

SAINTEK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Pertanian

**Penambahan Sistem Perlambatan untuk Mereduksi Produksi Gas CO
pada Kendaraan Bermotor Bensin**
Marji dan Soeparjono

**Studi Eksperimental tentang Pengaruh Bahan Bakar Kerosin
terhadap Performansi Motor Bensin Ukuran Kecil**
Chandrasa Soekardi dan Soeparjono

**Peningkatan Kuat Tekan Beton
dengan Menggunakan Pecahan Tegel**
Sutikno

**Aturan-aturan Prioritas untuk Sistem Produksi Job Shop
Atas Dasar Keterlambatan Job dengan Pembobotan**
Siti Mundari

**Mutu Manisan Kering Cabai:
Tinjauan dari Aspek Lama Perendaman
dalam Larutan Kapur dan Lama Blansing**
Richardus Widodo, Amanatul Fariyah, dan Tantan Satriyo

**Peranan *Azolla microphylla* terhadap
Faktor Abiotik dan Biotik Lahan Persawahan**
Susanto Hadi, Gatot Sargiman, dan Putu Mahayani ✓

SAINTEK

Volume 5

Nomor 1

Halaman 1-44

Surabaya
Juli 2001ISSN
1411-5662

SAINTEK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Pertanian

SUSUNAN REDAKSI

Ketua

Ir. Wardah, MP.

Wakil Ketua

Erni P.P., ST., MEng.

Penyunting Penyelia

Prof. Ir. R. Susanto Hadi, MS.

Dr. Ir. Pribadiyono, MS.

Drs. Ir. Soeparjono, MM.

Penyunting Bahasa

Drs. D. Jupriono

Penyunting Pelaksana

Ir. Hotman Pandjaitan, MT.

Ir. Priyoto, MT.

Ir. Tiurma W. Susanti P., MS.

Ir. Yakobus Agus P., MP.

A.A. Putu Mahayani, STP.

Mitra Bestari

Prof. Dr. Ir. H. Tri Susanto, M. App.Sc.

(Ahli Teknologi Pangan)

Dr. Muaffaq A. Jani

(Ahli Teknik Elektro)

Penerbit

Lembaga Penelitian

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Alamat Redaksi/Penerbit

Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya

Telp. (031) 5929767, 5931800 pes. 280, 269

E-mail: <http://www.untag-sby.ac.id>

Jurnal SAINTEK

Terbit dua kali setahun, mempublikasikan hasil-hasil penelitian dalam ilmu teknik, meliputi bidang teknik elektro, sipil, industri, mesin dan informatika, serta ilmu pertanian meliputi budidaya, hama dan penyakit tanaman, sosial ekonomi pertanian, tanah dan kesuburan, teknologi penanganan pascapanen dan pengolahan hasil pertanian. Juga menginformasikan ulasan ilmiah dan komunikasi singkat tentang perkembangan teknologi bidang ilmu teknik dan pertanian.

Jurnal SAINTEK

Menerima tulisan, artikel dan ulasan ilmiah dari dalam dan luar *Untag* Surabaya, serta promosi dan iklan. Iklan dapat berupa promosi produk baru, rancangan proses dan peralatan, serta pelayanan dan jasa yang menarik minat para peneliti bidang ilmu teknik dan pertanian. Copy promosi diterima redaksi paling lambat satu bulan sebelum penerbitan. Informasi biaya dan teknik pemasangan iklan dapat diperoleh langsung dari sekretariat Lembaga Penelitian *Untag* Surabaya

Frekuensi Terbit : dua kali setiap tahun

SAINTEK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Pertanian.

Vol. 5, No. 1, Juli 2001

DAFTAR ISI

1. Penambahan Sistem Perlambatan untuk Mereduksi Produksi Gas CO pada Kendaraan Bermotor Bensin.
Marji dan Soeparjono 1 – 7
2. Studi Eksperimental tentang Pengaruh Bahan Bakar Kerosin terhadap Performansi Motor Bensin Ukuran Kecil.
Chandrasa Soekardi dan Soeparjono 9 – 16
3. Peningkatan Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Pecahan Tegel. Sutikno 17 – 20
4. Aturan-aturan Prioritas untuk Sistem Produksi Job Shop Atas Dasar Keterlambatan Job dengan Pembobotan.
Siti Mundari 21–25
5. Mutu Manisan Kering Cabai Merah: Tinjauan dari Aspek Lama Perendaman dalam Larutan Kapur dan Lama Blansing.
Richardus Widodo, Amanatul Farihah, dan Tantan Satriyo 27–33
6. Peranan *Azolla microphylla* terhadap Faktor Abiotik dan Biotik Lahan Persawahan.
Susanto Hadi, Gatot Sargiman, dan Putu Sri Mahayani 35–44 ✓

PERANAN *Azolla microphylla* TERHADAP FAKTOR ABIOTIK DAN BIOTIK LAHAN PERSAWAHAN

Susanto Hadi, Gatot Sargiman, dan Putu Sri Mahayani
Fakultas Teknologi Pertanian, Untag Surabaya

ABSTRACT

The damage of the field ecosystem since the green revolution application need to be fixed by applying LEISA (Low External-Input Sustainable Agriculture) concept. LEISA implementation on the rice cultivation is to reduce the use of artificial manure NPK and pesticide as low as possible by using natural organic manure and botanical pesticide followed by the application of the integrated pest-controlling concept.

One of the green manure is azolla microphylla, a kind of water edible fern whose life symbioses with the blue green algae anabaena azollae, that can catch the nitrogen from the air. This symbioses urges azolla to grow more in a short time to produce nitrogen and protein in a large amount so that azolla is potential to replace urea nitrogen based fertilizer. The application of azolla-based fertilizer is also expected to increase the organic material content in the soil to increase the microelement in the soil.

This study aims to know how far the use of Azolla Microphylla during 2 and 5 years can fix the soil antibiotic; soil axis; soil structure; soil pH; soil aggregate and biotic factor; diversity, the organism variety in the soil. The research was held in Kelurahan Sumber Pucung Kabupaten Malang with the method of field ecosystem comparison with the latosol soil, in the field that had been fertilized with Azolla for 2 years and 5 years and in the field that had not been fertilized with Azolla.

The result of the study showed that the use of 20 kw/ha/growing on the plant twice a year increased significantly to the aggregate and axis stability and increased the organic material content. The use of Azolla for 5 years has not influenced the permeability and the pH of the soil. The use of Azolla could fix the biotic factor by fixing the diversity of soil organisms for the ecosystem of the field stability. The use of Azolla could increase the number of worms that dominated the growth of the organisms in the soil ecosystem.

Kata kunci: *Azolla microphylla*, pupuk organik, revolusi hijau, LEISA, dan stabilitas ekosistem persawahan

PENDAHULUAN

Revolusi hijau yang diterapkan di Indonesia sejak tahun 1969 telah berhasil meningkatkan produksi padi secara masal sehingga pada tahun 1984 Indonesia telah berhasil swa-sembada pangan dan mendapatkan penghargaan dari organisasi pangan dunia (FAO). Di sisi lain revolusi hijau di Indonesia ternyata berdampak luas terhadap kehidupan sosial budaya masyarakat pedesaan karena revolusi hijau menjadi penghalang terbesar bagi gagasan reformasi agraria, yakni memecahkan persoalan dehumanisasi di dunia pertanian. Selain itu dampak negatif lainnya dari revolusi hijau adalah kesuburan lahan persawahan, kerusakan tanah dan pencemaran lingkungan persawahan.

Penggunaan masukan pupuk dan pestisida anorganik ke dalam lahan persawahan di Indonesia ternyata dapat menurunkan produktivitas persawahan. Potensi persawahan di Jawa Timur seharusnya dapat menghasilkan padi kering 9-10 ton per hektar. Tetapi pemberian pupuk anorganik NPK yang berlebihan untuk meng-

hasilkan padi kering 5 ton/hektar sulit sekali walaupun telah di pupuk secara maksimal. Oleh karena itu penggunaan pupuk buatan anorganik dan pestisida harus diusahakan seminimal mungkin dan diganti dengan pemupukan organik serta pengendalian hama secara terpadu. Akhir-akhir ini diseluruh dunia terutama di negara-negara yang sedang berkembang digalakkan pertanian "*Low External-Input and Sustainable Agriculture*" (LEISA) adalah pertanian berkelanjutan dengan masukan luar rendah. Tujuannya untuk mengurangi kerusakan lahan persawahan lebih lanjut sehingga produksi lahan dapat dipertahankan, diperbaiki bahkan diharapkan untuk ditingkatkan (Reijntjes, et al. 1999).

Di seluruh dunia ketiga sekarang ini sedang terus dicari alternatif lain pengganti pupuk anorganik dan penggunaan pestisida yang bahannya dari minyak bumi yang menyebabkan pencemaran ekosistem pertanian. Di Indonesia sudah banyak ditawarkan penggunaan pupuk organik pada lahan persawahan untuk menggantikan pupuk buatan NPK. Demikian juga ditawarkan insektisida botani untuk mengganti-

kan insektisida organik sintetis. *Azolla microphylla* adalah tanaman paku air yang hidupnya bersimbiose mutualistik dengan ganggang biru hijau *Anabaena azollae*. Ganggang biru hijau ini mampu menangkap nitrogen dari udara yang kemudian sebagian dimanfaatkan oleh *Azolla*. Simbiosis ini mampu menghasilkan Nitrogen bebas dan mulsa bahan organik dalam jumlah besar dan dalam waktu yang cepat.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui peranan *Azolla microphylla* terhadap faktor abiotik dan faktor biotik di dalam lahan persawahan. Sehingga diharapkan nantinya pupuk organik *Azolla* dapat menggantikan peranan pupuk an organik

TINJAUAN PUSTAKA

Lahan Persawahan

Seringkali kita melupakan bahwa persoalan petani bukan hanya sekedar teknis budidaya tetapi bagaimana mensejahterakan masyarakat tani di pedesaan. Dunia pertanian harus berusaha menjadikan petani sebagai petani sejati bukan menjadikan buruh tani. Konsep revolusi hijau di Indonesia yang telah diterapkan selama dua dekade pembangunan pertanian ternyata telah meningkatkan jumlah buruh tani secara dramatis. Inilah dampak negatif revolusi hijau terhadap sosial ekonomis masyarakat desa (Mansour F. in Reijntjes, 1999).

Dampak negatif berikutnya dari revolusi hijau adalah menurunnya kesuburan lahan persawahan karena penggunaan pupuk an organik NPK secara tidak seimbang sehingga menguras habis unsur-unsur mikro di dalam tanah. Hal ini berakibat produktivitas lahan menurun secara drastis. Dahulu potensi lahan persawahan di Jawa Timur dapat menghasilkan padi kering 9-10 ton per hektar tetapi sekarang walaupun telah dipupuk secara maksimal untuk mencapai produksi 5 ton per hektar sulit sekali.

Efisiensi pupuk buatan terbukti lebih rendah dari yang diharapkan. Tanaman lahan kering di daerah tropis kehilangan sampai 40-50% nitrogen yang diberikan ; padi di sawah kehilangan nitrogen tidak kurang dari 60-70% (Greenwood et al. 1980, Prasad & De Datta 1979, De Datta, 1981, FAO 1990). Apabila kondisi kurang mendukung, misalnya curah hujan yang tinggi, musim kemarau yang panjang, tanah dengan erosi yang tinggi, dan tanah

dengan kandungan bahan organik yang rendah, maka efisiensinya bisa lebih rendah lagi.

Pupuk buatan ini bisa mengganggu kehidupan dan keseimbangan tanah, meningkatkan dekomposisi bahan organik, yang kemudian menyebabkan degradasi struktur tanah, kerentanan yang lebih tinggi terhadap kekeringan dan keefektifan yang lebih rendah dalam menghasilkan panen. Aplikasi yang tidak seimbang dari pupuk mineral nitrogen yang menyebabkan pengasaman bisa juga menurunkan pH tanah dan menurunkan ketersediaan forfor,(P) bagi tanaman.

Penggunaan pupuk buatan NPK yang terus menerus menyebabkan penipisan unsur unsur mikro seng, besi, tembaga, mangan, magnesium, molybdenum, boron, bisa mempengaruhi tanaman, hewan dan kesehatan manusia. Apabila unsur mikro itu tidak diganti produksi akan menurun dan munculnya hama dan penyakit tanaman (Sharma,1985: Tandon, 1990).

Harga pupuk meningkat di pedesaan khususnya pupuk buatan fosfat karena keterbatasan sumberdaya untuk memproduksinya dan harus diimpor.

Lahan persawahan penting sebagai penghasil padi untuk memenuhi kebutuhan bahan pokok bagi masyarakat Indonesia, berkecenderungan semakin memerlukan tambahan pupuk buatan agar dapat berproduksi baik. Menurut Wijaya ; (1994) pemakaian pupuk nitrogen buatan dari tahun 1969 sampai tahun 1990 telah mengalami kenaikan penggunaan sebesar 310%.

Di samping itu penggunaan pupuk buatan memberikan andil pada resiko global yang muncul dari pelepasan nitrogen oksida (N_2O) pada atmosfer dan lapisan di atasnya. Pada lapisan stratosfer, N_2O akan menipiskan lapisan ozon dan dengan menyerap gelombang sinar infra merah tertentu, meningkatkan suhu global (Efek rumah kaca) dan mengganggu kestabilan iklim. Hal ini bisa mengakibatkan perubahan pola, tingkat dan resiko produksi pertanian. Meningkatnya permukaan air laut akan membawa konsekuensi besar bagi daerah delta yang rendah dan muara. Mengingat bahaya ini, larangan penggunaan pupuk buatan di seluruh dunia tidak bisa dikesampingkan untuk masa datang. Oleh karenanya, diperlukan upaya yang lebih besar dalam mempromosikan penggunaan pupuk N yang lebih efisien dan mengurangi polusi, penggunaan sumber-sumber pengganti N misalnya sampah tanaman, pupuk hijau, pupuk kandang, penanaman leguminosa

secara bergantian, dan algae biru hijau serta bakteri pengikat nitrogen pada sawah (Conway & Pretty, 1988).

Kerusakan ekosistem lahan persawahan akibat penggunaan pupuk buatan yang berlebihan tersebut perlu dicegah. Kehilangan bahan organik tanah dapat menurunkan stabilitas agregat tanah. Besarnya penurunan tersebut dipengaruhi oleh pH tanah, jenis kation yang mendominasi serta komposisi bahan organik (Gu and Harvey, 1993).

Salah satu alternatif dalam usaha melestarikan sekaligus memperbaiki lingkungan persawahan adalah melalui penggunaan bahan organik *Azolla* yang proposional ke dalam tanah karena bahan organik dapat berfungsi sebagai sumber energi lingkungan biotik tanah, memperbaiki struktur tanah, sumber unsur hara maupun sebagai media penyerap unsur-unsur beracun.

Penelitian ini akan mengamati perkembangan perbaikan faktor abiotik dan biotik lahan persawahan yang telah beberapa tahun menggunakan *Azolla* sebagai pupuk organik setiap musim tanam berlangsung.

***Azolla microphylla* Sebagai Salah Satu Jawaban**

Azolla merupakan tumbuhan sejenis paku-pakuan air yang hidupnya mengambang di atas permukaan air, akan mati jika kekeringan. *Annabaena azollae* mengakumulasi nitrogen dari udara dalam jumlah yang banyak, melebihi kebutuhannya, sehingga kelebihannya dilepaskan kemedial tanaman inangnya dan lingkungan tumbuh *Azolla*, sehingga dengan demikian *Azolla* dapat berekembang secara vegetatif dengan sangat cepat. Dalam pertumbuhan aktif selama 6 minggu dapat menghasilkan biomassa *Azolla* 40 – 60 ton per hektar setara dengan 150 kg nitrogen, sehingga *Azolla* dapat menggantikan penggunaan urea pada tanah sawah.

Azolla dapat berkembang biak dengan dua cara, yaitu secara vegetatif dan secara generatif. Perbanyak vegetatif dengan cara pemisahan cabang samping dari cabang utama yang selanjutnya membentuk tumbuhan baru. Perbanyak secara generatif yaitu membentuk *sporocarp* (seperti kapsul), yang terletak di bagian bawah daun. Pada umumnya terdapat sepasang *sporocarp* yaitu *microsporocarp* dan *macrosporocarp*. *Microsporocarp* berisi 7-100 *microsporangium* dan tiap-tiap *microsporangium* berisi 36-64 *microspora*. *Megasporocarp* hanya membentuk satu *megasporangium*, yang hanya

berisi *megaspora*. *Megaspora* dan *microspora* berkecambah masing-masing membentuk *megagametofit* (gametofit betina) dan *microgametofit* (gametofit jantan). Kemudian gametofit jantan berkembang menjadi sel sperma yang dapat membuahi sel telur gametofit betina. Peleburan gametofit jantan dengan gametofit betina tumbuh menjadi sporofit yang selanjutnya berkembang menjadi *Azolla* diploid proses ini terjadi di dalam air. Symbion *Annabaena azollae* berasosiasi dengan sporofit selama proses tersebut dan mulai terjadi simbiosis. (Soedijono, 2000).

MATERI DAN METODE

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tanaman *azolla*, bahan-bahan kimia analisis (bahan organik, kemantapan agregat tanah), pupuk urea, pupuk TSP, pupuk kandang, bibit tanaman padi, pestisida, dan lain-lain.

Alat yang digunakan untuk penelitian meliputi pacul, cetok, tali-temali, bor tanah, permeabilimeter, meter, alat tulis menulis dan lain-lain.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lahan sawah petani di Kelurahan Sumberpucung, Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat sekitar 400 meter di atas permukaan laut. Lahan dipilih yang mempunyai jenis tanah yang seragam yaitu jenis tanah Latosol. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan.

Metode Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada perbandingan ekosistem lahan persawahan yang belum pernah dipupuk *Azolla* dengan lahan persawahan yang telah dipupuk organik *Azolla* beberapa kali tiap musim tanam pada jenis tanah Latosol. Lahan persawahan yang telah dipupuk *Azolla* sebagai perlakuan dengan aras sebagai berikut :

- A0 = Lahan yang tidak dipupuk *Azolla*
- A1 = Lahan yang telah dipupuk *Azolla* selama 2 tahun
- A2 = Lahan yang telah dipupuk *Azolla* selama 5 tahun

Pembuatan Petak Ukur

Dalam pembuatan peta ukur digunakan cara kuadrat yaitu dibuat dengan bentuk segi empat bujur sangkar dengan menggunakan

ukuran 5 x 5 m dengan kedalaman sekitar 25 cm sebagai ke dalaman olah. Di dalam petak ukur yang sudah ditetapkan tersebut maka dapat dilakukan pengamatan pada parameter biotik.

Pada petak ukur ditentukan titik-titik pengamatan dengan metode bujur sangkar untuk menetapkan titik pengamatan parameter abiotik dalam lahan tersebut (diambil 5 sampel).

Parameter Pengamatan

Aspek lingkungan lahan persawahan yang diamati meliputi aspek lingkungan biotik dan lingkungan abiotik. Parameter yang dipilih sebagai dasar dalam penentuan tingkat kerusakan dan pelestarian lingkungan meliputi:

- * Parameter Biotik (Fandeli, 1992):
 - a. Dominasi

$$Di = (Ni/N) \times 100 \%$$

Keterangan

- Ni = Jumlah individu jenis hewan tertentu
- N = Jumlah total individu seluruh jenis
- Di = Presentase dominasi hewan tertentu

- b. Keanekaragaman/diversitas digunakan rumus Simpson :

$$D = N(N-1)/ni (ni-1)$$

Keterangan :

- D = Nilai keanekaragaman
- N = jumlah individu dari seluruh jenis
- Ni = jumlah individu dari jenis / spesies tertentu

- c. Parameter Abiotik

- c.1. Permeabilitas tanah (dengan permeabilimeter)
- c.2. Kandungan bahan organik (metode Walkley and Black)
- c.3. Kemantapan agregat tanah (metode air – alkohol)
- c.4. pH tanah (air : tanah = 5 : 1)
- c.5. Porositas tanah (metode BJ – BV)

- d. Parameter Pendukung

- d.1. Banyaknya penggunaan pupuk Azolla tiap musim tanam.
- d.2. Jumlah Penggunaan :
 - Pupuk buatan
 - Pupuk organik lain

- d.3. Jenis Bibit dan Produksi Padi tiap musim tanam.
- d.4. Teknik bercocok tanam.

Analisis Data

Data dianalisis dengan menggunakan persamaan regresi linier untuk mengetahui jangka waktu tercapainya kondisi lingkungan yang optimal berdasarkan pengamatan dan pengukuran parameter-parameter lingkungan melalui persamaan :

$$Y = aX^2 + bX + C$$

Keterangan :

- Y = parameter lingkungan
- X = jangka waktu penggunaan Azolla.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Faktor Abiotik

a. Permeabilitas Tanah

Dari hasil penelitian diperoleh sebaran data permeabilitas tanah seperti tertera pada tabel 1.

Tabel 1 Sebaran data permeabilitas tanah (cm/menit) masing-masing perlakuan

Ulangan	Perlakuan		
	A ₀	A ₁	A ₂
1	2.20	2.70	1.90
2	3.00	2.00	0.50
3	4.70	3.00	2.20
Rata-rata	3.30	2.57	1.53

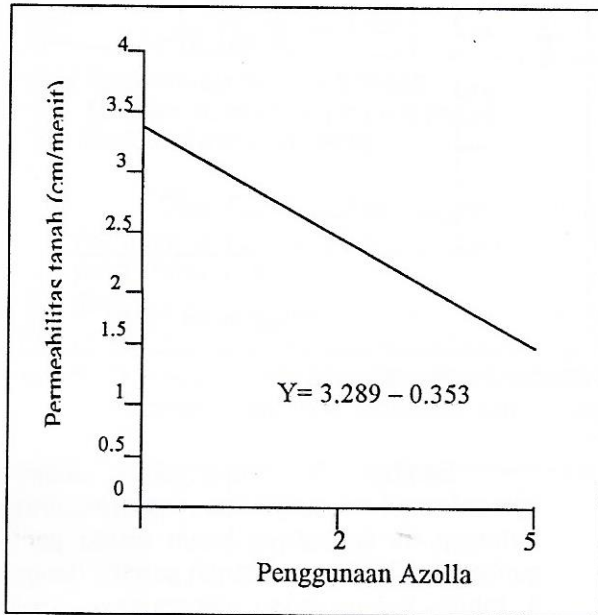
Dari hasil analisis ragam pada dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan tidak menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata terhadap permeabilitas tanah. Akan tetapi meskipun demikian hubungan antara permeabilitas tanah dan kurun waktu penggunaan Azolla masih bisa ditelusuri melalui analisis regresi dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2 Analisis ragam regresi

Sumber Keragaman	Db	Jumlah. Kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	F _{tabel}	
					5 %	1 %
Perlakuan	1	1.5755579	1.5755579	3236.98*	161.40	4052.00
Galat	1	.0004867	.0004867			
Total	2	1.5760446				

Koefisien regresi (r) = 0.99984
 Koefisien determinasi (R²) = 0.99969
 Standart Error = 0.02206

Dari hasil analisis ragam regresi Tabel 2 di atas dapat disimpulkan bahwa sebesar 99 persen variasi yang terjadi pada permeabilitas tanah dapat diramalkan dari variasi pada kurun waktu penggunaan Azolla. Kurva hubungan antara permeabilitas tanah dan kurun waktu penggunaan Azolla diperhatikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Hubungan antara permeabilitas tanah dan kurun waktu penggunaan azolla

Gambar 1. menunjukkan bahwa permeabilitas tanah cenderung menurun secara linier sejalan dengan meningkatnya kurun waktu penggunaan azolla.

b. pH Tanah

Dari hasil penelitian diperoleh sebaran data pH tanah seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3 Sebaran data pH tanah masing-masing perlakuan

Ulangan	Perlakuan		
	A ₀	A ₁	A ₂
1	5.83	5.46	5.81
2	6.20	5.71	6.17
3	6.50	6.17	5.89
Rata-rata	6.18	5.70	5.96

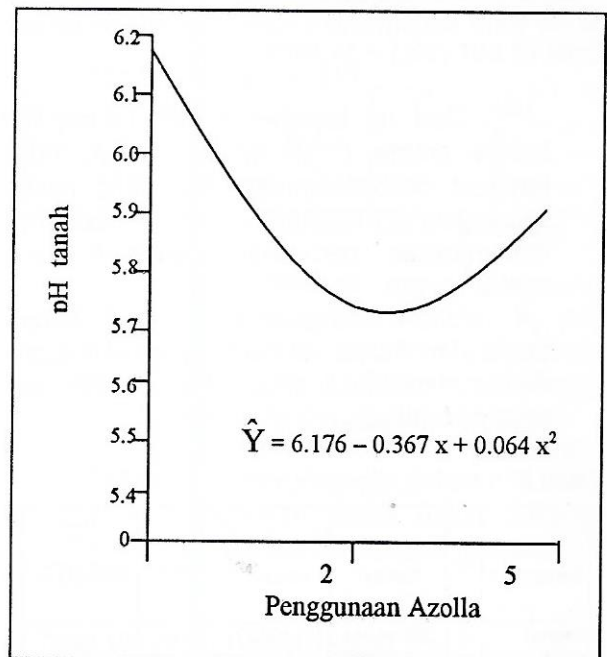
Dari hasil analisis ragam dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan tidak menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata terhadap pH tanah. Akan tetapi hubungan antara pH tanah dan kurun waktu penggunaan azolla masih bisa ditelusuri melalui analisis regresi dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Analisis ragam regresi

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan Galat	2	0.1137864	0.05689132	Tidak terhitung	-	-
Total	2	0.11378264				

Koefisien regresi (r) = 1
 Koefisien determinasi (R²) = 1
 Standart Error = 0.0000

Dari hasil analisis ragam regresi Tabel 4 ini dapat disimpulkan bahwa sebesar 100 persen variasi yang terjadi pada pH tanah dapat diramalkan dari variasi pada kurun waktu penggunaan azolla. Kurva hubungan antara pH tanah dan kurun waktu penggunaan azolla diperhatikan pada gambar 2.



Gambar 2 Hubungan antara pH tanah dan kurun waktu pengendapan azolla

Gambar 2. Menunjukkan bahwa pH menunjukkan respon kuadratik terhadap meningkatnya kurun waktu penggunaan azolla. pH tanah setelah dua tahun kurun waktu penggunaan azolla cenderung menurun, kemudian setelah dua tahun cenderung meningkat kembali.

c. Agregat Tanah

Dari hasil penelitian diperoleh sebaran data agregat tanah (%) seperti tertera pada Tabel 5, sedangkan hasil analisis ragam masing-masing perlakuan menunjukkan

perbedaan antara perlakuan tanpa Azolla dengan perlakuan yang menggunakan Azolla.

Dari hasil analisis ragam dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata ($p=0.05$) terhadap agregat tanah.

Untuk mengetahui perlakuan mana saja diantara ketiga perlakuan tersebut yang menunjukkan perbedaan pengaruh terhadap agregat tanah, dilakukan perbandingan berganda menggunakan uji BNT (5%) dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5 Perlakuan dan Notasi Analisis ragam agregat tanah

Perlakuan		Notasi
A ₀	56.410	A
A ₁	40.676	B
A ₂	37.583	B

Huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan pada uji BNT (5%) = 14,3073.

Dari uji tersebut dapat disimpulkan bahwa antara perlakuan A₁ dan A₂ tidak terdapat perbedaan pengaruh yang nyata, sedangkan terhadap A₀ keduanya menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata.

Untuk mengetahui hubungan antara tanah dan kurun waktu penggunaan azolla ditelusuri melalui analisis regresi dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 6 Analisis ragam regresi

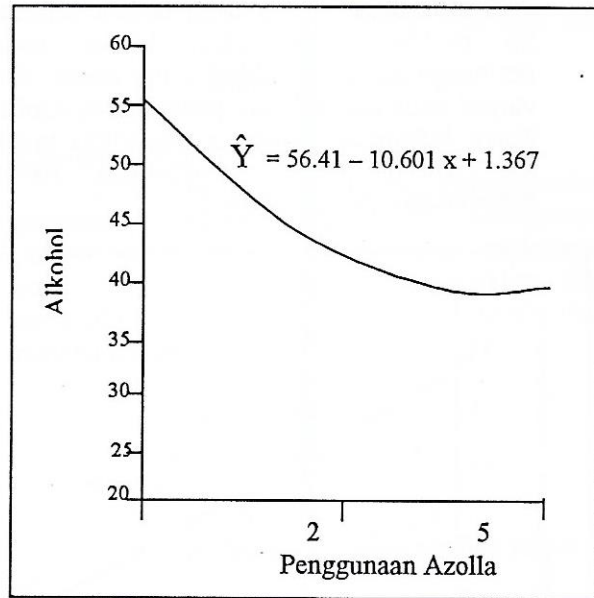
Sumber Keragaman	Db	Jumlah. Kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	F _{tabel}	
					5 %	1%
Regresi	2	203.86044	101.93022	Tidak	-	-
Galat	0	0.000000		terhitung		
Total	2	0.11378264				

Koefisien regresi (r) = 1

Koefisien determinasi (R^2) = 1

Standart Error = 0.000000

Dari hasil analisis ragam ini dapat disimpulkan bahwa sebesar 100 persen variasi yang terjadi pada agregat tanah dapat diramalkan dari variasi pada kurun waktu penggunaan azolla. kurva penggunaan antara agregat tanah dan kurun waktu penggunaan azolla diperhatikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Menunjukkan antara agregat tanah dan kurun waktu penggunaan azolla

Gambar 3. Menunjukkan bahwa agregat tanah menunjukkan respon kuadratik terhadap meningkatnya kurun waktu penggunaan azolla. Agregat tanah sampai dengan 4 tahun kurun waktu penggunaan azolla cenderung meningkat dan mencapai batas kestabilan. Kemantapan agregat setelah digunakan azolla kurang lebih selama 4 tahun.

d. Porositas Tanah

Dari hasil penelitian diperoleh sebaran data porositas tanah (%) seperti tertera pada Tabel 7.

Tabel 7 Sebaran data porositas tanah masing-masing perlakuan

Ulangan	Perlakuan		
	A ₀	A ₁	A ₂
1	43.40	44.14	46.85
2	44.02	44.92	47.45
3	41.60	44.57	48.81
Rata-rata	43.00	44.54	47.70

Huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan dengan uji BNT (5%) = 14,3073.

Dari uji tersebut dapat disimpulkan bahwa antara perlakuan A₀ dan A₁ tidak terdapat perbedaan pengaruh yang nyata, sedangkan terhadap A₂, keduanya menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata.

Untuk mengetahui hubungan antara porositas tanah dan kurun waktu

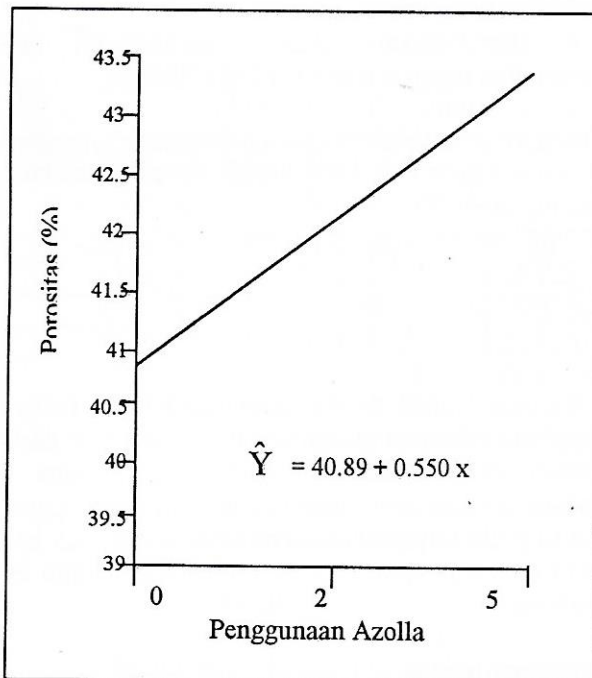
penggunaan azolla dapat ditelusuri melalui analisis regresi dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 8 Analisis ragam regresi

Sumber Keragaman	Db	Jumlah. Kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	F _{tabel}	
					10 %	5%
Regresi	1	3.8423074	3.8423074	140.61*	39.86	161.40
Galat	1	0.0273253	0.0273253			
Total	2	0.11378264				

Koefisien regresi (r) = 0.99646
 Koefisien determinasi (R²) = 0.99294
 Standart Error = 0.16530

Dari hasil analisis ragam ini dapat disimpulkan bahwa sebesar 99 persen variasi yang terjadi pada porositas tanah dapat diramalkan dari variasi pada kurun waktu penggunaan azolla. kurva hubungan antara permeabilitas tanah dan kurun waktu penggunaan azolla diperhatikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan Antara Permeabilitas Tanah dan Kurun Waktu Penggunaan Azolla

Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa porositas tanah cenderung meningkat secara linier sejalan dengan meningkatnya kurun waktu pengendapan azolla.

e. Kandungan bahan organik

Dari hasil penelitian diperoleh sebaran data kandungan bahan organik tanah (%) seperti tertera pada Tabel 9.

Tabel 9 Sebaran data kandungan bahan organik tanah masing-masing perlakuan

Ulangan	Perlakuan		
	A ₀	A ₁	A ₂
1	1.24	1.53	3.18
2	0.59	1.44	4.21
3	1.27	1.58	4.17
Rata-rata	1.03	1.51	3.85

Dari hasil analisis ragam dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan menunjukkan perbedaan pengaruh yang sangat nyata (p=0.01) terhadap porositas tanah.

Untuk mengetahui perlakuan mana saja diantara ketiga perlakuan tersebut yang menunjukkan perbedaan pengaruh terhadap kandungan bahan organik tanah, dilakukan perbandingan berganda menggunakan uji BNT (5%) dengan hasil sebagai berikut :

Nilai BNT (5%) = 1.7119

Perlakuan	Notasi
A ₀	A
A ₁	A
A ₂	B

Huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan.

Dari uji tersebut dapat disimpulkan bahwa antara perlakuan A₀ dan A₁ tidak terdapat perbedaan pengaruh yang nyata, sedangkan terhadap A₂, keduanya menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata.

Untuk mengetahui hubungan antara kandungan bahan organik tanah dan kurun waktu penggunaan azolla dapat ditelusuri melalui analisis regresi dengan hasil sebagai berikut :

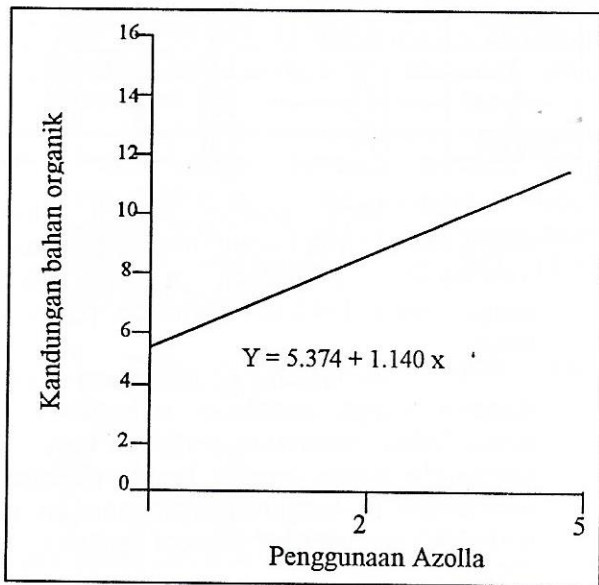
Tabel 10 Analisis ragam regresi

Sumber Keragaman	db	Jumlah. Kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	F _{tabel}	
					10 %	5%
Regresi	1	16.466160	16.466160	28.28	39.86	161.40
Galat	1	0.582306	0.582306			
Total	2					

Koefisien regresi (r) = 0.98277
 Koefisien determinasi (R²) = 0.96584
 Standart Error = 0.76309

Dari hasil analisis ragam ini dapat disimpulkan bahwa sebesar 99 persen variasi yang terjadi pada kandungan bahan organik tanah dapat diramalkan dari variasi pada kurun waktu penggunaan azolla (kesimpulan ini ditarik meskipun tidak ditemukan keragaman yang nyata pada regresi). Kurva hubungan antara kandungan bahan organik

tanah dan kurun waktu penggunaan azolla diperhatikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan antara kandungan bahan organik tanah dan kurun waktu penggunaan azolla

Gambar 5. Menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tanah cenderung meningkat secara linier sejalan dengan meningkatnya kurun waktu penggunaan azolla.

Faktor Biotik

f. Analisis Organisme Tanah

Dari tabel di bawah ini dapat diketahui bahwa semakin lama tanah dipupuk dengan Azolla akan semakin tinggi tingkat keanekaragaman organisme tanah.

Pada tanah yang tidak dipupuk Azolla sama sekali memperlihatkan tingkat keanekaragaman yang rendah dengan jumlah organisme yang sedikit dan semakin lama dipupuk Azolla, jumlah organismenya semakin meningkat.

Organisme cacing tanah memperlihatkan tingkat dominasi yang meningkat seiring dengan semakin lamanya pemakaian Azolla, sedangkan dominasi semut merah coklat dan hitam relatif konstan.

Tabel 11 Rata-rata jumlah organisme & tingkat dominasi yang diperoleh dalam tanah yang diberi azolla selama beberapa tahun.

No	JENIS ORGANISME	PERLAKUAN			DOMINASI		
		A	B	C	A	B	C
1	Cacing tanah (<i>P. Elongata E.Ferr</i>)	2	9,5	26,5	10,5	17,1	24,0
2	Semut (<i>F. Formisidae</i>)						
	a. Semut merah-coklat	4,5	14,5	28	23,7	26,2	25,5
	b. Semut Hitam	6,4	12,5	27	34,3	22,5	24,5
	c. Semut Kecil	5	9	15	26,3	16,2	13,6
3	Uret Kumbang (<i>H. Nelleri.Brsk</i>)	0,5	3	4	2,6	5,4	3,7
4	Pupa (<i>Lepidoptera</i>)	0	0	0,5	0	0	0,5
5	Kaki Seribu (<i>Chilopoda</i>)	0,5	1	2,5	2,6	1,8	2,3
6	Kelabang (<i>Symphyla</i>)	0	6	6,5	0	10,8	5,9
	Jumlah	19	55	110			

Keterangan :

A = Tanah yang tidak memakai Azolla

B = Tanah yang dipupuk Azolla selama 2 tahun

C = Tanah yang dipupuk Azolla selama 5 tahun

Penggunaan azolla yang semakin lama akan mendorong munculnya organisme-organisme baru untuk tumbuh dan berkembang, seperti uret kumbang, kaki seribu, kelabang dan lain-lain.

Berdasarkan hasil perhitungan uji diversitas diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 12 Hasil perhitungan uji diversitas organisme diperoleh pada tanah dengan perlakuan Azolla

No	Perlakuan	Diversitas
1	A	219,4
2	B	718,8
3	C	4649

Dari tabel di atas memperlihatkan bahwa tingkat perkembangan diversitas organisme pada tanah yang dipupuk dengan azolla selama 5 tahun mengalami peningkatan dengan pesat yaitu pada tahun ke-2 meningkat sekitar 2,5 kali dan dalam jangka 5 tahun meningkat hingga 20 kalinya.

Faktor Abiotik

Petani Sumber Pucung Malang menggunakan Azolla sebanyak 500 kg / ha dua kali setahun. Di daerah penelitian menggunakan irigasi tadah hujan sehingga setiap tahunnya hanya dapat ditanami 1 x tanaman padi dan selanjutnya dapat digunakan untuk penanaman polowijo, seperti cabe, kedele dan lain - lain.

Penggunaan azolla tidak berpengaruh terhadap besarnya permeabilitas dan perubahan pH tanah (Tabel 1 dan 4). Hal ini dapat dipahami karena penggunaan azolla selama 5 tahun berturut-turut tampaknya tidak mengubah pola

distribusi pori tanah maupun struktur tanah. Namun demikian, berdasarkan hasil pengukuran porositas tanah (Tabel 10) menunjukkan bahwa penggunaan azolla dapat meningkatkan besarnya porositas tanah. Porositas tanah baru menampakkan perubahan secara nyata setelah digunakan azolla dalam kurun waktu 5 tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa porositas tanah yang bertambah adalah pada ukuran pori mikro sehingga tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap besarnya permeabilitas tanah.

Berdasarkan hasil pengukuran kemantapan agregat tanah (Tabel 7) dapat diketahui bahwa semakin lama penggunaan azolla menunjukkan semakin tinggi tingkat kemantapan agregatnya. Namun demikian kemantapan agregat antara penggunaan Azolla selama 2 tahun tidak menunjukkan adanya perbedaan pengaruh yang nyata. Hal ini dapat diterangkan bahwa penggunaan bahan organik sudah mencapai kebutuhan yang optimum untuk digunakan sebagai bahan sementasi agregat tanah sehingga pada penggunaan azolla yang lebih tinggi tidak akan mempengaruhi terhadap kemantapan agregat lagi.

Berdasarkan perhitungan kurva hubungan antara % alkohol dengan penggunaan azolla dapat dihitung bahwa nilai optimum (% alkohol terkecil) tercapai setelah menggunakan Azolla selama kurang lebih 4 tahun. Hal ini berarti kemantapan agregat tanah telah tercapai yang paling optimal atau paling tinggi ketahanannya.

Penggunaan Azolla tampak memberikan hasil nyata dalam meningkatkan kandungan bahan organik setelah jangka waktu 5 tahun dan berdasarkan analisis regresi hubungan antara kandungan bahan organik tanah dan kurun waktu penggunaan azolla memperlihatkan adanya peningkatan secara linier.

Faktor Biotik

Tanah dengan nilai produktivitas yang tinggi tidak hanya terdiri dari komponen abiotik padat, cair dan udara (gas) saja, akan tetapi harus mengandung jasad hidup tanah yang cukup banyak (Syarief, 1986)

Dari hasil perhitungan dominasi organisme tanah (Tabel 16) menunjukkan bahwa daerah tersebut didominasi oleh beberapa jenis semut dan cacing tanah dengan jumlah yang bervariasi dan selama beberapa kurun waktu (5 tahun) penggunaan azolla tampak bahwa jumlah cacing tanah mengalami peningkatan dengan variasi munculnya organisme-organisme baru seperti kelabang, pupa, dan lain-lain.

Berdasarkan perbaikan beberapa sifat fisik tanah, seperti kemantapan agregat, porositas tanah akibat peningkatan kandungan bahan organik dari Azolla tampaknya akan berpengaruh pada faktor biotik seperti meningkatnya jumlah organisme yang semakin banyak dengan keanekaragaman yang semakin meningkat penggunaan azolla yang semakin lama. Akan diikuti dengan nilai indeks diversitas organisme yang tinggi pula (Tabel 12).

Dari uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan azolla akan semakin meningkatkan kemantapan ekosistem dengan melihat deversitas organisme yang meningkat. Hal ini berarti bahwa kehidupan akan semakin kompleks yang pada gilirannya akan membantu kestabilan ekosistem daerah tersebut sehingga dapat meningkatkan kemampuan penyangga ekosistem tersebut akibat gangguan dari luar ekosistem.

Ditinjau dari dukungan beberapa sifat fisik tanah, maka dalam jangka waktu 4 tahun, ekosistem daerah tersebut sudah tergolong mantap. Dalam tahun-tahun berikutnya tinggal melakukan pemeliharaan ekosistem agar tidak mengalami degradasi kerusakan ekosistem.

KESIMPULAN

1. Penggunaan Azolla sebanyak 20 kw per tanam dengan penggunaan 2x setahun dapat meningkatkan secara nyata terhadap kemantapan agregat dan peningkatan porositas serta menaikkan kandungan bahan organik tanah.
2. Penggunaan Azolla selama 5 tahun tersebut belum mempengaruhi terhadap permeabilitas dan pH tanah.
3. Penggunaan Azolla dapat memperbaiki ekosistem tanah melalui peningkatan deversitas organisme tanah yang menuju pada kemantapan ekosistem.
4. Penggunaan Azolla dapat meningkatkan jumlah cacing tanah yang semakin mendominasi tumbuh pada ekosistem tanah tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka disarankan:

1. Penggunaan pupuk Azolla setelah 4 tahun sebaiknya dapat dikurangi jumlahnya agar nilai ekonomisnya dapat meningkat tetapi tidak mengurangi nilainya dalam mempertahankan kemantapan ekosistem lahan tersebut.

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperhitungkan besarnya pengurangan pemupukan Azolla setelah 4 tahun dengan tetap memperhatikan aspek perbaikan ekosistem daerah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal. 1996. *Azolla. Pembudidayaan dan Pemanfaatan pada tanaman Padi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Becking, J.H. 1979. *Environmental requirment of Azolla for use in tropical rice production*. In nitrogen and rice. IRRI. Manila.
- Buckman and Brady. 1982. *The nature and properties of soil*. The Mc Millan Co New York.
- Conway, G.R. & J. N., Pretty. 1988. *Fertilizer risks in the developing countries ; a riview*. London : IIED.
- De Datta , S.R. 1981. *Principles and practices of rice production*. New York : Wiley and Sons.
- FAO., 1990. *Integrated Plant Nutrient System : State of the art. Commission on fertilizer 11th session, 4-6 April 1990*. Rome : FAO.
- Fandeli, Chafid. 1992. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Prinsip dasar dan pemapannya dalam pembangunan*. Liberty. Yogyakarta
- Gu, Baohua and Harvey E. Doner. 1993. *Dispersion and agregation of soil as influenced by organic and inorganic polymer*. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 709-716.
- Nelson, W.L. 1975. *Soil fertility and fertilizier*. Third Edition. Mc.Grow Hill. Pub. Co. New York.
- Ngadiman. 1995. *Budidaya Azolla sebagai Pupuk Hayati pada Sistem Usahatani Mina Padi*. Pertemuan Aplikasi Paket Teknologi yang diselenggarakan oleh Instansi Penelitian dan Pengajian Teknologi Pertanian (INPPTP) Yogyakarta
- Paywal, P.C. 1989. *Biology of Azolla inAzolla : Its culture , manajemen and utilization in the Phliphines*. National Action Action Program, Manila.
- Prasad, R. dan De Datta , S.K. 1979. Increasing fertilizer nitrogen efficiency in wetland rice. dalam Nitrogen and rice (Los Banos : IRRI)
- Quebral, N.C. 1989. *Introdoction to Azolla : Its culture, manajemen and utilization in the Philiphines*. National Action Action Program. Manila.
- Reijntjes, C. Haverkort, B. and Waters-Bayer. 1999. *Pertanian Masa Depan. Pengantar untuk pertanian berkelanjutan dengan input rendah*. 270 hal.
- Santoso, Udi. 1989. *Dasar-dasar ilmu tanah*. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Sharma, R. 1985. Nutient drain . dalam : Agarwal .A dan Narain, S. (eds) The state of india,s environment 1984-85 the 2nd citicens report (New Delhi : CSE) , p. 20
- Soedijono, Djoyosuwito. 2000. *Azolla , Pertanian Organik dan Multiguna*. Penerbit Kanisus. Yogyakarta. 60 hal.
- Syarief, E. Saifuddin. 1986. *Ilmu Tanah Pertanian*. Penerbit Pustaka Baru. Bandung.
- Tandon, H.L.S. 1990. *Where rice devours the land*. CERES 126 : 25-9.

