

**APLIKASI KONSORSIUM BAKTERI PENAMBAT NITROGEN
DAN PELARUT FOSFAT UNTUK MENINGKATKAN
PERTUMBUHAN JAGUNG (*Zea mays*)**

**Application of Nitrogen Fixing Bacteria and Phosphate Solubilizing
Bacteria to Improve Growth of Maize (*Zea mays*)**

Fandi Hidayat^{1*}, Zulham Sembiring¹, Elli Afrida², Fuad Balatif²

¹ Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jl. Brigjen Katamso No. 51 Kampung Baru, Medan 20158

² Universitas Al Washliyah, Jl. Sisingamangaraja, Harjosari 1, Medan Amplas, 20217

*Penulis korespondensi: fandi.hidayat87@gmail.com

Abstract

Maize (*Zea mays*) is one of the major crops and widely grown in Indonesia. On average, current maize yields are still below its potential. Thus, it needs to increase by good agricultural practices such as applying biofertilizer, which consists of beneficial bacteria. This research was aimed to find out the impact of the bacterial consortium of nitrogen-fixing bacteria (BPN) and phosphate solubilizing bacteria (BPF) on the maize growth. The study was conducted in the greenhouse and arranged in a completely randomized design (CRD) with treatments, i.e.: (1) negative control (no inorganic fertilizer and BPN-BPF); (2) positive control (100% inorganic fertilizer); (3) only BPN-BPF applied (no inorganic fertilizer); (4) 75% inorganic fertilizer + BPN-BPF; and (5) 50% inorganic fertilizer + BPN-BPF. The results revealed that the consortium of nitrogen-fixing bacteria and phosphate solubilizing bacteria significantly improved certain soil chemical properties, such as C-organic, cation exchange capacity (CEC), and the availability of nitrogen and phosphorus in the soil. Besides, the consortium of BPN and BPF also increased the maize growth and total biomass up to 19%. Further, a consortium of BPN and BPF increased the fertilizer efficiency by reducing the dosage of inorganic fertilizer up to 50%.

Keywords: *bacterial consortium, maize, nitrogen-fixing bacteria, phosphate solubilizing bacteria*

Pendahuluan

Jagung merupakan tanaman semusim dimana siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari (Ridwan, 1993). Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Saat ini, produktivitas jagung Indonesia lebih rendah dibandingkan dengan negara-negara Kawasan Asia. Berdasarkan data Departemen Pertanian Amerika Serikat (*United States Department of Agriculture*), pada saat ini produktivitas tanaman jagung di Indonesia hanya mencapai 4,1 t ha⁻¹. Indonesia kalah dibandingkan dengan Thailand 4,3 t ha⁻¹, Vietnam 4,4 t ha⁻¹, dan China 5,2 t ha⁻¹. Namun demikian, Indonesia masih lebih baik

dibandingkan Filipina yang hanya memiliki produktivitas rata-rata sebesar 2,8 t ha⁻¹. Sementara itu, produktivitas tertinggi jagung di dunia adalah Amerika dengan rata-rata produktivitas mencapai 9,5 t ha⁻¹.

Rendahnya produktivitas jagung tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kondisi iklim dan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Dalam kaitannya dengan kesuburan tanah, pemupukan sangatlah diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan menjaga keseimbangan hara dalam tanah. Namun demikian, pemupukan hendaknya tidak hanya menggunakan pupuk anorganik saja yang ditengarai makin kurang tingkat efektifitas dan efisiensinya dan berdampak kurang

menguntungkan bagi kondisi tanah. Saat ini, kesadaran akan pemanfaatan bahan-bahan ramah lingkungan seperti bahan organik, pupuk organik, dan pupuk hayati dalam pengelolaan hara tanah makin meningkat (Munandar *et al.*, 2009).

Pupuk hayati merupakan jenis pupuk yang mengandung bahan aktif mikroorganisme bermanfaat dalam penyediaan hara bagi tanaman (Simanungkalit, 2001). Kelompok mikroba yang sering digunakan dalam pupuk hayati yaitu mikroba penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat seperti *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, dan *Pseudomonas* (Ikhwan, 2006; Moelyohadi *et al.*, 2012). Keberadaan mikroba-mikroba tersebut dalam pupuk hayati dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan ketersediaan hara dan serapan hara oleh tanaman (Moelyohadi *et al.*, 2012). Beberapa penelitian yang pernah dilakukan menyebutkan bahwa pemanfaatan mikroba bermanfaat pada tanaman lebih banyak menggunakan isolat tunggal dan belum banyak memanfaatkan konsorsium dari mikroba-mikroba tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peran konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan Sumatera Utara pada bulan Oktober 2018 sampai dengan November 2018. Bahan-bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah benih jagung varietas jagung manis hibrida 46C, konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF), Urea, TSP, media tanah sub soil dengan ordo tanah Ultisol. Perlakuan yang dicobakan adalah sebagai berikut: (1) Kontrol negatif (-) = tanpa pupuk anorganik dan konsorsium BPN-BPF, (2) Kontrol positif (+) = aplikasi 100% pupuk anorganik, (3) BPN-BPF = aplikasi BPN dan BPF, tanpa pupuk anorganik, (4) 75% anorganik + BPN-BPF = 75% pupuk anorganik + BPN-BPF, dan (5) 50% anorganik + BPN-BPF = 50% pupuk anorganik + BPN-BPF. Lima

perlakuan disusun dalam rancangan acak lengkap nonfaktorial dengan tiga ulangan.

Media tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah *sub soil*/lolos ayakan 100 mm yang dimasukkan ke dalam pot berukuran 5 kg. Aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) dilakukan tiga hari sebelum penanaman benih jagung. Kandungan dalam konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) adalah sebagai berikut: total sel = $2,6 \times 10^9$ cfu g⁻¹, pH = 7,37, kadar air = 22,04 (%), Pb = 11,8 ppm, Cd = 0,2 ppm, As = 0,04 ppm, Hg = 0,02 ppm, C-organik = 17,09%, N total = 0,74%, dan rasio C/N = 23,09. Selanjutnya, pemeliharaan tanaman jagung meliputi penyiraman dilakukan setiap hari. Sementara itu, aplikasi pupuk anorganik hanya dilakukan sekali dengan urea (N) dan TSP (P) pada 10 hari setelah tanam. Parameter yang diamati dalam peneliti ini meliputi karakteristik kimia tanah, pertumbuhan vegetatif tanaman, biomassa tanaman, dan serapan hara tanaman. Analisis tanah dilakukan untuk mengetahui karakteristik kimia tanah meliputi variabel pH tanah, C-organik, kandungan hara N, P, dan K tersedia dalam tanah serta kapasitas tukar kation. Pengamatan vegetatif tanaman dilakukan pada variabel tinggi tanaman dan jumlah daun setiap 10 hari sekali hingga tanaman berumur 30 hari. Kuantifikasi biomassa tanaman berupa berat basah dan berat kering yang dilakukan secara destruktif dengan memisahkan bagian tribus dan akar tanaman untuk selanjutnya dianalisis jaringan hara tanaman pada 30 hari setelah tanam. Analisis hara dalam jaringan tanaman meliputi kandungan hara N dan P dalam jaringan akar dan tajuk tanaman jagung. Serapan hara tanaman diperoleh dengan mengalikan berat kering tanaman dan kadar hara dalam jaringan tanaman. Data yang diperoleh kemudian dianalisis statistik dengan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95%.

Hasil dan Pembahasan

Perubahan karakteristik kimia tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum beberapa karakteristik kimia tanah seperti pH, kadar bahan organik, kadar nitrogen,

dan kadar kalium dapat ditukar menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata antar perlakuan (Tabel 1). Namun demikian, perlakuan aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat umumnya memiliki kandungan C-organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif. Hal ini berimplikasi pada tingginya kapasitas tukar kation (KTK) sehingga mempengaruhi tingginya kadar hara P tersedia dalam tanah. Tingginya kapasitas tukar kation (KTK) dalam tanah tersebut dipengaruhi oleh tingginya kandungan C-organik dalam formula konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF). Utami dan

Handayani (2003) menyebutkan bahwa ketersediaan hara C dalam tanah akan sangat menguntungkan bagi proses fisik, kimia, maupun biologi dalam tanah. Bahan organik yang terkandung dalam formula konsorsium bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat tersebut diduga menyumbang muatan negatif dalam tanah untuk menambah luas permukaan jenis tanah sehingga kapasitas tukar kation (KTK) juga meningkat. Selain itu, tingginya kandungan C-organik tanah akan menghasilkan asam-asam organik seperti asam humat dan fulvat yang dapat membentuk khelasi dengan kation logam (Al, Mn, Fe) sehingga meningkatkan P tersedia dalam tanah.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik kimia tanah pada berbagai perlakuan aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF).

Perlakuan	Karakteristik Kimia Tanah					
	pH	C-organik (%)	N total (%)	P tersedia (ppm)	K-dd (me 100 g ⁻¹)	KTK (me 100 g ⁻¹)
Kontrol (-)	5,03 ^a	0,14 ^b	0,023 ^a	2,34 ^c	0,21 ^a	7,77 ^b
Kontrol (+)	5,30 ^a	0,16 ^{ab}	0,020 ^{ab}	23,53 ^{ab}	0,13 ^b	9,30 ^a
Konsorsium BPN-BPF	5,00 ^a	0,14 ^b	0,013 ^b	10,00 ^{bc}	0,24 ^a	9,00 ^{ab}
75% pupuk anorganik + BPN-BPF	5,33 ^a	0,15 ^b	0,020 ^{ab}	26,81 ^a	0,21 ^a	9,55 ^a
50% pupuk anorganik + BPN-BPF	5,30 ^a	0,20 ^a	0,020 ^{ab}	20,01 ^{ab}	0,23 ^a	9,78 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata secara statistik dengan uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Di sisi lain, kandungan C-organik sebagai sumber makanan mikroorganisme yang tinggi dalam tanah juga akan meningkatkan proses metabolisme mikroorganisme bermanfaat dalam proses mineralisasi hara dalam tanah. Lebih lanjut lagi, tingginya total sel bakteri hidup di dalam formula konsorsium tersebut juga meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah terutama hara P. Pelarutan hara P dalam tanah oleh bakteri pelarut fosfat tersebut dipengaruhi oleh tingginya enzim fosfatase yang disekresikan oleh aktivitas bakteri pelarut fosfat dalam tanah.

Pertumbuhan jagung

Aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat secara umum memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman jagung. Pertumbuhan vegetatif tertinggi diperoleh pada perlakuan aplikasi bakteri penambat nitrogen

(BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik sebesar 50%. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi konsorsium BPN dan BPF memiliki tinggi tanaman dan jumlah daun yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol negatif (Kontrol -) namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 100% pupuk anorganik (Kontrol +). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi konsorsium BPN dan BPF mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan mengurangi dosis pupuk anorganik sebesar 25 hingga 50%. Bakteri yang digunakan dalam formula konsorsium BPN dan BPF ini diisolasi dari daerah perakaran tanaman kelapa sawit (*rhizosphere*) sehingga dapat disebut juga dengan *Rhizobacteria*. Kelompok bakteri tersebut mengkolonisasi daerah perakaran sehingga berperan sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR).

Tabel 2. Perbandingan tinggi tanaman dan jumlah daun pada berbagai aplikasi perlakuan bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF).

Perlakuan	TT 10 HST (cm)	TT 30 HST (cm)	ΔTT (cm)	Σ daun
Kontrol (-)	9,13 ^b	19,30 ^c	10,20 ^c	5,3 ^b
Kontrol (+)	23,50 ^a	84,10 ^b	60,60 ^b	9,9 ^a
Konsorsium BPN & BPF	22,93 ^a	89,70 ^b	66,80 ^{ab}	9,0 ^a
75% pupuk anorganik + BPN & BPF	22,23 ^a	88,47 ^b	66,20 ^{ab}	9,0 ^a
50% pupuk anorganik + BPN & BPF	23,17 ^a	95,60 ^a	72,40 ^a	9,7 ^a

Keterangan: TT: tinggi tanaman; HST: hari setelah tanam; ΔTT: selisih tinggi tanaman pada umur 30 HST dan 10 HST. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata secara statistik dengan uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Wahyudi (2009) dan Rahni (2012) menyebutkan bahwa PGPR berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. PGPR tersebut merangsang pertumbuhan tanaman dengan cara menghasilkan hormon pertumbuhan, vitamin, dan berbagai asam organik serta meningkatkan asupan nutrisi dalam tanah. Mekanisme PGPR dalam memacu pertumbuhan tanaman belum sepenuhnya diketahui karena kompleksitas peran PGPR dan beragamnya kondisi fisik, kimia, dan biologi dalam tanah. Namun demikian, proses pemacuan pertumbuhan tanaman oleh PGPR diyakini dimulai dari kemampuan dan keberhasilan PGPR tersebut dalam mengkolonisasi daerah perakaran (Bhatnagar dan Bhatnagar, 2005).

Biomassa tanaman jagung

Aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) secara umum menunjukkan biomassa tanaman yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif. Namun demikian, biomassa tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol positif (aplikasi 100% pupuk anorganik). Biomassa tertinggi diperoleh pada perlakuan aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat secara tunggal dan diikuti dengan perlakuan yang dikombinasikan dengan aplikasi pupuk anorganik sebesar 50% dan 75%. Peningkatan biomassa tersebut tidak terlepas dari ketersediaan hara dalam tanah.

Tabel 4. Perbandingan biomassa tanaman jagung (berat basah dan berat kering) pada berbagai aplikasi bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF).

Perlakuan	BB akar (g)	BB tajuk (g)	BB total (g)	BK akar (g)	BK tajuk (g)	BK total (g)
Kontrol (-)	1,30 ^b	0,33 ^b	1,63 ^b	0,30 ^c	0,10 ^b	0,40 ^b
Kontrol (+)	40,00 ^a	34,90 ^a	74,90 ^a	6,73 ^{ab}	8,03 ^a	14,77 ^a
Konsorsium BPN & BPF	35,27 ^a	38,97 ^a	74,23 ^a	7,43 ^a	9,33 ^a	16,77 ^a
75% pupuk anorganik + BPN & BPF	28,13 ^a	34,17 ^a	63,30 ^a	4,13 ^{ab}	7,87 ^a	12,00 ^a
50% pupuk anorganik + BPN & BPF	30,87 ^a	41,03 ^a	71,90 ^a	3,63 ^{bc}	8,67 ^a	12,30 ^a

Keterangan: BB: berat basah; BK: berat kering. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata secara statistik dengan uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%

Rendahnya biomassa tanaman pada perlakuan kontrol negatif menunjukkan adanya defisiensi hara di dalam tanah yang berakibat pada rendahnya asupan hara makro maupun mikro ke

tanaman. Saribun (2008) menjelaskan pemberian pupuk NPK terhadap tanah dapat berpengaruh baik pada kandungan hara tanah yang pada akhirnya akan berimplikasi positif

terhadap pertumbuhan. Selain itu, bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) juga mengambil peran pada peningkatan ketersediaan hara dalam tanah melalui proses mineralisasi hara. Peningkatan ketersediaan hara dalam tanah tersebut selanjutnya diikuti dengan peningkatan pertumbuhan dan biomassa tanaman. Hasil penelitian ini sejalan dengan Wu *et al.* (2005) yang menyebutkan bahwa inokulasi rhizobakteri dan mikoriza memberikan pengaruh yang nyata dalam meningkatkan biomassa tanaman jagung pada level pemupukan anorganik sebesar 50%. Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan rhizobakteri dapat meningkatkan biomassa tanaman gandum, kanola, selada, tomat, dan kentang (Klopper *et al.*, 1989; Hall *et al.*, 1996; Glick *et al.*, 1997; Dawwam *et al.*, 2013).

Kandungan dan serapan hara N dan P tanaman jagung

Secara umum, aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) memiliki kandungan hara N dan P dalam jaringan tanaman yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif maupun kontrol positif. Hal ini bertentangan dengan hasil penelitian Wu *et al.* (2005) dan Dawwam *et al.* (2013) yang menyebutkan bahwa aplikasi rhizobakteri berpengaruh nyata dalam peningkatan kandungan hara jaringan tanaman dibandingkan kontrol (tanpa rhizobakteri). Rendahnya kandungan hara pada perlakuan BPN dan BPF diduga karena *sink* tanaman (biomassa) yang lebih besar dibandingkan dengan dengan perlakuan kontrol. Berbeda

halnya dengan kandungan hara dalam jaringan tanaman, aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) secara nyata meningkatkan serapan hara tanaman dibandingkan dengan kontrol negatif. Tabel 6 juga menunjukkan bahwa aplikasi konsorsium BPN dan BPF yang dikombinasikan dengan 50-75% pupuk anorganik memiliki nilai serapan hara N dan P yang tidak berbeda nyata dengan kontrol positif (100% pupuk anorganik). Hal ini menunjukkan bahwa serapan hara N dan P pada perlakuan tersebut menjadi lebih efektif dengan kehadiran bakteri penambat nitrogen dan pelaurt fosfat tersebut.

Secara umum, aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) memberikan manfaat yang nyata terhadap ekosistem tanah dan pertumbuhan tanaman jagung. Manfaat pertama yang diperoleh adalah meningkatnya kesehatan tanah yang diindikasikan dengan meningkatnya kandungan bahan organik dalam tanah. Meningkatnya kesehatan tanah tersebut akan diikuti oleh meningkatnya populasi bakteri bermanfaat yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik dan mineralisasi hara dalam tanah. Selanjutnya, peningkatan kelarutan hara dalam tanah tersebut akan diikuti dengan meningkatnya serapan hara tanaman dan pada akhirnya berimplikasi positif terhadap pertumbuhan vegetatif serta produksi biomassa tanaman. Selain itu, aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat tersebut juga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan melalui pengurangan dosis pupuk anorganik hingga 50%.

Tabel 5. Pengaruh aplikasi bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap kandungan hara N dan P dalam tanaman jagung.

Perlakuan	N akar (%)	N tajuk (%)	N total (%)	P akar (%)	P tajuk (%)	P total (%)
Kontrol (-)	1,03 a	1,57 a	2,60 a	0,112 a	0,145 a	0,257 a
Kontrol (+)	1,15 ab	1,16 b	2,32 ab	0,084 b	0,104 c	0,188 bc
Konsorsium BPN & BPF	0,79 c	1,08 bc	1,87 c	0,079 b	0,102 c	0,181 c
75% pupuk anorganik + BPN & BPF	0,91 bc	0,87 c	1,77 c	0,079 b	0,108 c	0,187 c
50% pupuk anorganik + BPN & BPF	0,90 bc	1,05 bc	1,95 bc	0,095 b	0,122 b	0,217 b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata secara statistik dengan uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 6. Pengaruh aplikasi bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap serapan hara N dan P dalam tanaman jagung.

Perlakuan	Serapan N akar	Serapan N tajuk	Serapan N total	Serapan P akar	Serapan P tajuk	Serapan P total
Kontrol (-)	3,09 ^c	1,57 ^b	4,66 ^c	0,34 ^c	0,15 ^b	0,84 ^b
Kontrol (+)	78,13 ^a	93,43 ^a	171,56 ^a	5,62 ^a	8,39 ^a	14,01 ^a
Konsorsium BPN & BPF	58,26 ^{ab}	98,69 ^a	156,95 ^{ab}	5,62 ^a	9,51 ^a	15,12 ^a
75% pupuk anorganik + BPN & BPF	35,74 ^b	66,18 ^a	101,91 ^b	3,13 ^b	8,37 ^a	11,50 ^a
50% pupuk anorganik + BPN & BPF	33,94 ^{bc}	90,95 ^a	124,89 ^{ab}	3,54 ^{ab}	10,54 ^a	14,08 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata secara statistik dengan uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Kesimpulan

Aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen (BPN) dan bakteri pelarut fosfat (BPF) berpengaruh nyata terhadap perubahan karakteristik kimia tanah terutama aspek C-organik, KTK tanah, dan ketersediaan hara N dan P. Aplikasi konsorsium bakteri tersebut juga berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif dan biomassa tanaman jagung akibat tingginya serapan hara N dan P oleh tanaman jagung. Konsorsium bakteri ini meningkatkan efisiensi pemupukan melalui pengurangan dosis pupuk anorganik hingga 50%.

Daftar Pustaka

Bhatnagar, A. and Bhatnagar, M. 2005. Microbial diversity in desert ecosystems. *Current Science* 8(9): 91-100.

Dawwam, G.E., Elbeltagy, A., Emara, H.M., Abbas, I.H. and Hassan, M.M. 2013. Beneficial effect of plant growth promoting bacteria isolated from the roots of potato plant. *Annals of Agricultural Science* 58(2): 195-201.

Glick, B.R., Changping, L., Sibdas, G. and Dumbroff, E.B. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-1. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 1233-1239.

Hall, J.A., Pierson, D., Ghosh, S. and Glick, B.R. 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas putida* GR12-2. *International Journal of Plant Science* 44: 37-42.

Ikhwan, A. 2006. Uji potensi rhizobakteri perombak pestisida DDT sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*). *Gamma* 2(1): 1-10.

Klopper, J.W., Liftshitz, K. and Zablotowics, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology* 7: 39-43.

Moelyohadi, Y., Harun, M.U., Munandar, Hayati, R. dan Gofar, N. 2012. Pemanfaatan berbagai jenis pupuk hayati pada budidaya tanaman jagung (*Zea mays* L.) efisien hara di lahan kering marginal. *Jurnal Lahan Suboptimal* 1(1): 31-39.

Munandar, Hayati, R. dan Irmawati. 2009. Seleksi tanaman jagung efisiensi hara berdasarkan pertumbuhan akar, tajuk dan hasil biji. Seminar Nasional dan Kongress Persatuan Agronomi Indonesia. Unpad Bandung, 4-6 Juni 2009.

Rahni, N.M. 2012. Efek fitohormon PGPR terhadap pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah* 3(2): 27-35.

Ridwan. 1993. Pengaruh masa tanam terhadap pertumbuhan dan produksi jagung. *Risalah Seminar Balittan Sukarami* Vol. 6, 135-141.

Saribun, D.S. 2008. Pengaruh pupuk majemuk NPK pada berbagai dosis terhadap pH, P-potensial dan P-tersedia serta hasil caysin (*Brassica juncea*) pada *Fluventic Eutrudepts* Jatinangor. *Jurnal Agroforestri* 7(1): 13-21.

Simanungkalit, R.D.M. 2001. Aplikasi pupuk hayati dan pupuk kimia: suatu pendekatan terpadu. *Buletin Agrobiologi* 4: 56-61.

Utami, S.N.H. dan Handayani, S. 2003. Sifat kimia Entisol pada sistem pertanian organik. *Ilmu Pertanian* 10(2): 63-69.

Wahyudi, A.T. 2009. Rhizobacteria pemacu pertumbuhan tanaman: prospeknya sebagai agen biostimulator & biokontrol. *Nano Indonesia*. www.nuance.com.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.