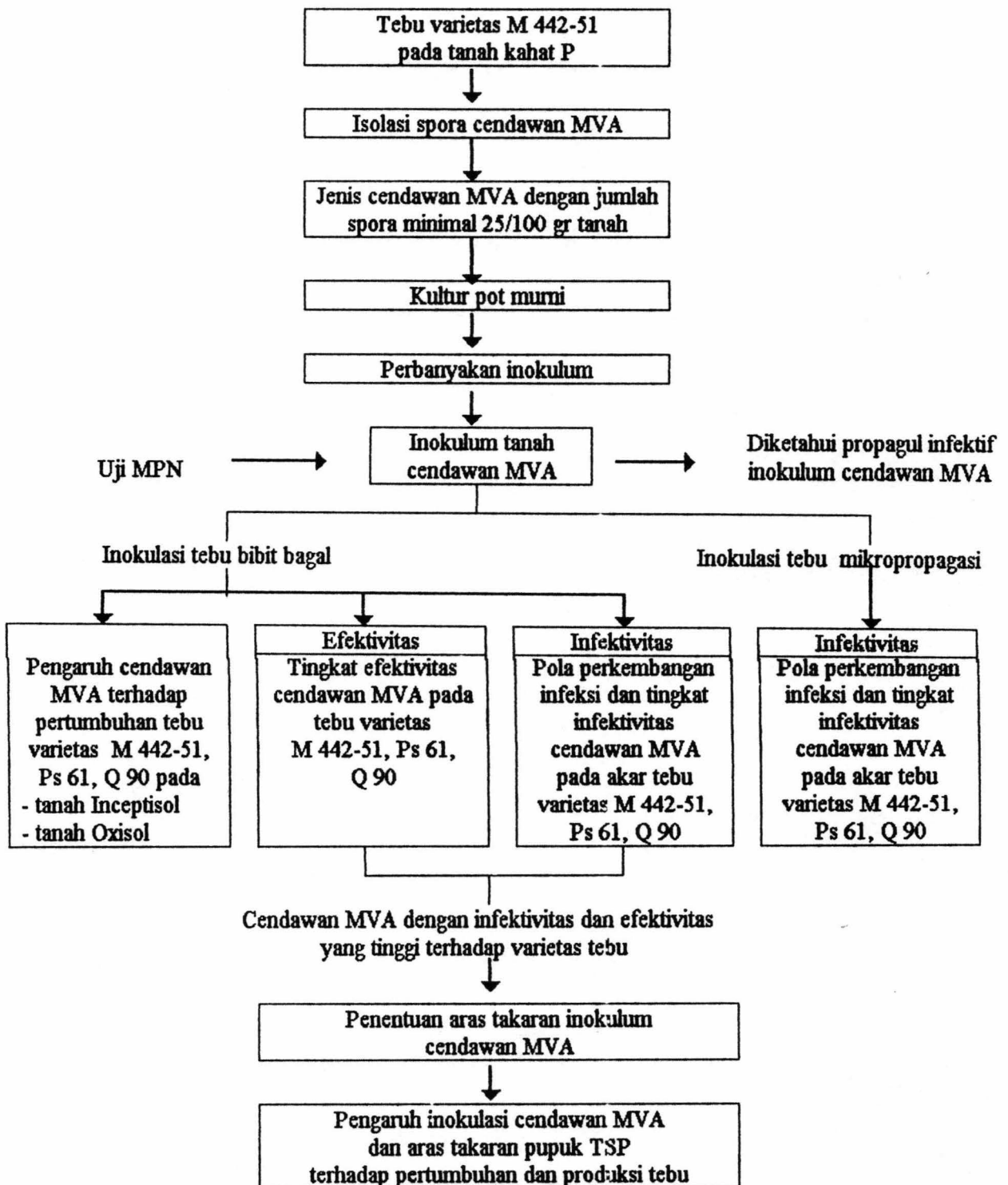
Guna menguji hipotesis penelitian, dikembangkan kerangka operasional penelitian sebagai berikut.

1. Isolasi spora cendawan MVA dari rhizosfer tebu varietas M 442-51, dibuat kultur pot murni dan diperbanyak sebagai bahan inokulum.
2. Meneliti pengaruh cendawan MVA pada beberapa varietas tebu pada tanah inceptisol terhadap pertumbuhan tebu dan perubahan unsur hara tanah.
3. Meneliti pengaruh cendawan MVA pada beberapa varietas tebu pada tanah oxisol terhadap pertumbuhan tebu dan perubahan unsur hara tanah.
4. Menentukan efektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu melalui beberapa parameter pertumbuhan tanaman.
5. Menentukan infektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu bagal dan tebu mikropropagasi.
6. Meneliti pengaruh aras takaran inokulum cendawan MVA dan jenis cendawan MVA terhadap pertumbuhan tebu dan perubahan unsur hara tanah.
7. Meneliti efisiensi penggunaan pupuk P pada tebu yang diinokulasi cendawan MVA dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tebu.

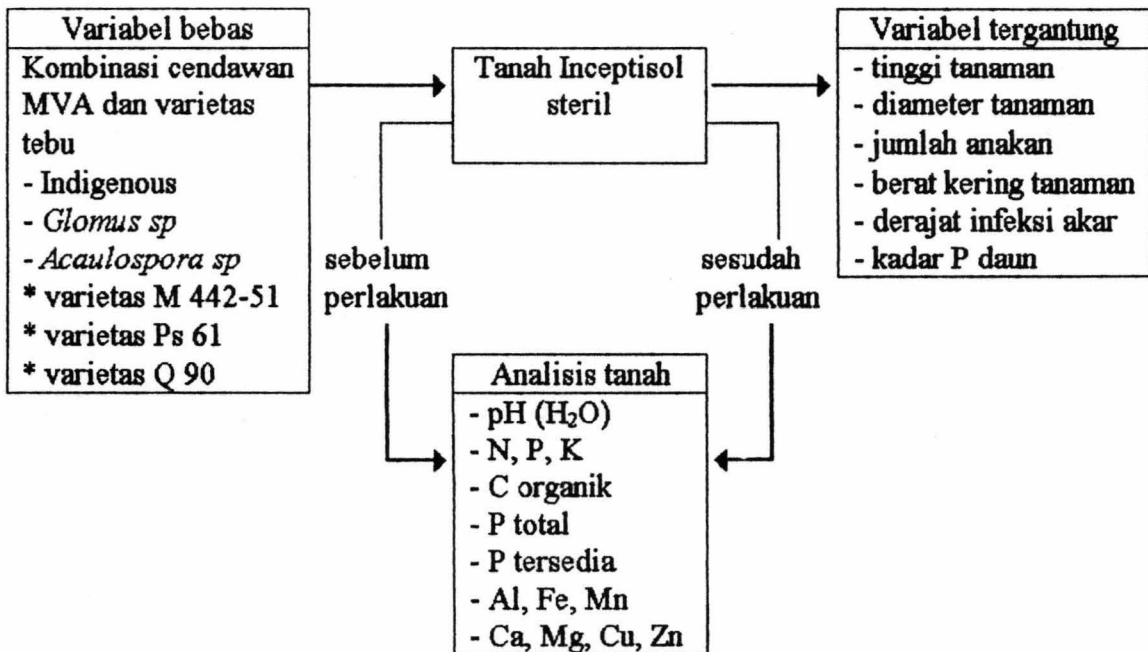
Sesuai dengan uraian tersebut dapat digambarkan kerangka konseptual dan kerangka operasional penelitian untuk pemecahan masalah penelitian seperti Gambar 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, dan 3.9.



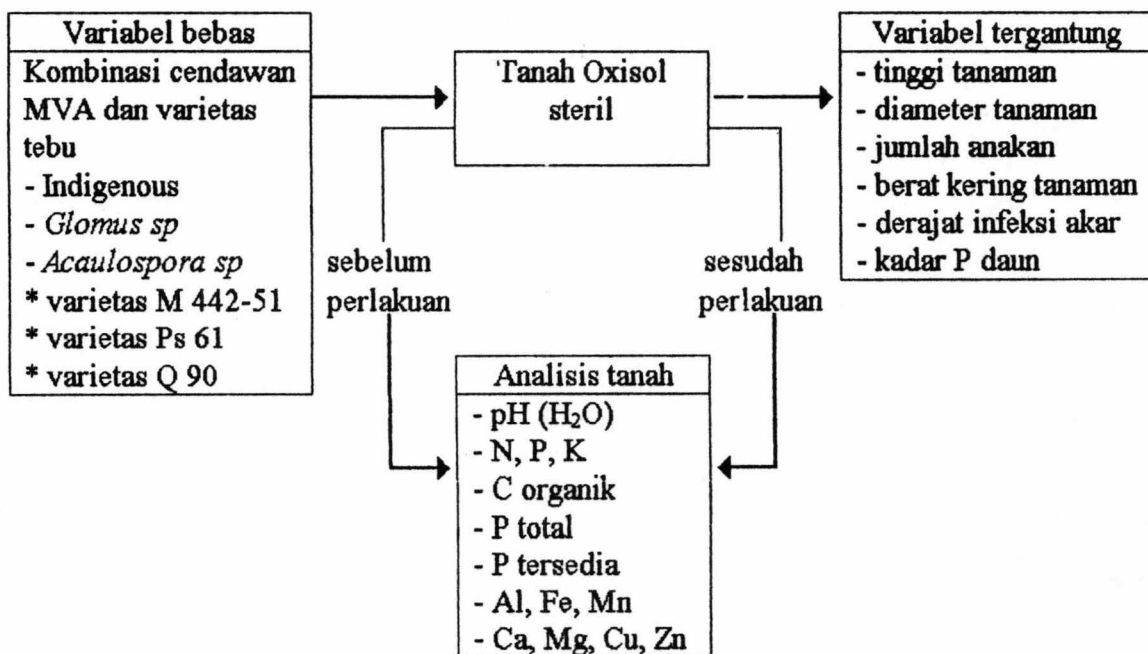
Gambar 3.1. Kerangka Konseptual Penelitian



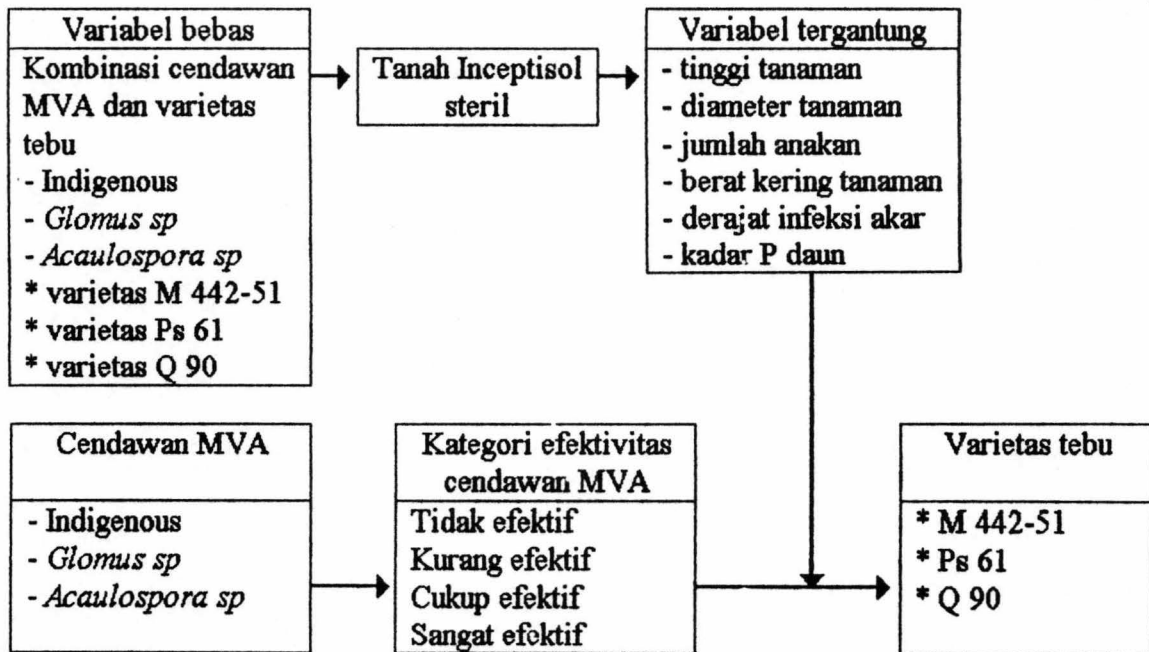
Gambar 3.2. Kerangka Operasional Penelitian



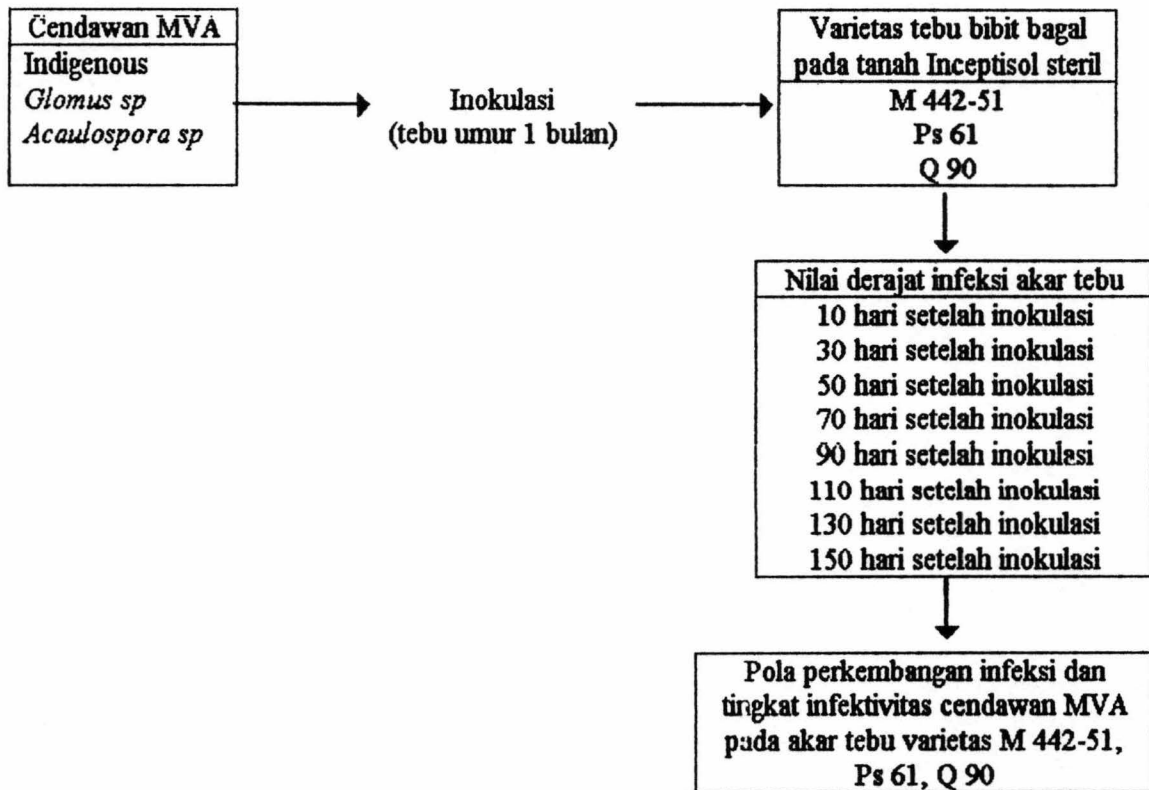
Gambar 3.3. Kerangka Operasional Percobaan Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Tebu pada Tanah Inceptisol



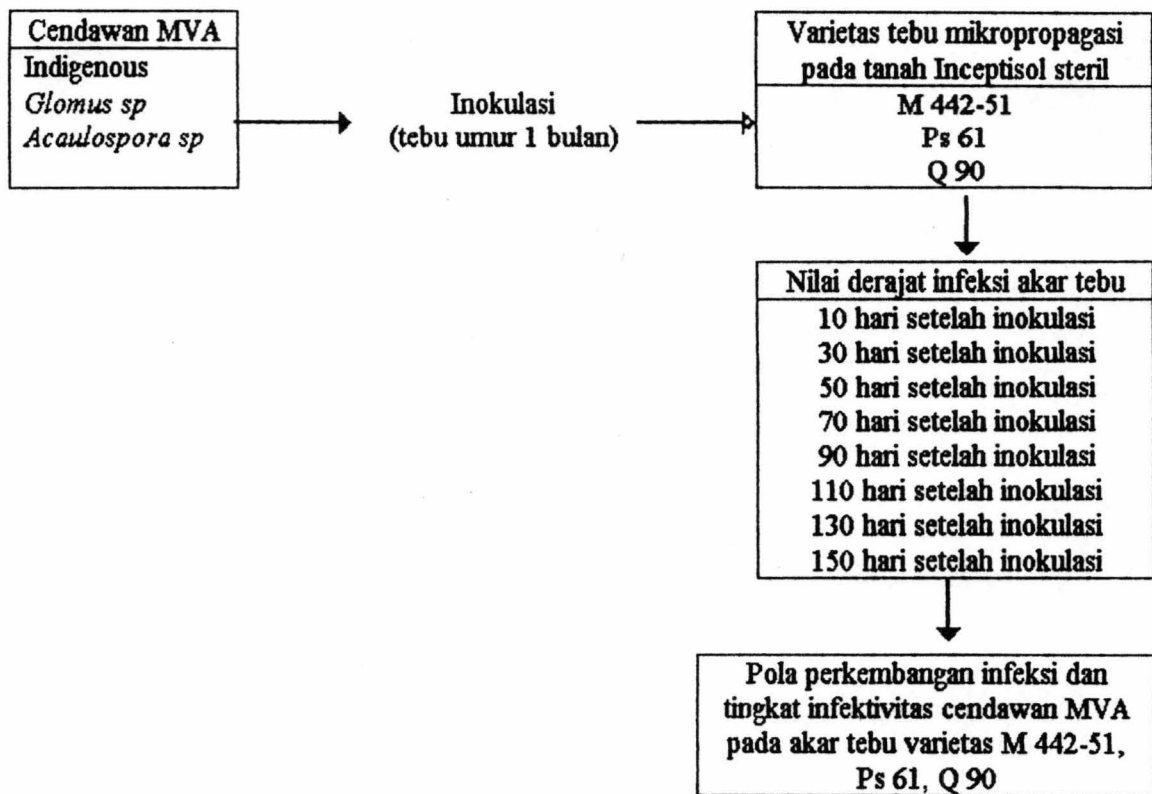
Gambar 3.4. Kerangka Operasional Percobaan Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Tebu pada Tanah Oxisol



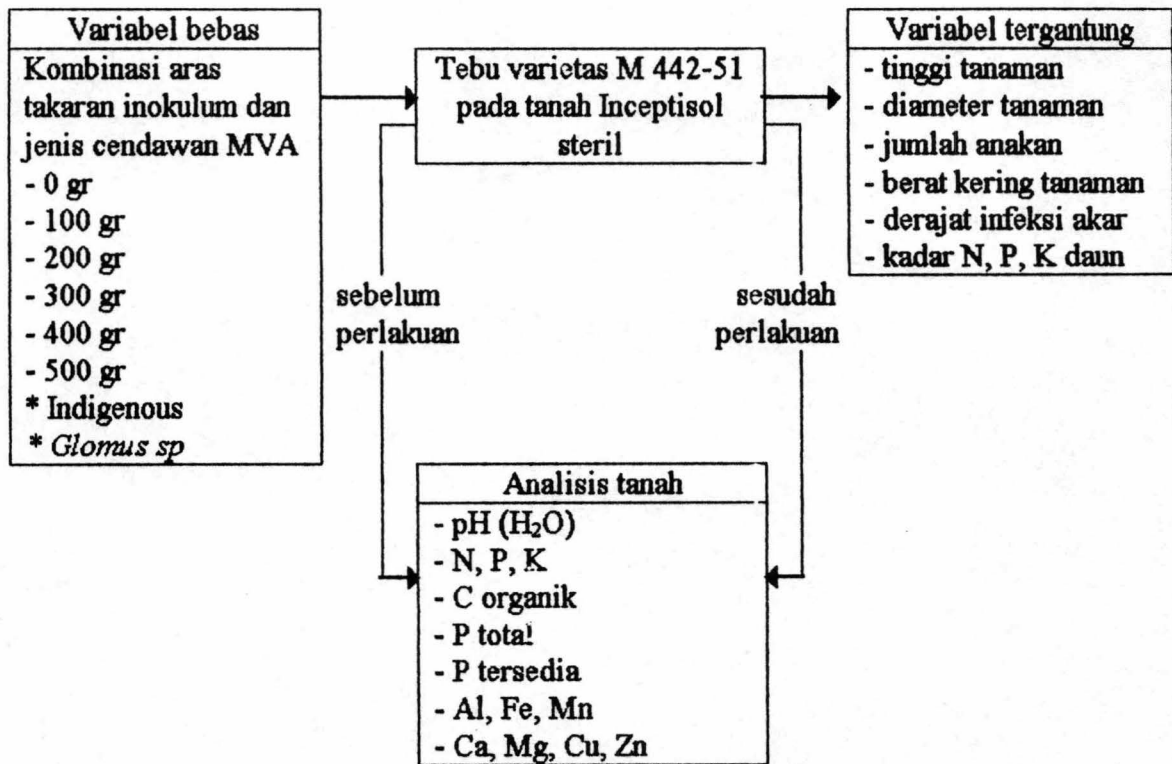
Gambar 3.5. Kerangka Operasional Percobaan Efektivitas Cendawan MVA terhadap Parameter Pertumbuhan Tebu pada Tanah Inceptisol



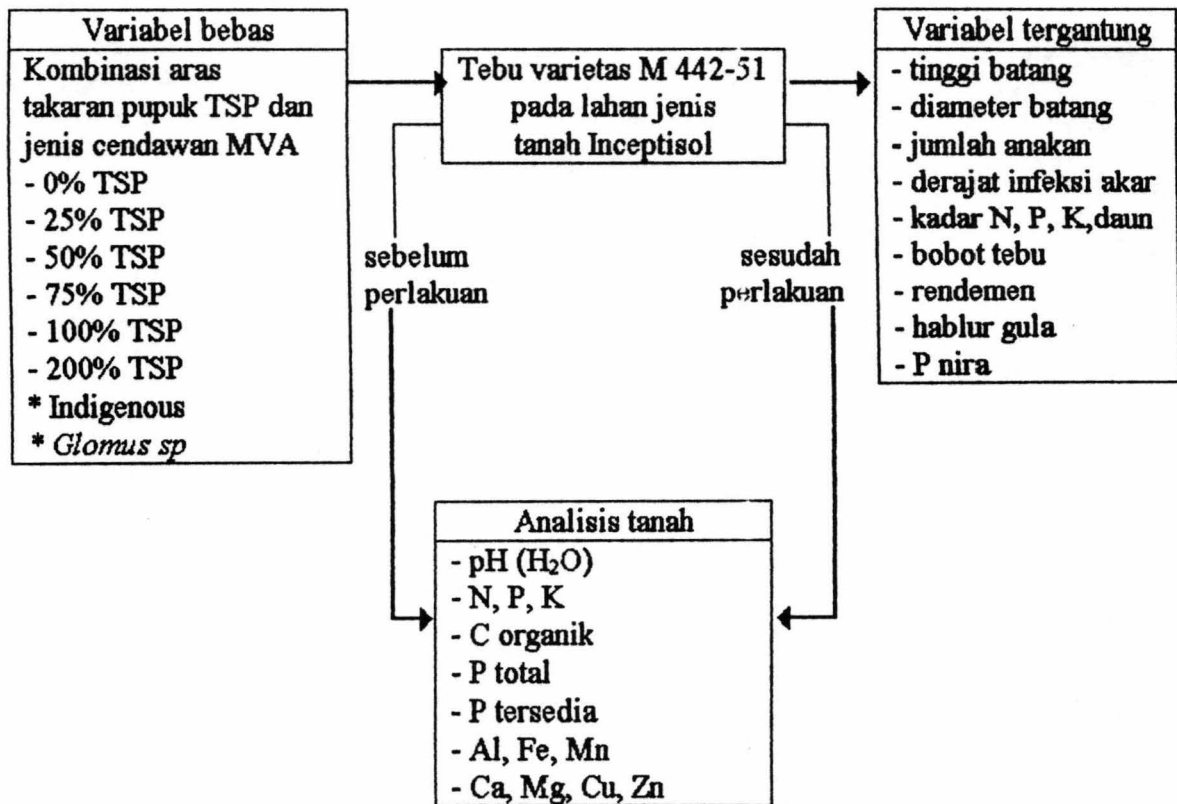
Gambar 3.6. Kerangka Operasional Percobaan Infektivitas Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu Bibit Bagal



Gambar 3.7. Kerangka Operasional Percobaan Infektivitas Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu Mikropropagasi



Gambar 3.8. Kerangka Operasional Percobaan Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Tebu M 442-51 pada Tanah Inceptisol Steril



Gambar 3.9. Kerangka Operasional Percobaan Pengaruh Jenis Cendawan MVA dan Aras Takaran Pupuk TSP terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu

Bab 4

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan hara P dilakukan melalui beberapa rangkaian percobaan.

4.1. Pra Percobaan: Isolasi spora dan pembuatan kultur pot

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan bulan April - Agustus 1993 di rumah kaca dan laboratorium Puslit Agro PTP XIV di PG Jatitujuh, Jawa Barat.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan adalah sekop, kantong plastik, gelas piala, cawan Petri, saringan ukuran 400 μm , 125 μm dan 45 μm , timbangan, sentrifuge, mikroskop binokuler, mikroskop cahaya monokuler, pinset spora mikroriza atau pipet mikro, obyek glas, dek glas, botol semprot, pasir steril, pot plastik hitam, kain kasa, tanaman jagung, larutan sucrose 48 %, NaOCl 0,5 %, alkohol 70 %, dan Poly Vinyl alkohol Lactic acid Glycerine (PVLG).

Pelaksanaan Percobaan

1. Isolasi spora

Spora cendawan MVA yang digunakan dalam pembuatan kultur pot murni adalah hasil isolasi dari rhizosfer tebu pada tanah kahat fosfor jenis tanah inceptisol di PG Jatitujuh. Sampel tanah diambil dari daerah rhizosfer tebu varietas M 442-51 sampai kedalaman 20 cm. Tanah dikering-anginkan selama 24 - 48 jam, dimasukkan ke

dalam kantong plastik dan disimpan pada suhu ruangan. Kantong plastik diberi label tanggal pengambilan, lokasi pengambilan dan varietas tebu. Isolasi spora menggunakan metode tuang saring basah yang dilanjutkan dengan sentrifugasi sukrosa (Daniels dan Skipper, 1984).

Kira-kira 250 gr contoh tanah disuspensikan dalam 1000 ml atau lebih air steril (aquadest) dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh jumlah spora yang diperlukan. Partikel-partikel yang berat dibiarkan mengendap selama beberapa detik kemudian suspensi dituangkan ke saringan bertingkat dengan ukuran 425 μm , 125 μm , dan 45 μm . Partikel yang tertahan pada saringan 125 μm dan 45 μm dituang ke dalam gelas piala dengan bantuan botol penyemprot.

Suspensi dalam gelas piala dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse dan ditambah larutan gula 48 % sampai 3/4 volume tabung, diaduk kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2000 rpm selama 2 menit. Supernatan dituang dalam saringan 45 μm dan dibilas dengan air mengalir untuk menghilangkan sisa-sisa gula yang menempel pada spora. Spora yang tertinggal pada saringan dipindahkan ke cawan Petri dengan bantuan botol penyemprot kemudian diamati di bawah mikroskop dan diambil menggunakan pinset spora mikoriza atau pipet mikro.

2. Pembuatan kultur pot

Untuk kultur pot murni dipilih 25 spora yang sejenis morfologinya (Sieverding, 1991). Permukaan spora disteril dengan NaOCl 0,5 % kira-kira selama 1 menit dan dicuci dengan air steril kemudian diletakkan pada akar kecambah jagung dan kecambah

jagung ditanam pada pot plastik berisi pasir steril. Selama pertumbuhan tanaman jagung diberi larutan Hyponex dengan konsentrasi P rendah ($N : P : K = 25 : 5 : 20$). Kira-kira umur 10 minggu tanaman dibiarkan sampai kering, kemudian dipotong sebatas akar. Selanjutnya campuran akar, spora, dan tanah dipergunakan sebagai inokulum.

Pembuatan kultur pot cendawan MVA indigenous diperoleh dengan cara *trap plant* (Sieverding, 1991). Pot ukuran volume dua liter dibersihkan dan diisi satu kilogram tanah atau pasir yang telah disterilkan. Kemudian di atasnya diisi 200 - 250 gr sampel tanah. Sebagai lapisan teratas diisi 0,5 kg media yang sama dengan lapisan pertama.

Biji jagung yang telah berkecambah ditanam pada media tersebut. Selama pertumbuhan dilakukan penyiraman dan pemupukan dengan Hyponex konsentrasi P rendah ($N : P : K = 25 : 5 : 20$). Setelah tanaman berumur kira-kira 8-10 minggu dibiarkan sampai kering kemudian dipotong sebatas akar. Campuran akar, spora, dan tanah digunakan sebagai inokulum. Dari inokulum ini dapat diisolasi spora untuk pembuatan kultur pot murni.

3. Perbanyak inokulum

Untuk memenuhi kebutuhan inokulum yang dipergunakan dalam percobaan, dilakukan perbanyak inokulum secara bertahap sesuai jadwal masing-masing percobaan. Perbanyak inokulum dilakukan dengan cara *trap plant*. (Gambar 4.1). Sumber inokulum berasal dari kultur pot murni yang digunakan sebanyak 50 gr per 9 kg tanah steril yang berasal dari kultur pot murni (Simoen dan Windiarso, 1988).



Gambar 4.1 Perbanyakan Inokulum Cendawan MVA pada Tanaman Jagung

4. Penghitungan propagul infeksi

Untuk mengetahui jumlah propagul infeksi dalam inokulum dilakukan penghitungan dengan cara *Most Probable Number* (Porter, 1979 dalam Sieverding, 1991).

Satu kilogram inokulum tanah dikering anginkan dan diayak dengan ayakan ukuran 0.5 cm. Sampel tanah ini disebut substrat A. Empat kilogram tanah diayak dengan ayakan ukuran 0.5 cm dan disteril dalam autoclave. Sampel tanah ini disebut substrat B. Sebelas kilogram tanah disteril dalam autoclave. Sampel tanah ini disebut substrat C.

Masing-masing pot plastik berukuran 250 ml diisi 150 gr substrat C. Kemudian diisi 50 gr substrat A berdasarkan tingkat pengenceran masing-masing. Pengenceran dilakukan dengan menambah substrat B pada substrat A seperti pada Gambar 4.2. Di atas lapisan substrat A ditambahkan 50 gr substrat C. Pada masing-masing pot ditanam

biji sorghum (*Sorghum bicolor*) (Gambar 4.3). Setelah 6-8 minggu tanaman dipanen dengan cara menggantung pot sehingga tanah dalam pot tetap utuh. Akar yang masih menyatu dengan tanah dipotong pada bagian substrat A (Gambar 4.4). Kemudian dengan hati-hati akar dicuci dan dibersihkan dari tanah. Untuk melihat ada tidaknya infeksi oleh mikoriza dilakukan pewarnaan akar menurut prosedur pewarnaan Sieverding (1991). Akar yang terinfeksi cendawan MVA ditandai dengan warna biru pada vesikula, arbuskula dan hifa. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung propagul infeksi dengan metode MPN berdasarkan rumus:

$$\log \Omega = x - \log a - K$$

dimana :

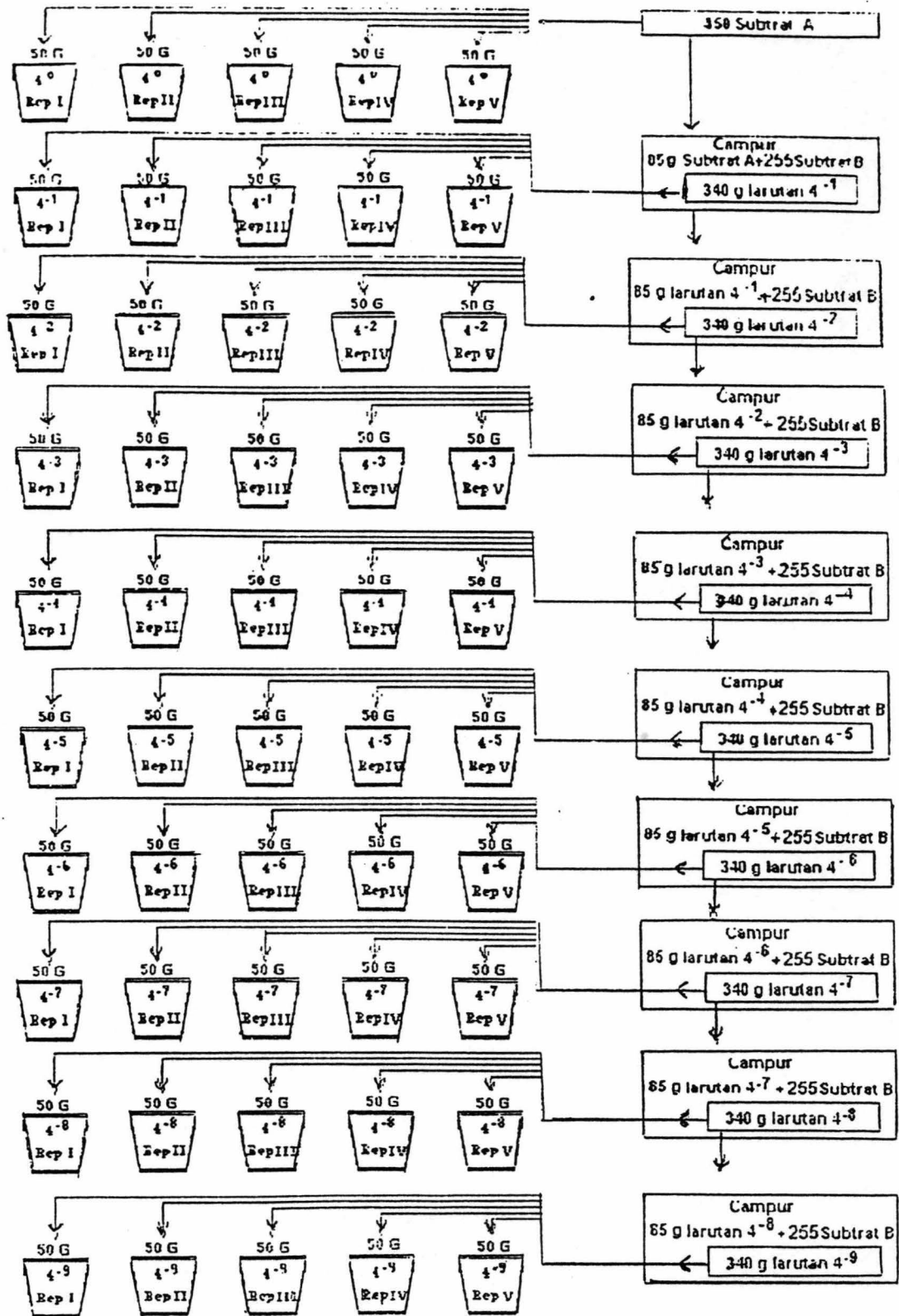
- Ω = jumlah propagul infeksi
- x = rata-rata jumlah infeksi dalam pot
- a = faktor pengenceran
- K = nilai Fisher dan Yates berdasarkan nilai x dan y ;
($y = s - x$; s adalah jumlah tingkat pengenceran).

Selang kepercayaan 95% dihitung dengan rumus :

$$\log \Omega_{ab} = \log \Omega \pm \frac{S\Omega}{\sqrt{n}} Z$$

di mana :

- $S = \sqrt{0.201}$
- n = jumlah ulangan per pengenceran
- $Z = 1.645$ untuk kepercayaan 95%
- Ω_a = batas atas jumlah propagul infeksi
- Ω_b = batas bawah jumlah propagul infeksi



Gambar 4.2 Skema Pengenceran Tanah pada Penghitungan Propagulan Infektif Cendawan MVA dengan metode MPN (Porter, 1979 dalam Sieverding 1991)



Gambar 4.3 Tanaman Sorghum (*Sorghum bicolor*) pada Beberapa Tingkat Pengenceran Inokulum Tanah



Gambar 4.4 Pemotongan Bagian Substrat A (tengah) untuk Penghitungan Propaguli Infektif Cendawan MVA

4.2. Percobaan 1. Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Tebu dan Perubahan Unsur Hara Tanah

4.2.1. Percobaan 1.1. Pada tanah inceptisol

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan di Puslit Agro PTP XIV PG Jatitujuh pada bulan September 1993 - Desember 1993.

Alat dan Bahan

Untuk menghitung derajat infeksi dan pewarnaan akar diperlukan mikroskop monokuler, mikroskop binokuler, objek glas, dek glas, penangas air, erlen meyer, KOH 10 %, trypan blue, H₂O₂ alkalin dan lactophenol. Varietas tebu yang digunakan adalah M 442-51, Ps 61 dan Q 90 berupa bibit bagal yang merupakan hasil perbanyakan vegetatif (klon). Sebagai media tanam adalah tanah kahat fosfor steril berasal dari kebun Kidang Kencana petak 165 yang berdasarkan laporan survai dan pemetaan tanah areal proyek PG Jatihtujuh - Jatibarang propinsi Jawa Barat no 2 / 1980 oleh Pusat Penelitian Tanah termasuk jenis tanah mediteran (inceptisol) (Lampiran 31).

Metode Percobaan

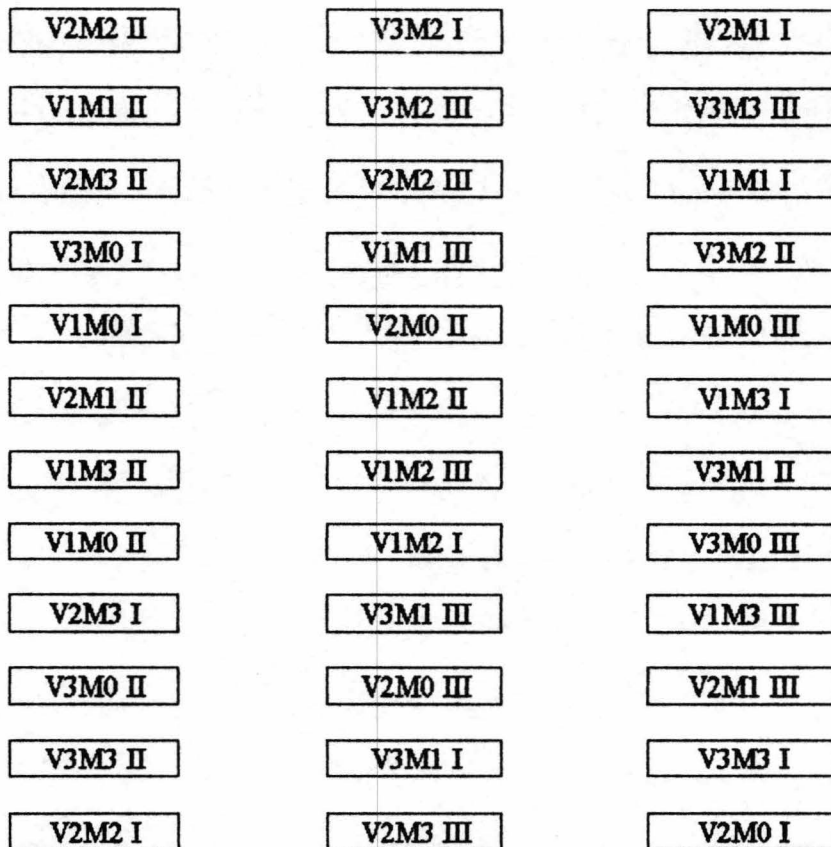
Metode yang digunakan adalah percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah varietas tebu (V) terdiri atas tiga varietas yaitu :

M 442-51	(V ₁)
Ps 61	(V ₂)
Q 90	(V ₃)

Faktor kedua adalah jenis mikoriza (M) yaitu :

- tanpa mikoriza (M₀)
- mikoriza Indigenous (M₁)
- mikoriza *Glomus sp* (M₂)
- mikoriza *Acaulospora sp* (M₃)

Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali. Penempatan satuan percobaan dilakukan secara acak dengan denah percobaan dan penampakan tanaman tebu pada denah percobaan seperti Gambar 4.5 dan 4.6



Gambar 4.5. Denah Percobaan Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan beberapa Varietas Tebu



Gambar 4.6. Penampakan Tanaman Tebu umur 2 bulan pada Denah Percobaan 1.1

Pelaksanaan Percobaan

Bibit tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 ditanam dalam drum yang dilapisi plastik berisi tanah inseptisol steril. Kira-kira umur satu bulan diinokulasi mikoriza dengan cara meletakkan inokulum mikoriza di sekeliling akar sedalam 3-5 cm sebanyak 300 gr. Penyiraman disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada saat tanam diberikan pupuk ZA sebanyak 10.5 gr (300 kg/ha) dan TSP sebanyak 7 gr (200 kg/ha) per drum, sedang saat tanaman berumur satu setengah bulan diberikan pupuk kedua berupa urea dan KCl masing-masing sebanyak 10.5 gr (300 kg/ha).

Pengamatan

Untuk mengetahui respon pertumbuhan tebu karena inokulasi cendawan MVA, dilakukan pengamatan pada :

- a. jumlah anakan umur 3 bulan
- b. tinggi tanaman umur 6, 8, 10, dan 12 minggu
- c. diameter tanaman umur 8 dan 12 minggu
- d. berat kering tanaman umur 3 bulan
- e. berat kering akar umur 3 bulan
- f. konsentrasi P dalam daun umur 3 bulan
- g. derajat infeksi akar umur 3 bulan

Sebelum dan sesudah percobaan dilakukan analisis tanah terhadap pH (H_2O), N-total, P_2O_5 -total, C-organik, P_2O_5 - Olsen, K_2O (HCl 25%), K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, dan Al.

Analisis Data

Data pengamatan masing-masing parameter dianalisis statistik berdasarkan analisis ragam faktorial RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan model matematika sebagai berikut

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

dimana :

- Y_{ijk} = nilai pengamatan untuk faktor A level ke i, faktor B level ke j, dan pada ulangan ke k
- μ = nilai tengah umum
- α_i = pengaruh faktor A pada level ke i
- β_j = pengaruh faktor B pada level ke j
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi AB pada level ke i (A), level ke j (B)
- ε_{ijk} = galat percobaan untuk level ke i (A), level ke j (B) dan interaksi AB level ke i, ke j dan ulangan ke k
- i = 1, 2, ..., a
- j = 1, 2, ..., b
- k = 1, 2, ..., n

Jika terdapat perbedaan diantara perlakuan dilanjutkan pengujian dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Sedang perubahan unsur hara tanah akibat perlakuan dilakukan uji t.

4.2.2. Percobaan 1.2. Pada tanah oxisol

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan bulan Agustus - Nopember 1994 di Puslit Agro PTP XIV PG Jatitujuh.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan sama dengan percobaan 1.1 kecuali jenis tanah. Tanah yang digunakan berasal dari kebun kesambi petak 145 termasuk jenis tanah latosol (oxisol) (Lampiran 32).

Metode Percobaan

Metode yang digunakan ialah percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap dua faktor dengan tiga ulangan.

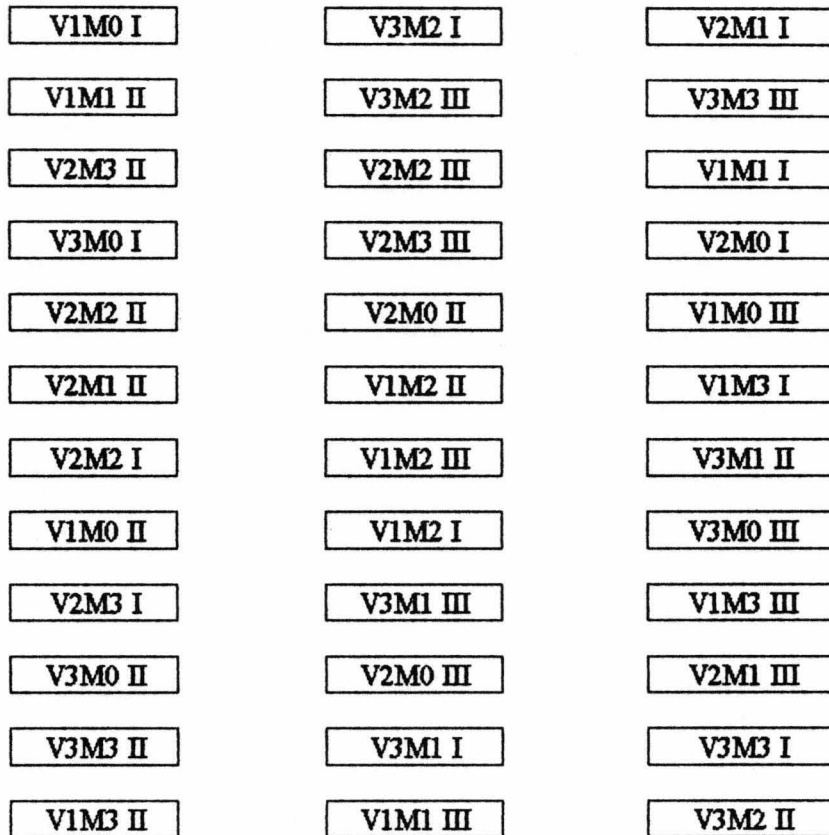
Faktor pertama varietas tebu (V) yaitu:

M 442-51	(V ₁)
Ps 61	(V ₂)
Q 90	(V ₃)

Faktor kedua jenis mikoriza (M) terdiri dari:

tanpa mikoriza	(M ₀)
mikoriza indigenus	(M ₁)
mikoriza <i>Glomus sp</i>	(M ₂)
mikoriza <i>Acaulospora sp</i>	(M ₃)

Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang tiga kali atau 36 satuan percobaan. Penempatan satuan percobaan dilakukan secara acak dengan denah seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Denah Percobaan Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Tebu pada Tanah Oxisol

Pelaksanaan Percobaan

Tanah kahat fosfor jenis tanah oxisol yang sudah disterilkan dimasukkan dalam pot (drum) yang dilapisi plastik. Inokulum cendawan MVA sebanyak 300 gr diinokulasikan di sekitar akar tebu dengan jarak kira-kira 3-5 cm di bawah permukaan tanah.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah anakan, berat kering tanaman, berat kering akar, tinggi tanaman, diameter tanaman, kandungan P dalam daun, dan derajat

infeksi akar. Sebelum dan sesudah percobaan dilakukan analisis tanah. Data pengamatan dianalisis dengan analisis ragam percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap dan jika terdapat perbedaan perlakuan dilanjutkan dengan uji BNJ.

4.3. Percobaan 2. Efektivitas Cendawan MVA terhadap Beberapa Varietas Tebu pada Tanah Inceptisol

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan di Puslit Agro PTP XIV PG Jatitujuh pada bulan September 1993 - Desember 1993.

Alat dan Bahan

Untuk menghitung derajat infeksi dan pewarnaan akar diperlukan mikroskop monokuler, mikroskop binokuler, objek glas, dek glas, penangas air, erlen meyer, KOH 10%, trypan blue, H₂O₂ alkalin dan lactophenol. Varietas tebu yang digunakan adalah M 442-51, Ps 61 dan Q 90 berupa bibit bagal yang merupakan hasil perbanyakan vegetatif. Sebagai media tanam adalah tanah kahat fosfor steril jenis tanah inceptisol berasal dari kebun Kidang Kencana petak 165.

Metode Percobaan

Percobaan bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas cendawan MVA pada beberapa varietas tebu bibit bagal. Varietas (V) tebu yang digunakan adalah

M 442-51	(V ₁)
Ps 61	(V ₂)
Q 90	(V ₃)

Sedang jenis mikoriza (M) terdiri atas:

tanpa mikoriza	(M ₀)
mikoriza Indigenus	(M ₁)
mikoriza <i>Glomus sp</i>	(M ₂)
mikoriza <i>Acaulospora sp</i>	(M ₃)

Pelaksanaan Percobaan

Bibit tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 ditanam dalam drum yang dilapisi plastik berisi tanah inseptisol steril. Kira-kira umur satu bulan diinokulasi mikoriza dengan cara meletakkan inokulum mikoriza sebanyak 300 gr di sekeliling akar sedalam 3-5 cm. Penyiraman disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada saat tanam diberikan pupuk ZA sebanyak 10.5 gr (300 kg/ha) dan TSP sebanyak 7 gr (200 kg/ha) per drum, sedang saat tanaman berumur satu setengah bulan diberikan pupuk kedua berupa urea dan KCl masing-masing sebanyak 10.5 gr (300 kg/ha).

Pengamatan

Penentuan efektivitas cendawan MVA selama pertumbuhan tebu dilakukan pengamatan pada umur 3 bulan terhadap jumlah anakan, tinggi tanaman, diameter tanaman, berat kering tanaman, berat kering akar, kandungan P dalam daun, dan derajat infeksi akar.

Analisis Data

Kategori efektivitas cendawan MVA berdasarkan parameter yang diamati adalah sebagai berikut :

Tidak efektif, jika data parameter yang diamati tidak signifikan (berbeda nyata) terhadap data tanaman tanpa mikoriza.

Kurang efektif, jika data parameter yang diamati berbeda nyata terhadap data tanpa mikoriza dan nilainya lebih kecil dari rata-rata percobaan tetapi tidak berbeda nyata terhadap *trial average*.

Cukup efektif, jika data parameter yang diamati berbeda nyata terhadap data tanpa mikoriza dan nilainya sama atau lebih besar dari rata-rata percobaan tetapi tidak berbeda nyata terhadap *trial average*.

Sangat efektif, jika data parameter yang diamati berbeda nyata terhadap data tanpa mikoriza dan berbeda nyata terhadap *trial average*.

Signifikansi *trial average* dihitung berdasarkan acuan dari Lochow dan Schuster (1961) dalam Sieverding (1991) dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{LSD } 1 \% \text{ trial average} = \text{LSD } 1\% \times \frac{(\sqrt{nT} - 1)}{\sqrt{2 nT}}$$

nT = number Treatment (jumlah perlakuan)

LSD = Least Significant Difference

4.4. Percobaan 3. Infektivitas Cendawan MVA Beberapa Varietas Tebu Bibit Bagal pada Tanah Inceptisol

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan di Puslit Agro PTP XIV PG Jatitujuh pada bulan September 1993 - Maret 1994.

Alat dan Bahan

Untuk menghitung derajat infeksi dan pewarnaan akar diperlukan mikroskop monokuler, mikroskop binokuler, objek glas, dek glas, penangas air, erlen meyer, KOH 10%, trypan blue, H₂O₂ alkalin dan lactophenol. Varietas tebu yang digunakan adalah M 442-51, Ps 61 dan Q 90 berupa bibit bagal yang merupakan hasil perbanyakan vegetatif. Sebagai media tanam adalah tanah inceptisol yang disterilkan.

Metode Percobaan

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pola perkembangan infeksi cendawan MVA pada beberapa varietas tebu bibit bagal. Varietas tebu yang digunakan adalah

M 442-51	(V ₁)
Ps 61	(V ₂)
Q 90	(V ₃)

Sedang cendawan MVA yang diinokulasikan adalah:

mikoriza Indigenous	(M ₁)
mikoriza <i>Glomus sp</i>	(M ₂)
mikoriza <i>Acaulospora sp</i>	(M ₃)

Pelaksanaan Percobaan

Bibit tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 ditanam dalam drum yang dilapisi plastik berisi tanah inseptisol steril. Kira-kira umur satu bulan diinokulasi mikoriza dengan cara meletakkan inokulum tersebut sebanyak 300 gr di sekeliling akar sedalam 3-5 cm. Penyiraman disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada saat tanam diberikan pupuk ZA sebanyak 10.5 gr (300 kg/ha) dan TSP sebanyak 7 gr (200 kg/ha) per drum, sedang saat tanaman berumur satu setengah bulan diberikan pupuk urea dan KCl masing-masing sebanyak 10.5 gr (300 kg/ha).

Pengamatan

Untuk mengetahui pola perkembangan infeksi masing-masing cendawan MVA pada suatu varietas tebu, dilakukan pengamatan infeksi pada akar dengan pewarnaan akar. Metode yang digunakan berdasarkan prosedur pewarnaan Sieverding (1991).

Akar tebu berdiameter kurang lebih 2 mm dicuci dan dipotong-potong sepanjang 1 cm. Apabila pewarnaan belum dapat segera dilakukan, akar disimpan dalam larutan *alcohol-formo-acid* (200 ml alkohol 50 % + 13 ml formalin + 95 ml asam asetat) dan dicuci kembali sebelum pewarnaan.

Potongan akar direndam dalam larutan KOH 10 % selama 2-3 hari pada suhu ruangan atau dipanaskan pada suhu 90°C dalam penaagas air selama 30-60 menit. Kemudian akar dicuci dengan air sebanyak 3 kali. Akar direndam dalam larutan H₂O₂ alkalin (567 ml aquadest + 30 ml H₂O₂ 10 % + 3 ml ammonia) selama 10-20 menit. Kemudian dicuci dengan air sebanyak 3 kali. Untuk menetralsir KOH 10 % akar direndam dalam HCl 10 % minimal 15 menit. Larutan HCl dibuang dan selanjutnya akar

diwarnai dengan 0.05 % trypan blue yang dilarutkan dalam lactophenol (phenol + asam laktat + glyserol + aquadest dengan perbandingan 1 + 1 + 1 + 1) selama 2-3 hari pada suhu ruangan atau dalam penangas air pada suhu 90°C selama 30 menit. Larutan pewarna dibuang dan kelebihan warna dapat dikurangi dengan merendam akar tersebut dalam lactophenol. Pengamatan adanya infeksi mikoriza dalam akar dapat dihitung berdasarkan metode gridline (Giovannetti dan Mosse, 1980) (Lampiran 29).

Penghitungan derajat infeksi pada percobaan infektivitas cendawan MVA dimulai 10 hari setelah inokulasi. Pengamatan dilakukan pada interval waktu 20 hari sampai mencapai fase konstan dengan satu kali pengamatan pada tanaman dalam satu pot (drum). Penempatan satuan percobaan secara acak pot drum untuk mengetahui infektivitas masing - masing cendawan MVA pada ke tiga varietas tebu seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Penampakan Tanaman Umur 2 bulan pada Pengujian Infektivitas Cendawan MVA.

4.5. Percobaan 4. Infektivitas Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu Mikropropagasi

Waktu dan Tempat

Pelaksanaan percobaan dimulai bulan April 1994 sampai Oktober 1994 di Laboratorium Kultur Jaringan PG Jatitujuh dan Puslit Agri o PTP XIV PG Jatitujuh.

Alat dan Bahan

Sama seperti pada percobaan 3, hanya diganti *plantlet* hasil mikropropagasi dan pasir steril untuk aklimatisasi.

Metode Percobaan

Metode yang digunakan adalah percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap dua faktor dengan tiga ulangan.

Faktor pertama adalah *plantlet* tebu varietas (V):

M 442-51	(V ₁)
Ps 61	(V ₂)
Q 90	(V ₃)

Faktor kedua ialah jenis mikoriza (M):

tanpa mikoriza	(M ₀)
mikoriza indigenous	(M ₁)
mikoriza <i>Glomus sp</i>	(M ₂)
mikoriza <i>Acaulospora sp</i>	(M ₃)

Pelaksanaan Percobaan

Sebelum percobaan dilakukan, dipersiapkan terlebih dahulu bahan percobaan berupa *plantlet* tebu. Pembuatan *plantlet* dengan cara mensterilisasi permukaan bahan tanaman (*eksplant*) menggunakan larutan hipoklorid 0.3-0.6 % selama 15-20 menit. Kemudian ditanam dalam media modifikasi Murashige dan Skoog I (MS I) dengan cara sebagai berikut.

Bagian pucuk *eksplant* lebih kurang 10 mm di atas titik tumbuh dipotong menjadi 8-12 potongan dengan ukuran 2-3 mm. Satu potongan pucuk dimasukkan ke dalam media MS I dengan jarum Ose kemudian tabung ditutup aluminium foil. Pekerjaan ini dilakukan dalam ruang *laminar air flow* dengan semua peralatan yang steril. Setelah kurang lebih 1,5 bulan, pucuk tersebut berkembang menjadi kalus dan siap dideferensiasikan dalam media MS II.

Kalus dikeluarkan dari tabung MS I dengan pinset steril dan dipotong-potong halus dengan pisau scalpel. Potongan kalus dimasukkan ke dalam tabung media MS II dan ditutup aluminium foil, kemudian disimpan di ruang inkubasi sampai terbentuk *plantlet* dan siap untuk aklimatisasi.

Inokulasi masing-masing jenis cendawan MVA dilakukan pada saat aklimatisasi. Setelah aklimatisasi selama sebulan, tebu dipindah ke pot (drum) yang dilapisi plastik.

Pengamatan

Pengamatan infeksi cendawan MVA pada akar tebu masing-masing varietas dilakukan 10 hari setelah tebu ditanam dalam pot dengan interval waktu 20 hari sampai perkembangan infeksi cendawan MVA mencapai fase konstan.

4.6. Percobaan 5. Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA Indigenus dan *Glomus sp* pada Pertumbuhan Tebu Varietas M 442-51

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan di Puslit Agro PTP XIV PG Jatitujuh pada bulan April - Juli 1994.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada percobaan ini sama dengan percobaan 1.1. Sedangkan bahan percobaan menggunakan bibit bagal tebu varietas M 442-51, inokulum mikoriza indigenus dan *Glomus sp*.

Metode Percobaan

Metode yang digunakan adalah percobaan faktorial Rancangan Acak Lengkap dua faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah aras takaran inokulum tanah (A),

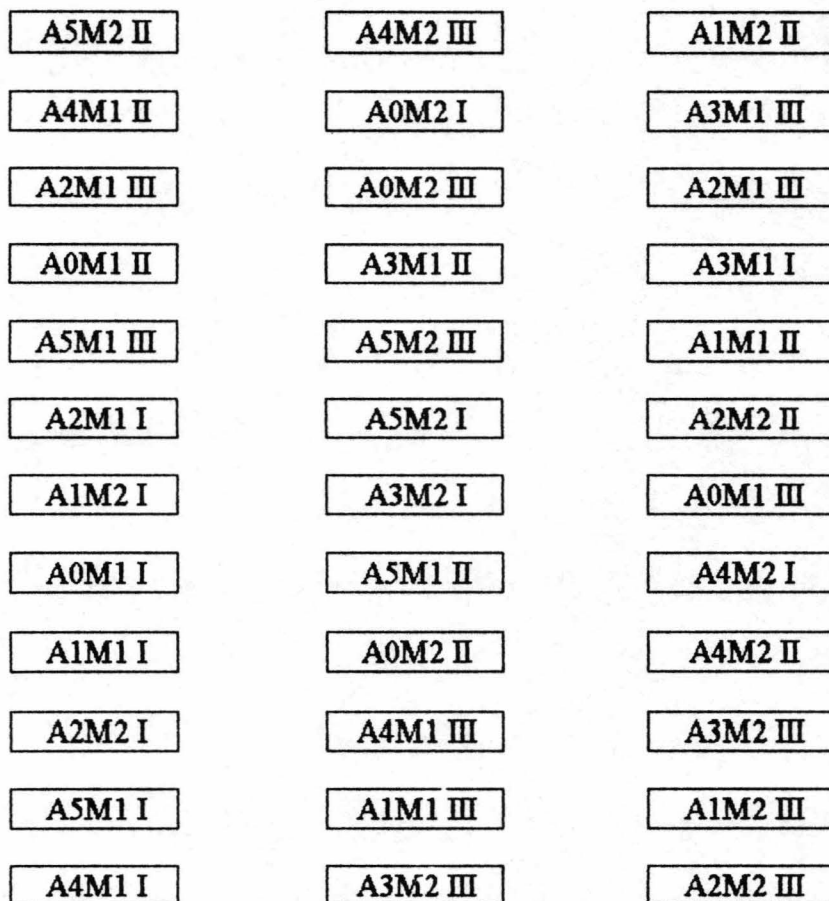
terdiri atas:	0 gr / pot	(A ₀)
	100 gr / pot	(A ₁)
	200 gr / pot	(A ₂)
	300 gr / pot	(A ₃)
	400 gr / pot	(A ₄)
	500 gr / pot	(A ₅)

Faktor ke dua adalah jenis mikoriza (M), terdiri atas:

mikoriza Indigenus (M₁)

mikoriza *Glomus sp* (M₂)

Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang tiga kali. Penempatan satuan percobaan dilakukan secara acak dengan denah seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Denah Percobaan Penentuan Aras Takaran Inokulum MVA.

Pelaksanaan Percobaan

Dari inokulum kultur murni ketiga jenis mikoriza dipilih jenis mikoriza yang infeksi. Berdasarkan pengamatan pada percobaan 3 dipilih cendawan MVA Indigenous dan *Glomus sp* sebagai inokulum. Inokulasi dilakukan dengan memasukkan inokulum mikoriza ke dalam pot berisi tanah inceptisol steril kira-kira 3-5 cm di bawah permukaan tanah di sekitar akar tebu. Jumlah inokulum sesuai dengan aras takaran yang telah ditentukan dalam perlakuan. Sedang varietas tebu dipilih berdasarkan efektivitas cendawan MVA pada percobaan dua yaitu varietas M 442-51.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah anakan, tinggi tanaman, diameter tanaman, berat kering tanaman, berat kering akar, kadar P dalam daun dan derajat infeksi dengan interval waktu sama seperti percobaan 1.1. Data pengamatan dianalisis dengan analisis ragam berdasarkan percobaan faktorial RAL dan jika terdapat perbedaan perlakuan dilanjutkan dengan uji BNJ. Untuk mengetahui aras takaran optimum dilakukan analisis regresi. Sebelum dan sesudah percobaan dilakukan analisis tanah seperti percobaan 1.1 dan untuk mengetahui perubahan unsur hara tanah setelah perlakuan dilakukan uji t.

4.7. Percobaan 6. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA dan Aras Takaran Pupuk P terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan antara bulan Agustus 1994 sampai bulan Agustus 1995, di kebun Kidang Kencana petak 84 PG Jatitujuh, PTP XIV Cirebon.

Alat dan Bahan

Inokulum cendawan MVA, bibit tebu, alat, dan bahan untuk pewarnaan dan penghitungan derajat infeksi seperti pada percobaan 1.1 dan gilingan contoh (gilingan tebu ukuran kecil).

Metode percobaan

Percobaan menggunakan faktorial Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor dengan tiga ulangan.

Faktor pertama adalah jenis mikoriza (M), yaitu:

mikoriza Indigenus (M₁)

mikoriza *Glomus sp* (M₂)

Faktor kedua adalah aras takaran pupuk P (P), yaitu :

0% (0 kg TSP/ha) (P₀)

25% (50 kg TSP/ha) (P₁)

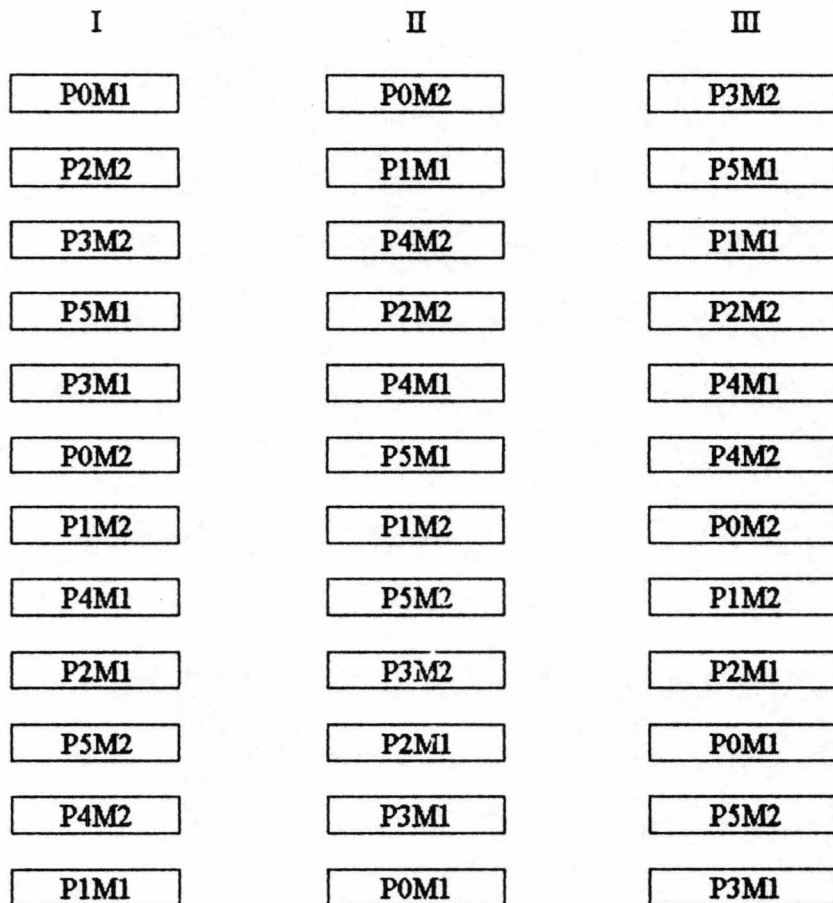
50% (100 kg TSP/ha) (P₂)

75% (150 kg TSP/ha) (P₃)

100% (200 kg TSP/ha) (P₄)

200% (400 kg TSP/ha) (P₅)

Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali atau 36 satuan percobaan. Penempatan satuan percobaan dilakukan secara acak dengan denah seperti pada Gambar 4.10



Gambar 4.10. Denah Percobaan di Lahan

Pelaksanaan Percobaan

Sebelum tanam dilakukan pengolahan tanah dan dibuat juringan. Ukuran petak percobaan adalah 8 juring x 10 meter dengan pkp (pusat ke pusat) = 1.25m. Di antara petak percobaan terdapat dua juringan tidak ditanami dan antar kelompok (ulangan) dibuat jalan selebar dua meter.

Pupuk ZA (300 kg/ha) dan TSP diberikan pada saat tanam dengan aras takaran pupuk TSP sesuai perlakuan yang ditentukan. Aras takaran pupuk P 100% adalah aras

takaran baku TSP untuk tebu (200 kg TSP/ha). Inokulasi dilakukan bersamaan pemberian pupuk urea 300 kg/ha dan KCl (300 kg/ha) saat tebu berumur antara 1.5 bulan.

Pengamatan

Untuk mengetahui respon pertumbuhan dan produksi tebu terhadap inokulasi cendawan MVA dilakukan pengamatan :

- a. jumlah anakan, umur 3 bulan
- b. tinggi batang, umur 3, 6, dan 12 bulan
- c. diameter batang, umur 3, 6, dan 12 bulan
- d. derajat infeksi, umur 3,6, dan 9 bulan
- e. kadar P dalam daun, umur 3 bulan
- f. bobot tebu umur 12 bulan
- g. rendemen umur 12 bulan
- h. hablur gula umur 12 bulan
- I. kadar P dalam nira umur 12 bulan

Sebelum dan sesudah percobaan dilakukan analisis tanah seperti pada percobaan 1.1.

Analisis Data

Data pengamatan masing-masing parameter dianalisis statistik berdasarkan analisis ragam faktorial RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan model matematika sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

dimana :

Y_{ijk}	=	nilai pengamatan untuk faktor A level ke i, faktor B level ke j, dan pada kelompok ke k
μ	=	nilai tengah umum
α_i	=	pengaruh faktor A pada level ke i
β_j	=	pengaruh faktor B pada level ke j
$(\alpha\beta)_{ij}$	=	pengaruh interaksi AB pada level ke i (A), level ke j (B)
ϵ_{ijk}	=	galat percobaan untuk level ke i (A), level ke j (B) dan interaksi AB level ke i, ke j dan kelompok ke k
i	=	1,2,, a
j	=	1,2,, b
k	=	1,2,, n

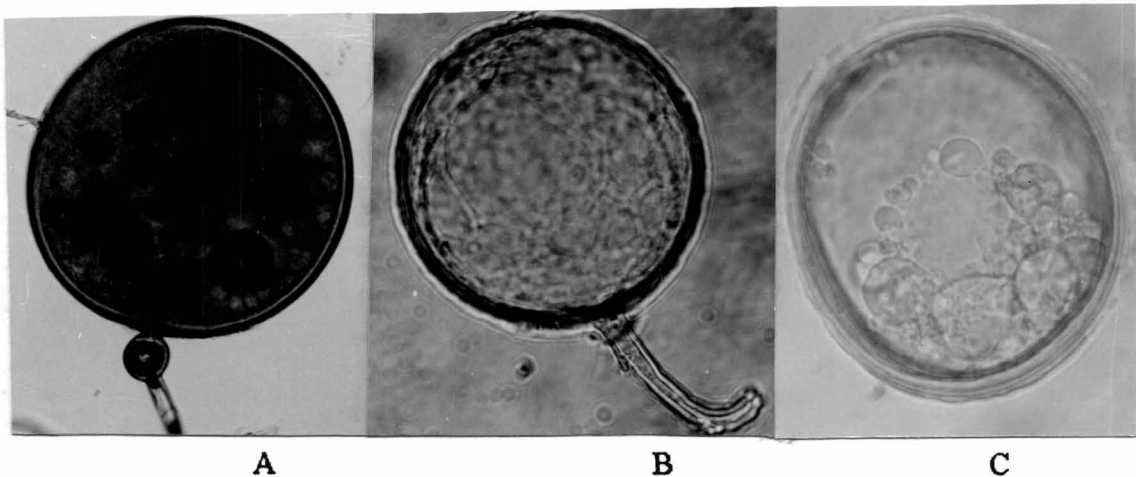
Untuk menguji hipotesis statistik dilakukan analisis ragam percobaan faktorial masing-masing parameter. Jika ada perbedaan perlakuan dilanjutkan pengujian dengan Beda Nyata Jujur (BNJ). Sedang perubahan unsur hara tanah akibat perlakuan dilakukan uji t.

Bab 5 HASIL PENELITIAN

5.1. Pra Percobaan : Isolasi Spora dan Pengujian Potensi Inokulum

5.1.1. Isolasi Spora

Isolasi spora dari rhizosfer tebu di PG Jatitujuh dengan menggunakan metode tuang saring basah diperoleh spora *Gigaspora sp.*, *Glomus sp.*, dan *Acaulospora sp.* (Gambar 5.1). Rata-rata jumlah spora hasil isolasi dari rhizosfer tebu varietas M 442-51 disajikan dalam Tabel 5.1



Gambar 5.1. Hasil Pemotretan Spora A. *Gigaspora sp.* (100x); B. *Glomus sp.* (600x), C. *Acaulospora sp.* (600x) yang diisolasi dari Rhizosfer Tebu Varietas M 442-51 (Schenck dan Perez, 1988)

Tabel 5.1. Rata-rata Jumlah Spora *Gigaspora sp.*, *Glomus sp.*, dan *Acaulospora sp.* dalam 100 gr tanah

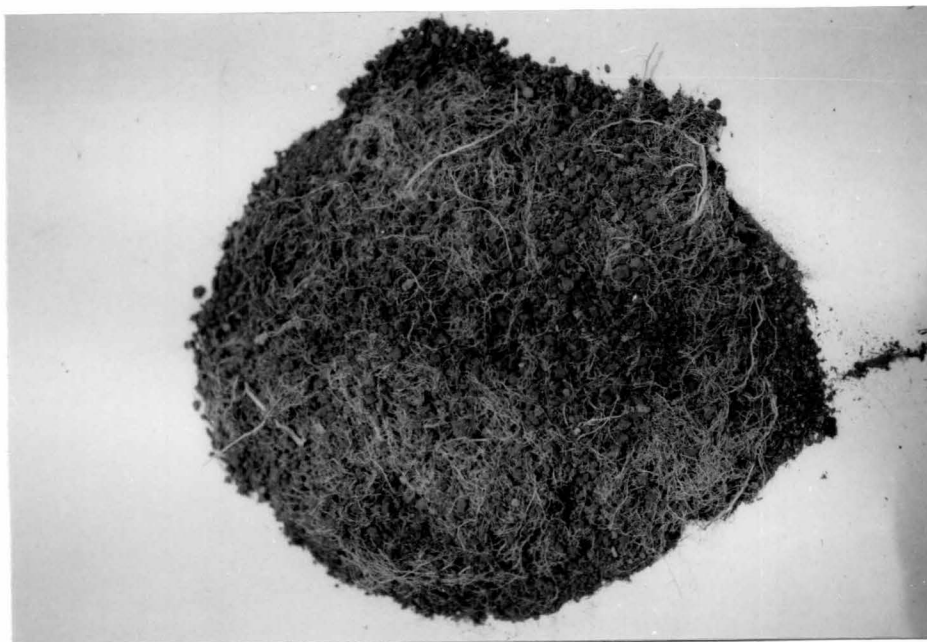
Marga	Jumlah spora *
<i>Gigaspora sp.</i>	2.3 ± 1.8
<i>Glomus sp.</i>	313.1 ± 23.9
<i>Acaulospora sp.</i>	233.7 ± 24.4

Keterangan : * = Rata-rata jumlah spora dengan simpangan baku.

Data Tabel 5.1 menunjukkan bahwa pada rhizosfer tebu varietas M 442-51 terdapat populasi spora cendawan MVA *Gigaspora sp* paling sedikit dibanding populasi spora *Glomus sp* dan *Acaulospora sp*.

5.1.2. Pengujian potensi inokulum

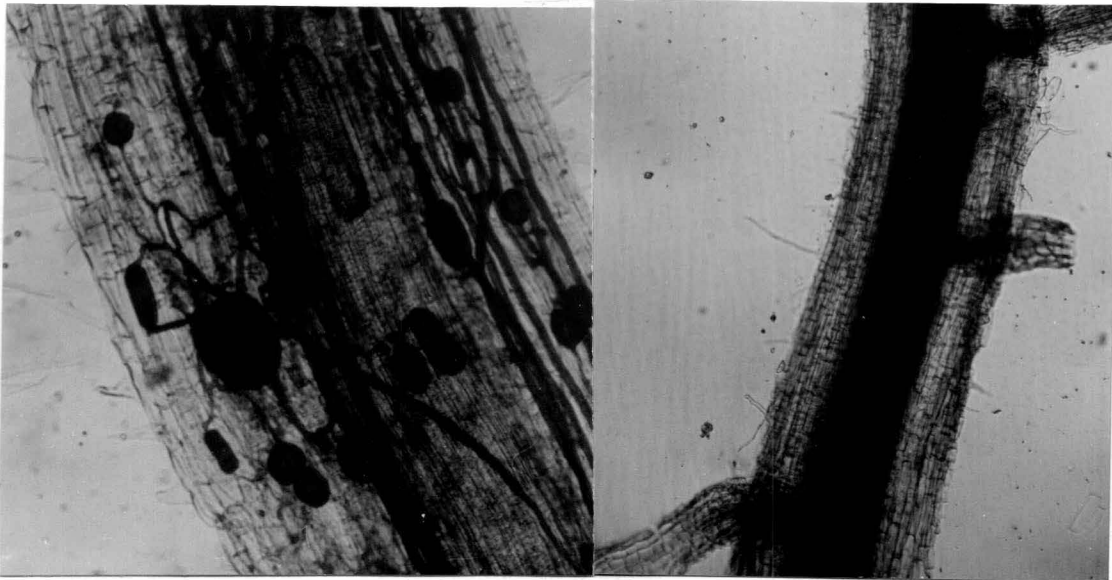
Berdasarkan populasi spora pada Tabel 5.1 hanya dibuat kultur pot murni untuk cendawan MVA *Glomus sp* dan *Acaulospora sp*. Selain itu dibuat pula kultur pot cendawan MVA Indigenous. Hasil perbanyakan kultur pot cendawan MVA tersebut dipergunakan sebagai bahan inokulum (Gambar 5.2)



Gambar 5.2. Inokulum Cendawan MVA terdiri atas Campuran Tanah, Potongan Akar Terinfeksi, Vesikula, Arbuskula, Hifa, dan Spora

Sebelum inokulum dipergunakan pada percobaan, terlebih dahulu dilakukan pengujian potensi inokulum dengan metode MPN. Pada pengujian ini diamati ada tidaknya infeksi akar *Sorghum bicolor* oleh cendawan MVA. Akar yang terinfeksi

ditandai dengan warna biru tua pada struktur cendawan MVA yaitu vesikula, hifa, dan atau arbuskula. Sedang akar yang tidak terinfeksi tidak terbentuk struktur cendawan MVA dalam sel (Gambar 5.3). Data pengamatan infeksi akar oleh cendawan MVA disajikan pada Tabel 5.2.



Gambar 5.3. Perbedaan Akar Bermikoriza (300 x) dan tidak Bermikoriza (300 x) (A) Hifa Internal, (B) Vesikula, dan (C) Arbuskula

Tabel 5.2. Hasil Pengamatan Infeksi Akar *Sorghum bicolor* oleh Cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* pada Beberapa Tingkat Pengenceran

Tingkat pengenceran	Indigenous						<i>Glomus sp</i>						<i>Acaulospora sp</i>					
	I	II	III	IV	V	Σ	I	II	III	IV	V	Σ	I	II	III	IV	V	Σ
4 ⁻⁰	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5
4 ⁻¹	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5
4 ⁻²	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5
4 ⁻³	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5
4 ⁻⁴	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	+	-	+	+	+	4
4 ⁻⁵	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	-	+	-	+	+	3
4 ⁻⁶	+	-	+	+	+	4	+	+	+	-	-	3	+	-	-	+	-	2
4 ⁻⁷	-	-	+	-	+	2	+	-	+	+	-	3	-	-	-	+	-	1
4 ⁻⁸	+	-	+	-	-	2	+	-	-	-	+	2	-	-	-	-	-	0
4 ⁻⁹	-	-	-	-	-	0	-	+	-	-	-	1	-	-	-	-	-	0

Berdasarkan data pengamatan infeksi akar pada Tabel 5.2 dapat dihitung jumlah propagul infeksi cendawan MVA (Tabel 5.3).

Tabel 5.3. Jumlah propagul Infektif Cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp* dan *Acaulospora sp*

Cendawan MVA	Jumlah Propagul Infektif (50 gr tanah)	Selang Kepercayaan 95 %
Indigenus	10738.90	5026.89 - 22943.52
<i>Glomus sp</i>	14331.78	6708.11 - 30619.63
<i>Acaulospora sp</i>	1149.74	538.15 - 2456.40

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa rata-rata propagul infeksi inokulum *Glomus sp* paling banyak, sebaliknya inokulum *Acaulospora sp* mempunyai rata-rata propagul infeksi paling sedikit yaitu 1149.74 dalam 50 gr tanah.

5.2. Percobaan 1. Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Tebu dan Perubahan Unsur Hara Tanah

5.2.1. Percobaan 1.1. Pada tanah inceptisol

5.2.1.1. Tinggi tanaman

Analisis statistik data pengamatan tinggi tanaman tidak menunjukkan adanya interaksi antara cendawan MVA dan varietas tebu (Lampiran 1). Namun inokulasi cendawan MVA berpengaruh nyata terhadap semua umur pengamatan tinggi tanaman. Demikian pula pengaruh varietas tebu M 442-51, Ps 61, dan Q90 kecuali pada pengamatan tinggi tanaman umur 6 minggu.

Rata-rata tinggi tanaman karena perlakuan cendawan MVA dan perlakuan varietas tebu disajikan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Varietas Tebu Terhadap Tinggi Tanaman Umur 6, 8, 10, dan 12 Minggu

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	6 minggu	8 minggu	10 minggu	12 minggu
Tanpa mikoriza	110.41 a	133.90 a	147.31 a	177.90 a
Indigenous	127.62 b	150.90 b	173.81 b	198.80 b
<i>Glomus sp</i>	120.91 ab	145.60 b	168.30 b	194.30 b
<i>Acaulospora sp</i>	122.80 ab	148.10 b	166.82 b	192.10 b
BNJ 0.05	13.02	9.40	13.49	12.60
M 442-51	116.42	136.50 a	152.03 a	186.70 a
Ps 61	123.92	148.20 b	169.02 b	189.03 ab
Q 90	120.50	149.21 b	171.13 b	196.64 b
BNJ 0.05	t n	7.37	10.19	9.87

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 % (t n = tidak nyata)

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa pemberian cendawan mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Terlihat pada tebu tanpa mikoriza yang mempunyai rata-rata tinggi tanaman terendah. Inokulasi cendawan mikoriza lebih berpengaruh mulai tanaman berumur 8 minggu, karena pada pengamatan tinggi tanaman umur 6 minggu tampak bahwa inokulasi cendawan *Glomus sp* dan *Acaulora sp* tidak berbeda nyata dengan tebu tanpa mikoriza. Dari ketiga jenis cendawan yang diinokulasikan, cendawan Indigenous memberikan pengaruh peningkatan rata-rata tinggi tanaman lebih besar dibanding cendawan *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* meskipun pada taraf uji BNJ 5 % tidak berbeda nyata. Peningkatan respon pertumbuhan (tinggi tanaman) umur 12 minggu pada tebu yang diinokulasi Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* masing-masing adalah 11.75 %, 9.22 %, dan 7.98 %.

Hasil perbandingan dalam Tabel 5.4 menunjukkan bahwa pengaruh masing-masing varietas terhadap tinggi tebu umur 6 minggu tidak nyata. Perbedaan pertumbuhan

dari masing-masing varietas tebu mulai tampak pada umur 8 minggu. Rata-rata tinggi tebu varietas M 442-51 terendah dibanding kedua varietas lainnya. Namun demikian pada taraf uji BNJ 5 % tidak berbeda nyata dengan tinggi tebu varietas Ps 61 umur 12 minggu.

5.2.1.2. Diameter tanaman

Tidak terdapat interaksi antara pengaruh cendawan mikoriza dengan varietas tebu terhadap diameter tanaman. Namun inokulasi cendawan MVA berpengaruh terhadap diameter tanaman umur 8 dan 12 minggu. Sedang pengaruh varietas tebu hanya pada tebu umur 8 minggu (Lampiran 2). Rata-rata diameter tanaman yang diinokulasi ketiga jenis cendawan MVA dan rata-rata diameter tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 tersaji pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Varietas Tebu Terhadap Diameter Tanaman Umur 8 dan 12 Minggu

Perlakuan	Diameter Tanaman (cm)	
	8 minggu	12 minggu
Tanpa mikoriza	1.01 a	1.98 a
Indigenous	1.11 b	2.26 b
<i>Glomus sp</i>	1.10 ab	2.25 b
<i>Acaulospora sp</i>	1.11 b	2.23 b
BNJ 0.05	0.09	0.21
M 442-51	1.03 a	2.16
Ps 61	1.17 b	2.19
Q 90	1.05 a	2.15
BNJ 0.05	0.07	t n

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 % (t n = tidak nyata)

Berdasarkan nilai uji BNJ 5 %, inokulasi cendawan MVA nyata berpengaruh terhadap pertambahan diameter tanaman tebu. Hal ini terlihat pada tebu tanpa mikoriza

yang memiliki diameter terendah. Pengaruh inokulasi cendawan MVA Indigenous dan *Acaulospora sp* terhadap diameter mulai tampak pada tebu umur 8 minggu, sedang *Glomus sp* pada umur 12 minggu. Pertambahan diameter tanaman pada tebu umur 12 minggu adalah 14.14 % pada tebu yang diinokulasi cendawan Indigenous, 13.64% oleh *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* sebesar 12.63 %

Varietas tebu kurang berpengaruh terhadap diameter tanaman, terlihat pada tebu umur 8 minggu hanya cendawan *Glomus sp* yang berbeda nyata. Selanjutnya pada umur 12 minggu diameter ketiga varietas tebu relatif sama (tidak nyata pada uji BNJ 5 %).

5.2.1.3. Derajat infeksi akar dan kadar fosfat daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa derajat infeksi akar dan kadar fosfat daun sangat dipengaruhi oleh inokulasi ketiga jenis cendawan MVA. Sedangkan ketiga varietas tebu dan interaksi antara cendawan MVA dengan varietas tebu tidak berpengaruh nyata (Lampiran 2). Rata-rata derajat infeksi dan kadar fosfat daun disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Pengaruh Cendawan MVA Terhadap Derajat Infeksi dan Kadar Fosfat Daun

Perlakuan	Derajat Infeksi (%)	Kadar fosfat Daun (% P ₂ O ₅)
Tanpa mikoriza	0.00 a	0.55 a
Indigenous	35.29 c	0.80 b
<i>Glomus sp</i>	30.23 b	0.79 b
<i>Acaulospora sp</i>	27.18 b	0.75 b
BNJ 0.05	4.82	0.07

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Dari empat perlakuan cendawan mikoriza yang diinokulasikan ternyata cendawan MVA Indigenous mempunyai rata-rata nilai derajat infeksi akar dan kadar fosfat daun tertinggi. Sebaliknya nilai terendah dicapai oleh tebu tanpa inokulasi mikoriza. Nilai kadar fosfat daun tebu yang diinokulasi ketiga cendawan MVA secara statistik tidak berbeda nyata. Namun demikian cendawan MVA Indigenous meningkatkan kadar fosfat daun terbesar yaitu 45.45 %.

5.2.1.4. Berat kering tanaman dan berat kering akar

Interaksi antara inokulasi ketiga jenis cendawan MVA dengan ketiga varietas tebu terhadap berat kering tanaman berpengaruh sangat nyata dan berpengaruh nyata terhadap berat kering akar (Lampiran 3). Rata-rata berat kering akar tanaman dan berat kering akar tersaji dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Pengaruh Cendawan MVA dan Varietas Tebu terhadap Rata-rata Berat Kering Tanaman dan Berat Kering Akar

Perlakuan	Berat Kering Tanaman (gr)		Berat Kering Akar (gr)	
Varietas M 442-51				
Tanpa mikoriza	689.50	abc	161.00	ab
Indigenous	1,174.47	e	205.03	bc
<i>Glomus sp</i>	973.63	d	217.27	c
<i>Acaulospora sp</i>	813.17	cd	172.80	abc
Varietas Ps 61				
Tanpa mikoriza	633.80	ab	175.27	abc
Indigenous	827.83	cd	203.57	bc
<i>Glomus sp</i>	813.33	cd	181.67	bc
<i>Acaulospora sp</i>	805.67	bcd	201.10	bc
Varietas Q 90				
Tanpa mikoriza	621.33	a	125.00	a
Indigenous	840.00	cd	196.70	b
<i>Glomus sp</i>	788.83	abc	189.87	bc
<i>Acaulospora sp</i>	787.83	abc	189.80	bc
BNJ 0.05	177.04		56.10	

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Hasil perbandingan berat kering tanaman masing-masing perlakuan menunjukkan pemberian cendawan MVA Indigenous pada varietas M 442-51 menghasilkan rata-rata berat kering tanaman tertinggi yaitu 1,174.47 gr dan secara statistik berbeda nyata dengan pemberian *Glomus sp* ataupun *Acaulospora sp* baik pada varietas Ps 61 maupun varietas Q 90. Semua varietas tebu tanpa mikoriza menghasilkan rata-rata berat kering tanaman terendah, namun demikian berdasarkan uji BNJ 5 % tidak berbeda nyata dengan tebu yang diberi mikoriza *Acaulospora sp*. Dari ketiga varietas tebu tanpa mikoriza, hasil berat kering tanaman terendah adalah varietas Q 90 yaitu 621.33 gr.

Rata-rata berat kering akar tertinggi sebesar 217.27 gr dicapai oleh varietas M 442-51 yang diinokulasi cendawan MVA *Glomus sp* sedangkan hasil terendah 125.00 gr oleh varietas Q 90 tanpa mikoriza.

5.2.1.5. Perubahan unsur hara

Pengaruh inokulasi cendawan MVA terhadap perubahan bahan organik dan pH terdapat pada Tabel 5.8. Demikian pula pengaruhnya terhadap perubahan unsur hara P_2O_5 total dan P_2O_5 tersedia pada Tabel 5.9, terhadap unsur Nitrogen dan Kalium pada Tabel 5.10, serta Fe, Al, Mn pada Tabel 5.11. Sedang terhadap unsur Ca, Mg disajikan pada Lampiran 4 dan unsur Cu, Zn pada Lampiran 5.

Tabel 5.8. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 terhadap Jumlah Bahan Organik dan pH Tanah

Perlakuan	Bahan Organik (%)		pH	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	1.367	1.247	4.467	5.310 **
<i>Glomus sp</i>	1.393	1.280	4.690	5.440 *
<i>Acaulospora sp</i>	1.453	1.280	4.757	5.353 *
Varietas Ps 61				
Indigenous	1.480	1.273 **	4.827	5.340 *
<i>Glomus sp</i>	1.327	1.247	4.533	5.113 *
<i>Acaulospora sp</i>	1.380	1.280	4.893	5.457 *
Varietas Q 90				
Indigenous	1.447	1.340	4.707	5.740 *
<i>Glomus sp</i>	1.380	1.227	4.587	5.467 *
<i>Acaulospora sp</i>	1.440	1.340	4.760	5.497 *

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Tabel 5.8 menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah bahan organik yang tidak nyata kecuali pada varietas Ps 61 yang diinokulasi cendawan MVA Indigenous. Pemberian cendawan MVA sangat berpengaruh terhadap pH tanah. Hal ini nampak adanya peningkatan nilai pH yang nyata setelah inokulasi cendawan MVA pada semua varietas tebu.

Tabel 5.9. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu terhadap Nilai Fosfat Tanah

Perlakuan	P ₂ O ₅ Total (mg/100gr)		P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	86.800	78.400	53.510	68.517 **
<i>Glomus sp</i>	120.233	105.767	47.883	62.957
<i>Acaulospora sp</i>	127.767	102.700	69.653	73.010
Varietas Ps 61				
Indigenous	141.200	115.233	43.367	60.910
<i>Glomus sp</i>	100.633	88.900	61.797	74.787 *
<i>Acaulospora sp</i>	107.200	93.167	49.577	71.283 *
Varietas Q 90				
Indigenous	132.233	120.900	46.250	75.820
<i>Glomus sp</i>	95.100	92.100	77.747	109.863 *
<i>Acaulospora sp</i>	137.267	111.467*	55.413	63.720

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Cendawan MVA tidak berpengaruh nyata menurunkan fosfat (P_2O_5) total kecuali cendawan *Acaulospora sp* yang diinokulasikan pada tebu varietas Q 90. Inokulasi cendawan Indigenous pada tebu varietas M 442-51 berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan fosfat tersedia (P_2O_5 tersedia) yaitu sebesar 28.05 %. Demikian pula cendawan *Glomus sp* meningkatkan secara nyata fosfat tersedia pada rhizosfer tebu varietas Ps 61 dan Q 90 masing-masing sebesar 21.02 % dan 14.99 %. Sedangkan *Acaulospora sp* hanya pada varietas Ps 61.

Tabel 5.10. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu terhadap Nilai Unsur Hara Nitrogen dan Kalium

Perlakuan	Nitrogen (%)		K_2O (mg/100 gr)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	0.090	0.102	19.233	8.733 **
<i>Glomus sp</i>	0.073	0.117 *	18.000	8.400 **
<i>Acaulospora sp</i>	0.087	0.118 *	20.667	7.667 *
Varietas Ps 61				
Indigenous	0.094	0.131	18.533	10.067 *
<i>Glomus sp</i>	0.073	0.113 *	19.400	8.600 **
<i>Acaulospora sp</i>	0.067	0.105 *	21.400	14.800
Varietas Q 90				
Indigenous	0.083	0.112 **	18.400	8.423 **
<i>Glomus sp</i>	0.080	0.112 *	18.000	9.467 **
<i>Acaulospora sp</i>	0.077	0.107	19.233	10.400

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Dari Tabel 5.10 dapat dijelaskan bahwa inokulasi cendawan MVA berpengaruh pada unsur nitrogen dan kalium. Nilai unsur nitrogen cenderung meningkat pada semua varietas yang diinokulasi ketiga jenis cendawan MVA. Namun demikian peningkatan sangat nyata hanya pada varietas Q 90 yang diinokulasi cendawan Indigenous sedang

Cendawan MVA yang diinokulasikan pada tebu varietas M 442-51 berpengaruh nyata terhadap penurunan unsur Fe sedang tebu varietas Ps 61 dan Q 90 berpengaruh nyata jika diinokulasi dengan cendawan *Acaulospora sp.* Inokulasi cendawan *Acaulospora sp* pada ketiga varietas tebu juga berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan unsur Cu sedang cendawan Indigenous hanya berpengaruh nyata jika diinokulasikan pada varietas Ps 61. Penurunan unsur hara Zn secara nyata dipengaruhi oleh inokulasi cendawan *Acaulospora sp* pada varietas M 442-51 dan Ps 61. Demikian pula cendawan *Glomus sp* pada varietas M 442-51 (Lampiran 5).

5.2.2. Percobaan 1.2. Pada tanah oxisol

5.2.2.1. Tinggi tanaman

Analisis statistik data pengamatan tinggi tanaman tidak menunjukkan adanya interaksi antara varietas tebu dan cendawan MVA. Namun cendawan MVA yang diinokulasikan pada akar tebu berpengaruh nyata terhadap perbedaan rata-rata tinggi tanaman. Demikian pula pengaruh masing-masing varietas tebu (Lampiran 6). Rata-rata tinggi tanaman umur 6, 8, 10, dan 12 minggu terdapat dalam Tabel 5.12.

Tabel 5.12. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Varietas Tebu terhadap Tinggi Tanaman Umur 6, 8, 10, dan 12 Minggu

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			
	6 minggu	8 minggu	10 minggu	12 minggu
Tanpa mikoriza	81.33 a	104.10 a	113.40 a	122.10 a
Indigenous	96.61 ab	119.20 b	138.40 b	142.50 b
<i>Glomus sp</i>	98.33 b	124.30 b	146.30 b	152.20 b
<i>Acaulospora sp</i>	97.56 b	120.00 b	142.10 b	149.90 b
BNJ 0.05	16.18	11.47	13.79	13.96
M 442-51	82.17 a	108.20 a	128.70 a	135.20 a
Ps 61	120.50 b	134.70 b	146.40 b	151.30 b
Q 90	77.75 a	107.80 a	137.50 ab	144.20 ab
BNJ 0.05	12.69	9.00	10.81	10.94

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5%

Respon tinggi tanaman terhadap inokulasi pemberian cendawan MVA tampak nyata (Tabel 5.12). Hal ini ditunjukkan oleh tebu tanpa mikoriza yang mempunyai rata-rata tinggi tanaman terendah. Meskipun pada umur 6 minggu, tinggi tanaman tersebut secara statistik tidak berbeda nyata dengan rata-rata tinggi tanaman yang diinokulasi mikoriza Indigenous. Pengaruh mikoriza *Glomus sp* tidak berbeda nyata dengan kedua mikoriza yang lain, namun mempunyai rata-rata tinggi tanaman tertinggi. Peningkatan tinggi tanaman pada umur 12 minggu oleh cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* masing-masing adalah 16.71 %, 24.65 %, dan 22.77 %.

Berdasarkan uji BNT 5 % pada Tabel 5.12 tampak bahwa rata-rata tinggi tebu varietas M 442-51 tidak berbeda nyata dengan varietas Q 90 mulai pengamatan umur 6 minggu sampai 12 minggu. Demikian pula tinggi tebu varietas Q 90 dan Ps 61 pada umur 10 minggu dan 12 minggu. Namun demikian tebu Ps 61 mempunyai rata-rata tertinggi mulai tebu umur 6 minggu sampai umur 12 minggu.

5.2.2.2. Diameter tanaman

Perbedaan rata-rata diameter tanaman umur 8 minggu dan 12 minggu ditentukan oleh pengaruh inokulasi cendawan MVA. Varietas tebu hanya berpengaruh pada tebu umur 8 minggu dan interaksi antara cendawan MVA dengan varietas tebu terhadap diameter tidak nyata (Lampiran 7). Rata-rata diameter tanaman umur 8 minggu dan 12 minggu tersaji dalam Tabel 5.13.

Tabel 5.13. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Varietas Tebu terhadap Diameter Tanaman Umur 8 Minggu dan 12 Minggu

Perlakuan	Diameter Tanaman (cm)	
	8 minggu	12 minggu
Tanpa mikoriza	1.84 a	2.63 a
Indigenous	2.36 b	3.37 b
<i>Glomus sp</i>	2.34 b	3.33 b
<i>Acaulospora sp</i>	2.22 ab	3.07 ab
BNJ 0.05	0.38	0.52
M 442-51	2.13 ab	2.92
Ps 61	2.41 b	3.25
Q 90	2.04 a	3.15
BNJ 0.05	0.30	t n

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5% (t n = tidak nyata)

Inokulasi cendawan MVA berpengaruh nyata terhadap peningkatan diameter tanaman. Terlihat pada Tabel 5.13 bahwa rata-rata diameter tebu tanpa mikoriza paling kecil. Dari ketiga cendawan MVA yang diinokulasikan, Indigenous dan *Glomus sp* berpengaruh nyata menambah ukuran diameter tebu umur 8 minggu dan 12 minggu dibanding cendawan *Acaulospora sp*. Pertambahan diameter tebu umur 12 minggu oleh cendawan Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* masing-masing adalah 28.14 %, 26.62 %, dan 16.73 %.

Terdapat perbedaan nyata rata-rata diameter tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 pada umur 8 minggu. Sebaliknya ketiga varietas tebu tidak nyata berpengaruh terhadap diameter tebu umur 12 minggu. Namun diantara ketiga varietas tersebut, tebu Ps 61 mempunyai rata-rata diameter terbesar.

5.2.2.3. Derajat infeksi akar dan kadar NPK daun

Pengaruh inokulasi cendawan MVA sangat nyata terhadap nilai derajat infeksi akar. Sedang varietas tebu dan interaksi antara cendawan mikoriza dengan varietas tebu tidak berpengaruh nyata terhadap derajat infeksi akar (Lampiran 7).

Perbedaan kadar NPK dalam daun sangat dipengaruhi oleh inokulasi cendawan MVA dan varietas tebu. Sedang interaksi antara cendawan MVA dengan varietas tebu tidak nyata (Lampiran 8).

Rata-rata nilai derajat infeksi akar dan kadar NPK dalam daun tertera dalam Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Varietas Tebu terhadap Derajat Infeksi Akar dan Kadar NPK Daun

Perlakuan	Derajat Infeksi (%)	Kadar N Daun (%)	Kadar P Daun (%)	Kadar K Daun (%)
Tanpa mikoriza	0.00 a	1.47 a	1.07 a	1.34 a
Indigenous	19.04 b	1.61 b	1.11 b	1.43 ab
<i>Glomus sp</i>	20.69 b	1.55 ab	1.14 b	1.55 b
<i>Acaulospora sp</i>	17.44 b	1.56 ab	1.12 b	1.44 ab
BNJ 0.05	4.97	0.09	0.03	0.14
M 442-51	13.74	1.51 a	1.11 b	1.37 a
Ps 61	14.68	1.53 ab	1.04 a	1.44 ab
Q 90	14.84	1.60 b	1.13 b	1.52 b
BNJ 0.05	t n	0.07	0.03	0.11

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5% (t n = tidak nyata)

Dari Tabel 5.14 dapat dijelaskan bahwa pemberian cendawan MVA berpengaruh nyata. Pengaruh tersebut bervariasi pada parameter derajat infeksi dan kadar NPK daun. Pada tanah oxisol, *Glomus sp* lebih berpengaruh dengan rata-rata derajat infeksi sebesar 20.69 %. Meskipun berdasarkan uji BNJ 5 % tidak berbeda nyata dengan nilai derajat infeksi dari mikoriza Indigenous dan *Acaulospora sp*.

Penyerapan NPK oleh tanaman bermikoriza tampak bahwa tebu yang diinokulasi Indigenus lebih banyak menyerap unsur N yaitu sebesar 1.61 %. Sedang unsur P dan K lebih banyak diserap oleh tebu bermikoriza *Glomus sp.*

Pengaruh tebu varietas Q 90 terhadap penyerapan unsur NPK lebih baik dibanding kedua varietas tebu lainnya. Meskipun terhadap penyerapan unsur N dan K tidak berbeda nyata dengan varietas Ps 61 dan terhadap unsur P tidak nyata berbeda dengan tebu varietas M 442-51.

5.2.2.4. Berat kering tanaman dan berat kering akar

Analisis ragam data berat kering tanaman dan berat kering akar menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara cendawan MVA dengan varietas tebu. Namun inokulasi cendawan MVA nyata mempengaruhi perbedaan berat kering tanaman maupun berat kering akar. Demikian pula pengaruh varietas tebu terhadap berat kering akar (Lampiran 9). Rata-rata berat kering tanaman dan berat kering akar disajikan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Varietas Tebu terhadap Berat Kering Tanaman dan Berat Kering Akar

Perlakuan	Berat Kering Tanaman (gr)	Berat Kering Akar (gr)
Tanpa mikoriza	78.00 a	20.00 a
Indigenus	159.60 b	50.44 b
<i>Glomus sp</i>	161.20 b	49.78 b
<i>Acaulospora sp</i>	156.10 b	47.39 b
BNJ 0.05	56.76	15.58
M 442-51	143.12	46.33 b
Ps 61	143.91	54.17 b
Q 90	135.04	25.21 a
BNJ 0.05	t _n	12.22

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5% (t_n = tidak nyata)

Rata-rata berat kering tanaman dan berat kering akar pada tebu tanpa mikoriza menunjukkan hasil terendah (Tabel 5.15). Sedang hasil berat kering tanaman terbanyak ialah 161.20 gr dicapai oleh tebu yang diinokulasi mikoriza *Glomus sp* dan berat kering akar dicapai oleh tebu yang di inokulasi Indigenous yaitu sebesar 50.44 gram. Namun pemberian ketiga jenis mikoriza tersebut tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5 %.

5.2.2.5. Unsur hara tanah

Pengaruh cendawan MVA terhadap perubahan bahan organik dan pH dapat dilihat pada Tabel 5.16, unsur N dan K pada Tabel 5.17, P_2O_5 total dan P_2O_5 tersedia pada Tabel 5.18, unsur Fe, Al, dan Mn pada Tabel 5.19. Sedang unsur Ca, Mg, Cu, dan Zn dalam Lampiran 10 dan 11.

Tabel 5.16. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 terhadap jumlah Bahan Organik dan pH Tanah

Perlakuan	Bahan Organik %		pH	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	1.573	1.440 *	5.113	5.283
<i>Glomus sp</i>	1.580	1.487	5.017	5.273
<i>Acaulospora sp</i>	1.620	1.440 *	5.007	5.313
Varietas Ps 61				
Indigenous	1.580	1.487	5.213	5.367
<i>Glomus sp</i>	1.613	1.467	5.393	5.497
<i>Acaulospora sp</i>	1.547	1.467	5.033	5.053
Varietas Q 90				
Indigenous	1.540	1.460	5.110	6.660
<i>Glomus sp</i>	1.553	1.507 *	5.327	6.073
<i>Acaulospora sp</i>	1.567	1.473	5.390	5.740

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Pada Tabel 5.16 tampak bahwa inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas Ps 61 tidak berpengaruh nyata terhadap bahan organik. Inokulasi cendawan MVA

Indigenous dan *Acaulospora sp* pada varietas M 442-51 secara nyata menurunkan bahan organik tanah di daerah rhizosfer masing-masing sebesar 8.46 % dan 11.11 % sedang *Glomus sp* berpengaruh pada varietas Q 90 dengan penurunan bahan organik sebesar 2.96 %. Pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 tidak nyata terhadap pH tanah. Namun demikian terjadi kecenderungan peningkatan pH masing-masing cendawan MVA yang diinokulasikan pada ketiga varietas tebu.

Tabel 5.17. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Beberapa varietas Tebu Terhadap unsur Hara Nitrogen dan Kalium

Perlakuan	Nitrogen (%)		K ₂ O (mg/100 gr)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	0.127	0.123	41.400	49.800
<i>Glomus sp</i>	0.140	0.123	40.600	74.333
<i>Acaulospora sp</i>	0.147	0.123	40.600	52.333
Varietas Ps 61				
Indigenous	0.146	0.127	43.800	47.000
<i>Glomus sp</i>	0.137	0.125	44.200	59.467
<i>Acaulospora sp</i>	0.143	0.127	43.400	66.667
Varietas Q 90				
Indigenous	0.133	0.123	41.000	69.100
<i>Glomus sp</i>	0.147	0.133	40.600	54.533
<i>Acaulospora sp</i>	0.140	0.133	41.800	75.933

Keterangan : a = sebelum inokulasi
b = sesudah inokulasi

** = berbeda sangat nyata
* = berbeda nyata

Tabel 5.17 menunjukkan bahwa inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan unsur nitrogen dan peningkatan kalium tanah oxisol.

Tabel 5.18. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu terhadap Kadar Fosfat Total dan Fosfat Tersedia Tanah Oxisol

Perlakuan	P ₂ O ₅ Total (mg/100 gr)		P ₂ O ₅ Tersedia(ppm)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	91.800	91.300	28.433	46.777 *
<i>Glomus sp</i>	98.467	89.467	42.493	49.410
<i>Acaulospora sp</i>	94.167	90.733	30.197	48.350 *
Varietas Ps 61				
Indigenous	92.967	87.000	30.000	50.710 *
<i>Glomus sp</i>	95.333	93.700	44.710	53.660
<i>Acaulospora sp</i>	95.033	94.700	47.567	48.233
Varietas Q 90				
Indigenous	130.000	88.633 *	48.153	83.920 *
<i>Glomus sp</i>	127.933	94.467	52.870	92.747
<i>Acaulospora sp</i>	114.367	87.133	49.727	65.490

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Tabel 5.18 menunjukkan bahwa pengaruh inokulasi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 tidak tampak nyata terhadap penurunan P₂O₅ total kecuali inokulasi Indigenous pada tebu varietas Q 90 sebesar 31,82 %.

Inokulasi cendawan MVA *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* tidak berpengaruh nyata terhadap P₂O₅ tersedia kecuali *Acaulospora sp* yang diinokulasi pada tebu varietas M 442 -51. Sedang cendawan MVA Indigenous berpengaruh nyata terhadap peningkatan P₂O₅ tersedia pada rhizosfer tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 masing-masing sebesar 64.49 %, 69.03 %, dan 74.28 %.

Tabel 5.19. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada beberapa Varietas tebu terhadap Unsur Hara Fe, Al dan Mn

Perlakuan	Fe (ppm)		Al (me/100 gr)		Mn (ppm)	
	a	b	a	b	a	b
Varietas M 442-51						
Indigenous	76.000	65.067	0.033	0.000	87.033	73.233 **
<i>Glomus sp</i>	77.033	69.933	0.053	0.037	86.867	73.800 **
<i>Acaulospora sp</i>	67.767	55.933	0.037	0.033	86.800	74.733 **
Varietas Ps 61						
Indigenous	64.367	58.000	0.063	0.023	80.562	68.200
<i>Glomus sp</i>	66.867	66.100	0.093	0.010	87.433	75.200 **
<i>Acaulospora sp</i>	77.633	48.967	0.063	0.010	87.367	87.233
Varietas Q 90						
Indigenous	68.133	48.800	0.000	0.000	86.200	74.100 **
<i>Glomus sp</i>	72.367	61.700	0.040	0.000	86.867	74.267 **
<i>Acaulospora sp</i>	70.700	61.200	0.047	0.000	86.500	69.567 **

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Dari Tabel 5.19 dapat dijelaskan bahwa unsur hara mikro tanah Oxisol cenderung menurun setelah inokulasi cendawan MVA, meskipun penurunan tersebut tidak nyata terhadap unsur Fe dan Al. Unsur Mn menurun sangat nyata pada varietas M 445-51 dan Q 90 oleh cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp*. Penurunan unsur Mn terbesar terjadi pada tebu varietas Q 90 yang diinokulasi *Acaulospora sp* yaitu 19.58 %.

5.3. Percobaan 2. Efektifitas Cendawan MVA terhadap Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 pada Tanah Inceptisol

Untuk menentukan tingkat efektifitas cendawan MVA pada tebu, perlu diketahui respon pertumbuhan tebu oleh pengaruh inokulasi cendawan MVA. Pada Tabel 5.20 disajikan data pengamatan pertumbuhan tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 yang masing-masing diinokulasi dengan cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* serta dibandingkan dengan tebu tanpa mikoriza.

Tabel 5.20. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Pertumbuhan Tebu Varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 Umur 3 bulan

Perlakuan	Diameter Batang (Cm)	Tinggi Tanaman (Cm)	Jumlah Anakan	Fosfat Daur (%P ₂ O ₅)	Derajat Infeksi (%)	Berat Kering Tanaman (Gram)	Berat Kering Akar (Gram)
Varietas M-442-51							
Tanpa Mikoriza	1.93	178.83	14.67	0.51	0.00	689.50	161.00
Indigenous	2.25	198.83	18.00	0.79	39.17	1,174.50	205.00
<i>Glomus sp</i>	2.17	196.00	19.33	0.78	35.94	973.60	217.30
<i>Acaulospora sp</i>	2.29	192.17	18.00	0.75	25.75	813.20	172.80
Rata-rata	2.16	191.48	17.50	0.71	25.22	912.70	189.00
Varietas PS 61							
Tanpa Mikoriza	2.08	167.67	14.33	0.55	0.00	633.80	165.30
Indigenous	2.23	193.33	16.00	0.80	29.60	827.80	203.60
<i>Glomus sp</i>	2.32	188.67	13.33	0.79	30.86	813.30	201.10
<i>Acaulospora sp</i>	2.18	197.33	17.00	0.77	26.75	805.70	181.70
Rata-rata	2.20	186.75	15.17	0.74	21.80	770.15	187.93
Varietas Q 90							
Tanpa Mikoriza	1.94	187.33	14.33	0.59	0.00	621.30	125.00
Indigenous	2.28	204.17	16.00	0.80	38.59	820.00	196.70
<i>Glomus sp</i>	2.25	201.50	13.00	0.79	19.11	788.80	189.90
<i>Acaulospora sp</i>	2.20	193.50	15.67	0.72	19.09	787.80	189.80
Rata-rata	2.17	196.63	14.75	0.73	19.20	754.48	175.40
LSD 5%	0.27	16.34	4.74	0.09	11.75	101.33	32.34
LSD 5% (Trial Average)	0.19	11.39	3.30	0.06	8.19	70.65	22.54

Berdasarkan hasil pengamatan parameter pertumbuhan tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 pada Tabel 5.20 dapat ditentukan efektifitas cendawan MVA terhadap masing-masing varietas seperti yang disajikan dalam Tabel 5.21

Tabel 5.21. Efektifitas cendawan MVA pada beberapa Parameter Pertumbuhan Tebu Varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90

Perlakuan	Diameter Batang (Cm)	Tinggi Tanaman (Cm)	Jumlah Anakan	Fosfat Daun (%P ₂ O ₅)	Derajat Infeksi (%)	Berat Kering Tanaman (Gram)	Berat Kering Akar (Gram)
Varietas M-442-51							
Indigenous	**	**	0	***	***	***	**
<i>Glomus sp</i>	0	**	0	***	***	**	***
<i>Acaulospora sp</i>	**	0	0	**	**	*	0
Varietas PS 61							
Indigenous	0	**	0	***	**	**	**
<i>Glomus sp</i>	0	**	0	***	***	**	**
<i>Acaulospora sp</i>	0	**	0	**	**	**	0
Varietas Q 90							
Indigenous	**	**	0	***	***	**	**
<i>Glomus sp</i>	**	0	0	***	*	**	**
<i>Acaulospora sp</i>	0	0	0	*	*	**	**

Keterangan : 0 = Tidak efektif * = Kurang efektif
 ** = Cukup efektif *** = Sangat efektif

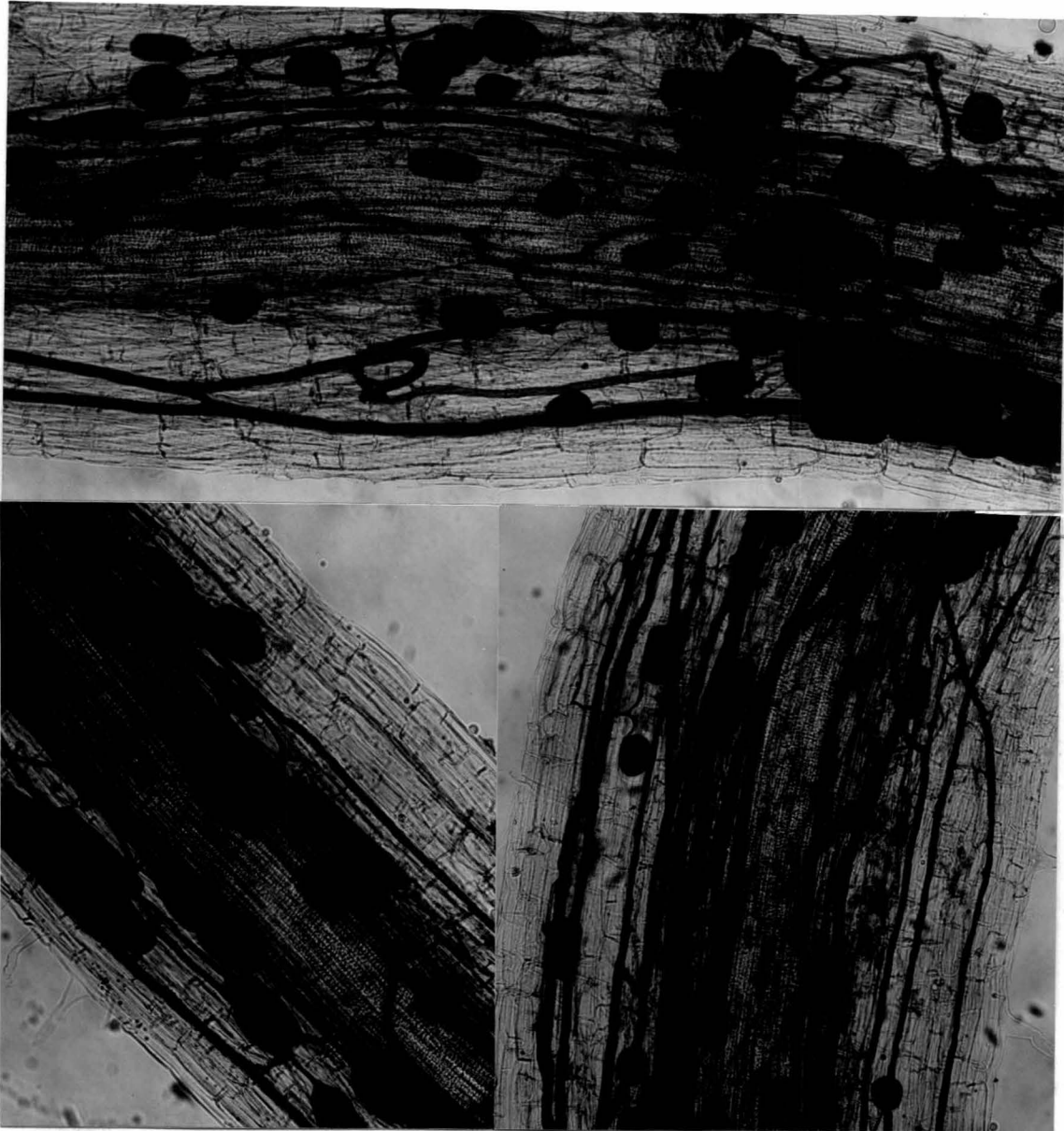
Berdasarkan kriteria efektifitas cendawan MVA, Tabel 5.21 menunjukkan bahwa cendawan MVA Indigenous sangat efektif pada tebu varietas M 442-51 terutama terhadap parameter fosfat daun, derajat infeksi akar, dan berat kering tanaman. Demikian pula cukup efektif terhadap diameter, tinggi tanaman dan berat kering akar. Pada tebu varietas Ps 61 sangat efektif hanya terhadap fosfat daun dan cukup efektif terhadap tinggi tanaman, derajat infeksi, berat kering tanaman dan berat kering akar. Sedangkan pada tebu varietas Q 90 sangat efektif terhadap fosfat daun dan derajat infeksi akar, serta cukup efektif terhadap diameter, tinggi tanaman, berat kering tanaman dan berat kering akar.

Cendawan MVA *Glomus sp* sangat efektif pada varietas M 442-51 terutama terhadap parameter fosfat daun, derajat infeksi dan berat kering akar. Pada varietas Ps 61 sangat efektif terhadap parameter derajat infeksi dan fosfat daun, sedang pada tebu Q 90 sangat efektif hanya terhadap fosfat daun.

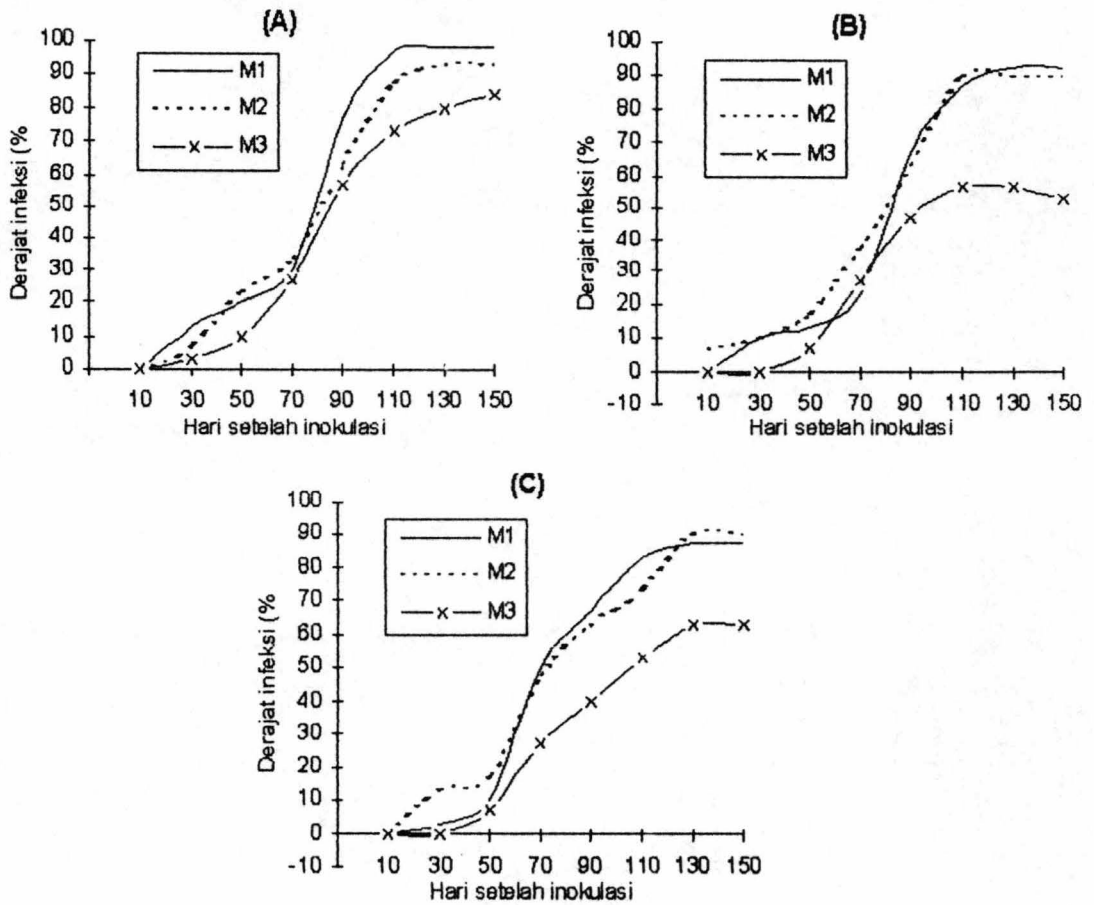
Cendawan MVA *Acaulospora sp* cukup efektif terhadap parameter fosfat daun dan derajat infeksi akar tebu varietas M 442-51 dan Ps 61. Sedang pada tebu Q 90 kurang efektif terhadap kedua parameter tersebut, namun cukup efektif terhadap berat kering tanaman dan berat kering akar.

5.4. Percobaan 3. Infektivitas Cendawan MVA terhadap Tebu Bibit Bagal Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 pada Tanah Inceptisol

Berdasarkan data pengamatan derajat infeksi cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 dapat digambarkan kurva pola perkembangan infeksi seperti pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.4 menunjukkan akar tebu yang terinfeksi cendawan MVA.



Gambar 5.4. Kolonisasi Cendawan MVA (A) Indigenous (300 x), (B) *Glomus* sp (300 x), dan (C) *Acaulospora* sp (300 x), pada Akar Tebu Bibit Bagal Varietas M 442-51 Umur 6 Bulan



Gambar 5.5. Pola Perkembangan Infeksi Cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* pada Tebu Bibit Bagal Varietas (A) M 442-51, (B) Ps 61, (C) Q 90, (M1 = Indigenus, M2 = *Glomus sp*, M3 = *Acaulospora sp*)

Pada Gambar 5.5 dapat dijelaskan bahwa pola perkembangan infeksi cendawan MVA pada ketiga varietas tebu bibit bagal mempunyai bentuk kurva sigmoid. Pengamatan derajat infeksi pada 10 hari setelah inokulasi belum menunjukkan terjadinya infeksi kecuali pada akar tebu Ps 61 oleh cendawan MVA *Glomus sp* (Gambar 5.5 B). Umumnya 30 hari setelah inokulasi, infeksi telah terjadi pada ketiga varietas tebu bibit bagal kecuali oleh *Acaulospora sp* pada varietas Ps 61 dan Q 90

(Gambar 5.5 B dan Gambar 5.5 C). Fase lamban terjadi sampai 70 hari setelah inokulasi, sedang fase eksponen antara 70 hari sampai 110 hari setelah inokulasi dan kemudian terjadi fase konstan.

Data penunjang pertumbuhan akar tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 tersaji pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Rata-rata Panjang Akar Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 Tanpa atau dengan Inokulasi Cendawan MVA

Perlakuan	Panjang akar (cm)
Varietas M 442-51	
Tanpa mikoriza	30.4 ± 12.2
Indigenous	38.4 ± 13.7
<i>Glomus sp</i>	32.5 ± 09.9
<i>Acaulospora sp</i>	32.4 ± 10.9
Varietas Ps 61	
Tanpa mikoriza	31.2 ± 14.6
Indigenous	48.2 ± 28.7
<i>Glomus sp</i>	34.9 ± 12.4
<i>Acaulospora sp</i>	35.4 ± 15.2
Varietas Q 90	
Tanpa mikoriza	20.9 ± 09.1
Indigenous	43.3 ± 15.5
<i>Glomus sp</i>	31.6 ± 14.0
<i>Acaulospora sp</i>	28.7 ± 11.0

Rata-rata panjang akar tebu pada Tabel 5.22 menunjukkan bahwa akar tebu ketiga varietas yang diinokulasi cendawan MVA Indigenous menghasilkan akar terpanjang. Sedangkan tebu tanpa cendawan MVA menghasilkan akar terpendek. Dari ketiga jenis cendawan MVA, inokulasi *Acaulospora sp* menghasilkan akar terpendek kecuali pada varietas Ps 61. Sedang penampakan nysta panjang akar tebu varietas M 442-51, Ps 60, dan Q 90 yang tidak diinokulasi maupun diinokulasi cendawan MVA dapat dilihat pada Gambar 5.6, 5.7, dan 5.8.



Gambar 5.6. Panjang Akar Tebu Varietas M 442-51 yang Diinokulasi Cendawan MVA Indigenous (M_1), *Glomus sp* (M_2), *Acaulospora sp* (M_3), dan Tanpa Mikoriza (M_0)



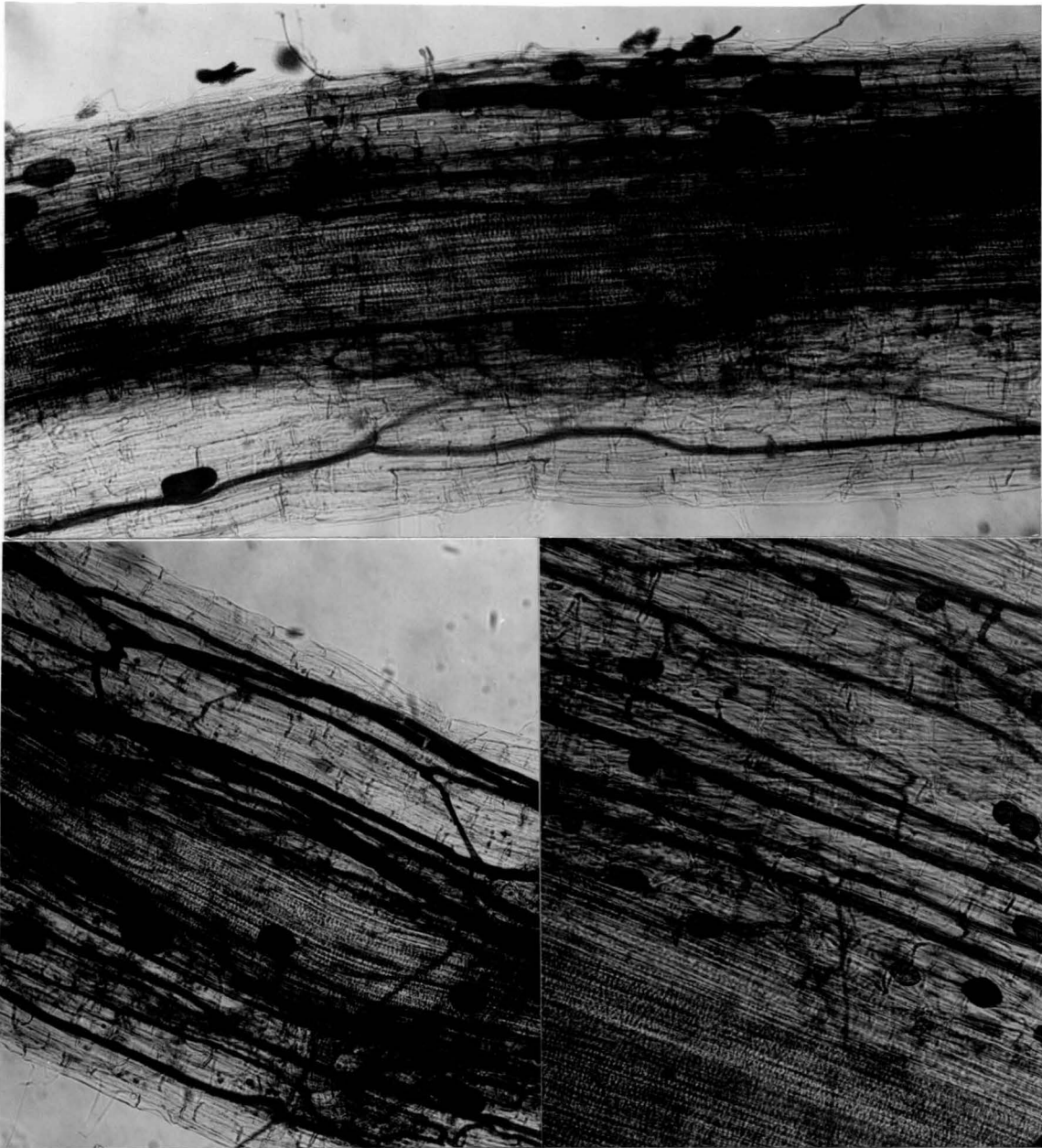
Gambar 5.7. Panjang Akar Tebu Varietas Ps 61 yang Diinokulasi Cendawan MVA Indigenous (M_1), *Glomus sp* (M_2), *Acaulospora sp* (M_3), dan Tanpa Mikoriza (M_0)



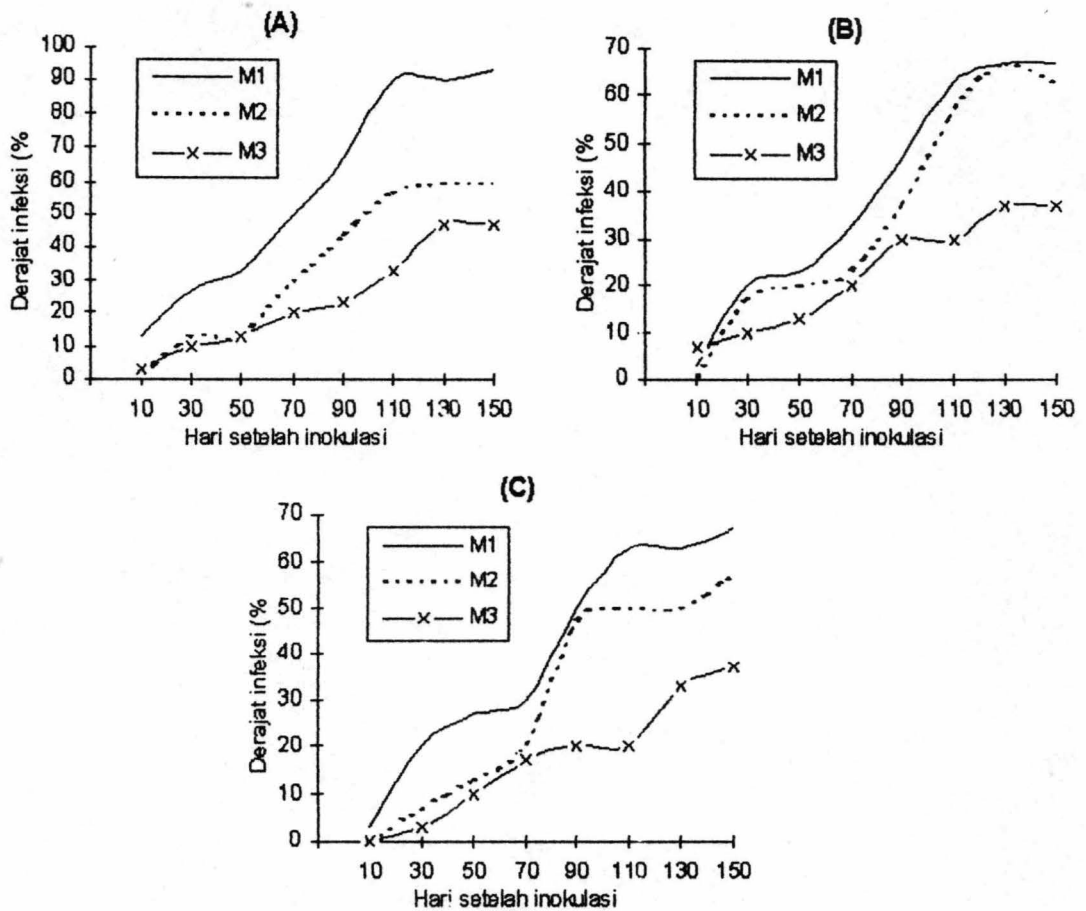
Gambar 5.8. Panjang Akar Tebu Varietas Q 90 yang Diinokulasi Cendawan MVA Indigenous (M_1), *Glomus sp* (M_2), *Acaulospora sp* (M_3), dan Tanpa Mikoriza (M_0)

5.5. Percobaan 4. Infektivitas Cendawan MVA terhadap Tebu Mikropropagasi Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 pada Tanah Inceptisol

Hasil pengamatan infeksi akar oleh cendawan MVA pada masing-masing tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 dapat digambarkan kurva perkembangan infeksi seperti pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.9 menunjukkan kolonisasi cendawan MVA pada akar tebu.



Gambar 5.9. Kolonisasi Cendawan MVA (A) Indigenous (300 x), (B) *Glomus sp* (300 x) dan (C) *Acaulospora sp* (300 x) pada Akar Tebu Mikropropagasi Varietas M 442-51 Umur 6 Bulan



Gambar 5.10. Pola Perkembangan Infeksi Cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* pada Tebu Mikropropagasi Varietas (A) M 442-51, (B) Ps 61, (C) Q 90, (M1 = Indigenous, M2 = *Glomus sp*, M3 = *Acaulospora sp*)

Pada Gambar 5.10 tampak bahwa pola perkembangan infeksi cendawan MVA pada akar tebu mikropropagasi juga mengikuti bentuk kurva sigmoid. Pengamatan 10 hari setelah inokulasi telah terjadi infeksi kecuali *Glomus sp* pada semua varietas dan *Acaulospora sp* pada varietas Q 90. Rata-rata derajat infeksi cendawan MVA Indigenous adalah 75.66 %, *Glomus sp* 60.00 %, dan *Acaulospora sp* sebesar 40.33 %.

5.6. Percobaan 5. Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA Indigenus dan *Glomus sp* pada Pertumbuhan Tebu Varietas M 442-51

5.6.1. Tinggi tanaman

Perbedaan pertambahan tinggi tanaman tebu varietas M 442-51 sangat ditentukan oleh aras takaran inokulum cendawan MVA. Sedang pengaruh jenis cendawan MVA dan interaksi antara aras takaran inokulum cendawan dengan jenis cendawan MVA tidak nyata (Lampiran 12). Rata-rata tinggi tanaman pada beberapa aras takaran inokulum tertera pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23. Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA terhadap Tinggi Tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	6 minggu	8 minggu	10 minggu	12 minggu
Tanpa Mikoriza	139.13 a	155.12 a	178.60 a	211.67
100 gr	149.21 ab	162.40 ab	190.05 ab	212.92
200 gr	155.10 b	167.40 b	192.51 ab	215.00
300 gr	157.20 b	170.11 b	194.52 b	215.83
400 gr	152.22 ab	168.81 b	189.70 ab	212.50
500 gr	147.61 ab	164.13 ab	189.34 ab	212.50
BNJ 0.05	15.11	11.26	14.98	t n

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 % (t n = tidak nyata)

Rata-rata tinggi tanaman tebu pada Tabel 5.23 menunjukkan bahwa pemberian inokulum aras takaran 300 gr per pot pada umur 6, 8, dan 10 minggu menunjukkan hasil tertinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan pemberian inokulum 200 gr ataupun 400 gr. Pengaruh beberapa aras takaran inokulum cendawan tidak nyata terhadap pertambahan tinggi tanaman umur 12 minggu. Namun kecenderungan peningkatan tinggi tanaman pada aras takaran inokulum yang sama dengan tebu umur 6, 8, dan 10 minggu.

5.6.2. Kadar NPK daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian berbagai aras takaran inokulum cendawan MVA berpengaruh nyata terhadap kadar NPK dalam daun tebu. Sebaliknya pengaruh jenis cendawan MVA dan interaksi antara aras takaran inokulum dengan jenis cendawan tidak nyata (Lampiran 13). Rata-rata kadar NPK dalam daun tebu dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24. Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA terhadap Kadar N, P, K Daun Tebu Varietas M 442-51

Perlakuan	N(%)	P(%)	K(%)
Tanpa mikoriza	1.34 a	0.97 a	1.13 a
100 gr	1.49 b	1.00 ab	1.32 b
200 gr	1.48 b	1.01 ab	1.31 b
300 gr	1.48 b	1.03 b	1.25 ab
400 gr	1.48 b	1.00 ab	1.23 ab
500 gr	1.45 b	1.01 ab	1.22 ab
BNJ 0.05	0.08	0.05	0.17

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5%

Pada Tabel 5.24 tampak bahwa rata-rata kadar N, P, dan K terendah terdapat dalam daun tebu tanpa mikoriza. Kadar N dan K tertinggi pada pemberian aras takaran inokulasi cendawan MVA 100 gr yaitu 1.49 % dan 1.32 % atau peningkatan sebesar 10.74 % dan 17.30 % dibandingkan dengan tebu tanpa mikoriza. Pemberian aras takaran inokulum cendawan MVA 100 gr tidak berbeda nyata dengan pemberian 200 gr, 300 gr, 400 gr dan 500 gr terhadap kadar N dalam daun. Demikian pula pada kadar K, aras takaran 100 gr tidak berbeda nyata dengan 200 gr. Untuk rata-rata kadar P daun masih terjadi peningkatan sampai pemberian aras takaran 300 gr yaitu sebesar 6.20 %. Penambahan aras takaran inokulasi cendawan MVA menjadi 400 gr ternyata

menghasilkan rata-rata kadar daun tebu yang tidak berbeda nyata dengan aras takaran 300 gr.

5.6.3. Derajat infeksi dan jumlah anakan

Tidak terdapat interaksi antara aras takaran inokulum dengan jenis cendawan MVA terhadap derajat infeksi akar dan jumlah anakan tebu varietas M 442-51. Namun demikian aras takaran inokulum dan jenis cendawan MVA berpengaruh nyata terhadap derajat infeksi akar. Sedang jumlah anakan tebu nyata dipengaruhi oleh perlakuan jenis cendawan MVA (Lampiran 14). Rata-rata derajat infeksi akar dan jumlah anakan tebu tersaji dalam Tabel 5.25.

Tabel 5.25. Pengaruh Aras Takaran Inokulum dan Pengaruh Jenis Cendawan MVA terhadap Derajat Infeksi Akar dan Jumlah Anakan

Perlakuan	Derajat Infeksi %	Jumlah Anakan
Tanpa mikoriza	00.00 a	9.67
100 gr	23.67 b	9.25
200 gr	30.96 bc	10.84
300 gr	41.35 d	10.92
400 gr	37.04 cd	11.00
500 gr	29.82 bc	9.25
BNJ 0.05	8.17	t n
Indigenous	29.10 b	11.36 b
<i>Glomus sp</i>	25.35 a	09.11 a
BNJ 0.05	3.14	1.40

Keterangan : Angka-angka dalam yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 % (t n = tidak nyata)

Pengaruh aras takaran cendawan MVA yang diberikan pada tebu varietas M 442-51 terhadap derajat infeksi akar sangat berbeda. Derajat infeksi tertinggi terdapat pada akar yang diberi inokulum dengan aras takaran 300 gr yaitu 41,35 % dan tidak berbeda nyata dengan pemberian aras takaran 400 gr tetapi nilai derajat infeksi

menurun menjadi 37.04 %. Penurunan nilai derajat infeksi berlanjut sampai pada aras takaran 500 gr.

Cendawan MVA berbeda nyata pengaruhnya terhadap derajat infeksi akar dan jumlah anakan tebu . Terlihat pada Tabel 5.25 bahwa derajat infeksi dan jumlah anakan tebu yang diinokulasi cendawan MVA Indigenous lebih besar dibanding *Glomus sp.*

5.6.4. Unsur hara tanah

Perubahan bahan organik dan pH tanah pada berbagai aras takaran inokulum cendawan MVA tersaji pada Tabel 5.26. Demikian unsur N dan K dalam Tabel 5.27, P₂O₅ total dan P₂O₅ tersedia pada Tabel 5.28, Fe, Al ,dan Mn pada Tabel 5.29. Sedang unsur Ca, Mg, Cu, dan Zn pada Lampiran 15 dan 16.

Tabel 5.26. Rata-rata Bahan Organik dan pH Tanah pada Berbagai Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Perlakuan	Bahan organik (%)		pH	
	a	b	a	b
Mikoriza Indigenous				
0 gr	1.280	1.157	4.883	5.877
100 gr	1.373	1.233	5.080	5.993
200 gr	1.393	1.293	4.873	5.987 *
300 gr	1.407	1.260 *	4.883	6.150 **
400 gr	1.360	1.227 **	5.033	6.097 *
500 gr	1.347	1.287	4.957	6.047 *
Mikoriza <i>Glomus sp</i>				
0 gr	1.407	1.280	5.390	6.390
100 gr	1.380	1.267	4.987	6.280 *
200 gr	1.300	1.230	5.133	6.190 **
300 gr	1.373	1.267 *	5.227	6.257 **
400 gr	1.387	1.393	5.443	6.657 **
500 gr	1.320	1.227	5.047	5.990 *

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Tabel 5.26 menunjukkan bahwa baik pada mikoriza Indigenus maupun *Glomus sp* terjadi penurunan bahan organik yang tidak nyata pada perlakuan tanpa mikoriza sampai pemberian inokulum 200 gr. Penyerapan bahan organik oleh tebu tampak nyata pada takaran 300 gr dan sangat nyata pada takaran inokulum mikoriza Indigenus 400 gr.

Pemberian mikoriza Indigenus pada tebu dapat meningkatkan pH tanah secara nyata mulai takaran inokulasi 200 gr dan sangat nyata pada 300 gr. Sedang cendawan MVA *Glomus sp* sudah mulai nyata meningkatkan pH tanah pada takaran 100 gr dan sangat nyata pada takaran 200 gr, 300 gr, dan 400 gr.

Tabel 5.27. Rata-rata Nilai Unsur Nitrogen dan Kalium pada Beberapa Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Perlakuan	Nitrogen(%)		K ₂ O (mg/100gr)	
	a	b	a	b
Mikoriza Indigenous				
0 gr	0.110	0.080	20.900	34.133
100 gr	0.113	0.087	21.300	32.933
200 gr	0.117	0.090	21.300	41.400
300 gr	0.117	0.083 **	21.700	47.400 *
400 gr	0.117	0.080 **	21.700	36.167 *
500 gr	0.117	0.077 *	22.900	37.367
Mikoriza <i>Glomus sp</i>				
0 gr	0.097	0.093	23.700	33.767
100 gr	0.103	0.080	22.100	51.033
200 gr	0.107	0.080	20.067	65.467
300 gr	0.120	0.093 *	20.900	30.133
400 gr	0.113	0.087 *	22.100	41.767 *
500 gr	0.107	0.093	22.100	33.733

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Dari Tabel 5.27 dapat dijelaskan bahwa cendawan MVA Indigenous nyata menurunkan nitrogen sebesar 29.06 % dan menaikkan K₂O sebesar 118.43 % pada aras

takaran 300 gr. Sedang cendawan MVA *Glomus sp* menurunkan nitrogen sebesar 23.00 % dan menaikkan K_2O sebesar 88.99 % pada aras takaran 400 gr.

Tabel 5.28. Rata-rata Nilai Fosfat pada Beberapa Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Perlakuan	P ₂ O ₅ Total (mg/100 gr)		P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	
	a	b	a	b
Mikoriza Indigenus				
0 gr	98.167	92.500	50.327	73.733
100 gr	105.500	103.700	72.330	87.447
200 gr	99.133	92.367	52.567	65.193
300 gr	106.267	103.333	71.920	86.770
400 gr	97.633	96.433	49.917	77.103 **
500 gr	101.833	99.333	58.267	74.183
Mikoriza <i>Glomus sp</i>				
0 gr	111.733	110.067	58.473	99.360
100 gr	102.667	98.767	69.877	89.443
200 gr	101.400	100.467	69.477	89.917 *
300 gr	109.733	104.567	59.490	98.687 *
400 gr	108.600	107.167	69.587	101.157 *
500 gr	99.700	70.500	45.857	79.803

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Tabel 5.28 menunjukkan bahwa cendawan MVA pada aras takaran sampai 500 gr/pot tidak nyata menurunkan P₂O₅ total. Namun demikian inokulasi cendawan MVA tersebut nyata meningkatkan P₂O₅ tersedia pada rhizosfer tebu M 442-51. Tampak bahwa aras takaran 400 gr inokulasi Indigenus sangat nyata meningkatkan P₂O₅ tersedia sebesar 54.46 %. Sedang inokulum *Glomus sp* mulai nyata meningkatkan P₂O₅ tersedia pada aras takaran 200 gr sampai 400 gr. Nilai terbesar dari perubahan tersebut adalah 65.89 % yaitu pada aras takaran 300 gr.

Tabel 5.29. Rata-rata Nilai Unsur Fe, Al, dan Mn pada Beberapa Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Perlakuan	Fe (ppm)		Al (mc/100 gr)		Mn (ppm)	
	a	b	a	b	a	b
Mikoriza Indigenous						
0 gr	81.067	49.233	0.000	0.000	86.267	58.800
100 gr	75.500	45.867	0.003	0.000	84.900	66.533 *
200 gr	82.533	45.800 **	0.000	0.000	86.633	59.067 **
300 gr	80.067	41.333 **	0.000	0.000	85.433	52.533 **
400 gr	76.900	41.567 **	0.000	0.000	85.633	52.733 *
500 gr	79.133	43.100 **	0.000	0.000	85.833	57.367 *
Mikoriza <i>Glomus sp</i>						
0 gr	65.300	30.433	0.003	0.000	84.733	52.000
100 gr	76.633	35.733 *	0.000	0.000	85.003	52.533
200 gr	74.433	35.900 *	0.000	0.000	85.100	53.467
300 gr	71.333	32.533 **	0.003	0.000	84.867	46.033 *
400 gr	65.167	23.000 **	0.000	0.000	84.067	34.533 **
500 gr	75.100	44.267	0.007	0.000	85.500	56.667 **

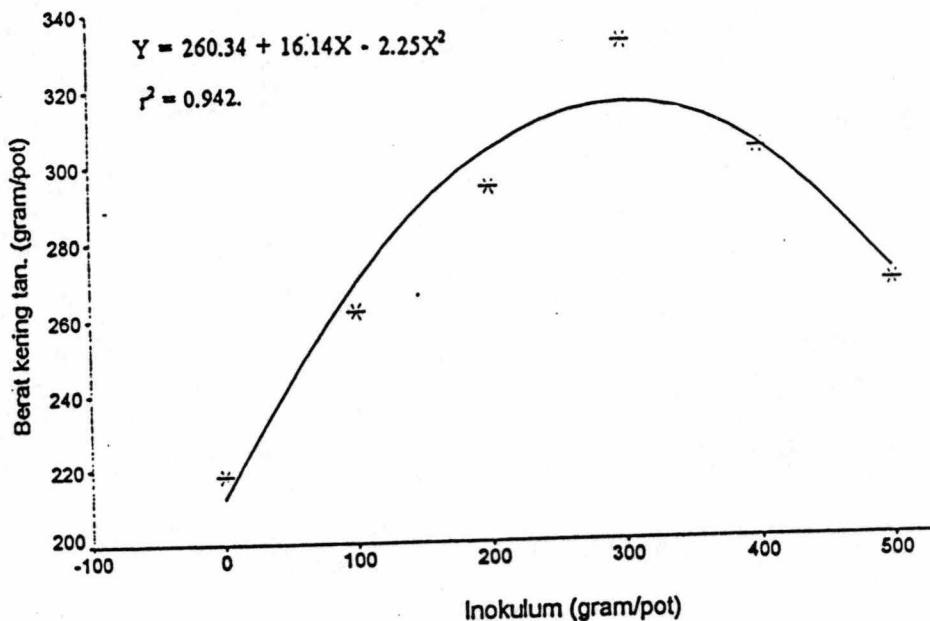
Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Pada Tabel 5.29 tampak bahwa cendawan MVA berpengaruh terhadap penurunan unsur hara mikro Fe, Al, dan Mn. Cendawan MVA Indigenous maupun *Glomus sp* tidak berpengaruh nyata terhadap unsur Al. Namun demikian berpengaruh nyata menurunkan unsur Mn. Umumnya Indigenous berpengaruh sangat nyata pada aras takaran 300 gr sedang *Glomus sp* pada takaran 400 gram.

Penurunan unsur Fe sangat nyata oleh Indigenous mulai aras takaran 200 gram sedang pengaruh *Glomus sp* terhadap unsur Fe mulai nyata pada tebu aras takaran 100 gram sampai aras takaran 400 gram dan pemberian 500 gram inokulum tidak menunjukkan penurunan yang nyata.

5.6.5. Pendugaan aras takaran inokulum cendawan MVA pada berat kering tanaman tebu M 442-51

Analisis ragam data berat kering tanaman menunjukkan bahwa aras takaran inokulum cendawan MVA berpengaruh nyata (Lampiran 14) dan berdasarkan uji linieritas mempunyai hubungan kuadratik (Lampiran 17). Gambar 5.11 menyajikan hubungan antara takaran inokulum cendawan MVA dengan berat kering tanaman.



Gambar 5.11. Hubungan Antara Takaran Inokulum Cendawan MVA dengan Berat Kering Tanaman

Dari Gambar 5.11 dapat dijelaskan bahwa antara berat kering tanaman dengan aras takaran cendawan MVA mempunyai hubungan kuadratik dengan persamaan garis regresi $Y = 260.34 + 16.14X - 2.25X^2$ dan $r^2 = 0.942$. Nilai r^2 yang tinggi menunjukkan bahwa hubungan antara aras takaran dan berat kering tanaman sangat nyata.

5.7. Percobaan 6. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA dan Aras Takaran Pupuk P terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu M 442-51

5.7.1. Tinggi tanaman

Terdapat interaksi antara aras takaran pupuk TSP dengan cendawan MVA terhadap tinggi tebu umur 3 bulan dan 9 bulan. Sedang tinggi tebu umur 6 bulan dan 12 bulan lebih dipengaruhi oleh aras takaran pupuk TSP (Lampiran 18). Rata-rata tinggi tebu umur 3 bulan dan 9 bulan disajikan dalam Tabel 5.30 sedang tinggi tebu umur 6 dan 12 bulan pada Tabel 5.31.

Tabel 5.30. Pengaruh Aras Takaran TSP dan Cendawan MVA terhadap Tinggi Tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	
	3 bulan	9 bulan
Indigenous		
0 % TSP	23.42 a	240.00 a
25 % TSP	37.35 bcde	270.30 c
50 % TSP	45.90 f	285.00 d
75 % TSP	40.27 def	244.00 ab
100 % TSP	23.18 a	269.33 c
200 % TSP	39.49 cdef	274.30 cd
Glomus sp		
0 % TSP	32.30 bc	267.00 c
25 % TSP	41.30 def	253.33 b
50 % TSP	44.70 ef	276.33 cd
75 % TSP	35.55 bcd	269.00 c
100 % TSP	30.37 ab	266.67 c
200 % TSP	30.70 ab	269.00 c
BNJ 0.05	7.55	12.74

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Dari Tabel 5.30 dapat dijelaskan bahwa berbagai aras takaran TSP pada kedua cendawan MVA memberikan respon berbeda terhadap tinggi tanaman. Respon tertinggi terdapat pada Indigenous yang dipupuk 50 % TSP yaitu 45.90 cm untuk

pengamatan 3 bulan dan 285 cm untuk pengamatan 9 bulan. Demikian pula pada cendawan *Glomus sp*, takaran 50 % TSP memberikan respon tertinggi diantara aras takaran yang dicobakan.

Tabel 5.31. Rata- rata Tinggi Batang Tebu Varietas M 442-51 pada Berbagai Aras Takaran TSP

Perlakuan	Tinggi Batang (cm)	
	6 bulan	12 bulan
0 % TSP	193.20 ab	293.10 ab
25 % TSP	201.20 b	294.10 ab
50 % TSP	204.10 b	300.90 b
75 % TSP	200.00 b	297.10 b
100 % TSP	197.20 ab	291.70 ab
200 % TSP	167.70 a	284.10 a
BNJ 0.05	30.46	11.57

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Pada berbagai aras takaran pupuk TSP yang dicobakan tampak bahwa aras takaran TSP 50 % memberikan respon tertinggi terhadap rata-rata tinggi batang meskipun berdasarkan uji BNJ 5 % tidak berbeda nyata dengan aras takaran TSP 0 %, 25 %, 75 %, dan 100%.

5.7.2. Diameter tanaman

Tidak terdapat interaksi antara aras takaran pupuk TSP dengan jenis cendawan MVA terhadap diameter tanaman. Demikian pula pengaruh jenis cendawan MVA terhadap pertambahan diameter tebu varietas M 442-51. Sedang aras takaran pupuk TSP berpengaruh nyata hanya pada tebu umur 9 bulan dan 12 bulan (Lampiran 19). Rata-rata diameter tebu pada berbagai aras takaran pupuk TSP tersaji dalam Tabel 5.32.

Tabel 5.32. Rata- rata Diameter Batang Tebu Varietas M 442-51 pada Berbagai Aras Takaran TSP

Perlakuan	Diameter Batang (cm)			
	3 bulan	6 bulan	9 bulan	12 bulan
0 % TSP	1.36	2.93	2.75 ab	2.82 ab
25 % TSP	1.51	3.03	2.76 ab	2.79 ab
50 % TSP	1.52	2.98	2.81 b	2.91 b
75 % TSP	1.54	2.96	2.84 b	2.89 ab
100 % TSP	1.54	2.98	2.73 ab	2.64 ab
200 % TSP	1.44	2.95	2.45 a	2.57 a
BNJ 0.05	t n	t n	0.33	0.32

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 % (t n = tidak nyata)

Tabel 5.32 menunjukkan bahwa aras takaran 75 % TSP memberikan respon terbesar terhadap diameter batang pada pengukuran umur 9 bulan yaitu 2.84 cm dan aras takaran 50 % TSP pada umur 12 bulan yaitu 2.91 cm. Sedang respon terkecil terdapat pada aras takaran TSP 200 %.

5.7.3. Derajat infeksi akar

Terdapat interaksi antara aras takaran pupuk TSP dengan jenis cendawan MVA yang diinokulasikan terhadap derajat infeksi akar tebu M 442-51 umur 6 bulan dan 9 bulan. Sedang nilai derajat infeksi akar tebu umur 3 bulan sangat ditentukan oleh pemberian berbagai aras takaran pupuk TSP dan jenis cendawan MVA (Lampiran 20). Rata- rata nilai derajat infeksi akar tercantum pada Tabel 5.33 dan Tabel 5.34.

Tabel 5.33. Pengaruh Aras Takaran TSP dan Cendawan MVA terhadap Derajat Infeksi Akar Tebu Umur 6 Bulan dan 9 Bulan

Perlakuan	Derajat Infeksi (%)	
	6 bulan	9 bulan
Indigenous		
0 % TSP	34.48 b	57.57 de
25 % TSP	36.57 b	50.53 cd
50 % TSP	47.08 cd	53.12 cd
75 % TSP	50.48 de	63.83 ef
100 % TSP	43.69 c	40.73 ab
200 % TSP	32.44 b	37.82 a
<i>Glomus sp</i>		
0 % TSP	34.82 b	46.92 bc
25 % TSP	35.24 b	54.19 cd
50 % TSP	54.71 e	68.75 f
75 % TSP	42.44 c	54.03 cd
100 % TSP	32.49 b	46.31 bc
200 % TSP	23.98 a	34.02 a
BNJ 0.05	5.16	7.98

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Tabel 5.33 menunjukkan bahwa inokulasi cendawan MVA *Glomus sp* dengan pemberian 50 % pupuk TSP memberikan respon terbesar terhadap infeksi akar, diikuti oleh cendawan MVA Indigenous pada aras takaran 75 % TSP. Tampak bahwa penambahan TSP akan menurunkan persentase infeksi akar. Hal ini terlihat pada pemberian 200 % TSP baik pada cendawan MVA Indigenous maupun *Glomus sp*.

Tabel 5.34. Pengaruh Cendawan MVA dan Pengaruh Aras Takaran TSP terhadap Derajat Infeksi Akar Tebu Umur 3 Bulan

Perlakuan	Derajat Infeksi Akar Umur 3 bulan
0 % TSP	17.52 a
25 % TSP	23.67 ab
50 % TSP	30.16 bc
75 % TSP	40.71 d
100 % TSP	36.03 cd
200 % TSP	29.82 bc
BNJ 0.05	8.59
Indigenous	32.43 b
<i>Glomus sp</i>	26.87 a
BNJ 0.05	3.30

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Tabel 5.34 menunjukkan bahwa aras takaran TSP berpengaruh nyata terhadap derajat infeksi akar. Aras takaran 75 % memberikan persentase terbesar yaitu 40.71 % dan aras takaran ini tidak berbeda nyata dengan aras takaran 100 %. Demikian pula pada jenis cendawan MVA berpengaruh terhadap infeksi akar. Nilai derajat infeksi oleh Indigenous lebih besar dibanding infeksi *Glomus sp.*

5.7.4. Kadar NPK daun dan P nira

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara pemberian berbagai aras takaran pupuk TSP dengan jenis cendawan MVA terhadap kadar N dan P dalam daun dan kadar P dalam nira. Tidak demikian terhadap kadar K dalam daun yang terjadi interaksi antara kedua perlakuan tersebut. Sedang kadar P daun dan P dalam nira nyata dipengaruhi oleh pemberian berbagai aras takaran pupuk TSP (Lampiran 21). Rata-rata kadar P daun dan P dalam nira tersaji dalam Tabel 5.35 dan kadar K daun pada Tabel 5.36.

Tabel 5.35. Pengaruh Aras Takaran TSP terhadap Kadar P daun dan P dalam Nira

Perlakuan	P Daun (%)	P nira (mg/l)
0 % TSP	0.95 a	132.01 a
25 % TSP	0.99 ab	197.03 b
50 % TSP	1.00 b	256.00 c
75 % TSP	1.01 b	326.00 e
100 % TSP	1.00 b	294.04 d
200 % TSP	1.00 b	274.00 cd
BNJ 0.05	0.04	28.10

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Respon peningkatan kadar P daun dan P dalam nira seiring dengan peningkatan aras takaran TSP sampai pemberian 75 % TSP yang kemudian berkurang kadarnya dengan penambahan takaran TSP.

Tabel 5.36. Pengaruh Aras Takaran TSP dan Cendawan MVA terhadap Kadar K Daun

Perlakuan	Kadar K Daun (%)
Indigenous	
0 % TSP	1.30 a
25 % TSP	1.34 ab
50 % TSP	1.48 fg
75 % TSP	1.43 de
100 % TSP	1.37 bc
200 % TSP	1.41 cd
<i>Glomus sp</i>	
0 % TSP	1.46 efg
25 % TSP	1.50 g
50 % TSP	1.40 cd
75 % TSP	1.44 def
100 % TSP	1.42 de
200 % TSP	1.37 bc
BNJ 0.05	0.04

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Tabel 36 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan cendawan *Glomus sp* dengan pemberian 25 % pupuk TSP berpengaruh nyata terhadap kadar K daun dengan persentase K terbesar yaitu 1.50 %. Sedang respon terendah pada cendawan Indigenous yang diinokulasikan bersama-sama dengan pemberian 0 % pupuk TSP (tanpa pupuk TSP). Inokulasi cendawan Indigenous meningkatkan kadar K daun sampai pemberian 50 % pupuk TSP sedang *Glomus sp* sampai 25 % pupuk TSP.

5.7.5. Komponen produksi tebu

Interaksi antara jenis cendawan MVA dengan aras takaran pupuk TSP terhadap komponen produksi tebu tidak nyata. Demikian pula pengaruh jenis cendawan MVA. Komponen produksi tebu hanya dipengaruhi oleh pemberian berbagai aras takaran

pupuk TSP (Lampiran 23). Rata-rata komponen produksi tebu (bobot tebu, rendemen, dan hablur gula) disajikan dalam Tabel 5.37.

Tabel 5.37. Pengaruh Aras Takaran TSP terhadap Komponen Produksi Tebu Varietas M 442-51

Perlakuan	Rendemen %	Tebu (Ku/Ha)	Hablur (Ku/Ha)
0% TSP	6.55 ab	877.30 a	57.46 ab
25 % TSP	6.84 b	1117.90 bc	76.46 bc
50 % TSP	6.81 ab	1095.28 b	74.58 bc
75 % TSP	6.88 b	1287.46 c	88.58 c
100 % TSP	6.44 ab	1062.94 b	68.45 ab
200 % TSP	5.14 a	1004.10 ab	51.61 a
BNJ 0.05	1.68	182.16	19.19

Keterangan : Angka-angka dalam kolom yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5 %

Tabel 5.37 menunjukkan hasil pengamatan rata-rata pengaruh perlakuan terhadap komponen produksi. Perlakuan takaran TSP berpengaruh nyata terhadap rendemen, bobot tebu, dan hablur gula. Peningkatan hasil bobot tebu memiliki pola yang sama dengan peningkatan hasil hablur. Sampai takaran 75 %, peningkatan takaran TSP diikuti oleh peningkatan hasil bobot tebu dan hablur masing-masing mencapai 1287.46 ku/ha dan 88.58 ku/ha. Penambahan takaran pupuk setelah takaran tersebut diperoleh hasil yang lebih rendah. Berdasarkan uji Beda Nyata Jujur 5 % diperoleh hasil terendah hablur gula dan rendemen tebu pada takaran 200 % TSP sedang bobot tebu terendah pada takaran 0 % TSP yaitu sebesar 877.30 ku/ha.

5.7.6. Unsur hara tanah

Perubahan bahan organik dan pH tanah pada rhizosfer tebu varietas M 442-51 karena inokulasi cendawan Indigenus dan *Glomus sp* pada berbagai aras takaran pupuk TSP disajikan dalam Tabel 5.38. Unsur N dan K pada Tabel 5.39, P_2O_5 total dan P_2O_5 tersedia pada Tabel 5.40, unsur Al, Fe, dan Mn pada Tabel 5.41. Sedang unsur Ca, Mg, Cu, dan Zn dalam Lampiran 24 dan 25.

Tabel 5.38. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA Pada Berbagai Aras Takaran TSP Terhadap Bahan Organik dan pH Tanah

Perlakuan	Bahan Organik		pH	
	a	b	a	b
Indigenus				
0 % TSP	1.053	1.067	4.433	4.600
25 % TSP	1.107	1.147	4.303	4.633
50 % TSP	1.100	1.187	4.457	4.600
75 % TSP	1.067	1.113	4.413	4.500
100 % TSP	1.033	1.153	4.507	4.567 **
200 % TSP	1.047	1.080	4.520	4.567
<i>Glomus sp</i>				
0 % TSP	1.107	1.127	4.450	4.500
25 % TSP	1.113	1.200	4.507	4.633
50 % TSP	1.067	1.087	4.427	4.500 *
75 % TSP	1.067	1.307	4.507	4.633
100 % TSP	1.093	1.127	4.457	4.500
200 % TSP	1.000	1.220	4.487	4.533

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Inokulasi Cendawan MVA pada berbagai aras takaran TSP tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan bahan organik. Demikian pula terhadap pH tanah kecuali pada cendawan Indigenus dengan aras takaran TSP 100 % dan *Glomus sp* pada aras takaran 50 %. Dari kedua aras takaran tersebut tampak bahwa aras takaran 50 % meningkatkan pH tanah lebih besar.

Tabel 5.39. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA Pada Berbagai Aras Takaran TSP Terhadap Unsur Nitrogen dan Kalium

Perlakuan	Nitrogen (%)		K ₂ O (mg/100gr)	
	a	b	a	b
Indigenous				
0 % TSP	0.087	0.083	17.306	11.367
25 % TSP	0.093	0.087	20.133	11.033
50 % TSP	0.380	0.087	17.300	12.833
75 % TSP	0.095	0.083 *	17.267	13.467
100 % TSP	0.088	0.083	13.667	11.867
200 % TSP	0.090	0.080	14.900	9.803
Glomus sp				
0 % TSP	0.093	0.083	20.300	14.700 **
25 % TSP	0.093	0.085 *	22.100	12.233 **
50 % TSP	0.087	0.080	17.303	12.667
75 % TSP	0.090	0.087	14.500	12.467
100 % TSP	0.083	0.080	18.503	8.800
200 % TSP	0.327	0.095	13.667	9.433

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Tabel 5.39 menunjukkan bahwa penurunan unsur nitrogen hanya nyata oleh inokulasi Indigenous pada aras takaran TSP 75 % dan *Glomus sp* pada aras takaran 25 %. Sedang inokulasi Indigenous tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan K₂O. Namun penurunan tersebut sangat nyata pada *Glomus sp* dengan aras takaran 0 % TSP dan 25 % TSP.

Tabel 5.40. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada berbagai Aras Takaran TSP terhadap P₂O₅ Total dan P₂O₅ Tersedia

Perlakuan	P ₂ O ₅ Total (mg/100 gr)		P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	
	a	b	a	b
Indigenous				
0 % TSP	80.367	77.887	19.420	60.487
25 % TSP	83.133	78.300	26.487	53.173
50 % TSP	83.533	79.633	20.203	92.153
75 % TSP	84.967	76.667	25.503	57.653 **
100 % TSP	91.200	77.833	30.017	45.230
200 % TSP	89.167	76.900	38.843	46.947
Glomus sp				
0 % TSP	81.100	68.600	26.287	42.373
25 % TSP	88.500	76.900 *	25.303	44.827
50 % TSP	89.267	74.533 *	24.523	47.487 **
75 % TSP	88.800	76.833 *	25.507	48.080 *
100 % TSP	85.700	77.500	33.743	43.393
200 % TSP	79.967	73.500	24.717	53.597

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Penurunan nilai P₂O₅ total pada Tabel 5.40 tidak nyata pada tebu yang di inokulasi cendawan MVA Indigenous dengan berbagai aras takaran TSP. Namun demikian cendawan MVA *Glomus sp* nyata menurunkan P₂O₅ total terutama pada aras takaran TSP 25 %, 50 %, dan 75 %. Penurunan terbanyak terjadi pada aras takaran 50 % TSP yaitu sebesar 16.51 %.

Pengaruh inokulasi cendawan MVA Indigenous terhadap peningkatan P₂O₅ tersedia sangat nyata pada aras takaran 75 % sedang *Glomus sp* pada aras takaran 50 % dan 75 % TSP.

Tabel 5.41. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Berbagai Aras Takaran TSP terhadap Unsur Fe, Al, dan Mn

Perlakuan	Fe (ppm)		Al (me/100 g)		Mn (ppm)	
	a	b	a	b	a	b
Indigenous						
0 % TSP	116.600	90.467	2.533	0.607 *	76.533	70.067
25 % TSP	118.333	101.067	1.960	1.313	82.200	61.000 *
50 % TSP	106.533	82.607 *	1.670	1.043	81.933	63.100 *
75 % TSP	118.000	91.867 *	1.270	0.747	81.133	64.033 *
100 % TSP	116.200	84.433 *	2.373	0.840	84.167	63.300 *
200 % TSP	113.633	82.067 **	2.467	0.987	85.900	66.633 **
Glomus sp						
0 % TSP	115.933	82.033	2.017	1.363	84.300	64.200 *
25 % TSP	121.833	90.367 *	2.610	1.257 *	81.167	64.567 *
50 % TSP	108.500	83.100 *	2.053	1.210 *	82.433	67.500 **
75 % TSP	116.033	90.800 **	2.633	0.753 *	83.767	68.133 **
100 % TSP	121.367	98.633 **	2.017	1.083	83.267	63.367 *
200 % TSP	101.167	91.600	1.363	0.547	80.167	62.933 *

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Inokulasi cendawan MVA pada berbagai aras takaran TSP berpengaruh nyata menurunkan unsur hara Fe, Al, dan Mn (Tabel 5.41). Penurunan Fe oleh cendawan Indigenous mulai nyata pada aras takaran 50 % dan masih nyata pada aras takaran 200 %. Sedang inokulasi cendawan *Glomus sp* berpengaruh nyata terhadap penurunan Fe mulai aras takaran 25 % sampai 100 %. Penurunan Fe terbesar pada aras takaran 200 % yang diinokulasi Indigenous sebesar 31.57 %.

Dari Tabel 5.41 tampak bahwa penurunan Al oleh inokulasi Indigenous hanya nyata pada aras takaran TSP 0 %. Sedang pengaruh inokulasi *Glomus sp* secara nyata pada aras takaran 25 %, 50 %, dan 75 %. Penurunan Al terbesar

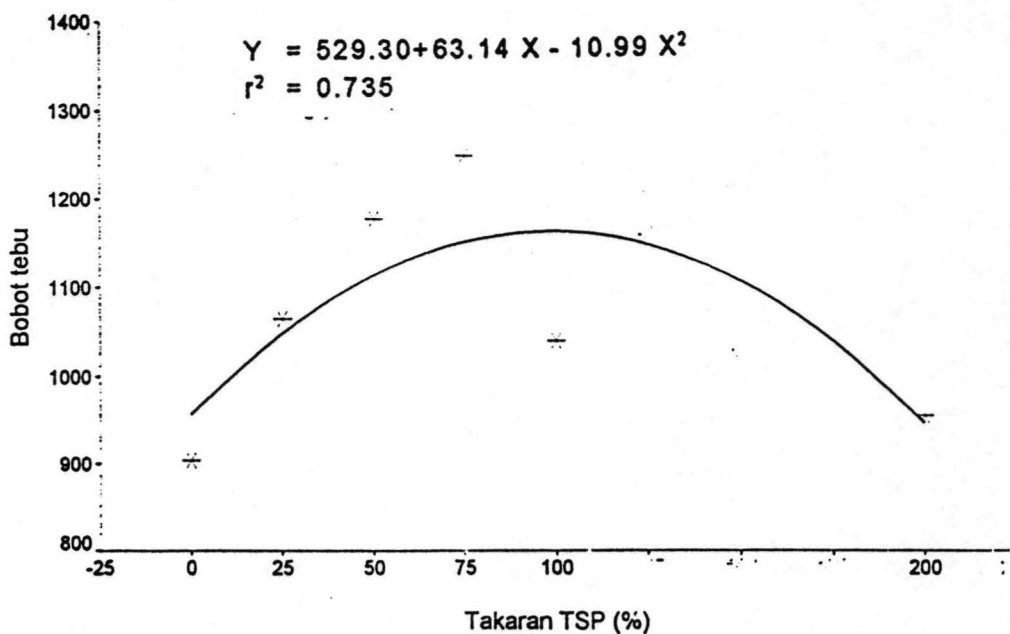
terjadi pada aras takaran TSP 0 % yang diinokulasi cendawan Indigenous yaitu 76.22 %.

Pengaruh cendawan MVA pada berbagai aras takaran TSP menurunkan secara nyata unsur Mn kecuali pada aras takaran 0 % yang diinokulasi Indigenous.

Penurunan Mn terjadi pada aras takaran 25 % yaitu sebesar 25.79 %.

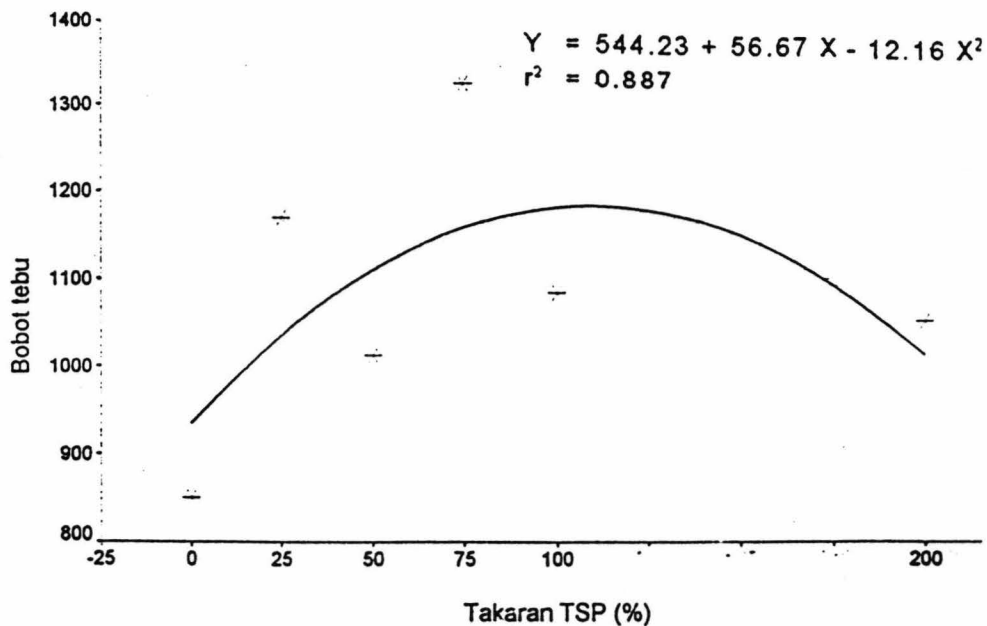
5.7.7. Pendugaan aras takaran TSP terhadap bobot tebu

Berdasarkan uji linieritas data bobot tebu pada berbagai aras takaran TSP menunjukkan bahwa tebu bermikoriza Indigenous dan juga *Glomus sp* mempunyai bentuk hubungan kuadratik (Lampiran 26 dan Lampiran 27). Bentuk hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13.



Gambar 5.12 Hubungan Antara Takaran TSP dengan Bobot Tebu Bermikoriza Indigenous.

Persamaan regresi $Y = 529.30 + 63.14 X - 10.99 X^2$ pada Gambar 5.12, dengan koefisien determinasi $r^2 = 0.735$ menunjukkan bahwa hubungan antara aras takaran TSP dengan bobot tebu bermikoriza Indigenous tidak sangat erat. Hal ini karena hanya 73.50% keragaman yang terjadi dalam kecenderungan peningkatan bobot tebu (Y) dijelaskan oleh aras takaran TSP (X) melalui persamaan regresi $Y = 529.30 + 63.14 X - 10.99 X^2$. Namun demikian berdasarkan persamaan regresi tersebut dapat diduga bobot tebu optimum dengan aras takaran 71.81 % TSP.



Gambar 5.13. Hubungan Antara Takaran TSP dengan Bobot Tebu Bermikoriza *Glomus sp.*

Dari Gambar 5.13 tampak antara aras takaran TSP dan bobot tebu terdapat hubungan dengan persamaan regresi $Y = 544.23 + 56.67 X - 12.16 X^2$ yang menunjukkan bahwa bobot tebu (Y) bergantung pada aras takaran TSP (X) melalui persamaan kuadratik. Persamaan regresi tersebut memberikan nilai r^2 yang cukup tinggi yaitu mampu menjelaskan sekitar 88.70 % dari keragaman peningkatan bobot tebu. Bobot tebu optimum dapat diduga berdasarkan persamaan regresi yaitu dengan 58.25 % TSP. Gambar 5.14 menunjukkan pengaruh inokulasi cendawan MVA *Glomus sp* pada takaran 50% TSP dan cendawan Indigenous pada takaran 75 % TSP.



Gambar 5.14 Penampakan Tebu M 442-51 Umur 12 Bulan yang Diinokulasi (A) Cendawan MVA *Glomus sp* pada Takaran 50 % TSP dan (B) Cendawan MVA Indigenous pada Takaran 75 % TSP

Bab 6

PEMBAHASAN

6.1. Isolasi Spora Cendawan MVA

Hasil isolasi spora dari rhizosfer tebu M 442-51 pada tanah inceptisol di PG Jatitujuh Cirebon, dengan menggunakan metode tuang saring basah diperoleh spora cendawan MVA jenis *Gigaspora sp*, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp*. Dari ketiga jenis spora tersebut, jumlah spora dalam 100 gr. tanah terbanyak adalah spora *Glomus sp* yaitu 313.1 ± 23.9 (Tabel 5.1). Sedang *Acaulospora sp* sejumlah 233.7 ± 24.4 dan *Gigaspora sp* hanya 2.3 ± 1.8 . Hal ini disebabkan cendawan *Glomus sp* mempunyai interval pH yang lebar untuk kolonisasi maupun sporulasi.

Kolonisasi dan sporulasi oleh cendawan *Glomus sp* dapat terjadi pada tanah masam sampai basa. Demikian pula untuk *Acaulospora sp*, sedang *Gigaspora sp* cenderung pada tanah bersifat basa. Berdasarkan observasi di tanah tropik yang dilakukan Sieverding (1991) menunjukkan bahwa *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* banyak terdapat pada tanah antara pH 3.8 - 8.0. Sedang *Gigaspora sp* sedikit sekali ditemukan pada tanah dengan pH di bawah 5.5.

Pada umumnya tanah di PG Jatitujuh bersifat masam. Rata-rata pH tanah yang dipergunakan untuk percobaan baik di lahan maupun dalam pot berkisar antara 4.3-5.4 (Tabel 5.7, 5.16, 5.26 dan Tabel 5.38). Selain itu jumlah spora dalam tanah dipengaruhi pula oleh kandungan bahan organik tanah. Bahan organik dapat merupakan sumber nutrisi untuk pertumbuhan hifa yang berasal dari spora, kemudian hifa berkembang untuk mengadakan kolonisasi dan sporulasi. Rata-rata kandungan bahan organik tanah inceptisol untuk isolasi spora adalah 1.48 %.

Menurut Hayman (1970) bahwa maksimum kolonisasi dan sporulasi terjadi pada tanah dengan kesuburan rendah. Kandungan unsur fosfor dan nitrogen tanah yang tinggi dapat menurunkan kolonisasi. Kolonisasi akar dapat meningkat jika kandungan

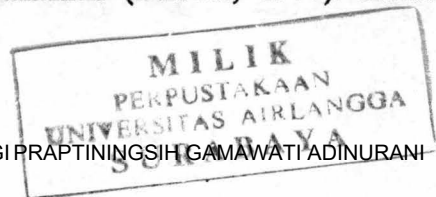
nitrogen tinggi tetapi kandungan fosfor nya sedang. Tanah dengan kandungan fosfor tinggi masih dapat meningkatkan kolonisasi dan sporulasi asal di dalam sistem perakaran tanaman inang terdapat sedikit fosfor.

6.2. Pengaruh Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 pada Tanah Inceptisol dan Tanah Oxisol

6.2.1. Tanah inceptisol

Adanya interaksi antara cendawan MVA dan varietas tebu yang ditanam pada tanah inceptisol menyebabkan hasil rata-rata berat kering tanaman dan berat kering akar tiap varietas tebu berbeda pada masing-masing inokulasi cendawan MVA. Hal ini disebabkan perbedaan efektivitas cendawan MVA terhadap pertumbuhan masing-masing varietas tebu dan respon setiap tebu terhadap inokulasi cendawan MVA. Inokulasi cendawan MVA nyata meningkatkan berat kering tanaman dan berat kering akar tebu (Tabel 5.7). Demikian pula seperti yang dikemukakan Miller (1987) bahwa rumput di daerah tropik yang respon terhadap infeksi mikoriza dapat meningkatkan produksi biomas, sedang jagung dan gandum mempunyai respon sangat besar dalam meningkatkan berat kering tanaman dan hasil biji (Khan, 1975).

Dari ketiga varietas tebu yang diinokulasi cendawan MVA terlihat bahwa rata-rata berat kering tanaman dan berat kering akar tebu varietas M 442-51 lebih tinggi dari dua varietas lain (Tabel 5.7). Perbedaan respon tanaman terhadap infeksi mikoriza menunjukkan perbedaan kebutuhan fosfor (Abbott *et al.*, 1984) yang disebabkan oleh perbedaan kecepatan pertumbuhan maksimum masing-masing tanaman, kemampuan penyerapan fosfat atau penggunaan fosfat dalam tanaman (Barrow, 1977). Namun



demikian pengaruh langsung cendawan MVA terhadap pertumbuhan tanaman diduga melalui penyerapan nutrisi (Abbott *et al.*, 1984). Meningkatnya serapan oleh tanaman bermikoriza disebabkan jumlah tapak serapan yang meningkat sebagai akibat dari luas permukaan serapan yang lebih besar. Hal tersebut disebabkan hifa eksternal cendawan MVA berperan dalam meningkatkan potensi sistem perakaran untuk mengabsorpsi unsur hara dan air (Pacovsky, 1986 ; Linderman, 1992). Selain itu hifa eksternal berfungsi sebagai jembatan translokasi ke akar bagi unsur-unsur imobil seperti P, Zn, dan Cu menjadi unsur tersedia (Moawad, 1986 ; Howeler *et al.*, 1987) juga meningkatkan penyerapan unsur S, Ca, dan K (Cooper and Tinker, 1981) meskipun unsur selain P dalam jumlah sedikit.

Pengaruh cendawan MVA menyebabkan mobilisasi P tersedia di tanah dan meningkatkan jumlah P tersedia bagi ketiga varietas tebu. Hal ini terlihat dari hasil analisis tanah setelah inokulasi (Tabel 5.9). Peningkatan ketersediaan P sangat nyata pada rhizosfer tebu M 442-51 yang diinokulasi Indigenous. Peningkatan tersebut ditunjang pula dengan adanya kenaikan pH tanah yang sangat nyata pada rhizosfer tebu M 442-51 (Tabel 5.8).

Menurut Smith and Smith (1984) bahwa mikoriza terlibat dalam perubahan pH tanah yaitu meningkatkan pH rhizosfer dan berpengaruh terhadap P. Tanaman biasanya menyerap P dalam bentuk ion orthofosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-}). Jumlah masing-masing bentuk dan absorpsi ion tersebut sangat dipengaruhi oleh pH tanah sekitar akar. Pada tanah inceptisol yang ber pH rendah, konsentrasi ion Al dan Fe melebihi ion H_2PO_4^- sehingga reaksi yang terjadi selalu membentuk lebih banyak fosfat tidak larut (Lampiran 30). Akibatnya hanya sebagian kecil dari ion H_2PO_4^- yang tinggal tersedia

untuk pertumbuhan tanaman. Dengan peningkatan pH tanah karena pengaruh inokulasi cendawan MVA dan hasil dekomposisi bahan organik (Tabel 5.8) menjadikan fosfat yang dibutuhkan tanaman lebih tersedia. Berdasarkan pengukuran pH tanah disekitar akar ketiga varietas tebu terlihat nyata meningkat dan sangat nyata pada rhizosfer tebu M 442-51 yang diinokulasi Indigenous (Tabel 5.8).

Peningkatan penyerapan P berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu (Nemec, 1987) yang ditunjukkan oleh peningkatan diameter dan tinggi tanaman tebu bermikoriza (Tabel 5.4 dan 5.5). Pengaruh cendawan MVA terhadap diameter tanaman pada pengamatan terakhir (12 minggu) meningkat sebesar 14.14 % oleh Indigenous, *Glomus sp* 13.64 % dan *Acaulospora sp* sebesar 12.63 %. Sedang pertambahan tinggi tanaman karena pengaruh inokulasi cendawan MVA Indigenous sebesar 11.75%, *Glomus sp* 9.20 %, dan *Acaulospora sp* sebesar 7.90 %.

Cendawan MVA berpengaruh terhadap ketersediaan P ketiga varietas tebu namun tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan kandungan P total (Tabel 5.9). Menurut Tinker (1975) bahwa tanaman bermikoriza menyerap P hanya dari sumber P terlarut dalam tanah dan tidak mampu menggunakan sumber P yang tidak tersedia bagi tanaman. Beberapa penelitian cenderung mendukung pendapat tersebut bahwa cendawan MVA tidak mampu melarutkan P tetapi lebih disebabkan karena meningkatnya penggunaan P yang tersedia di tanah (Cooper, 1984). Namun demikian menurut Islam *et al.* (1980) bahwa tanaman yang terinfeksi cendawan MVA respon terhadap pemberian fosfat tidak larut seperti trikalsium fosfat dan batuan fosfat yang lambat tersedia bagi tanaman.

Tanaman bermikoriza juga lebih efisien menggunakan batuan fosfat tak larut dibanding tanaman tanpa mikoriza (Sieverding, 1991) dan menurut Beaver dan Burns (1980) bahwa cendawan MVA dapat menggunakan sumber P organik dalam tanah. Diduga kemampuan mikoriza menggunakan P tak larut karena asam fosfatase yang diproduksi cendawan MVA lebih aktif menghidrolisis fosfat organik sebagai hasil infeksi mikoriza yang menyebabkan Pi dilepaskan sehingga dapat diserap tanaman.

Infeksi mikoriza dapat pula meningkatkan serapan unsur hara selain fosfat yang ditunjukkan oleh konsentrasi yang lebih tinggi pada tanaman mikoriza dibanding tanpa mikoriza (Subramanian dan Dwivedi, 1988). Cendawan MVA nyata menyerap nitrogen anorganik yaitu ammonium (Ames *et al.*, 1983). Tabel 5.10 menunjukkan pengaruh cendawan MVA terutama *Glomus sp* nyata meningkatkan nitrogen pada rhizosfer ketiga varietas tebu. Pemberian pupuk ammonium sulfat pada tebu yang telah terinfeksi mikoriza dapat meningkatkan respon pertumbuhan (Tabel 5.4 dan 5.5). Diduga karena respon pertumbuhan tanaman terhadap infeksi mikoriza lebih besar jika nitrogen tersedia dalam bentuk ammonium dari pada nitrat (Cooper, 1984). Pada tanah agak masam, nitrogen lebih banyak dalam bentuk ammonium (Harley dan Smith, 1983) dan menurut Paul dan Clark (1989) bahwa pengaruh langung cendawan MVA terhadap nutrisi mineral lebih baik pada ion-ion yang mempunyai mobilitas rendah.

Serapan K, Ca, Mg, Fe, Cu, dan Zn seringkali meningkat akibat adanya cendawan MVA meskipun hasilnya beragam. Hasil analisis tanah pada rhizosfer ketiga varietas tebu setelah inokulasi mikoriza menunjukkan penurunan unsur - unsur tersebut (Tabel 5.10, 5.11, Lampiran 4, dan Lampiran 5). Penurunan jumlah Fe pada rizhosfer tebu M 442-51 nyata oleh ketiga cendawan MVA sedang Al menurun nyata oleh

Glomus sp dan *Acaulospora sp* pada rhizosfer tebu Q 90 (Tabel 5.11). Berkurangnya jumlah ion-ion tersebut akan mengurangi terbentuknya senyawa kompleks. Hal ini disebabkan pada tanah inceptisol yang ber pH dibawah 5.0 (Tabel 5.8), sejumlah Al, Fe, dan Mn menjadi larut dan memfiksasi fosfat menjadi senyawa kompleks fosfat yang tidak dapat diserap tanaman (Lampiran 30), selain juga merupakan racun bagi tanaman (Sieverding, 1991).

6.2.2. Tanah oxisol

Pada tanah oxisol, cendawan MVA berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, derajat infeksi, kadar NPK daun, dan berat kering tanaman. Dari ketiga cendawan MVA yang diinokulasikan terlihat bahwa *Glomus sp* lebih berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan Indigenus terhadap diameter tanaman. Terlihat pada peningkatan tinggi tebu umur 12 minggu yang diinokulasi cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* sebesar 16.71 %, 24.65 %, dan 22.77 % (Tabel 5.12). Sedang pertambahan diameter tanaman sebesar 28.14 % oleh cendawan Indigenus, 26.62 % oleh *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* sebesar 16.73 % (Tabel 5.13).

Jika ditinjau dari derajat infeksi masing-masing cendawan MVA yang diinokulasikan pada tebu hanya mencapai 19.04 %, 20.69 %, dan 17.44 % masing-masing oleh Indigenus, *Glomus sp* dan *Acaulospora sp*. menunjukkan bahwa perbedaan pertumbuhan yang dicapai bukan karena level kolonisasi cendawan MVA pada akar. Hal tersebut lebih dipengaruhi oleh fungsi dari jumlah hifa eksternal (Dodd *et al.*, 1990) dan jumlah atau ukuran arbuskula aktif (Smith and Smith, 1995). Arbuskula merupakan struktur utama yang berfungsi sebagai transfer fotosintat dan fosfat

antara tanaman inang dan cendawan MVA. Arbuskula yang aktif mampu meningkatkan jumlah fotosintat yang dapat memacu aktifitas cendawan MVA. Hal tersebut ditunjukkan dengan bertambahnya ketersediaan fosfat disekitar rhizosfer tebu setelah inokulasi cendawan MVA (Tabel 5.18). Dalam hal ini cendawan MVA Indigenous berpengaruh nyata pada rhizosfer ketiga varietas tebu dengan rata-rata penambahan fosfat sebesar 69.27 %.

Peningkatan fosfat tersedia bagi tanaman berdampak pada kadar NPK daun (Tabel 5.14) yang selanjutnya berpengaruh terhadap berat kering tanaman dan berat kering akar (Tabel 5.15). Peningkatan kadar P daun oleh *Glomus sp* menunjang peningkatan berat kering tanaman sebesar 106.67 % yang merupakan rata-rata berat kering terbesar. Namun demikian jumlah tersebut tidak berbeda nyata dengan peningkatan berat kering tanaman oleh Indigenous dan *Acaulospora sp* sebesar 104.62 % dan 100.12 %.

Perubahan unsur N, K, Ca, Fe, Al dan Zn pada rhizosfer tebu tidak nyata setelah inokulasi cendawan MVA. Namun demikian penurunan Mn yang sangat nyata pada rhizosfer tebu M 442-51 dan Ps 61 (Tabel 5.19) dapat mengurangi terbentuknya senyawa kompleks fosfat yang merupakan senyawa tidak tersedia bagi tanaman.

6.3. Efektifitas Cendawan MVA pada Tebu Varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90

Cendawan MVA yang diinokulasikan pada ketiga varietas tebu berpengaruh terhadap pertumbuhan. Hal ini terlihat dari data yang tercantum pada Tabel 5.20 yang menunjukkan adanya peningkatan nilai semua parameter yang diamati pada tebu bermikoriza dibanding tebu tanpa mikoriza. Namun demikian berdasarkan kriteria

efektifitas, tidak semua cendawan MVA bersifat sangat efektif terhadap semua parameter pertumbuhan ketiga varietas tebu.

Cendawan MVA Indigenous sangat efektif pada tebu M 442-51 terutama terhadap kandungan fosfat daun, derajat infeksi akar, dan berat kering tanaman. Kandungan fosfat daun meningkat sebesar 54.90 % dan merupakan pertambahan terbesar dibanding varietas tebu lainnya yaitu sebesar 45.45 % pada varietas Ps 61 dan 35.59 % pada Q 90 (Tabel 5.20). Hal tersebut menunjukkan bahwa ada peningkatan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara terutama P dan secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap tingkat transpirasi dan komposisi mikroflora rhizosfer (Marschner dan Dell, 1994). Selain itu fosfor pada tebu berperan dalam pembelahan sel dan mendorong perkembangan sistem perakaran (Husz, 1972). Kemampuan sistem perakaran tanaman untuk menyerap unsur hara yang rendah mobilitasnya dalam larutan tanah berkaitan secara positif dengan sistem perakaran yaitu pola percabangan, panjang dan diameter akar, panjang dan jumlah rambut akar (Brundrett, 1991).

Perkembangan rambut akar sangat bermanfaat bagi perkembangan dan kelangsungan hidup cendawan MVA yang berdampak pada peningkatan kolonisasi dan pertumbuhan vegetatif (Smith *et al.*, 1992). Hal ini terlihat pada perbaikan pertumbuhan tebu M 442-51 yang diinokulasi cendawan Indigenous yang cukup efektif terhadap diameter tanaman dan tinggi tanaman. Kedua parameter ini sangat menunjang keefektifan cendawan MVA Indigenous terhadap berat kering tebu M 442-51 dengan kenaikan berat kering tanaman sebesar 70.34 %. Pada tebu varietas Ps 61 dan Q 90, kenaikan berat kering tanaman hanya 30.61 % dan 31.98 % (Tabel 5.20). Namun

demikian berdasarkan kriteria keefektifan, cendawan MVA Indigenous masih cukup efektif terhadap berat kering tanaman pada kedua varietas tersebut.

Cendawan *Glomus sp* sangat efektif terhadap kandungan fosfat daun ketiga varietas tebu. Demikian pula sangat efektif terhadap derajat infeksi akar tebu varietas M 442-51 dan Ps 61 tetapi kurang efektif pada akar tebu Q 90. Tampaknya tebu varietas Q 90 kurang respon terhadap infeksi mikoriza. Namun demikian inokulasi cendawan mikoriza masih meningkatkan kandungan fosfat daun. Seperti yang dikemukakan Lukiwati *et al.* (1994) bahwa cendawan MVA mampu meningkatkan hasil bahan kering, serapan N dan kandungan fosfat daun tanaman legum.

Tebu Q 90 yang diinokulasi *Glomus sp* mengalami peningkatan kandungan fosfat daun terendah yaitu 35.60 % dibanding tebu M 442-51 dan Ps 61 masing-masing 52.94 % dan 43.64 % (Tabel 5.20). Hal ini disebabkan tebu varietas Q 90 tanpa inokulasi mikoriza telah mempunyai kandungan fosfat daun lebih tinggi dibanding kedua varietas lainnya. Diduga varietas Q 90 tanpa bantuan mikoriza telah mempunyai kapasitas menyerap P tanah lebih tinggi (efisien menyerap P). Menurut Smith (1980) dan Stribley *et al.* (1980) bahwa kandungan fosfat yang tinggi pada tanaman barley kurang respon terhadap infeksi mikoriza. Demikian pula pada tanaman *sudangrass* (Menge *et al.*, 1978; Graham dan Syvertsen, 1985). Perbedaan respon masing-masing tanaman tersebut terhadap nutrisi P ditentukan oleh kebutuhan P untuk metabolisme tanaman, alokasi P dalam tanaman, dan kemampuan tanaman menyerap P dari tanah.

Tebu Q 90 yang kurang respon terhadap *Glomus sp* ditunjukkan dengan derajat infeksi yang lebih rendah yaitu 19.11 % (Tabel 5.20). Nilai tersebut secara tidak langsung berpengaruh terhadap perubahan berat kering tanaman. Hasil berat kering tebu

varietas Q 90 yang diinokulasi *Glomus sp* hanya mencapai kenaikan berat kering sebesar 26,96 % dan merupakan kenaikan terendah dibanding dua varietas lainnya yaitu 41.20 % pada tebu M 442-51 dan 28.32 % pada varietas Ps 61. Menurut Smith dan Gianinazzi - Pearson (1988) bahwa rasio berat kering akar dan berat kering tanaman bermikoriza lebih kecil dari tanaman tanpa mikoriza. Pendapat tersebut diperkuat oleh penelitian Baon *et al.* (1993) pada tanaman barley yang tidak efisien menyerap P yang diinokulasi cendawan MVA *Glomus etunicatum*.

Hasil penelitian pada Tabel 5.20 menunjukkan bahwa hal tersebut berlaku pada tebu varietas M 442-51 dan Ps 61. Berat kering tanaman tebu varietas M 442-51 dan Ps 61 lebih besar dari pada tebu Q 90. Demikian pula rata-rata berat kering akar tebu varietas M 442-51 dan Ps 61 yang diinokulasi cendawan MVA lebih tinggi daripada tebu Q 90. Hal ini disebabkan tebu yang respon terhadap mikoriza membentuk asosiasi simbiotik dengan baik. Menurut Azcon dan Bago (1994) bahwa untuk pertumbuhan dan fungsi cendawan MVA tergantung pada suplai karbon sebagai derivat fotosintesis dari tanaman inang. Berarti fungsi normal dari asosiasi simbiotik mikoriza terutama tergantung pada aktivitas fotosintesis. Oleh karena itu cendawan mikoriza yang lebih efektif dalam pengambilan unsur hara, akan lebih tinggi pula kebutuhan karbohidrat yang harus diterima dari tanaman inang. Terdapat korelasi positif antara banyaknya karbohidrat terlarut dalam akar dengan perbaikan pertumbuhan cendawan MVA (Azcon dan Ocampo, 1981).

Dari ketiga cendawan MVA yang diinokulasikan pada tiga varietas tebu terlihat bahwa keefektifan cendawan *Acaulospora sp* lebih rendah (Tabel 5.21). Menurut Abbott dan Robson (1984) bahwa ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap

keefektifan cendawan MVA antara lain kemampuan membentuk hifa dan menyebar secara luas dalam tanah, kemampuan membentuk infeksi yang luas melalui perkembangan sistem perakaran, kemampuan hifa menyerap fosfor dari larutan tanah, dan mekanisme transport sepanjang hifa didalam akar.

6.4. Infektivitas Cendawan MVA

6.4.1. Bibit bagal

Pengamatan perkembangan infeksi cendawan MVA pada tebu bibit bagal varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 menunjukkan bahwa perkembangan infeksi ketiga cendawan MVA pada masing-masing varietas tebu mengikuti pola kurva sigmoid (Gambar 5.5A, 5.5B, dan 5.5C) namun tahapan perkembangan infeksi bervariasi.

Pada fase lamban tampak bahwa akar tebu varietas Ps 61 telah terinfeksi cendawan *Glomus sp* pada pengamatan 10 hari setelah inokulasi (Gambar 5.5B). Hal ini disebabkan bibit tebu bagal varietas Ps 61 mempunyai sifat cepat berkecambah dibanding kedua varietas tebu lainnya, sehingga perakarannya cepat terbentuk. Keberadaan akar tebu ini sangat diperlukan sekali oleh cendawan untuk kolonisasi. Kolonisasi cendawan MVA pada akar dimulai dari penetrasi hifa kedalam sel epidermis melalui permukaan akar atau rambut-rambut akar dengan kekuatan fisik atau enzimatis. Hifa tersebut berasal dari propagul - propagul inokulum yang diberikan pada daerah rhizosfer. Menurut Sanders dan Sheikh (1983) bahwa lamanya fase lamban tergantung pada densitas propagul infeksi, kecepatan spora berkecambah dan pertumbuhan pembuluh kecambah (*germ tube*).

Berdasarkan pengujian potensi inokulum dengan metode *Most Probable Number* (MPN) tampak bahwa rata-rata propagul infeksi inokulum *Glomus sp* dalam 50 gram tanah lebih banyak dibanding *Acaulospora sp*. Demikian pula terhadap inokulum Indigenous (Tabel 5.2 dan Tabel 5.3). Hal ini pula yang menunjang cendawan MVA *Glomus sp* lebih awal menginfeksi tanaman inang. Tampak pada Gambar 5.5B, *Glomus sp* telah menginfeksi tebu Ps 61 saat 10 hari setelah inokulasi dan berdasarkan kurva sigmoid Gambar 5.5C, *Glomus sp* telah menginfeksi tebu Q 90 sebelum pengamatan 30 hari setelah inokulasi. Hasil ini sejalan dengan pendapat Hetrick (1984), bahwa peningkatan aras takaran inokulum akan meningkatkan kecepatan kolonisasi dalam artian bahwa tanaman menjadi lebih awal terinfeksi. Namun demikian untuk kolonisasi lebih lanjut tidak dipengaruhi oleh aras takaran inokulum.

Faktor lain yang berpengaruh pada fase lamban ini adalah spora cendawan. Tiap jenis cendawan memproduksi spora dengan struktur berlainan. Struktur spora ini menentukan masa dormansi yang berkaitan erat dengan perkecambahan spora. *Glomus sp* mempunyai satu sampai beberapa dinding spora namun ornamennya tidak sekompleks yang terdapat pada dinding *Acaulospora sp*. Menurut Tomerup (1983), bahwa spora *Glomus sp* melewati masa dormansinya setelah 1 minggu di dalam tanah kering sedang *Acaulospora laevis* mempunyai masa dormansi 6 bulan pada kondisi normal. Oleh karena itu perkecambahan spora *Glomus sp* lebih cepat sehingga kolonisasinya pada tebu Ps 61 maupun Q 90 lebih cepat dari pada *Acaulospora sp*.

Percobaan infektivitas menunjukkan bahwa fase eksponen cendawan MVA pada ketiga varietas tebu bervariasi. Pada tebu M 442-51 antara 70 - 110 hari setelah inokulasi, tebu Ps 61 antara 50 - 110 hari setelah inokulasi, dan tebu Q 90 antara

50 - 130 hari setelah inokulasi (Gambar 5.5A, 5.5B, 5.5C). Dibanding kedua varietas lainnya, cendawan MVA pada tebu varietas M 442-51 memulai fase eksponen lebih lambat. Tebu M 442-51 mempunyai sifat agronomis perkecambahan lambat dan pertumbuhan normal untuk kemudian memanjang cepat. Sifat-sifat tersebut menyebabkan kontak cendawan dengan akar memerlukan waktu agak lama sehingga fase eksponen baru dimulai pada 70 hari setelah inokulasi. Namun karena fase vegetatifnya berjalan lebih cepat maka akhir fase eksponen pada tebu M 442-51 bersamaan dengan tebu Ps 61.

Fase eksponen berakhir dengan tercapainya fase konstan, saat terjadi persamaan antara kecepatan pertumbuhan akar dan cendawan. Pada fase ini infeksi cendawan MVA telah mencapai maksimum. Derajat infeksi cendawan MVA Indigenus, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* pada tebu M 442-51 adalah 98 %, 93 %, dan 81 % (Gambar 5.5 A). Pada tebu Ps 61 sebesar 93 %, 90 %, dan 53 % (Gambar 5.5B). Sedang pada tebu Q 90 sebesar 87 %, 90 %, dan 53 % (Gambar 5.5 C). Terlihat bahwa infektivitas Indigenus dan *Glomus sp* lebih tinggi dari pada *Acaulospora sp*. Rendahnya infektivitas *Acaulospora sp* dikarenakan faktor lingkungan untuk kolonisasi dan sporulasi kurang sesuai.

Menurut Sieverding (1991), bahwa *Acaulospora scrobiculata* dan *A. myriocarpa* mengadakan asosiasi dengan tanaman inang pada kondisi kesuburan tanah yang luas sedang *Glomus mossae* pada interval pH tanah tertentu. Tampak bahwa untuk berasosiasi dengan tanaman inang dan kelangsungan hidupnya, cendawan *Acaulospora sp* lebih mengutamakan kesuburan tanah dibanding pH tanah seperti yang diperlukan *Glomus sp*. Hasil analisis tanah inceptisol yang dipergunakan pada

penelitian ini mempunyai kandungan bahan organik antara 1.327 - 1.480 % (Tabel 5.8). Kandungan bahan organik kurang dari 2 % termasuk kategori rendah (Pawirosemadi, 1986). Diduga kandungan bahan organik merupakan faktor pembatas perkembangan cendawan MVA *Acaulospora sp.* Hal ini diperkuat pula oleh hasil pengujian potensi inokulum cendawan MVA *Acaulospora sp.* yang mempunyai jumlah propagul infeksiif paling rendah (Tabel 5.3).

Berdasarkan data pada Gambar 5.5 dapat dikatakan bahwa ketiga jenis cendawan MVA mempunyai infeksiivitas tinggi pada varietas M 442-51 dibanding kedua varietas tebu yang lain. Hal ini mungkin disebabkan sistem perakaran tebu M 442-51 mempunyai rambut akar yang pendek dan perkembangannya tidak lebat serta jumlahnya sedikit sehingga seringkali dikolonisasi oleh mikoriza. Tanaman dengan rambut-rambut akar yang panjang dan kerapatannya tinggi kurang tergantung pada cendawan MVA dibanding tanaman yang membentuk rambut-rambut akar pendek dan tidak rapat (Sieverding, 1991).

Pada cabang akar yang tidak mempunyai rambut akar atau dalam jumlah sedikit umumnya mempunyai derajat kolonisasi lebih tinggi. Hal ini membuktikan bahwa cendawan MVA dapat menggantikan fungsi rambut akar, karena hifanya dapat meningkatkan luas permukaan akar yang relatif aktif dalam penyerapan unsur hara terutama P. Sebagai pembandingan, 1 mg hifa berdiameter 10 μm mempunyai ukuran panjang sama dengan 1600 mg akar berdiameter 400 μm atau 1 - 4 mg rambut akar. Oleh karena itu hifa sangat efisien dan menghemat energi dalam penyerapan ion-ion yang kurang aktif bergerak (Bowen *et al.*, 1975).

Kemampuan cendawan MVA untuk menyerap hara berhubungan erat dengan perkembangan hifa eksternal. Hifa eksternal berperan sebagai sistem perakaran yang menyebabkan tersedianya serapan permukaan lebih ekstensif dan menyebar lebih baik. Dengan kata lain bahwa hifa tersebut berperan sebagai jalan untuk gerakan fosfat melalui zona deplesi di sekeliling akar dengan cara mirip rambut akar. Tingkat dan cara penyebaran infeksi untuk mencapai keseimbangan antara cendawan dan akar tebu bervariasi setiap cendawan MVA. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan Gambar 5.5.

Pada tanaman inang yang sama yaitu tebu M 442-51, ketiga cendawan yang diinokulasikan mempunyai derajat infeksi yang berbeda. Pada fase konstan, cendawan MVA Indigenous mempunyai derajat infeksi lebih tinggi daripada *Glomus sp* dan *Acaulospora sp*. Hal ini disebabkan inokulum Indigenous yang diinokulasikan terdiri atas beberapa jenis cendawan MVA dan mikroorganisme lain. Adanya interaksi sinergistik antara cendawan MVA dan mikroorganisme pelarut P meningkatkan kolonisasi, karena mikroorganisme pelarut P dapat melepaskan P ke dalam pool P labil di tanah dan cendawan MVA menyerapnya kemudian ditransfer ke tebu, yang akhirnya terjadi hubungan simbiosis mutualistik antara cendawan MVA dan tebu.

Berdasarkan hasil isolasi spora, jenis cendawan MVA yang dominan dalam Indigenous adalah *Glomus sp*, *Acaulospora sp*, dan *Gigaspora sp*. Masing - masing cendawan mempunyai spesifikasi sendiri sendiri dalam penyebaran infeksi. Seperti yang dikemukakan Wilson (1984), bahwa *Glomus fasciculatum* menyebar dalam akar lebih luas dan panjang penyebaran unit infeksi tiga kali lebih banyak daripada *Gigaspora decipiens* dan *Glomus tenue*. Kedua cendawan MVA yang disebut terakhir

lebih tergantung pada penyebaran external sepanjang akar dan infeksi sekunder. Demikian pula pada kondisi sama *Gigaspora calospora* ditemukan memproduksi hifa eksternal dua kali lebih panjang daripada *Glomus fasciculatum*. Dikaitkan dengan respon pertumbuhan akar terhadap inokulasi mikoriza tampak bahwa pada tebu yang diinokulasi Indigenous mempunyai rata-rata panjang akar lebih panjang dibanding akar yang diinokulasi *Glomus sp* dan *Acaulospora sp* (Tabel 5.22).

Pertumbuhan akar terinfeksi akan diikuti perkembangan hifa eksternal dan peningkatan unit infeksi. Infeksi yang baru dapat terjadi pada daerah $\pm 0.5 - 1$ cm dari ujung akar (Mosse dan Herper, 1975). Seperti yang dikemukakan pula oleh Smith dan Walker (1985), bahwa daerah akar yang muda 10 kali lebih rentan terinfeksi dibanding daerah perakaran lain, terutama perkembangan akar lateral lebih disukai cendawan MVA untuk infeksi. Pemanjangan akar paling besar pada zona antara 0,5 - 1,5 cm dan zona diferensiasi termasuk rambut akar, xilem, floem, dan lingkaran tepi sekitar 1,5 - 2,5 cm dari ujung akar. Makin cepat pertumbuhan akar makin panjang zona diferensiasinya. Oleh karena itu hifa internal berkembang pula mengikuti pertumbuhan akar dan terjadi reproduksi struktur cendawan MVA untuk infeksi sekunder. Perkembangan infeksi oleh hifa internal dan hifa eksternal cendawan MVA akibat pertumbuhan akar tebu M 442-51 menyebabkan derajat infeksi cendawan Indigenous tertinggi (Gambar 5.5 A).

Perkembangan infeksi mikoriza dalam akar sangat dipengaruhi oleh kandungan P tanah dan P dalam tanaman. Namun yang sering dikemukakan lebih berpengaruh adalah P tanah. Seperti pendapat Tinker (1975) bahwa kandungan P tanah yang tinggi seringkali menghambat infeksi mikoriza dan berkorelasi negatif terhadap aktifitas

cendawan MVA (Hayman, 1987). Demikian pula pemberian fosfor (P) yang tinggi pada tanah atau melalui daun menurunkan intensitas infeksi dan produksi hifa eksternal (Sanders, 1975; Menge *et al.*, 1978; Schwab *et al.*, 1983; Abbott *et al.*, 1984). Demikian menurut Baon *et al.* (1992) bahwa kolonisasi mikoriza pada akar serealia akan berkurang dengan penambahan P pada tanah. Hasil penelitian ini tidak menunjang pendapat tersebut karena kisaran P_2O_5 tersedia yang relatif tinggi pada tanah yaitu 58,34 ppm (Lampiran 28) masih menghasilkan persentase infeksi yang cukup tinggi pada akar tebu M 442-51 dan Ps 61 (Gambar 5.5A dan 5.5B).

Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa infektivitas cendawan MVA lebih dipengaruhi oleh kandungan P tanaman yang menunjang pendapat Gianinazzi- Pearson and Gianinazzi (1976) bahwa infeksi mikoriza lebih dipengaruhi oleh kandungan P dalam jaringan tanaman dari pada P dalam tanah. Konsentrasi P yang tinggi dalam tanaman menunjukkan efisiensi penyerapan P oleh tanaman tersebut cukup baik. Sanders (1975) dan Menge *et al.* (1978) mengemukakan bahwa konsentrasi P yang tinggi dalam jaringan tanaman akan menghambat infeksi cendawan MVA. Demikian pula hasil penelitian pada tanaman barley yang efisien terhadap P kurang respon terhadap infeksi mikoriza dibanding tanaman barley yang tidak efisien (Baon *et al.*, 1993).

Berdasarkan analisis kadar P dalam daun tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 menunjukkan bahwa tanpa inokulasi mikoriza, tebu varietas Ps 61 dan Q 90 mempunyai kadar P daun lebih banyak sedang tebu M 442-51 sedikit (Tabel 5.20). Ditunjang dengan hasil penelitian Ismail dkk.(1991) terhadap kadar P_2O_5 dalam nira

tebu varietas Q 90 tanpa pemupukan TSP dan tanpa mikoriza menunjukkan kadar $P_2 O_5$ yang cukup tinggi yaitu 234.13 mg/l. Sedang pada varietas Ps 61 dan M 442-51 yang dilakukan oleh Mochtar dan Soewarno (1990) menghasilkan nilai $P_2 O_5$ sebesar 166 mg/l dan 127 mg/l. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanpa mikoriza varietas Q 90 lebih efisien dalam penyerapan unsur P dalam tanah. Oleh karena itu perkembangan cendawan MVA di daerah rhizosfer tebu varietas Q 90 kurang berkembang. Hal ini ditunjukkan oleh infektivitas ketiga cendawan MVA pada varietas tebu Q 90 yang lebih rendah dibanding pada varietas Ps 61 dan M 442-51 (Gambar 5.5 C).

6.4.2. Bibit tebu mikropropagasi.

Pengamatan perkembangan infeksi cendawan MVA pada bibit tebu mikropropagasi varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 mempunyai pola perkembangan bentuk kurva sigmoid (Gambar 5.10 A, 5.10 B, dan 5.10 C). Namun demikian derajat infeksi ketiga cendawan MVA pada tebu mikropropagasi tersebut relatif rendah dibanding semua varietas tebu bibit bagal, kecuali derajat infeksi cendawan MVA Indigenous pada tebu M 442-51. Diduga tebu mikropropagasi mengalami epigenetik. Epigenetik terjadi karena adanya perubahan genetik atau mutasi somaklonal yang dapat menimbulkan variasi atau keragaman pada tanaman. Keragaman tersebut berpengaruh pada hasil fotosintesis. Fotosintat yang rendah akan menghambat perkembangan cendawan MVA sehingga kolonisasinya pada akar tebu lebih kecil. Menurut Sugiyarta (1993), epigenetik merupakan perubahan yang bersifat sementara dan akan normal kembali seperti varietas donornya setelah generasi penangkaran bagal ketiga.

Dari ketiga cendawan MVA tampak bahwa *Indigenous* dan *Acaulospora sp* lebih awal mengadakan kolonisasi dengan akar tebu varietas M 442-51 dan Ps 61 (Gambar 5.10 A, 5.10 B, dan 5.10 C). Inokulasi cendawan MVA pada tebu mikropropagasi dilakukan pada saat aklimatisasi. Media yang digunakan adalah campuran blotong sulfitasi dan pasir. Blotong sulfitasi mempunyai kandungan bahan organik sebesar 33.33 % (Subagio dan Murwandono, 1991). Kandungan bahan organik yang cukup tinggi pada media aklimatisasi menyebabkan *Acaulospora sp* lebih awal menginfeksi akar tebu. Hal ini mengingat bahwa cendawan MVA *Acaulospora sp* mengadakan asosiasi dengan tanaman inang dan juga untuk kelangsungan hidupnya di daerah rhizosfer sangat mengutamakan kesuburan tanah. Oleh karena itu setelah tebu dipindah ke dalam pot, perkembangan cendawan MVA *Acaulospora sp* terhambat. Hal ini ditunjukkan dengan nilai derajat infeksi cendawan MVA *Acaulospora sp* yang lebih rendah dari *Glomus sp* (Gambar 5.10 A, 5.10 B dan 5.10 C).

6.5. Pengaruh Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA pada Pertumbuhan Tebu

Respon tinggi tebu terhadap beberapa aras takaran inokulum cendawan MVA terbesar pada aras takaran 300 gram. Demikian pula derajat infeksi dalam akar tebu. Namun respon tanaman terhadap takaran tersebut lebih tampak pada umur 6 minggu dengan pertambahan tinggi tebu sebesar 13.01 %. Respon semakin menurun dengan bertambahnya umur tanaman yaitu 9,67 % pada umur 8 minggu dan 8,90 % pada umur 10 minggu serta tidak nyata pada umur 12 minggu (Tabel 5.23).

Penurunan respon tersebut dikarenakan perkembangan akar tebu dalam pot sangat terbatas dengan semakin bertambahnya umur tanaman. Oleh karena itu

penyebaran hifa maupun pembentukan infeksi sekunder menjadi terhambat. Hal ini disebabkan perkembangan kolonisasi cendawan MVA tergantung pada kecepatan pembentukan unit infeksi dari hifa ekstrasmatikal, kecepatan penyebaran cendawan MVA dalam akar dan kecepatan pertumbuhan akar itu sendiri (Harley dan Smith, 1983).

Pada aras takaran 100 gram, penambahan tinggi tebu belum tampak berbeda nyata meskipun pertambahan derajat infeksi telah nyata dan semakin meningkat dengan bertambahnya aras takaran inokulum. Seperti yang dikemukakan oleh Ferguson (1981) bahwa peningkatan aras takaran inokulum meningkatkan kolonisasi. Bertambahnya aras takaran inokulum menyebabkan tanaman lebih awal terinfeksi, namun pada akhir kecepatan kolonisasi tidak dipengaruhi oleh aras takaran inokulum. Hal ini disebabkan kecepatan kolonisasi akar menjadi seimbang dengan pertumbuhan akar dan infeksi telah mencapai maksimal.

Derajat infeksi pada aras takaran di atas 300 gram masih lebih tinggi dari aras takaran di bawah 300 gram (Tabel 5.25) namun berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan (Tabel 5.23). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan pertumbuhan yang dicapai bukan karena tingkat kolonisasi cendawan MVA melainkan oleh fungsi dan jumlah hifa eksternal (Dodd *et al.*, 1990). Hal tersebut ditunjukkan oleh jumlah P tersedia disekitar rhizosfer tebu yang diinokulasi *Glomus sp* meningkat nyata pada aras takaran inokulum 200 gram, 300 gram dan 400 gram. Selain hifa, penyerapan P dipengaruhi pula oleh jumlah atau ukuran arbuskula aktif yang secara metabolik sebagai proporsi dari total biomassa cendawan MVA dalam akar (Smith dan Smith, 1995) dan jumlah arbuskula yang aktif lebih berpengaruh nyata daripada persentase panjang akar terinfeksi (Hayman, 1987).

Meningkatnya jumlah P tersedia di sekitar rhizosfer tebu menunjukkan berkurangnya senyawa P kompleks yang terbentuk. Hal ini dimungkinkan karena terjadi penurunan jumlah unsur Fe dan Mn pada berbagai aras takaran inokulum cendawan MVA baik Indigenous maupun *Glomus sp* (Tabel 5.29). Peningkatan unsur P yang dapat diserap oleh tanaman berpengaruh pula terhadap perubahan unsur N dan K (Tabel 5.27), Ca dan Mg (Lampiran 15) yang secara tidak langsung mempengaruhi perubahan berat kering tanaman.

Berat kering maksimum tebu yang diinokulasi cendawan MVA diperoleh pada aras takaran inokulum 358.6 gram. Di atas aras takaran tersebut terjadi penurunan hasil berat kering. Hal ini disebabkan fotosintat dipergunakan untuk pertumbuhan kembali (*regrowth*) dan untuk memenuhi kebutuhan cendawan MVA. Mengingat bahwa untuk pertumbuhan dan fungsi cendawan MVA tergantung pada suplai fotosintat dari tanaman inang (Azcom - Aquilar dan Bago, 1994). Namun demikian penggunaan fotosintat yang banyak akan menurunkan berat kering (Smith, 1980 dan Stribley *et al.*, 1980). Hal tersebut ditunjang dengan pendapat Harley dan Smith (1983) bahwa penurunan berat kering kemungkinan disebabkan banyaknya karbon yang diangkut ke hifa ekstrasitrikal cendawan MVA atau banyaknya karbon yang direspirasikan per satuan waktu atau berkurangnya proses fotosintesis yang disebabkan rendahnya intensitas cahaya.

6.6. Pengaruh Aras Takaran Pupuk TSP dan Cendawan MVA terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu

Aras takaran pupuk TSP dan cendawan MVA berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu M 442-51 terutama pada tinggi tebu umur 3 bulan dan 9 bulan

(Lampiran 18). Respon pertumbuhan tebu umur 3 bulan dan 9 bulan paling baik dicapai oleh cendawan MVA Indigenous pada takaran 50 % TSP (46 kg P_2O_5 / ha). Unsur hara P_2O_5 diperlukan sebagian besar selama beberapa bulan pertama masa pertumbuhan tebu. Oleh karena itu kolonisasi cendawan MVA sangat bermanfaat untuk membantu penyerapan P. Adaptasi yang baik terutama terhadap kondisi tanah oleh *Glomus sp* yang diintroduksi mampu mengkoloni akar tebu pada pertumbuhan awal sehingga memberikan respon yang tidak berbeda nyata dengan MVA Indigenous pada takaran tersebut. Seperti yang dikemukakan oleh Thompson (1994) bahwa faktor yang menentukan keberhasilan introduksi MVA di lahan adalah ketergantungan tanaman terhadap cendawan MVA, status nutrisi tanah, dan potensi inokulum cendawan MVA. Demikian pula faktor kepadatan populasi MVA Indigenous (Abbot *et al.* , 1983).

Pada takaran 0 % TSP dan 100 % TSP (92 kg P_2O_5 / ha) memberikan respon rendah terhadap tinggi tebu bermikoriza Indigenous tetapi tidak demikian pada *Glomus sp* (Tabel 5.30). Hal tersebut mencerminkan kemampuan bersaing dari *Glomus sp* yang diintroduksi dan berlanjut selama masa vegetatif. Terlihat bahwa kedua cendawan MVA tidak berbeda nyata terhadap tinggi batang tebu umur 6 bulan (Lampiran 18). Namun kedua cendawan MVA tersebut saling berpengaruh dengan beberapa takaran TSP terhadap tinggi tebu umur 9 bulan dan terlihat bahwa respon tertinggi dicapai oleh tebu bermikoriza Indigenous yang diberi takaran 50 % TSP yaitu 285 cm (Tabel 5.30). Diduga pada aras takaran tersebut mampu meningkatkan potensi inokulum MVA dalam merangsang pertumbuhan tanaman.

Respon pertumbuhan pada aras takaran tersebut berkurang dengan bertambahnya pemberian pupuk TSP. Aras takaran pupuk TSP yang meningkat cenderung menurunkan

derajat infeksi (Tabel 5.33). Hal ini disebabkan tingkat P yang lebih tinggi menurunkan permeabilitas sel membran untuk karbohidrat (Graham, 1985) sehingga pasokan fotosintat dari tanaman inang terhambat yang menyebabkan cendawan MVA tertekan perkembangannya. Pada aras takaran yang sama, respon pertumbuhan oleh *Glomus sp* lebih rendah yaitu 276.33 cm (Tabel 5.30). Tampaknya terjadi kompetisi antara cendawan MVA Indigenous dengan cendawan MVA yang diintroduksi.

Berdasarkan penelitian, cendawan MVA yang diintroduksi dapat menekan populasi cendawan MVA Indigenous dan menyebabkan cendawan introduksi lebih efektif atau terjadi sebaliknya (Sieverding, 1991). Menurut Powell (1978) terjadi peningkatan pertumbuhan tanaman clover yang diinokulasi cendawan MVA pada tanah tidak steril. Hal ini menunjukkan bahwa cendawan MVA yang diintroduksi lebih efektif dan mempunyai kemampuan bersaing lebih besar dibanding MVA Indigenous. Sebaliknya ditemukan tingkat kolonisasi *Glomus fasciculatum* pada tanaman barley yang lebih rendah jika diintroduksi pada tanah tidak steril dibanding tingkat kolonisasinya pada tanah steril (Ocampo *et al.*, 1980).

Powell (1984) mengemukakan bahwa respon pertumbuhan tanaman terhadap inokulasi cendawan MVA di lahan sangat bervariasi, karena sangat tergantung pada efektivitas spora MVA Indigenous maupun yang diintroduksi (Mitiku - Habte dan Fox, 1993). Efektivitas cendawan MVA Indigenous terkait dengan beberapa faktor antara lain status nutrisi tanah, tanaman inang, densitas propagul cendawan MVA, efektivitas cendawan MVA dan kompetisi diantara cendawan MVA serta mikroorganisme tanah lainnya. Kedua cendawan MVA, baik Indigenous maupun *Glomus sp* tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang dan jumlah anakan

(Lampiran 19 dan 22) yang menunjukkan bahwa kedua cendawan MVA mempunyai efektivitas sama dalam mempengaruhi dua komponen pertumbuhan tersebut. Namun beberapa aras takaran pupuk TSP yang diberikan pada tebu M 442-51 masih berpengaruh nyata. Demikian pula terhadap komponen produksi (Lampiran 23).

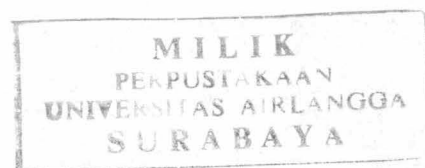
Kondisi sifat kemasaman tanah pada lahan percobaan yang ditunjukkan dengan pH rendah (Tabel 5.38) dan konsentrasi P tersedia dengan ekstrak Olsen yang rendah pula sebesar 26.69 ppm (Tabel 5.40) ternyata mempengaruhi respon pertumbuhan tebu (Tabel 5.30, 5.31, dan 5.32), hasil bobot tebu, dan rendemen (Tabel 5.37) terhadap pemberian pupuk P. Peranan pupuk P pada fase generatif sangat penting karena banyak berperan dalam translokasi dan penimbunan energi. Namun demikian hasil penelitian pemberian P pada tanah masam pada fase vegetatif menentukan jumlah dan pertumbuhan anakan (*tillering*) yang berpengaruh terhadap bobot tebu dan hasil hablur.

Pada tanah inceptisol, fosfor merupakan faktor pembatas bagi produksi tanaman. Kandungan P total pada tanah tersebut sangat bervariasi. Kandungan P total yang tinggi pada tanah belum menjamin P tersedia tinggi pula. Pada tanah dengan P tersedia rendah diperlukan penambahan pupuk P agar diperoleh hasil produksi maksimum. Hasil bobot tebu meningkat seiring dengan bertambahnya pupuk TSP sampai takaran 75% TSP (69 kg P₂O₅/ha).

Tabel 5.37 menunjukkan bahwa hasil bobot tebu proporsional dengan hasil hablur. Hablur gula dan bobot tebu tertinggi dicapai pada takaran 75 % TSP. Peningkatan bobot tebu sampai takaran 75 % TSP terkait dengan kadar P₂O₅ dalam nira yang merupakan cerminan dari kadar P daun (Tabel 5.35). Menurut Simoen dan Windiharto (1991) bahwa penambahan P melalui tanah dapat meningkatkan kadar P₂O₅

dalam nira (yang sangat diperlukan dalam prosesing nira menjadi gula) dan juga meningkatkan bobot tebu dan hablur gula. Pendugaan bobot tebu yang diinokulasi *Glomus sp* mencapai maksimum pada takaran 58.25 % TSP (53.59 kg P₂O₅ / ha) sebesar 1220.50 ku/ha sedang MVA Indigenous pada takaran 71.81 % TSP (66.07 kg P₂O₅ / ha) sebesar 1239.97 ku/ha. Dengan kata lain *Glomus sp* dapat meningkatkan efisisensi pemupukan TSP sebesar 41.75 % dan Indigenous sebesar 28.19 %

Kandungan P total tanah yang relatif tinggi dengan P tersedia rendah (Tabel 5.40) menunjukkan bahwa banyak P yang terserap. Hal ini disebabkan pada tanah masam sering ditemukan konsentrasi Al, Fe dan Mn cukup tinggi. Unsur-unsur tersebut memiliki kemampuan untuk mengikat P yang tersedia menjadi bentuk-bentuk ikatan senyawa P kompleks yang sukar dilepaskan ke larutan sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Keberadaan cendawan MVA sangat penting karena tanaman bermikoriza toleran pada kondisi tanah tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan nyata unsur - unsur Al, Fe, dan Mn setelah inokulasi cendawan MVA (Tabel 5.40).



BAB 7 SIMPULAN DAN SARAN

7.1. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian infektivitas dan efektivitas cendawan MVA serta pemanfaatannya pada budidaya tebu baik di dalam pot maupun di lahan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Inokulasi cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* pada tanah inceptisol meningkatkan tinggi tebu umur 12 minggu sebesar 11.75 %, 9.20 % ,dan 7.90 %; diameter tebu sebesar 14.14 %, 13.64 %, dan 12.63 %; serta nyata menurunkan unsur Fe pada rhizosfer tebu M 442-51.

Inokulasi cendawan MVA Indigenous, *Glomus sp*, dan *Acaulospora sp* pada tanah oxisol meningkatkan tinggi tebu umur 12 minggu sebesar 16.71 %, 24.65 %, dan 22.77 %; diameter tebu sebesar 28.14 %, 26.62 %, dan 16.73 %; serta nyata menurunkan unsur Mn pada rhizosfer tebu M 442-51 dan Q 90.

2. Tingkat efektivitas cendawan MVA Indigenous dan *Glomus sp* terhadap pertumbuhan tebu varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 lebih tinggi dibanding *Acaulospora sp*.

3. Infektivitas cendawan MVA Indigenous yang diinokulasikan pada tebu bibit bagal varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 (98%, 93 %, dan 87%); *Glomus sp* (93%, 90%, dan 90%) lebih tinggi dibanding *Acaulospora sp* (81%, 53%, dan 53%) dengan pola perkembangan infeksi masing-masing cendawan MVA mengikuti kurva sigmoid.

4. Infektivitas cendawan MVA Indigenous yang diinokulasikan pada *plantlet* tebu mikropropagasi varietas M 442-51, Ps 61 dan Q 90 (93%, 67 %, dan 67%); *Glomus sp* (60%, 63%, dan 57%) lebih tinggi dibanding *Acaulospora sp* (47%, 37%, dan 37%) dengan pola perkembangan infeksi masing-masing cendawan MVA mengikuti kurva sigmoid.
5. Aras takaran optimum cendawan MVA pada percobaan dalam pot (berisi 70 kg tanah) adalah 358.60 gram dengan berat kering tanaman sebesar 289.36 gram.
6. Inokulasi cendawan MVA Indigenous dapat mengurangi pemberian pupuk TSP sebesar 28.19 % dengan perolehan tebu 1239.97 ku/ha dan nyata menurunkan unsur Fe dan Mn. Sedang *Glomus sp* mengurangi pupuk TSP sebesar 41.75 % dengan perolehan tebu 1220.50 ku/ha dan menurunkan unsur Fe, Al, dan Mn.

7.2. Saran

1. Cendawan MVA dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tebu namun perlu diperhatikan infektivitas dan efektivitas masing - masing jenis cendawan MVA terhadap varietas tebu.
2. Pemakaian inokulum tanah mikoriza disarankan untuk diketahui terlebih dahulu jumlah propagul infeksiusnya.
3. Kajian lebih lanjut produktivitas tebu mikropropagasi bermikoriza

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, L.M. 1982. Comparative Anatomy of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae Formed on Subterranean Cloves. *Aust. J. Bot.* 30 : 485.
- Abbott, L. K., A.D Robson and G. de Boer. 1984. The effect of Phosphorus on the formation of hyphae in soil by the Vesicular Arbuscular Mycorrhizae fungus *Glomus fasciculatum*. *New Phytol* 97 ; 437.
- Adinurani, P.G dan Hendroko. 1991. Mikropropagasi, teknik baru melipat gandakan produksi gula. *Harian Surya*, 26 Mei 1991 : 2.
- Alexander, A.G. 1973. *Sugar Cane Physiology*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York . p 69 - 192.
- Alexander, LJ dan Hogberg P. 1986. Ectomycorrhizae of tropical angiospermous trees. *New Phytol.* 102: 541-549.
- Ames, R.N., C.P.P Reid, L.K. Porter, and C. Cambardella. 1983. Hyphal uptake and transport of nitrogen from ¹⁵N - labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular - arbuscular mycorrhizae fungus. *New Phitol.* 95 : 381 - 396.
- Ariadi D. 1990. Rendemen tahun giling 1990. Pertemuan Teknis Tengah Tahunan II/1991. P3GI Pasuruan. hal. 1-36.
- Arifin, S., E. Haryono dan S. Suroso. 1995. Penurunan kualitas bahan baku tebu TRI sejak th. 1975 ; suatu kajian agronomis. *Prosiding Pertemuan Teknis. P3GI Pasuruan* hal . 1-19.
- Azcon, R.D. and J.A. Ocampo. 1981. Factors affecting the vesicular arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytol.* 87 : 677-685.
- Azcon - Aquilar , C. and B. Bago. 1994. Physiological characteristics of the host plant promoting and undisturbed functioning of the mycorrhizae symbiosis. In : *Impact of Arbuscular - mycorrhizal on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems*. S. Gianinazzi and H. Schuepp (eds) Switzerland. 47 - 60.
- Baon, J.B., S.E Smith, A.M. Alston and R.D. Wheeler. 1992. Phosphorus efficiency of three cereals as related to indigenous mycorrhizae infection. *Aust. J. Agric. Res.* 43 : 479 - 491.

- Baon, J.B., S.E Smith, and A.M Alston. 1993. Mycorrhizae responses of barley cultivars differing in P efficiency. *Plant and Soil* 157 : 97-105.
- Barrow, N.J. 1977. Phosphorus uptake and utilization by tree seedlings. *Aust. J. Bot.* 25 : 571.
- Beever, R. E. and D.J.W. Burns 1980. Phosphorus uptake, storage and utilization by fungi. *Adv. Bot. Res.* 8 : 127.
- Bonfante-Fasolo, P. 1984. Anatomy and Morphology of VA Mycorrhizae. dalam Powell and Bagyaraj, D.J. (eds). *VA Mycorrhizae*. CRC Press. Boca Raton. Florida. p :5-29.
- Bower, G.D., D.I Bevege and B. Mosse. 1975. Phosphate Physiology of vesicular arbuscular mycorrhizae in *Endomycorrhizae* (eds) F.F. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker. Academic Press. London and New York. p. 241 - 260.
- Brown M.F and E.J. King. 1984. Morphology and Histologi of Vesicular-arbuscular Mycorrhizae, Anatomy and Cytology dalam Schenk, N.C (eds). *Method and Principles of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. USA. p.15-23.
- Brundrett, M. 1991. Mycorrhizae in nature ecosystem. *Adv. Ecol. Res.* 21 : 171-313.
- Buwalda, J.G., D.P. Stribley, P.B. Tinker. 1983. Increased uptake of bromide and chloride by plants infected with vesicular - arbuscular mycorrhizae.
- Carling, DE, dan M.F. Brown. 1980. Relative effect of VA Mycorrhiza on the growth on yield of soybeans. *Soil Sci. Soc.Amer. J.* 44 : 528-532.
- Clements, H.F. 1980. Sugarcane crop logging and crop control principles and practices. *The Univ. Press of Hawaii*. p. 55-67.
- Cooper, K. M. and P. B.Tinker. 1981. Translocation and transfer of nutrients in vesicular - arbuscular mycorrhizae. Effect of environmental variables on movement of phosphorus. *New Phytol.* 83 : 327.
- Cooper, K.M. 1984. Physiology of VA Mycorrhizal Association. dalam Powell and Bagyaraj, D.J (eds). *VA Mycorrhiza*. CRC. Press. Inc. Boca Raton. Florida. p. 155-186.
- Daft, M.J. dan El-Giahmi A.A. 1978. Effects of endogone mycorrhiza on plant growth VII. Effects of defoliator and light on selected hosts. *New Phytol* 80 : 365-372.

- Daft, M. J. and A.A. El-Giahmi 1974. Effect of *Endogone* mycorrhizae on plant growth. VII Influence of infection on the growth and nodulation in French bean (*Phaseolus vulgaris*). *New Phytol.* 73 : 1139.
- Dodd, J.C., I. Arias, I. Koomen and D.S. Hayman. 1990. The management of populations of vesicular - arbuscular mycorrhizae fungi in acid - infertile soils of a savana ecosystem. 1 : The effect of pre-cropping and inoculation with VAM fungi on plant growth and nutrition in the field. *Plant and Soil* 122 : 229-240.
- Daniels, B.A and H.D. Skipper. 1984. Methods for the Recovery and Quantitative Estimation of Propagules from Soil dalam Schenck, N.C (eds). *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. USA. p. 29-36.
- Ferguson, J.J. 1981. Inoculum Production and Field application of vesicular arbuscular mycorrhizae fungi. University of California. Riverside. p. 32.
- Ferguson, J.J. and J.A Menge. 1982. The influence of light intensity and artificially extended photoperiod upon infection and sporulation of *Glomus fasciculatus* on sudan grass and root exudation by sudan grass. *New Phytol.* 92 : 183.
- Gerdemann, J.W and J.M. Trappe. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia memoir No. 5*. The New York Botanical Garden. New York. p.1-15.
- Gianinazzi-Pearson, V. dan S. Gianinazzi. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhiza roots. *Plants and Soil* 71:197-209.
- Gianinazzi-Pearson, V. dan S. Gianinazzi. 1976. Enzymatic studies on the metabolism of vesicular - arbuscular mycorrhizae. I. Effects of mycorrhiza formation and phosphorus nutrition on soluble phosphatase activities in onion roots. *Physiol. Veg.* 14 : 833.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84:489-500.
- Graham, J.H. and J.P Syvertsen. 1985. Host determinants of mycorrhizae dependency of citrus stock seedlings. *New Phytol.* 101 : 667-676
- Gray, L.E. 1971. Physiology of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae. *Proceedings of the First North American Conference on Mycorrhizae*. U.S. Department of Agriculture. p.145-149.
- Gunawan, A.W. 1990. Morfologi dan Anatomi Mikoriza Vesikula Arbuskul. *Kursus Mikoriza Vesikula Arbuskula. Laboratorium Biologi Tanah. IPB. Bogor.* hal. 1-14.

- Hall, I.R. 1984. Taxonomy of Mycorrhizal Fungi. dalam Powel dan Bagyaraj, D.J. (eds). VA Mycorrhiza. CRC. Press. Inc. Boca Raton. Florida. p.57-92.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi tanah dan Pedogenesis, Akademika Preeindo. Jakarta. hal. 255-257.
- Harley, J.L. dan S.E. Smith. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. London. p. 25-82.
- Hatch. 1964. Sugar accumulation by sugar cane storage tissue. Biochem:J,93, 521 - 26
- Hayman, D.S. 1970. Endogone Spore in Soil and vesicular arbuscular mycorrhizae in wheat as influenced by season and soil treatment. Trans. Br. Mycol. Soc.:53-54.
- Hayman, D.S. 1974. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. Effect of leght and temperature. NewPhytol., VI : 71-73.
- Hayman, D.S. 1987. VA. mycorrhizas in field crop systems, In : Safir, G. R (eds). Ecophysiology of VA Mycorrhizae Plants. CRC Press. Boca Raton. Florida. p. 171-192.
- Hendroko. 1991. Komunikasi Pribadi .
- Hetrick, B.D. 1984. Ecology of VA Mycorrhizae fungi dalam Powell and Bagyarag, D.J. (eds). VA Mycorrhiza. CRC Press Boca Raton. Florida. p. 35-56.
- Hignett, T.P. 1982. Fertilizier and our food. dalam W.C White and D.N. Collins (eds). The fertilizier hand book. The Fertilier Institute. Switzerland. p. 1-20.
- Howeler, R.H., E. Sieverding and S. Saif. 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. Plant and Soil. 100 : 249-283.
- Humbert, R.P. 1968. The growing of Sugar Cane. Elsevier Publishing Company. Amsterdam. p. 40-79.
- Husz, G.S. 1972. Sugar cane : Cultivation and Fertilization. Ruhr - Sticksfoff. Bochum, West Germany. p. 10-116.
- Islam, R., A. Ayanaba, and F.E. Sanders. 1980. Respon of cowpea (*Vigna unguiculata*) to inoculation with VA mycorrhizal fungi and to rock phosphate fertilization in some unsterilised. Nigerian soils. Plant Soil. 54 : 107.
- Ismail, M. Moctar, S.E. Saputro dan Sukarto. 1991. Interaksi antara pemupukan TSP dan varietas serta pengaruhnya terhadap mutu dan hasil gula. Proseding Pertemuan Teknis Tengah Tahun II. hal. 1-12.

- Jeffries, P. 1987. Use of mycorrhizae in agriculture. Department of Microbiology University of Kent. Canterbury. Kent. United Kingdom. Issue 4 (5): 319-357.
- Johnson, C.R., J.A. Menge, S. Schwab and LP Ting. 1982. Interaction of photoperiod and vesicular arbuscular mycorrhizae. on growth and metabolism of sweet orange. *New Phytol.* 90 : 665.
- Kabirun, S dan E. Sutariningsih. 1977. Beberapa catatan tentang VA Mycorrhiza pada tanaman pertanian. Seminar Biologi V. Malang. hal. 1-5.
- Khan, A.G. 1975. The effect of vesicular arbuscular mycorrhizae and associations on growth of cereal. Effects on wheat growth. *Ann. Appl. Biol.* 80 : 27.
- Undermann, R.G. 1992. Vesicular - arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In : *Mycorrhizae in sustainable Agriculture*. ASA Special Publication 54 : 45-70.
- Lukiwati, D.R., S. Hardjosuwignyo, Y. Fakura, and I. Anas. 1994. Dry matter yield of forage legumes by VAM and rock phosphate fertilizer in the latosol soil. Paper presented in Bio-Refor Workshop on Plantation Forestry and the Application of New Biotechnology. Perlis - Malaysia 28 Nov - 1 Dec.
- Marschner and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. In. *Proc. of an International Symposium on Management of Mycorrhizas in Agriculture and Forestry*. Kluwer Academic Publishers. Perth. p. 89-102.
- Menge, J.A., D. Steirle, D.J. Bagyaraj, E.L.V. Johnson, and R.T. Leonardo. 1978. Phosphorus concentrations in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytol.* 80 : 575-578.
- Menge, J.A and L.W. Timmer. 1982. Procedures of inoculation of plant with vesicular-arbuscular mycorrhizae in the laboratory, greenhouse and field. dalam Shenck, N.C (eds). *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. USA. p. 187-189.
- Mengel, K. and E.A Kerkby. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Switzerland. p. 31-34.
- Mitiku-Habte and R.L. Fox. 1993. Effectiveness of VAM fungi in non sterile soils before and after optimization of P in soil solution. Department of Agronomy and Soil Science. Univ. of Hawaii. Honolulu. Hawaii Plant and Soil. 151(2): 219-226.
- Moawad, A.M. 1986. The problems of using vesicular - arbuscular mycorrhiza for supplying phosphate to plant. *Plant Res. and Development*, 23 : 68-77

- Mochtar, M. 1986. Kemasakan tebu. Diktat latihan kerja SKP-PG. BP3G. Pasuruan. hal. 1-15.
- Mochtar, N.K. Nurai dan Martoyo. 1988. Beberapa aspek pra panen dan pasca panen yang perlu diperhatikan dalam rangka maksimalisasi perolehan gula dari tebu. Pros.Seminar budidaya tebu lahan kering. P3GI. Pasuruan.hal. 71-89.
- Mochtar, M. dan Soemarno. 1990. Peningkatan kadar P2O5 dalam nira tebu berhubungan dengan peningkatan kualitas nira dan efisiensi pengolahan. Pertemuan Teknis Tengah Tahunan II. P3GI. Pasuruan.
- Mosse, B. and C.M. Herper. 1975. Vesicular - arbuscular mycorrhizal infection in root organ cultures. *Physiol. Pl. Path.* 5 : 215-223.
- Mosse, B. 1981. VA Mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. p. 3-82.
- Mulyadi, M., S. Simoen dan A. Yogasara. 1995. Efektivitas penggunaan jenis pupuk SP-36 dan TSP pada lahan kering di tanah masam. *Majalah Penelitian Gula XXXI (1-2) : 6-14.*
- Munir, M. 1996. Tanah - tanah utama Indonesia. Karakteristik, klasifikasi, dan pemanfaatannya. Pustaka Jaya. Jakarta. hal. 98-308.
- Nemec, S. 1987. VA mycorrhizae in horticultural systems. In : Safir, G.R (eds) *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plant*, CRC Press, Boca Raton. Florida. p. 193-211.
- Nurhayati, H., J. Nyakpa, A.M Lubis, G.N. Sutopo, R. Saul, A. Diha, Go Ban Hong, dan H.H Bailey. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung. Lampung. hal 60-88..
- Ocampo, J.A.,J. Martin, and D.S Hayman. 1980. Influence of plant interaction on vesicular mycorrhizal infections, I. Host and non host plants grown together. *New Phytol.* 84:27.
- Pacovsky, R.S. 1986. Micronutrient uptake and distribution in mycorrhizal on phosphorus-fertilized soybeans. *Plant Soil* 95 : 379-388.
- Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, Inc. New. p. 20-73.
- Pawirosemadi, M. 1986. Pemupukan. Diktat Latihan Kerja SKP-PG. BP3G. Pasuruan. hal. 10-89.

- Powell, C. and J. Daniel. 1978. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphate deficient soil. *New Phytol.* 80 : 351.
- Powell, C. L and D.J. Bagyaraj. 1984. VA Mycorrhizae: Why all the interest, dalam Powell, C. L and D.J. Bagyaraj (eds). VA Mycorrhiza. CRC. Pres.Inc. Boca Raton Florida. p. 1-3
- Powell, C. L. 1984. Field inoculation with VA mycorrhizal fungi. In : VA Mycorrhiza (eds) C.L. Powell and D.J. Bagyaraj. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida. p. 205-222.
- Premono, E., A. Dardak dan Sukarto. 1991. Pemupukan Fosfat berat pada tebu di Bungamayang. Proc. Pert. Teknis tengah tahunan I/1991. P3GI. Pasuruan. hal.1-12.
- Rusli, M. dan Soemitro, 1997. Statistika Produksi gula Indonesia tahun giling 1995. P3GI, Pasuruan, hal. 3-4.
- Salinas, J.G. dan P.A Sanchez. 1976. Soil plant relationship affecting varietal and species diferences in toleranceto low available soil phosphorus *Ciencia E culture* 28 (2): 156-168.
- Sanchez, P.A. dan J.G. Salinas. 1981. Low input technology for managing Oxisols and Ultisol in tropical Amerika. *Advantes in Agronomy.* 34: 279-406.
- Sanders, F.E. 1975. The effect of foliar applied phosphate on the mycorrhizal infection of onion roots. In *Endomycorrhizas*, (eds). F.E. Sanders, B. Mosse and P.P. Tinker Academic Press. London p 261-276.
- Sanders, F.E. dan N.A. Sheikh. 1983. The development of VA Mycorrhiza infection in plant root ystem. *Plant and Soil* 71 : 223-246.
- Schenck, N.C dan K. Hinson. 1973. Response of nodulating and non nodulating soybeans to a spesies of *Endogone* mycorrhiza. *Agron.J.* 65:849-850.
- Schenck, N.C and P.Yvonne. 1988. Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi. University of Florida. Florida. p. 12-46.
- Schenck, N.L. and V.N. Schroder. 1974. Temperature response of *Endogone* mycorrhiza on soy bean roots. *Mycologia* 66 : 600.
- Schwab, S.M., J.A Menge and R.T. Leonard. 1983. Comparison of stages of vesicular arbuscular mycorrhiza formation in sudan grase grown at two levels of phosphorus nutrition, *Am. J. Bot.* 70 : 1225.

- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany. Eschborn p. 5-273.
- Simoen S. dan Windiharto (1988). Pengaruh inokulasi jamur VA Mycorrhiza, sumber dan takaran pupuk P terhadap pertumbuhan tanaman tebu muda di tanah Ultisol Cintamanis. Prosiding Seminar Budidaya Tebu Lahan Kering. P3GI. Pasuruan. hal. 667-675.
- _____ (1991). Pemupukan P berjenjang pada tebu yang ditanam di tanah Ultisol Cintamanis. Prosiding Pertemuan Teknis Tengah Tahunan II. P3GI. Pasuruan. hal. 1-10.
- Smith, S.E. 1980. Mycorrhizas of autotrophic higher plants, Biol Rev. 55, 475-510.
- Smith, S.E. and F.A Smith, 1984. Could mycorrhizas be involved in changes in soil pH in Proc. of the 7 th Australian Legume Nodulation Conf. Kenedy, I. R. and Copeland, I. (eds). Australian Institute of Biological Science, Sydney p. 125.
- Smith, S.E. and V. Gianinazzi - Pearson. 1988. Annie Rev. Plant Phisiol. Plant Mol. Biol. 39:221-224.
- Smith, S.E., A.D. Robson and L.K. Abbott, 1992. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. Plant and Soil 146 : 169-179.
- Smith, F.A and S.E. Smith . 1995. Nutrient transfer in vesicular - arbuscular mycorrhizas ; A new model based on the distribution of ATP uses on fungal and plant membranes. Biotropia 8: 1-10.
- Soepardi,G. 1979. Sifat dan ciri tanah, jilid II. IPB. Bogor. hal. 620-648.
- Soewandi, A. 1991. Masalah fosfat tebu lahan kering di luar Jawa. Majalah Gula Indonesia VI (3-4) : 3-4.
- Stribley, D.P., P.B. Tinker and J.H. 1980. Relation of Internal Phosphorus concentration and plant weight in plants infected by vesicular - arbuscular mycorrhizas. New Phytol 86 : 261-266.
- Subagio, I dan Murwandono. 1991. Peranan limbah pabrik gula sebagai pupuk organik terhadap pertumbuhan tebu. Studi pendahuluan. Berita (5) : 15-21.

- Subramanian, L and R.S. Dwivede. 1988. The efficiency of utilization of rock phosphate by some microbes including VAM. In : Proc. of the First Asian Conference on Mycorrhizae. A. Mahadevan, N. Raman and K. Natarajan. January 29-31. Madras p. 153-154.
- Sugiyarta, E. 1990. Program pengembangan mikropropagasi tebu. Diktat pelatihan penanganan mikropropagasi tanaman tebu. P3GI. Pasuruan. hal. 1-9.
- Sugiyarta, E. 1993, Teknologi mikropropagasi untuk penyediaan bibit tebu varietas unggul yang sehat. Majalah Gula Indonesia. XVIII/3 : 13-15.
- Syekfani. 1997. Hara - air - Tanah Tanaman. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. hal. 19-99.
- Thompson, J. P. 1994. What is the potential for management of mycorrhizas in : Proc. of International Symposium on Management of Mycorrhizas in Agriculture. Horticulture and Forestry. 28 Sept - 2 Oct. 1992. Perth. p. 191-200
- Tinker, P.B.H and F.E Sanders. 1974. Rhizosphere Microorganism and Plant Nutrition. Soil Science 40(16): 363-368.
- Tinker, P.B. 1975. Soil Chemistry of phosphorus and mycorrhizal effects on plant growth. In Endomycorrhizas. Sanders, F.E., Mosse, B. and Tinker, P.B (eds). Academic Press. London p. 353-371.
- Tommerup, I.C. 1983. Spore dormancy in vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. Trans. Br. Mycol. Soc. 81 : 37
- Toro T.S., E. Sieverding and C. Castila. 1985. Occurrence of VAM on sugar cane in Columbia. dalam R. Molina (eds) Proc. of the 6 th North American Conference on Mycorrhizae. Forest Research Laboratory. USA. p. 245- 295.
- Trappe, J.M. 1982. Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. Phytopathology 72:1102-1108.
- Trappe, J.M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In : Safir, G.R. (eds). Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants. CRC Press. Boca Raton, Florida p. 5-25.
- Usman dan Sumoyo. 1991. Tanggap Rendemen varietas M 442-51 terhadap dosis pemupukan NPK pada beberapa jenis tanah. Majalah Perusahaan Gula XXVII (1-2) ; 1-10.

- Vander Zaag, P., R.L. Fox, R.S. De La Pena and R.S. Yost. 1979. P nutrition of cassava including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. *Field Crops Res.* 2 : 253.
- Wallingford, W. 1978. Phosphorus functions in plants. dalam *Phosphorus for agriculture. A situation analysis.* Potash/ phosphate Institute. Atlanta. p. 13-52
- Wiriatmodjo, B., D. Prabowo, R. Soerjapoetra, M. Mochtar, A.S. Djojosoewardho, K. Adisasmito dan I Muhali. 1984. *Prosiding Pergulaan di Indonesia dan Prospeknya di masa mendatang.* P3GI, Pasuruan hal. 7-8.
- Wilson, J.M. 1984. Comparative development of infection by three vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 97 : 413.
- Woolhouse, H.W. 1975. Membrane structure and transport problems considered in relation to phosphorus and carbohydrate movements and the regulation of endotrophic mycorrhizal associations. dalam Sanders, F.E. et al. (eds). *Endomycorrhizas. Proceeding of a symposium held at the University of Leeds.* Academic Press. London. p. 209-239.
- Yost, R.S dan R.L. Fox. 1979. Contribution of Mycorrhiza to P nutrition of crop growing in a oxisol. *Agron. J.* 71: 903-908.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Ragam Tinggi Tebu yang Diinokulasi Mikoriza pada Tanah Inceptisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah			
		6 minggu	8 minggu	10 minggu	12 minggu
Varietas Tebu (V)	2	171.26	603.25 **	1311.50 **	322.34 *
Mikoriza (M)	3	468.78 *	499.93 **	1201.40 **	728.91 **
Interaksi (VM)	6	40.04	102.59	28.57	95.05
Galat	24	100.21	52.24	99.78	93.98
Total	35				

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata (F hitung > F tabel 1 %)

* = berbeda nyata (F hitung > F tabel 5 %)

Lampiran 2. Analisis Ragam Diameter Tanaman, Derajat Infeksi, dan Kadar Fosfat Daun Tebu yang Diinokulasi Mikoriza pada Tanah Inceptisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah			
		Diameter Tanaman		Derajat Infeksi	Kadar Fosfat Daun
		8 minggu	12 minggu		
Varietas Tebu (V)	2	0.064 **	0.006	30.715	0.003
Mikoriza (M)	3	0.019 *	0.151 *	2,179.700 **	0.116 **
Interaksi (VM)	6	0.003	0.016	7.893	0.003
Galat	24	0.005	0.016	13.739	0.002
Total	35				

Lampiran 3. Analisis Ragam Berat Kering Tanaman, Berat Kering Akar, dan Jumlah Anakan Tebu yang Diinokulasi Mikoriza pada Tanah Inceptisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah		
		Berat Kering Tanaman	Berat Kering Akar	Jumlah anakan
Varietas Tebu (V)	2	52 459 **	732.00	26.361
Mikoriza (M)	3	106 830 **	5 227.90 **	12.324
Interaksi (VM)	6	26 478 **	2 688.27 *	6.657
Galat	24	3 609.7	408.19	7.917
Total	35			

Lampiran 4. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 terhadap Kandungan Kalsium dan Magnesium Tanah

Perlakuan	Ca (me/100 gr)		Mg (me/100 gr)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	6.320	5.367	1.320	1.270 *
<i>Glomus sp</i>	6.323	5.650	1.330	1.263 **
<i>Acaulospora sp</i>	6.603	5.630 *	1.330	1.267 **
Varietas Ps 61				
Indigenous	6.423	5.610 *	1.330	1.273
<i>Glomus sp</i>	6.590	5.850	1.323	1.287
<i>Acaulospora sp</i>	6.667	6.057	1.340	1.297
Varietas Q 90				
Indigenous	6.083	5.667	1.323	1.270
<i>Glomus sp</i>	6.083	5.537 *	1.323	1.267 **
<i>Acaulospora sp</i>	6.700	5.850	1.327	1.287

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Lampiran 5. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Tebu Varietas M 442-51, Ps 61, dan Q 90 terhadap Unsur Hara Cu dan Zn

Perlakuan	Cu (ppm)		Zn (ppm)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	3.737	3.483	2.800	2.372
<i>Glomus sp</i>	3.800	3.607	3.610	2.732 **
<i>Acaulospora sp</i>	3.777	3.527 *	3.403	2.877 **
Varietas Ps 61				
Indigenous	3.820	3.357	3.697	3.187
<i>Glomus sp</i>	3.820	3.677	2.717	2.517
<i>Acaulospora sp</i>	3.813	3.440	2.890	2.517 *
Varietas Q 90				
Indigenous	3.610	3.503	3.483	3.097
<i>Glomus sp</i>	3.797	3.503	2.917	2.510
<i>Acaulospora sp</i>	3.797	3.567 **	3.587	3.107

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Lampiran 6. Analisis Ragam Tinggi Tebu yang Diinokulasi Mikoriza pada Tanah Oxisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah Tinggi Tanaman			
		6 minggu	8 minggu	10 minggu	12 minggu
Varietas Tebu (V)	2	6 619.50 **	492.55 *	936.40 **	775.52 **
Mikoriza (M)	3	592.53 *	3 067.80 **	888.43 **	923.08 **
Interaksi (VM)	6	49.71	325.00	52.41	97.38
Galat	24	154.81	213.60	112.42	115.15
Total	35				

Lampiran 7. Analisis Ragam Diameter Tanaman, Derajat Infeksi, dan Jumlah Anakan Tebu yang Diinokulasi Mikoriza pada Tanah Oxisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah			
		Diameter Tanaman		Derajat Infeksi	Jumlah anakan
		8 minggu	12 minggu		
Varietas Tebu (V)	2	0.437 *	0.210	4.257	3.471
Mikoriza (M)	3	0.526 *	1.033 **	785.170 **	0.391
Interaksi (VM)	6	0.099	0.044	4.585	2.207
Galat	24	0.085	0.159	14.610	2.825
Total	35				

Lampiran 8. Analisis Ragam Kadar N, P, dan K Daun Tebu yang Diinokulasi Mikoriza pada Tanah Oxisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah		
		N	P	K
Varietas Tebu (V)	2	0.027 **	0.0030 **	0.069 *
Mikoriza (M)	3	0.029 **	0.0080 **	0.065 **
Interaksi (VM)	6	0.002	0.0007	0.015
Galat	24	0.005	0.0008	0.012
Total	35			

Lampiran 9. Analisis Ragam Berat Kering Tanaman dan Berat Kering Akar Tebu Bermikoriza pada Tanah Oxisol

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah	
		Berat Kering Tanaman	Berat Kering Akar
Varietas Tebu (V)	2	256.17	2,692.40 **
Mikoriza (M)	3	14 796.00 **	1,934.40 **
Interaksi (VM)	6	789.86	131.22
Galat	24	1 904.60	143.52
Total	35		

Lampiran 10. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada Beberapa Varietas Tebu Terhadap Unsur Kalsium dan Magnesium

Perlakuan	Ca (mg/100 gr)		Mg (mg/100 gr)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	8.857	8.737	2.720	2.560 **
<i>Glomus sp</i>	8.700	8.513	2.743	2.647 *
<i>Acaulospora sp</i>	9.037	8.520	2.660	2.583
Varietas Ps 61				
Indigenous	9.473	9.360	2.657	2.607
<i>Glomus sp</i>	9.200	8.963	2.670	2.503 **
<i>Acaulospora sp</i>	8.573	8.363	2.643	2.610
Varietas Q 90				
Indigenous	8.910	8.873	2.750	2.677 *
<i>Glomus sp</i>	8.970	8.910	2.693	2.587
<i>Acaulospora sp</i>	9.410	8.770	2.673	2.130

Keterangan : a = sebelum inokulasi
b = sesudah inokulasi

** = berbeda sangat nyata
* = berbeda nyata

Lampiran 11. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada beberapa Varietas Tebu terhadap Unsur Hara Cu dan Zn

Perlakuan	Cu (ppm)		Zn (ppm)	
	a	b	a	b
Varietas M 442-51				
Indigenous	2.750	2.143	6.173	4.193
<i>Glomus sp</i>	2.927	2.120 **	5.437	4.167
<i>Acaulospora sp</i>	2.603	1.970	6.557	5.353
Varietas Ps 61				
Indigenous	2.827	1.993 *	6.240	4.187
<i>Glomus sp</i>	2.803	1.967 **	6.080	5.007
<i>Acaulospora sp</i>	2.523	2.220	6.427	4.394
Varietas Q 90				
Indigenous	2.627	1.943	5.653	4.950
<i>Glomus sp</i>	2.750	2.097 **	5.287	4.913
<i>Acaulospora sp.</i>	2.753	2.197 **	6.037	4.720

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Lampiran 12. Analisis Ragam Tinggi Tebu Varietas M 442-51 pada Berbagai Aras Takaran Inokulum Mikoriza

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah Tinggi Tanaman			
		6 minggu	8 minggu	10 minggu	12 minggu
Aras Takaran (A)	5	254.64 *	180.98 **	183.07 *	203.51
Mikoriza (M)	1	39.06	13.44	1.26	212.67
Interaksi (AM)	5	26.53	33.76	118.24	226.84
Galat	24	71.60	39.76	70.36	187.50
Total	35				

Lampiran 13. Analisis Ragam Kadar N, P, K Daun Tebu Varietas M 442-51 pada Berbagai Aras Takaran Inokulum Mikoriza

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah		
		N	P	K
Aras Takaran (A)	5	0.0195 **	0.0027 **	0.0304 *
Mikoriza (M)	1	0.0030	0.0011	0.0071
Interaksi (AM)	5	0.0005	0.0007	0.0086
Galat	24	0.0022	0.0006	0.0087
Total	35			

Lampiran 14. Analisis Ragam Diameter Tanaman, Derajat Infeksi, Jumlah Anakan, dan Berat Kering Tanaman Tebu Varietas M 442-51 pada Berbagai Aras Takaran Inokulum Mikoriza

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah				
		Diameter Tanaman		Derajat Infeksi	Jumlah anakan	Berat Kering Tanaman
		8 minggu	12 minggu			
Aras Takaran (A)	5	0.007	0.015	250.900**	5.024	5485.1*
Mikoriza (M)	1	0.006	0.002	126.790 *	45.562 **	4022.7
Interaksi (AM)	5	0.001	0.009	25.861	1.846	676.7
Galat	24	0.003	0.010	20.941	4.181	2004.8
Total	35					

Lampiran 15. Rata-rata Nilai Unsur Kalsium dan Magnesium pada Beberapa Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Perlakuan	Ca (me/100 gr)		Magnesium (me/100 gr)	
	a	b	a	b
Mikoriza Indigenus				
Tanpa mikoriza	5.510	6.950	1.300	1.773
100 gr	5.583	8.260	1.317	2.206
200 gr	5.613	7.053	1.300	1.787
300 gr	5.543	9.390 **	1.303	2.603 **
400 gr	5.750	7.427	1.307	1.337
500 gr	5.573	7.323	1.310	1.773
Mikoriza <i>Glomus sp</i>				
Tanpa mikoriza	5.927	8.847	1.320	2.243
100 gr	5.783	8.313	1.297	2.183
200 gr	5.770	8.680	1.303	2.183
300 gr	5.607	10.257 *	1.310	2.620 **
400 gr	5.913	10.827	1.320	2.667 **
500 gr	5.733	** 8.767	1.313	2.190

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Lampiran 16. Rata-rata Nilai Unsur Cu dan Zn pada Beberapa Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Perlakuan	Cu (ppm)		Zn (ppm)	
	a	b	a	b
Mikoriza Indigenus				
Tanpa mikoriza	3.513	2.657	86.267	58.800
100 gr	3.080	2.513	84.900	56.533
200 gr	3.197	2.583	86.633	59.067
300 gr	3.150	2.393	85.433	52.533
400 gr	3.127	2.467	85.633	52.733
500 gr	3.103	2.417	85.833	57.367
Mikoriza <i>Glomus sp</i>				
Tanpa mikoriza	2.820	2.277	85.100	53.467
100 gr	3.053	2.420	85.033	52.533
200 gr	3.053	2.370	84.733	42.000
300 gr	3.010	2.227	84.867	46.033
400 gr	2.867	2.180	84.067	34.533
500 gr	3.030	2.490	85.500	56.557

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Lampiran 17. Uji Linieritas Berat Kering Tanaman Tebu Varietas M 442-51 pada Berbagai Aras Takaran Inokulum Cendawan MVA

Sumber	Derajat	db	Berat Kering Tanaman		
			R ²	Varians	p
Regresi	Ke-1	1	0.315	0.315	0.246
Residu		4	0.685	0.171	-
Regresi	Ke-2	2	0.942	0.471	0.013
Beda	Ke 2- ke 1	1	0.627	0.627	0.009 **
Residu		3	0.058	0.019	-
Regresi	Ke-3	3	0.968	0.323	0.046 **
Beda	Ke 3- ke 2	1	0.027	0.027	0.326
Residu		2	0.032	0.016	-
Korelasi kuadratik					

Lampiran 18. Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tebu Bermikoriza pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah			
		3 bulan	6 bulan	9 bulan	12 bulan
Aras Takaran (A)	5	134.92	1 070.70 *	363.16	192.10 **
Mikoriza (M)	1	6.99	458.67	84.03	4.98
Interaksi (AM)	5	241.03*	89.74	761.29*	50.14
Galat	24	85.53	291.15	243.67	41.99
Total	35				

Lampiran 19. Analisis Ragam Diameter Tanaman Tebu Bermikoriza pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah Diameter Tanaman			
		3 bulan	6 bulan	9 bulan	12 bulan
Aras Takaran (A)	5	0.031	0.027	0.117 *	0.109 *
Mikoriza (M)	1	0.004	0.006	0.012	0.019
Interaksi (AM)	5	0.046	0.021	0.053	0.014
Galat	24	0.052	0.017	0.035	0.032
Total	35				

Lampiran 20. Analisis Ragam Derajat Infeksi Akar Tebu Bermikoriza pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah Derajat Infeksi		
		3 bulan	6 bulan	9 bulan
Aras Takaran (A)	5	415.40 **	261 **	445.70 *
Mikoriza (M)	1	278.11 *	110.92	98.01
Interaksi (AM)	5	25.19	224.68 *	256.23 *
Galat	24	23.16	39.92	95.45
Total	35			

Lampiran 21. Analisis Ragam Kadar N, P, K Daun dan P Nira Tebu Bermikoriza pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah			
		N	P	K	P Nira
Aras Takaran (A)	5	0.0011	0.0027 **	0.003	970.21 *
Mikoriza (M)	1	0.0004	0.0007	0.019 *	428.37
Interaksi (AM)	5	0.0009	0.0002	0.011 *	68.74
Galat	24	0.0019	0.0006	0.003	251.35
Total	35				

Lampiran 22. Analisis Ragam Jumlah Anakan Tebu Bermikoriza pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5 %	5 %
Aras Takaran (A)	5	6.6220	1.3244	0.46	2.62	3.90
Mikoriza (M)	1	2.2751	2.2751	0.78	4.25	7.82
Interaksi (AM)	5	26.337	5.2674	1.81	2.62	3.90
Galat	24	69.822	2.9092			
Total	35	105.06				

Lampiran 23. Analisis Ragam Ragam Komponen Produksi Tebu Bermikoriza pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah		
		Bobot tebu	Rendemen	Hablur
Aras Takaran (A)	5	27426.91 **	1.31 *	172.74 *
Mikoriza (M)	1	292.62	0.02	39.44
Interaksi (AM)	5	4214.96	0.89	83.80
Galat	24	5212.87	0.44	57.85

Lampiran 24. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada berbagai Aras Takaran TSP terhadap Kalsium dan Magnesium

Perlakuan	Ca (mc/100g)		Mg (mc/100g)	
	a	b	a	b
Indigenous				
0 % TSP	4.897	2.207 **	2.283	1.137 **
25 % TSP	4.737	1.890 **	2.273	1.120 **
50 % TSP	5.807	2.177 **	2.273	1.133 **
75 % TSP	5.677	2.227 *	2.300	1.140 **
100 % TSP	5.300	2.043 **	2.333	1.130 **
200 % TSP	5.220	2.023 **	2.337	1.123 **
Glomus sp				
0 % TSP	3.943	2.023	2.287	1.133 **
25 % TSP	5.523	2.097 **	2.313	1.140 **
50 % TSP	4.703	1.897 **	2.300	1.117 **
75 % TSP	4.570	2.000 **	2.287	1.153 **
100 % TSP	5.147	2.037 **	2.257	1.133 **
200 % TSP	5.420	2.107 *	2.267	1.120 **

Keterangan : a = sebelum inokulasi
b = sesudah inokulasi

** = berbeda sangat nyata
* = berbeda nyata

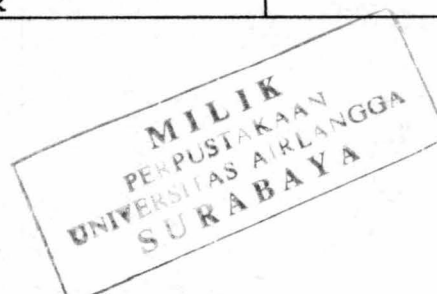
Lampiran 25. Pengaruh Inokulasi Cendawan MVA pada berbagai Aras Takaran TSP terhadap unsur Cu dan Zn

Perlakuan	Cu (ppm)		Zn (ppm)	
	a	b	a	b
Indigenous				
0 % TSP	3.487	2.487	1.337	1.333
25 % TSP	3.367	2.413	1.303	0.963
50 % TSP	3.957	3.333	1.503	1.357
75 % TSP	3.710	2.660 *	1.283	1.200
100 % TSP	3.933	2.607 *	1.317	1.060 *
200 % TSP	3.587	2.613 *	1.337	0.867 *
Glomus sp				
0 %	3.907	2.563 *	1.543	1.273 **
25 %	4.453	2.960 *	2.153	1.150
50 %	3.587	2.440 *	1.357	0.953
75 %	3.637	2.857 **	2.110	1.370
100 %	3.587	2.937	1.303	1.133
200 %	3.760	3.183	1.617	1.477

Keterangan : a = sebelum inokulasi ** = berbeda sangat nyata
 b = sesudah inokulasi * = berbeda nyata

Lampiran 26. Uji Linieritas Bobot Tebu Bernikoriza Indigenous pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber	Derajat	db	R ²	Varians	P
Regresi	ke-1	1	0.024	0.024	0.546
Residu		16	0.976	0.061	-
Regresi	ke-2	2	0.274	0.137	0.090
Beda	ke 2 - ke 1	1	0.250	0.250	0.036 *
Residu		15	0.726	0.048	-
Regresi	ke - 3	3	0.345	0.115	0.105
Beda	ke 3 - ke 2	1	0.071	0.071	0.237
Residu		14	0.655	0.047	-
korelasi kuadratitik					



Lampiran 27. Uji Linieritas Bobot Tebu Bermikoriza *Glomus sp* pada Berbagai Aras Takaran TSP

Sumber	Derajat	db	R ²	Varians	P
Regresi	ke-1	1	0.005	0.005	0.769
Residu		16	0.995	0.062	-
Regresi	ke-2	2	0.300	0.150	0.067
Beda	ke 2 - ke 1	1	0.295	0.295	0.023 *
Residu		15	0.700	0.047	-
Regresi	ke - 3	3	0.416	0.139	0.050
Beda	ke 3 - ke 2	1	0.116	0.116	0.115
Residu		14	0.584	0.042	-
korelasi kuadratitik					

Lampiran 28. Hasil Analisis Tanah yang Dipergunakan untuk Penelitian di dalam Pot (Drum) dan di Lahan

Analisis	Tanah Inceptisol		Tanah Oxisol	Tanah Inceptisol Percobaan di Lahan
	Percob. Infektivitas	Percob. Takaran Inokulum		
Bahan Organik (%)	1.4	1.36	1.57	1.07
pH H ₂ O	4.69	5.08	5.19	4.46
P ₂ O ₅ Total (mg/100gr)	116.49	103.53	104.45	85.48
P ₂ O ₅ - Olsen (ppm)	58.34	60.67	41.57	26.71
N (%)	0.08	0.11	0.14	0.13
K ₂ O (mg/100 gr)	19.21	21.73	41.93	17.25
Ca (mg/100 gr)	6.24	5.69	9.01	5.08
Mg (ml/100 gr)	1.33	1.31	2.69	2.29
Fe (ppm)	96.24	75.26	71.21	114.51
Al (ml/100 gr)	0.017	0.001	0.048	2.08
Mn (ppm)	70.61	85.33	86.18	82.25
Cu (ppm)	3.77	3.08	2.73	3.74
Zn (ppm)	3.23	2.53	5.98	1.51

Lampiran 29. Penghitungan Persentase Kolonisasi MVA pada Akar dengan Metode Gridline (Giovannetti dan Mosse, 1980)

1. Contoh akar setelah dilakukan pewarnaan, diambil secara acak kemudian dipotong-potong sepanjang 1 cm dan disebarakan merata pada cawan petri.
2. Kisi-kisi (sama sisi) dibuat pada lembar plastik (kertas putih) dengan ukuran masing - masing sisi 1,27 cm atau dengan menggunakan cawan plastik berkisi - kisi.
3. Plastik/kertas putih berkisi - kisi tersebut (no.2) kemudian diletakkan pada cawan petri yang lebih besar, sehingga cawan petri tempat contoh akar dapat diletakkan di atasnya.
4. Letakkan cawan - cawan petri tersebut (no.3) dibawah mikroskop *dissecting* dengan pembesaran 10 - 40 kali.
5. Cara pengamatan dilakukan dengan menghitung akar yang terkoloni maupun yang tidak terkoloni MVA, mengikuti garis horisontal dan garis vertikal kemudian dicatat pada tabel pengamatan.
6. Tabel pengamatan :

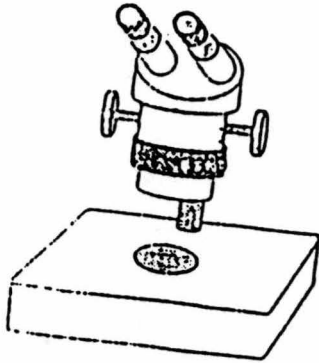
No. Kisi	Total akar	Akar yang terinfeksi
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
3	x_3	y_3
.		
n		
Jumlah	x_n	y_n

7. Persentase kolonisasi MVA pada akar dihitung dengan

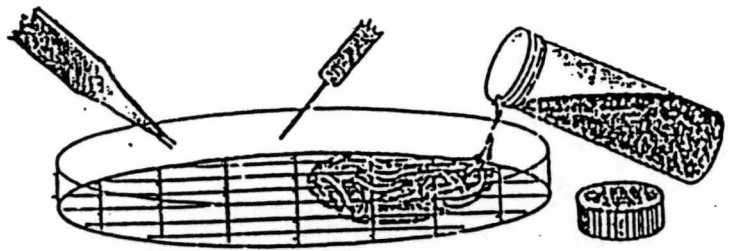
$$\text{rumus} \quad : \quad \frac{y_n}{x_n} \times 100 \%$$

8. Pelaksanaan praktis penghitungan persentase kolonisasi MVA tersebut digambarkan sebagai berikut :

1. Akar disebar dalam cawan/piring plastik bergaris



Akar dalam laktogliserol



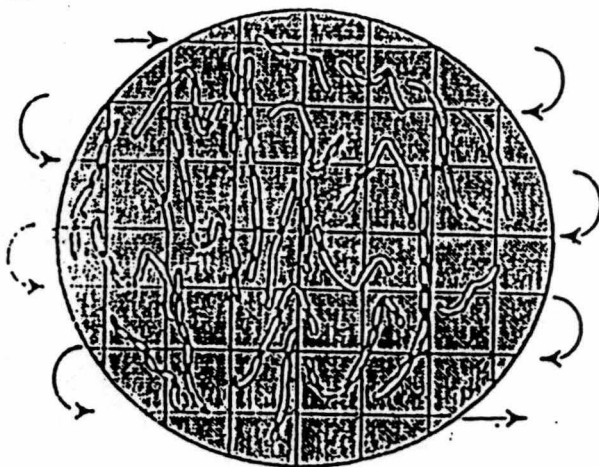
2. Dihitung dibawah mikroskop "dissecting"

Jumlah akar Akar bermikoriza



3. Hitung mengikuti garis horisontal dan vertikal

Start



Garis horisontal

1/1

3/7

4/9

6/10

2/7

4/6

1/2

Diulang pada garis vertikal

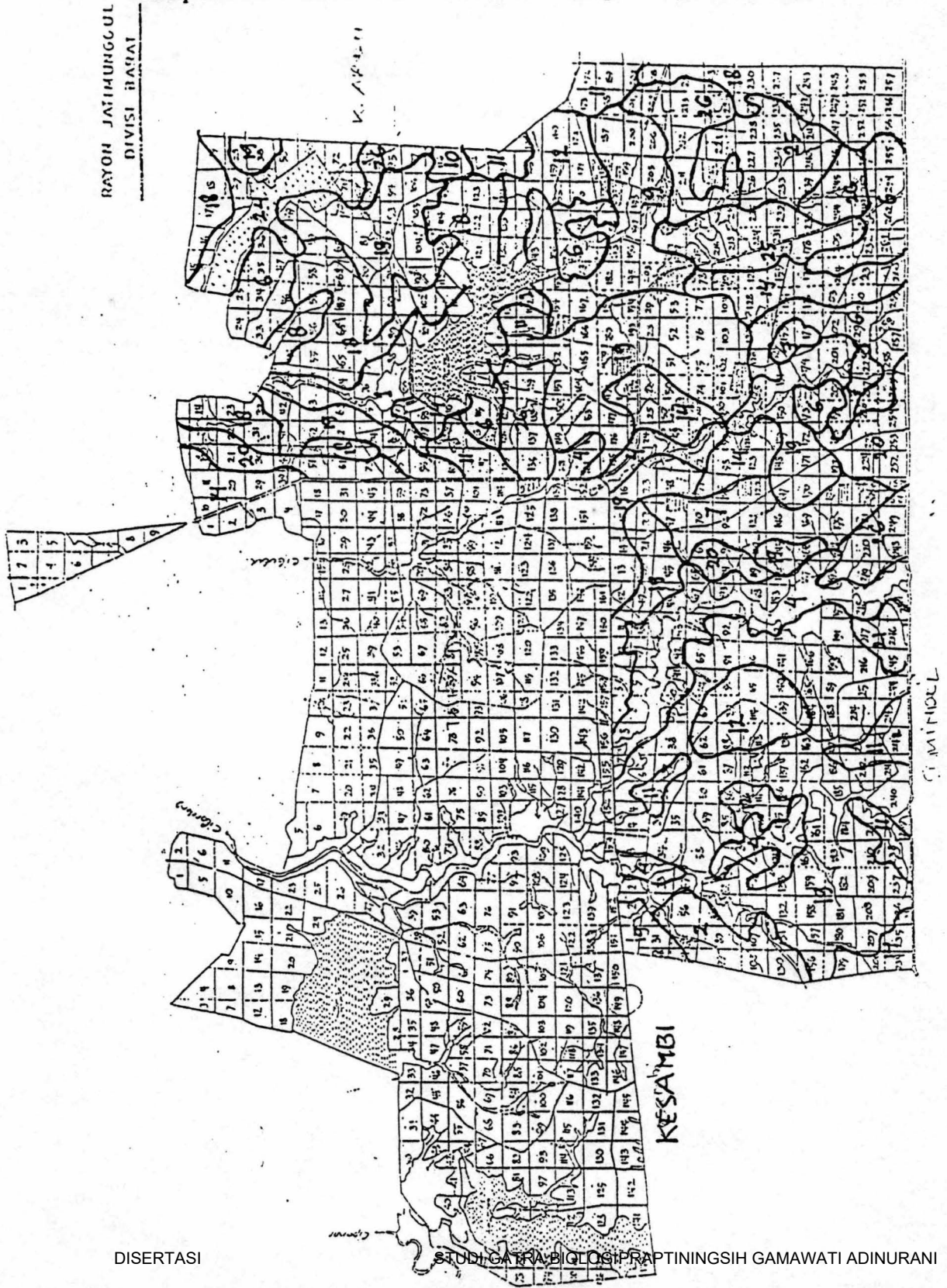
Total = 30/60 = 50 %

2/2 2/4 1/2 0/3 3/4 0/1 1/2

Lampiran 31. Peta Klasifikasi Tanah PG Jatitujuh Rayon Jatitujuh



Lampiran 32. Peta Klasifikasi Tanah PG Jatitujuh Rayon Jatimunggul



DISERTASI

STUDI GATRA BIOLOGI PRAPTININGSIH GAMAWATI ADINURANI