

PEMANFAATAN AGEN HAYATI DALAM BUDIDAYA TITONIA PADA ULTISOL

Use of Bio Agent in Titonia Cultivation on Ultisol

Auzia Asman, Nurhajati Hakim, Agustian, dan Hermansah

Program Studi Ilmu Tanah Program Pascasarjana Universitas Andalas

ABSTRACT

Titonia could be used as alternative fertilizer to reduce up to 50% the chemical fertilizer application of chili, gardamon, maize, soybean and sweet potato. The titonia which grow as alley cropping system (20 rows ha⁻¹) could produced 6,6 -6,8 ton ha⁻¹ y⁻¹ of dry biomass with 2 months pruning period. This amount equal to 40 ton ha⁻¹ y⁻¹ of fresh biomass of titonia. Such amount of biomass content 150-240 kg ha⁻¹ y⁻¹ of N and 156 – 245 kg of K that could be used to replace the 50 % of chemical fertilizer. In the rhizosphere of titonia was observed the micro organism has role in increasing the production of biomass such as micorhizae, bacteria diluted P, Azotobacter, Azospirillum, and bacteria produced of phitohormon. We assume that the re-inoculation of those microorganism in to the rhizosphere of titonia might contribute in increasing of titonia biomass and nutrients yield. The study of the re-inoculation of such microorganism to the rhizosphere of titonia in order to find out the kind of micro organism which highly contributed in increasing of biomass was conducted. The study was conducted by using completed randomized designed with 10 treatments and 5 replications. Those treatments are A=without reinoculation (control); B=bacteria diluted phosphate (bdp); C=Azotobacter; D=Azospirillum; E=bacteria produced phytohormon (bph); F=bdp+Azotobacter; G=bdp+Azospirillum; H=bdp+bph; I=bdp+Azotobacter+Azospirillum; J=bdp+Azotobacter+Azospirillum + bph. The result of study showed the combination of the reinoculation to the rhizosphere in increasing of biomass and nutrients yield of titonia were (1) Bacteria diluted phosphate; (2) Azospirillum; (3) Bacteria diluted phosphate + Azotobacter; (4) Bacteria diluted phosphate +Azospirillum; dan (5) Bacteria diluted phosphate +Azotobacter +Azospirillum.

Keywords: Agen Hayati, Titonia, alternative fertilizer

PENDAHULUAN

Tanah yang tersedia untuk pembangunan pertanian sekarang dan ke depan di Indonesia pada umumnya adalah tanah-tanah marginal, dan yang terluas diantaranya adalah Ultisol. Menurut Subagyo *et al.* (2000) Ultisol menempati areal seluas 45,8 juta ha. Di samping reaksi yang sangat masam dan keracunan aluminium (Al), Ultisol sangat miskin hara, sehingga memerlukan pupuk yang jauh lebih banyak daripada tanah yang subur. Belakangan ini, harga pupuk buatan menjadi sangat mahal, dan mulai langka di pasaran. Oleh karena itu, upaya pengadaan pupuk alternatif yang mudah dan murah sangat diperlukan untuk mengurangi penggunaan pupuk buatan tanpa menurunkan produksi.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu pembudidayaan gulma titonia (*Tithonia diversifolia*) atau bunga matahari Meksiko (Mexican sunflower). Menurut Jama *et al.* (2000) gulma titonia mengandung unsur hara yang tinggi, yaitu 3,5 – 4% N; 0,35 – 0,38% P; 3,5 – 4,1% K; 0,59% Ca; dan 0,27% Mg. Sanchez dan Jama (2000) melaporkan bahwa titonia sudah mulai digunakan petani di Kenya sebagai sumber bahan organik, serta sumber N dan K bagi tanaman.

Dari penelitian Hakim (2002) diketahui bahwa titonia ditemukan tumbuh subur di semua tinggi tempat diatas permukaan laut (elevasi), ditebing-tebing pinggir jalan hampir di sepanjang jalan di Sumatera Barat, demikian pula di kebun-kebun terlantar, tetapi belum dimanfaatkan sebagai pupuk. Dari hasil penelitian berikutnya Nurhajati

Hakim dan Agustian (2003) melaporkan bahwa titonia adalah sebangsa gulma yang memenuhi syarat untuk dijadikan pupuk hijau meskipun bukan dari famili legum. Hakim *et al.* (2003 dan 2004a) menyimpulkan bahwa titonia dapat mengurangi penggunaan pupuk buatan NK 25% sampai 50% dari kebutuhan tanaman cabai, jahe, tomat, dan melon pada Ultisol dalam pot.

Dari hasil penelitian lebih lanjut pada Ultisol di lapangan Hakim dan Agustian (2004b) melaporkan bahwa kebutuhan NK pupuk buatan untuk tanaman cabai dan jahe juga dapat disubstitusi (digantikan) sebanyak 50% dengan NK titonia. Berikutnya Hakim dan Agustian (2005b) mengemukakan bahwa kebutuhan NK pupuk buatan untuk tanaman jagung dan ubi jalar pada Ultisol di lapangan juga dapat digantikan sebanyak 25 sampai 50% dengan NK dari titonia, dengan hasil sedikit lebih tinggi daripada 100% pupuk buatan.

Berdasarkan hasil penelitian selama 2 tahun pada Ultisol di lapangan Hakim dan Agustian (2004b, 2005a, dan 2005b) menyimpulkan bahwa titonia layak dibudidayakan sebagai penghasil pupuk alternatif *in situ* di lahan usaha tani. Mereka melaporkan bahwa bahan perbanyakan titonia adalah stek batang atau biji, dengan jarak tanam 50 x 50 cm pada baris tanam selebar 100 cm. Pola baris tanam yang tepat adalah berbentuk pagar lorong dengan jarak 5 m satu sama lain (20 baris = 2000 m baris ha⁻¹).

Periode pangkas yang tepat adalah setiap 2 bulan. Dengan teknik budidaya tersebut titonia dapat menghasilkan 6,6 sampai 6,8 ton bahan kering (sekitar 40 ton titonia segar) serta unsur hara sekitar 150 sampai 240 kg N dan 156 sampai 245 kg K ha⁻¹ tahun⁻¹. Jumlah tersebut cukup untuk menyediakan 50% kebutuhan N dan K bagi tanaman.

Mengapa titonia mampu menghasilkan bahan organik dan unsur hara dalam jumlah besar tersebut belum dimengerti. Hakim *et al.* (2007) melaporkan bahwa hal itu disebabkan oleh aktivitas agen hayati yang terdapat pada akar dan rizosfir titonia. Agen hayati yang telah ditemukan pada rizosfir titonia adalah didapatkan 3 isolat spora cendawan mikoriza arbuskula, 3 isolat jamur pelarut fosfat, 3 isolat *Azotobacter*, 4 isolat bakteri pelarut fosfat, dan 3 isolat bakteri penghasil fito hormon.

Pertanyaan berikut yang harus dijawab adalah apakah pemanfaatan inokulan agen hayati yang sudah ditemukan tersebut akan dapat meningkatkan kemampuan pertumbuhan titonia yang dibudidayakan dalam menghasilkan bahan organik dan unsur hara (pupuk alternatif) yang lebih besar lagi. Kloepper *et al.* (2004) dan Glick (1995) mengemukakan bahwa pengaruh jasad renik tanah (agen hayati) terhadap pertumbuhan tanaman sangat penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan mempertahankan kesuburan tanah karena jasad renik tanah dapat membawa perubahan pada pertumbuhan tanaman, terutama yang bersifat mendorong pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan kebutuhan pupuk yang semakin besar, semakin mahal dan langkanya pupuk buatan, dan hasil-hasil penelitian tentang budidaya dan pemanfaatan titonia sebagai pupuk alternatif, maka dilakukanlah percobaan pot dengan judul "Pemanfaatan Agen Hayati dalam Budidaya Titonia pada Ultisol". Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui agen hayati yang lebih tepat untuk budidaya titonia, sehingga mampu menghasilkan bahan organik dan unsur hara yang lebih tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berupa percobaan pot di rumah kawat yang terdiri atas 10 perlakuan dengan 5 ulangan dalam rancangan acak lengkap. Perlakuan tersebut adalah reinokulasi agen hayati yang telah diisolasi dari rizosfir titonia. Pada kesempatan ini agen hayati yang digunakan terbatas pada kelompok bakteri, baik tunggal maupun campuran sebagai berikut:

Kode	Jenis bakteri yang direinokulasikan pada rizosfir titonia
A	Tanpa reinokulasi (kontrol)
B	Bakteri pelarut fosfat (bpf)
C	<i>Azotobacter</i> (Azot)
D	<i>Azospirillum</i> (Azos)
E	Bakteri penghasil fito hormon (bph)
F	bpf+Azot
G	bpf +Azos
H	bpf + bph
I	bpf+Azot+Azos
J	bpf+Azot+Azos+bph

Percobaan dilaksanakan dalam pot di Rumah Kawat. Tanah Ultisol yang digunakan diambil dari kebun percobaan Universitas Andalas di Limau Manis Padang. Tanah dikering anginkan, dan diayak sehingga lolos saringan 2 mm. Tanah untuk pembibitan titonia yang direinokulasi dengan agen hayati disterilkan sebanyak 150 g tanah per pot. Di samping itu dipersiapkan pula tanah tidak steril sebanyak 8 kg per pot untuk budidaya titonia.

Tanah steril ditanami stek titonia dengan 3 mata tunas. Satu mata tunas terbenam ke dalam tanah, sedangkan dua mata tunas muncul dipermukaan tanah. Setelah berumur 2 minggu, stek titonia mulai bertunas dan perakaran mulai muncul pada media steril. Pada saat itu, daerah perakaran bibit titonia tersebut diberi inokulan (biakan murni) dari berbagai agen hayati sesuai ketentuan perlakuan, sebanyak 10 ml per polybag. Inokulan dipersiapkan dalam bentuk cair yang mengandung bakteri 10⁸ sel per ml. Masa aklimatisasi inokulan dengan media steril bibit titonia dibiarkan selama 1 minggu. Untuk pemupukan dan penyiraman setiap hari diberikan larutan hyponex merah (5 g dalam 1 liter aquades steril).

Media tumbuh tidak steril yang terdiri atas 8 kg tanah per pot, diberi pupuk sebanyak 50 g pupuk kandang; 0,56 g Urea; 0,16 g SP36; 0,6 g KCl; dan 0,15 g Kiserit Bibit titonia yang sudah direinokulasi dan berumur 3 minggu, dipindahkan ke dalam pot yang sudah dipersiapkan. Tanaman dipelihara sampai berumur 2 bulan. Setelah itu tanaman dipangkas, dan ditimbang bobot segarnya. Selanjutnya, pangkasan titonia dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C sampai bobot tetap, dan ditimbang bobot keringnya. Bahan titonia yang sudah ditimbang dihaluskan, dan dianalisis kandungan hara N dan K

Pengamatan terhadap titonia meliputi, hasil bahan kering, serta hasil N dan K dari pangkasan titonia. Data dianalisis ragam menurut Steel and Torrie (1989). Lima perlakuan terbaik akan dipilih untuk dijadikan perlakuan budidaya titonia pada Ultisol di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh agen hayati terhadap pertumbuhan titonia

Agen hayati yang digunakan dalam hal ini adalah bakteri yang berhasil diisolasi dari rizosfir titonia. Bakteri tersebut meliputi bakteri pelarut fosfat (bpf), *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan bakteri penghasil fito hormon (bph). Secara umum pertumbuhan titonia yang direinokulasi dengan agen hayati lebih baik daripada tidak direinokulasi. Salah satu contoh perbedaan pertumbuhan yang cukup menonjol antara yang direinokulasi dengan agen hayati bakteri pelarut fosfat (bpf) dan kontrol dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pertumbuhan Titonia yang Dipengaruhi Reinokulasi Agen Hayati pada Ultisol (A = kontrol, tanpa reinokulasi dengan agen hayati; B = direinokulasi dengan bakteri pelarut fosfat)

Pada Gambar 1, tampak bahwa titonia yang direinokulasi dengan bakteri pelarut fosfat tumbuh jauh lebih bagus daripada kontrol (tidak direinokulasi dengan agen hayati). Gambar tersebut menunjukkan betapa besarnya peran dari agen hayati bagi pertumbuhan titonia.

Pengaruh agen hayati terhadap kadar hara N dan K titonia

Hakim *et al.* (2007) melaporkan bahwa tingginya kadar hara dalam titonia disebabkan oleh banyaknya agen hayati yang terdapat pada rizosfir titonia yaitu bakteri pelarut fosfat, *Azotobacter* dan *Azospirillum* yang mampu menambat N bebas dari udara tanpa simbiotik, bakteri penghasil fito hormon, jamur pelarut fosfat dan mikoriza. Mereka telah berhasil mengisolasi dan mem-perbanyak berbagai agen hayati tersebut sebagai bahan inokulan. Oleh karena itu, diduga reinokulasi dari berbagai agen hayati ini akan dapat meningkatkan serapan hara, sehingga kadar hara akan menjadi lebih tinggi, terutama N dan K. Kadar hara yang lebih tinggi akan mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih bagus.

Pada Tabel 1. dapat dilihat bahwa kadar N dan K pada titonia yang direinokulasi dengan agen hayati mengandung N dan K yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kontrol. Kadar N pada titonia yang direinokulasi dengan agen hayati sedikit beragam dari 3 – 3,6%, sedangkan kadar K 2,3 – 3,6%. Dengan demikian, dapat dihitung bahwa reinokulasi dengan agen hayati dapat meningkatkan kadar N sekitar 0,8 – 1,4% sedangkan kadar K meningkat 0,4 – 1,7%. Peningkatan kadar hara N dan K tersebut sangat berarti dalam meningkatkan bahan organik dan hasil hara dari titonia (pupuk alternatif).

Tabel 1. Kadar Hara N dan K Titonia yang Dipengaruhi oleh Reinokulasi Berbagai Agen Hayati

Kode	Jenis bakteri yang direinokulasikan pada rizosfir titonia	Kadar hara (%)	
		Nitrogen (N)	Kalium (K)
A	Tanpa reinokulasi (kontrol)	2,175	1,850
B	Bakteri pelarut fosfat (bpf)	3,450	2,845
C	<i>Azotobacter</i> (Azot)	3,605	3,555
D	<i>Azospirillum</i> (Azos)	3,185	2,280
E	Bakteri penghasil fito hormon (bph)	3,360	2,925
F	bpf+Azot	3,175	2,910
G	bpf +Azos	3,350	3,295
H	bpf + bph	3,320	2,925
I	bpf+Azot+Azos	3,070	3,005
J	bpf+Azot+Azos+bph	3,135	3,245

Kadar hara 3 – 3,6% N dan 2,3 – 3,6% K yang diperoleh pada percobaan ini hampir sama dengan kadar hara titonia yang tumbuh subur secara alami di berbagai daerah di Sumatera Barat. Hakim (2002) melaporkan bahwa pangkasan gulma titonia (batang, dan daun sepanjang 50 cm dari pucuk) yang dikoleksi dari beberapa lokasi di Sumatera Barat, rata-rata mengandung unsur hara sebanyak 3,16% N dan 3,45% K. Kadar hara N dan K pada percobaan ini sudah lebih tinggi daripada hasil percobaan pot tanpa inokulasi agen hayati yang dilaporkan Hakim dan Agustian (2003). Mereka memperoleh kadar hara titonia umur 2 bulan hanya sekitar 2,7% N dan sekitar 1,5%K. Tingginya kadar N dan K dalam titonia yang direinokulasi dengan agen hayati ini diharapkan akan diikuti oleh hasil bahan kering serta N dan K titonia yang lebih tinggi pula.

Pengaruh agen hayati terhadap hasil titonia

Pengaruh reinokulasi agen hayati terhadap hasil titonia berupa bahan kering, serta hasil N dan K disajikan dalam Tabel 2. Pada Tabel 2 tampak bahwa reinokulasi rizosfir

titonia dengan agen hayati telah meningkatkan hasil bahan kering yang cukup tinggi, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata. Hasil bahan kering meningkat sebesar 1,12 – 5,00 g per pot bila dibandingkan dengan kontrol.

Tabel 2. Pengaruh Reinokulasi Berbagai Agen Hayati terhadap Hasil Bahan Kering, serta N dan K dari Titonia pada Pemangkas I

Kode	Jenis bakteri yang direinokulasikan pada rizosfir titonia	Hasi titonia (g pot ⁻¹)		
		Bahan kering	Nitrogen	Kalium
A	Tanpa reinokulasi (kontrol)	12,87	0,28 b	0,24 c
B	Bakteri pelarut fosfat (bpf)	17,09	0,60 a	0,49 ab
C	Azotobacter (Azot)	14,58	0,44 a	0,43 b
D	Azosprillium (Azos)	16,93	0,54 a	0,39 b
E	Bakteri penghasil fito hormon(bph)	14,14	0,48 a	0,41 b
F	bpf+Azot	15,96	0,51 a	0,46 ab
G	bpf +Azos	17,87	0,60 a	0,59 a
H	bpf + bph	14,24	0,47 a	0,42 b
I	bpf+Azot+Azos	16,19	0,50 a	0,49 ab
J	bpf+Azot+Azos+bph	14,05	0,44 a	0,46 ab

Catatan: Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda adalah berbeda nyata menurut BNJ 5%.

Dengan reinokulasi agen hayati, hasil bahan kering sebesar 14 – 17 g per pot untuk pemangkas I pada umur 2 bulan ini sudah cukup tinggi, sedangkan kontrol hanya sekitar 12 g perpot. Hakim (2003) melaporkan bahwa tanpa reinokulasi agen hayati hasil titonia hanya sebanyak 34 g perpot untuk 3 kali pemangkas (sekitar 12 g per pot per pemangkas). Berarti hasil bahan kering sebanyak 17 g per pot, sudah merupakan ujud nyata peran agen hayati. Reinokulasi agen hayati telah meningkatkan hasil N dan K secara nyata sebesar 0,16 – 0,32 g N /pot dan 0,15 - 0,35 g K per pot. Peningkatan hasil N dan K tersebut jelas disebabkan oleh peran agen hayati yang direinokulasikan.

Hakim *et al.* (2007) melaporkan bahwa dari isolasi agen hayati yang berperan pada akar dan rizosfir titonia telah ditemukan isolat spora cendawan mikoriza arbuskula yaitu *Glomus*, *Gigaspora*, dan *Acauluspora*, 3 isolat jamur pelarut fosfat, 3 isolat *Azotobacter*, 4 isolat bakteri pelarut fosfat, dan 3 isolat bakteri penghasil fito hormon.

Berdasarkan hasil percobaan ini dapat dinyatakan bahwa agen hayati yang direinokulasikan pada rizosfir titoia baik tunggal, maupun ganda, telah berperan dalam membantu penyediaan dan penyerapan hara tanaman, sehingga mampu menghasilkan bahan kering, serta N dan K yang lebih tinggi. Klopper *et al.* (2004) dan Glick (1995) mengemukakan bahwa pengaruh jasad renik tanah (agen hayati) terhadap pertumbuhan tanaman sangat penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan mempertahankan kesuburan tanah. Jasad renik tanah dapat membawa perubahan yang bersifat mendorong pertumbuhan tanaman.

Sebagaimana diketahui, bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* adalah 2 jenis bakteri yang mampu menambat N bebas dari udara tanpa simbiose. Tampaknya keberadaan kedua bakteri tersebut pada rizosfir titonia telah meningkatkan kadar dan serapan hara N tanaman tersebut. Demikian pula keberadaan bakteri pelarut fosfat dan bakteri penghasil fito hormon juga telah berperan dalam menyediakan fosfat dan mendorong pertumbuhan tanaman, sehingga mampu menghasilkan bahan kering serta N dan K yang lebih tinggi.

Rao (1982) menjelaskan bahwa *Azotobacter* adalah bakteri penambat N aerobik yang mampu menambat N cukup tinggi dengan variasi 2 – 15 mg/g sumber karbon yang digunakan. Bahkan menurut Allison (1973) *Azotobacter* mampu menambat N 10 – 20 mg /g gula yang digunakan. Venkateswarlu dan Rao (1983) melaporkan bahwa *Azospirillum* adalah bakteri penambat N yang bisa terdapat pada daerah sekitar akar, permukaan akar dan di dalam akar. Berg *et al.* (1980) mengemukakan bahwa *Azospirillum* mampu menembus epidermis dan kortek akar dengan membentuk kapsul di dalamnya, menambat N, serta mengadakan asosiasi yang erat dengan inangnya. Di samping menambat N, *Azotobacter* dan *Azospirillum* juga menghasilkan zat faktor tumbuh (fito hormon) seperti *cytokinins*, *indol acetic acid* (IAA) *giberellin*, dan *auksin* (Rao, 1994). Zat faktor tumbuh tersebut sangat penting bagi pertumbuhan akar, sehingga memacu pertumbuhan tanaman. Premono (1994), melaporkan bahwa pemberian jasad renik pelarut P mampu meningkatkan kadar P tanah asal pupuk dan meningkatkan efisiensi serapan P asal TSP sebanyak 60-135%. Dari hasil penelitian Andriani (1997), diketahui bahwa dengan penggunaan bakteri pelarut fosfat, ketersediaan dan serapan hara P tanaman jagung meningkat pada tanah masam. Hasil penelitian Marlina (2001) menunjukkan bahwa pemberian bakteri pelarut fosfat mampu meningkatkan ketersediaan P sebesar 20,06 ppm, serapan P tanaman bagian atas naik sebesar 1,84 mg/pot dan serapan P tanaman oleh akar sebesar 0,34 mg/pot. Meskipun hasil P tidak diukur pada percobaan ini, tetapi diyakini bahwa peningkatan P juga terjadi. Keunggulan masing-masing bakteri tersebut, tampaknya telah berperan dalam menyokong pertumbuhan titonia. Kemudian secara sinergis telah menghasilkan pertumbuhan titonia yang lebih baik, sehingga menghasilkan bahan kering dan hara yang tinggi.

Sesuai dengan rencana penelitian ini, bahwa 5 perlakuan yang memberikan hasil bahan kering dan hara yang lebih tinggi akan dipilih untuk budidaya titonia di lapangan. Berdasarkan hal itu, maka perlakuan yang terpilih untuk dilanjutkan dilapangan adalah :

(1) Bakteri pelarut fosfat; (2) *Azospirillum*; (3) Bakteri pelarut fosfat + *Azotobacter*; (4) Bakteri pelarut fosfat + *Azospirillum*; dan (5) Bakteri pelarut fosfat + *Azotobacter* + *Azospirillum*.

Reinokulasi berbagai agen hayati tersebut pada rizosfir titonia ternyata mampu meningkatkan hasil bahan organik serta hara N dan K dari titonia. Dengan demikian, budidaya titonia dengan reinokulasi berbagai agen hayati tersebut, baik di lahan usaha tanaman pangan, maupun di lahan perkebunan, jelas akan menjamin ketersediaan pupuk alternatif secara berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan agen hayati dalam budidaya titonia di lahan rotasi jagung-kedelai dan di kebun sawit muda perlu dilanjutkan.

KESIMPULAN

Agen hayati yang lebih tepat untuk budidaya titonia pada Ultisol di dalam pot adalah (1) bakteri pelarut fosfat; (2) *Azospirillum*; (3) Bakteri pelarut fosfat + *Azotobacter*; (4) Bakteri pelarut fosfat + *Azospirillum*; dan (5) Bakteri pelarut fosfat + *Azotobacter* + *Azospirillum*. Penelitian pemanfaatan kelima kelompok bakteri tersebut dalam budidaya titonia perlu dilanjutkan pada Ultisol di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allison, F.E. 1973. Soil Organic Matter and It's Role in Crop Production. Elsevier Scientific Publishing Co. New York. p.174-191.
- Andriani. 1997. Penggunaan Bakteri Pelarut Fosfat pada Ultisol Limau Manis yang Dipupuk dengan Fosfat Alam terhadap Ketersediaan dan Serapan P Tanaman Jagung. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.
- Berg, R.H., M.E. Tyler, N.J. Novick, V. Vasil and I.K. Vasl. 1980. Expression of rhizobial nitrogenase; Influence of plant cell conditioned. *App. Environ. Microbiol*, 36: 115-120.
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can J. Microbiol*, 41: 109-117.
- Jama, B.A., C.A. Palm, R.J. Buresh, A.I. Niang, C. Gachengo; G. Nziguheba and B. Amadalo. 2000. *Titonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya : a review. *Agroforestry Systems*, 49: 201-221.
- Klopper, J.W., M.S. Reddy, D.S. Kenney, C. Vavrina, N. Kokalis-Burelle and N. Martinez-Ochoa. 2004. Applications for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. *Acta Hort*, 631: 219-229.
- Marlina, D. 2001. Penggunaan *Pseudomonas fluorescens* dan Lama Inkubasi Batuan Fosfat Terhadap Ketersediaan dan Serapan P Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) Pada Ultisol Limau Manis. Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.
- Nurhajati Hakim. 2002. Kemungkinan penggunaan *Titonia diversifolia* sebagai sumber bahan organik dan unsur hara. Jurnal Andalas, Bidang Pertanian. Tahun 2002.No.38 halaman 80-89. Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- _____, Novalina, M. Zulfa and Gusmini. 2003. A potential of titonia (*Titonia diversifolia*) for substitution NK-commercial fertilizer for several crops in Ultisols. Paper presented at AFA 9th International Annual Conference. Held on 28-30th January 2003 in Cairo Egypt.
- Nurhajati Hakim dan Agustian. 2003. Gulma titonia dan pemanfaatannya sebagai sumber bahan organik dan unsur hara untuk tanaman hortikultura. Laporan Penelitian Tahun I Hibah Bersaing XI/I. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- _____, Oksana. E. Fitra and R. Zamora. 2004a. Amelioration of acid soil infertility by (*Titonia diversifolia*) green manure and lime application. Proceeding 6th International Symposium Plant-Soil Interaction at low pH (PSILPH) on 1-5 August 2004 in Sendai Japan. pp 366-367.
- _____. 2004b. Budidaya gulma titonia dan pemanfaatannya sebagai bahan substitusi pupuk buatan untuk tanaman hortikultura di lapangan. Laporan Penelitian Tahun II. Hibah Bersaing XI/II. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- _____. 2005a. Cultivation of (*Titonia diversifolia*) as sources of organic matter and plant nutrients. In Plant Nutrition for food security, human health and environmental protection. Proceeding 15th International Plant Nutrition Colloquium on 14-19 September, 2005. Tsinghua University Press. Beijing-China.. pp 996-997.
- _____. 2005b. Budidaya titonia dan pemanfaatannya dalam usaha tani tanaman hortikultura dan tanaman pangan secara berkelanjutan pada Ultisol. Laporan Penelitian Tahun III Hibah Bersaing XI/III. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- Hakim, N., Agustian, dan Hermansah. 2007. Pemanfaatan agen hayati dalam budidaya dan pengomposan titonia sebagai pupuk alternatif dan pengendali erosi pada Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Pasca Tahun I. DP2M Dikti dan Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- Premono, M.E. 1994. Jasad Renik Pelarut Fosfat, Pengaruhnya Terhadap P-Tanah dan Efisiensi Pemupukan P Tanaman Tebu. Disertasi Program Pascasarjana IPB Bogor.
- Rao, N.S.S. 1982. Biofertilizer in Agriculture. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi Bombay. Calcutta.

- _____. 1994. Mikroorganisme tanah dan pertumbuhan tanaman. Edisi ke dua. UI Press. Jakarta.
- Sanchez, P.A. and B.A. Jama. 2000. Soil fertility replenishment takes off in East and Southern Africa. International Symposium on Balanced Nutrient Management Systems for the Moist Savanna and Humid Forest zones of Africa. Held on 9 Oct. 2000 in Benin, Africa. 32 pp.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Subagyo, H., N. Suharti, dan A.B. Siswanto. 2000. Lahan Tanah Pertanian Indonesia dalam Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Venkateswarlu, K. and A.V. Rao. 1983. Response of pearl millet to inoculation with different strain of *Azospirillum brasilense*. *Plant Soil*, 374-379.
-