

# PEMANFAATAN *SLUDGE* INDUSTRI SEBAGAI ALTERNATIF MEDIA TANAM JARAK PAGAR (*JATROPHA CURCAS L.*) YANG BERASOSIASI DENGAN MIKORIZA ARBUSKULA

## THE APPLICATION OF INDUSTRIAL SLUDGE AS AN ALTERNATIVE FOR *JATROPHA CURCAS L.* PLANT GROWTH MEDIUM WHICH ASSOCIATES WITH ARBUSCULA MYCORHIZA

Tutik Nurhidayati<sup>1)</sup>, Muharto<sup>2)</sup> dan Dini Ermavitalini<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Biologi FMIPA-ITS, Surabaya

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya

email: tutik@bio.its.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kandungan logam berat dan meningkatkan kualitas *sludge* limbah industri dengan menerapkan peran mikoriza arbuskula, sehingga dapat menjadi alternatif media tanam bagi tanaman. Hasil penelitian ini adalah: (1) kandungan logam berat dalam media tanam yang terdiri atas kombinasi *sludge* dan tanah taman mengalami penurunan setelah perlakuan dengan penanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) yang berasosiasi dengan mikoriza arbuskula. (2) Pertumbuhan tanaman jarak pagar yang ditunjukkan oleh tinggi, luas daun dan berat kering, menunjukkan kecenderungan yang semakin kecil atau semakin terhambat dengan semakin besarnya perbandingan *sludge* terhadap tanah taman tanpa infeksi mikorhiza. Sebaliknya, dengan semakin kecilnya perbandingan *sludge* dengan tanah taman yang diinfeksi mikorhiza, semakin meningkat pula pertumbuhan tanaman.

**Kata kunci:** *sludge* industri, media tanam, *Jatropha curcas L.*, *Mikorhiza arbuskula*

### Abstract

The aim of this research is to decrease the heavy metal contents and to improve the industrial sludge quality by applying *arbuscula mycorhiza*, so that it may be used as plant growth alternative medium. The results of the study showed that (1) content of the heavy metals in the plant growth media made from mixtures of sludge and soil after treatment with *Jatropha curcas L.* was decreased (2) the growth of *J. curcas L.*, as showed by height, leaf width and biomass dry weight showed decreasing or inhibiting effect with the higher proportion of sludge than that of the soil, where mycorhiza was not inoculated. In contrast, the smaller sludge proportion to soil, where mycorhiza was inoculated, the higher the plant growth rates.

**Key words:** industrial sludge, plant growth medium, *Jatropha curcas L.*, *Mycorhiza arbuscula*

## 1. PENDAHULUAN

Desakan kehidupan modern selalu beriring dengan resiko pencemaran dan menurunnya kualitas lingkungan. Kegiatan industri di kota besar, seperti Surabaya, menghasilkan limbah dalam volume cukup besar. Limbah tersebut jika tidak melalui proses pengolahan dapat membahayakan lingkungan biotik dan abiotik.

IPAL PT SIER Rungkut, Surabaya merupakan salah satu instalasi pengolahan limbah industri yang menggunakan sistem lumpur aktif. Limbah

yang masuk IPAL PT SIER berasal dari kurang lebih 250 pabrik. Dengan semakin tingginya volume limbah cair yang diolah dengan menggunakan sistem lumpur aktif, dapat dihasilkan jumlah *sludge* yang semakin banyak (Anonim, 2004).

*Sludge* dapat dimanfaatkan dalam pembuatan energi dan sebagai materi timbunan tanah (*landfilling*) (Christensen, 1992). *Sludge* sebagai *landfilling* tidak mempertimbangkan fungsi ekologi tanah yang sebetulnya. *Sludge* dapat dimanfaatkan lebih luas dalam menunjang dan

menjaga keseimbangan tanah. Hal ini dikarenakan *sludge* banyak mengandung unsur hara yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman, seperti N, P, K, Ca, Mg, serta unsur mikro lainnya (Christensen, 1992). Namun demikian faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam pemanfaatan *sludge* sebagai penunjang ekologi tanah adalah masih terdapatnya konsentrasi logam berat yang cukup tinggi. Logam berat yang terkandung di dalam *sludge* dapat terdistribusi pada tanah sebagai ion-ion dan zat organik kompleks. Logam berat berupa zat organik kompleks merupakan unsur yang tidak mampu diserap oleh tanaman. Logam berat yang tidak diserap tanaman akan meresap melalui pori-pori tanah dan bercampur dengan air tanah sehingga mengakibatkan polusi air tanah dan memberikan dampak berupa penurunan kualitas tanah dan air tanah, sehingga pemanfaatan *sludge* menjadi sangat terbatas (Qasim, 1985).

Kendala tersebut dapat dikurangi dengan cara mengasosiasikan tanaman dengan mikroorganisme, salah satunya dengan memanfaatkan mikoriza arbuskula. Mikoriza arbuskula adalah golongan jamur yang mampu berasosiasi dengan tanaman. Mikoriza arbuskula diketahui mampu meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dan air, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, melindungi tanaman dari keracunan logam berat dan serangan patogen akar, serta membantu pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah yang kurang menguntungkan. Selain itu dengan adanya enzim yang dimilikinya, mikoriza dapat mengubah senyawa organik kompleks bentuk logam berat menjadi senyawa anorganik yang dapat diserap oleh tumbuhan sebagai hara (Santosa, 1997).

Mikoriza arbuskula merupakan tipe mikoriza yang mempunyai toleransi simbiosis yang luas dengan berbagai spesies tanaman. Salah satunya adalah tanaman jarak pagar. Jarak pagar merupakan tanaman yang banyak dikembangkan pada saat ini, karena minyak dari bijinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil. Selain biji, bagian lain dari jarak pagar dapat dimanfaatkan untuk keperluan-keperluan lain, misalnya kosmetik, obat dan kimia industri (Daryanto, 2005).

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan penelitian ini adalah menurunkan kandungan logam berat pada *sludge* industri dengan dan

memanfaatkan peran Mikoriza arbuskula sehingga berpotensi sebagai media tanam. Tujuan lainnya adalah mempelajari pertumbuhan tanaman jarak pagar yang berasosiasi dengan Mikoriza arbuskula pada media tanam *sludge*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

*Sludge* yang digunakan sebagai media tanam dilakukan modifikasi sebagai berikut:

Faktor 1: Perbandingan *sludge* dengan tanah taman

Faktor 2: Infeksi mikoriza

**Tabel 1.** Rancangan Penelitian Perbandingan *Sludge* Dengan Tanah Tanaman Dan perlakuan Infeksi Mikoriza

Infeksi Mikoriza (M)	Perbandingan <i>Sludge</i> Industri dengan Tanah Taman			
	S3T0	S2T1	S1T2	S0T3
M0	M0T1	M0T2	M0T3	M0T4
M1	M1T1	M1T2	M1T3	M1T4

Keterangan:

- M0 : Tanpa Infeksi Mikoriza
- M1 : Dengan Infeksi Mikoriza
- S3T0 : 3 kg *sludge* dan 0 kg tanah taman
- S2T1 : 2 kg *sludge* dan 1 kg tanah taman
- S1T2 : 1 *sludge* dengan 2 tanah taman
- S0T3 : 0 *sludge* dengan 3 tanah taman

### Analisis Kandungan Logam Berat Dan Unsur Hara Pada Media Tanam

Analisis kandungan logam berat pada media tanam (*sludge* industri dan tanah taman) dengan menggunakan AAS *Spectra* AA 250 plus metode *flame*. Kandungan logam berat yang diukur adalah Cu, Hg, Cr, Pb, Ag, dan Cd. Analisis ini dilakukan dua kali pengukuran yaitu sebelum dan sesudah perlakuan).

Sedangkan kandungan unsur hara pada media tanam (*sludge* industri dan tanah taman) diukur satu kali pada awal sebelum ditanami yang meliputi unsur N, P, K.

### Penyiapan Media Tumbuh Penanaman

Media tumbuh yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran *sludge* dengan tanah taman sesuai perlakuan. Media tanam yang terdiri dari tanah taman dan *sludge* ini dicampur menjadi satu sampai rata. Selanjutnya *polybag* diisi media tanam sebanyak 3 kg sesuai dengan perlakuan.

Untuk mencegah adanya hama di dalam tanah setiap *polybag* ditambahkan pestisida Furadan  $\pm$  120 mg (setara 17 kg / Ha).

### Penanaman Bibit Jarak Pagar

Biji jarak pagar dipilih yang ukuran dan beratnya relatif seragam. Biji tersebut selanjutnya direndam dalam air selama 24 jam. Biji yang telah direndam kemudian diataskan. Biji tersebut selanjutnya disemaikan pada *polybag* yang berisi tanah taman. Pada perlakuan dengan mikoriza, persemaian yang telah berumur 3 minggu (semai telah berakar) dilakukan infeksi dengan mikoriza arbuskula jenis *Glomus aggregatum* diberikan dengan cara menambahkan inokulum granul  $\pm$ 16 gram (mengandung  $\pm$  50 spora) di sekeliling daerah dekat perakaran tanaman.

Semai yang telah berumur 4 minggu selanjutnya dipindahkan pada *polybag* perlakuan. Semai yang dipindahkan diambil yang mempunyai tinggi yang relatif seragam. Persemaian tersebut selanjutnya disiram sehari 2 kali melalui permukaan baskom, untuk menghindari tumpahnya tanah.

### Parameter yang diamati

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

#### 1. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur pada umur 65 HSP. Tinggi tanaman *Jatropha curcas* L. diukur dari permukaan tanah sampai percabangan terakhir.

#### 2. Luas daun (cm<sup>2</sup>)

Luas daun diukur dengan menggunakan metode gravimetri menurut Sitompul dan Guritno (1995), sebagai berikut: daun digambar pada sehelai kertas (sebagai replika daun) dan selanjutnya replika daun ditaksir luasnya. Luas daun dihitung s dengan mengukur perbandingan berat replika daun dengan berat total kertas dengan rumus:

$$LD = \frac{Wr}{Wt} \times Lk$$

Keterangan:

- LD : luas daun (cm<sup>2</sup>)
- Lk : luas total kertas (cm<sup>2</sup>)
- Wr : berat kertas replika (gram)
- Wt : berat total kertas (gram)

#### 3. Berat kering Tanaman (gram)

Berat kering tanaman jarak pagar yang diukur meliputi akar, tajuk dan total tanaman. Bahan tanaman dikeringkan dalam oven dengan temperatur 100<sup>0</sup> C sampai beratnya konstan.

### Analisis Data

Data hasil pengukuran pertumbuhan tanaman (meliputi tinggi, luas daun dan berat kering tanaman) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dianalisis secara statistik dengan menggunakan ANOVA yang dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95 %.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

1. Kadar logam berat dalam media tanam
2. Pertumbuhan tanaman jarak pagar yang meliputi tinggi, luas daun dan berat kering tanaman.

#### Kadar Logam Berat Pada Media Tanam

Berdasarkan hasil analisis awal tanah diperoleh kandungan logam berat, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kandungan Logam Berat Awal pada Sludge dan Tanah Taman

No	Logam Berat	Dalam Sludge (mg/kg)	Dalam tanah taman (mg/kg)
1	Cu	3,620	3,420
2	Hg	0,012	0,008
3	Pb	6,350	5,600
4	Ag	0,012	0,011
5	Cd	1,230	1,150
6	Cr	3,860	3,560

Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa kandungan logam berat yang ada di dalam *sludge* sesudah perlakuan mengalami penurunan. Penurunan tersebut diduga sebagai hasil aktivitas interaksi mikoriza dengan tanaman jarak. Mikoriza arbuskula merupakan struktur fungsional yang khas untuk simbiosis cendawan dengan akar tumbuhan. Fungsi utama infeksi mikoriza adalah penyerapan fosfor dalam bentuk tak tersedia atau fosfor yang terserap partikel lempung (Mose, 1981). Hifa dapat masuk ke dalam rongga tanah yang diameternya lebih kecil dari diameter rambut akar tumbuhan. Apabila fosfor ada dalam bentuk tak tersedia, hifa mikoriza akan mengeluarkan enzim fosfatase melepaskan

fosfor menjadi bentuk tersedia sehingga fosfor dapat diserap tanaman. Fosfor sangat penting dalam sintesis ATP. ATP berfungsi sebagai energi dalam penyerapan unsur hara melalui membran sel akar tanaman (Fakuara, 1994).

**Tabel 4.** Kandungan Akhir Logam Berat *Sludge* dan Tanah Taman Sesudah Perlakuan

No	Perlakuan	Logam Berat	Rerata Kandungan (mg/kg)
1	M0S3T0	Cu	2,450
		Hg	0,016
		Pb	4,050
		Ag	0,007
		Cd	0,980
		Cr	2,860
2	M0S2T0	Cu	2,760
		Hg	0,018
		Pb	4,100
		Ag	0,007
		Cd	0,990
		Cr	2,900
3	M0S1T2	Cu	2,880
		Hg	0,023
		Pb	4,220
		Ag	0,008
		Cd	1,080
		Cr	2,940
4	M0S0T3	Cu	3,050
		Hg	0,032
		Pb	4,800
		Ag	0,010
		Cd	1,110
		Cr	3,11
5	M1S3T0	Cu	2,15
		Hg	0,015
		Pb	3,95
		Ag	0,002
		Cd	0,86
		Cr	2,46
6	M1S2T1	Cu	2,32
		Hg	0,016
		Pb	3,98
		Ag	0,002
		Cd	0,86
		Cr	2,46
7	M1S1T2	Cu	2,44
		Hg	0,021
		Pb	4,11
		Ag	0,003
		Cd	0,92
		Cr	2,60
8	M1S0T3	Cu	2,68
		Hg	0,031
		Pb	4,32
		Ag	0,005
		Cd	0,97
		Cr	2,84

Asosiasi simbiotik antara akar tanaman dengan jamur mikoriza tersebut menyebabkan

terbentuknya luas serapan yang lebih besar dan lebih mampu memasuki ruang pori yang lebih kecil sehingga meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara, terutama unsur hara yang relatif tidak mobil seperti P, Cu dan Zn. Selain itu asosiasi tersebut juga menyebabkan tanaman lebih toleran terhadap keracunan logam, serangan penyakit khususnya patogen akar, kekeringan, suhu tanah yang tinggi, kondisi pH yang tidak sesuai serta cekaman pada saat pemindahan tanaman (Munyanziza *et al*, 1997).

Mekanisme lain dari mikoriza adalah filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau menimbun unsur racun di dalam hifa mikoriza. Selain itu tumbuhan sendiri juga mampu menyerap logam berat yang terkandung di dalam media tanam. Logam berat yang diserap oleh tumbuhan tersebut akan dikelat oleh protein tumbuhan yang disebut sebagai fitokelatin. Fitokelatin tersebut biasanya disimpan dalam vakuola sel tumbuhan sehingga tidak mengganggu metabolisme sel tumbuhan.

#### Pertumbuhan Tanaman Jarak Pagar

Pertumbuhan merupakan proses pertambahan ukuran sel atau organisme yang bersifat kuantitatif/terukur. Menurut Salisbury dan Ross (1995) pertumbuhan suatu tanaman dapat ditunjukkan melalui banyak parameter yaitu pertambahan volume (a.l. tinggi, panjang dan luas) atau pertambahan massa (seperti berat basah atau berat kering).

Pertumbuhan ini banyak dipengaruhi oleh faktor eksternal maupun internal. Salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan adalah media tanam. Pengaruh media tanam terhadap tanaman jarak pagar dapat dilihat pada Tabel 5 sampai Tabel 7.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi, luas daun dan berat kering pada Tabel 5, 6 dan 7, semua parameter pertumbuhan tanaman menunjukkan kecenderungan yang sama. Pada perlakuan kombinasi antar perlakuan, semua parameter pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh media tanam dan infeksi mikoriza. Semakin besar perbandingan *sludge* terhadap tanah taman dan tidak diberikan infeksi mikoriza maka pertumbuhan tanaman semakin kecil atau terhambat. Sebaliknya semakin kecil perbandingan

*sludge* dengan tanah taman dan diberikan infeksi mikoriza, pertumbuhan tanaman semakin meningkat.

**Tabel 5.** Pengaruh Media Tanam dengan Perlakuan Infeksi Mikoriza Terhadap Rerata Tinggi Tanaman (cm) Jarak Pagar

Infeksi Mikoriza (M)	Perbandingan Sludge Industri Dengan Tanah Taman			
	S3T0	S2T1	S1T2	S0T3
M0	24a	38,5 b	56 cd	64,5 f
M1	38,5b	53 c	58de	67 fg

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf uji 5%

**Tabel 6.** Pengaruh Media Tanam dengan Perlakuan Infeksi Mikoriza Terhadap Rerata Luas Daun (cm<sup>2</sup>) Tanaman Jarak Pagar

Infeksi Mikoriza (M)	Perbandingan Sludge Industri Dengan Tanah Taman			
	S3T0	S2T1	S1T2	S0T3
M0	11,13 a	33,8 d	36,35 de	43,07 fg
M1	20,5 b	25,89 c	41,44 f	47,25 h

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf uji 5%

**Tabel 7.** Pengaruh Media Tanam dengan Perlakuan Infeksi Mikoriza Terhadap Rerata Berat Kering (gram) Tanaman Jarak Pagar

Infeksi Mikoriza (M)	Perbandingan Sludge Industri Dengan Tanah Taman			
	S3T0	S2T1	S1T2	S0T3
M0	1 a	15 c	18cd	25f
M1	10 b	20 cde	20cde	30gf

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf uji 5%

Keberadaan tanaman yang cocok dan kompatibel terhadap suatu spesies mikoriza arbuskula berlanjut dengan peningkatan pertumbuhan hifa dan infeksi mikoriza arbuskula. Infeksi mikoriza arbuskula pada akar tanaman mempengaruhi tanaman inang sehingga menimbulkan perubahan pada morfologi, fisiologi dan pengeluaran eksudat

akar. Perubahan yang terjadi pada tanaman akan mempengaruhi populasi mikrobial lain, misalnya rhizobium dalam rizosfir tanaman inang. Infeksi mikoriza meningkatkan populasi mikrobial di dalam rizosfer. Sebagian besar tanaman leguminosae mengadakan simbiosis dengan rhizobium dan mikoriza. Tanaman leguminosae merupakan tanaman yang sangat kuat dalam menggunakan unsur fosfor (P). Fosfor diperlukan dalam penyematan N<sub>2</sub> di dalam bintil akar tanaman leguminosae (Paulitz dan Linderman, 1991).

Hifa yang tumbuh di luar akar berfungsi sebagai perluasan permukaan penyerapan akar. Hifa membantu rambut akar dalam penyerapan unsur hara. Dengan demikian infeksi mikoriza akan meningkatkan asupan bahan fotosintesa pada tanaman inang yang pada akhirnya proses fotosintesa berlangsung lebih baik dan menghasilkan fotosintat yang lebih banyak.

Keberadaan mikoriza selain membantu dalam penyerapan unsur hara, juga dapat membantu menyuburkan tanah disekitar tanaman inangnya. Mikoriza merupakan asosiasi simbiotik antara akar tanaman dengan jamur. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa mikoriza dapat digunakan secara efektif dalam mengurangi degradasi lingkungan, sehingga keberlanjutan sistem pertanian akan lebih terjamin (Munyanziza *et al*, 1997).

*Sludge* sebagai hasil pengolahan limbah cair yang masih mengandung logam berat akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan logam berat pada *sludge* terdistribusi pada tanah sebagai ion-ion dan zat organik kompleks. Logam berat berupa zat organik kompleks merupakan unsur yang tidak mampu diserap oleh tanaman, sehingga tanaman akan kekurangan unsur hara. Selain itu beberapa logam berat juga bersifat racun terhadap sel tanaman.

Menurut Marschener (1986) hambatan pertumbuhan tanaman yang disebabkan oleh *sludge* dapat dikarenakan keracunan ion, ketidakseimbangan zat hara, kesulitan penyerapan air atau kombinasi di antara hal-hal tersebut. Dengan kondisi yang dimiliki oleh *sludge* tersebut, maka *sludge* akan menjadi media tanam yang baik jika dikombinasikan dengan tanah (misalnya tanah taman). Hal ini berfungsi untuk meningkatkan daya serap air dan infeksi mikoriza pada sistem

perakaran tanaman yang tumbuh di atasnya. Infeksi mikoriza tersebut mengadakan aktivitas proteksi pada tanaman dari media tanam yang kurang menguntungkan dan sekaligus memperbaiki kualitas media tanam melalui mekanisme filtrasi, menon-aktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur racun media tanam tersebut dalam hifa cendawan (Kilham, 1994).

Tercukupinya kebutuhan hara dan air dalam media tanam yang sangat diperlukan oleh tumbuhan dalam melakukan proses fotosintesis akan menyebabkan terbentuknya hasil fotosintat yang optimal sehingga dapat memacu pertumbuhan sel (penggandaan dan pembesaran sel) yang dapat meningkatkan pertumbuhan batang dan daun (Jumin, 1992). Peningkatan pertumbuhan akan diikuti oleh penambahan biomassa tumbuhan. Biomassa tumbuhan ini meliputi hasil fotosintesis, serapan unsur hara dan air yang diolah melalui proses biosintesis. Dengan demikian berat kering tanaman sangat bergantung pada ketersediaan unsur hara yang cukup dalam media tumbuh, keberhasilan tumbuhan dalam menyerap dan mengasimilasinya untuk metabolisme dan pertumbuhan.

#### 4. KESIMPULAN

Kandungan logam berat dalam media tanam setelah adanya penanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) baik yang diinfeksi maupun tidak diinfeksi oleh mikoriza mengalami penurunan.

Pertumbuhan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) yang meliputi tinggi, luas daun dan berat kering tanaman menunjukkan kecenderungan yang sama. Semakin kecil perbandingan *sludge* terhadap tanah taman (3:1) baik yang diinfeksi maupun tidak diinfeksi dengan mikoriza. Pertumbuhan tanaman jarak pagar semakin meningkat, namun peningkatan pertumbuhan akan semakin besar jika diinfeksi dengan mikoriza.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2004). **Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. SIER Rungkut Surabaya.** (Article, Technical).
- Benefield, L. dan C.W. Randal. (1980). **Biological Process Design for Wastewater Treatment.** Prentice-Hall. Inc Englewood Cliffs. New York.
- Daryanto, A. (2005). **Analisis Kebijakan Pemerintah Di Bidang Energi: Penanaman Jarak Pagar Sebagai Solusi Alternatif Pengadaan Sumberdaya Energi Terbarukan.** *Seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar (Jatropha curcas Linn.) untuk Biodiesel dan Minyak Bakar.* Bogor.
- Jumin, H. B. (1992). **Ekologi Tanaman, Suatu Pendekatan Fisiologis.** Rajawali Press. Jakarta.
- Kilham, K. (1994). **Soil Ecology.** Cambridge University Press. London.
- Mose, B. (1981). **Role of Mycorrhiza in Legume Nutrition.** *Dalam: A. S. Whitney dan J. Bose (Eds), Exploiting The Legume Rhizobium in Tropical Agriculture.* Department of Argon and Soil Science University of Hawaii.
- Munyanziza, E., H.K. Kehri and D.J. Bagyaraj. (1997). **Agricultural Intensification, soil Biodiversity and Agroecosystem Fuction in The Tropics: The Role of Mycorrhiza in Crops and Trees.** *Applied Soil Ecology.*
- Qasim, Syed R. (1985). **Wastewater Treatment Plants.** CBS International Editions Japan Ltd.
- Santosa, B. (1997). **Mikhoriza, Peranan Dan Hubungannya Dengan Kesuburan Tanah.** Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Salisbury, F.B and Ross, C.W. (2000). **Fisiologi Tumbuhan.** ITB, Bandung.
- Sudrajat. (2005). **Analisis Usaha Tani dan Skala Usaha Tanaman Jarak.** *Seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar (Jatropha curcas Linn.) untuk Biodiesel dan Minyak Bakar.* Bogor.
- Sukarsono. (2006). **Kajian Ekonomi Pengembangan Industri Biodiesel.** *Seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar Dan Industri Biodiesel Di Jawa Timur.* ITS. Surabaya.