

Pengaruh pupuk hayati terhadap kelimpahan bakteri penambat nitrogen dan pertumbuhan tanaman kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) klon Cib.5

The Influence of biofertilizer on abundance of nitrogen fixing bacteria and growth of cinchona plants (Cinchona ledgeriana Moens) clone Cib.5

Merry Antralina¹, Dewi Kania¹, dan Joko Santoso²

¹ Fakultas Pertanian Universitas Bale Bandung, Kabupaten Bandung, Jawa Barat

² Peneliti Pusat Penelitian Teh dan Kina

Diajukan: 14 September 2015; direvisi: 22 September 2015; diterima: 12 Oktober 2015

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk hayati terhadap kelimpahan bakteri penambat nitrogen dan pertumbuhan tanaman kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) klon Cib.5. Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Gambung, Pusat Penelitian Teh dan Kina, Kabupaten Bandung, dari bulan Mei 2011 sampai dengan bulan Juni 2011. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri atas lima perlakuan dan diulang lima kali. Perlakuan yang dicoba adalah lima konsentrasi pupuk hayati yang terdiri atas 0, 2, 4, 6, dan 8 cc/l air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati yang dicoba pada penelitian ini memberikan efek yang positif terhadap populasi total bakteri yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa pupuk hayati, tetapi tidak menunjukkan pengaruhnya yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman kina. Pemberian konsentrasi pupuk hayati 8 cc/l memberikan jumlah bakteri penambat nitrogen yang terbanyak.

Kata kunci: pupuk hayati, bakteri penambat nitrogen, tanaman kina

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of biofertilizer on the abundance

of nitrogen fixing bacteria and growth of cinchona plants (Cinchona ledgeriana Moens) clones Cib.5. The research was conducted at the Research Institute for Tea and Cinchona, Gambung, Bandung, from May 2011 until June 2011. A randomized block design was used with five treatments and five replication. Application of five concentration of biofertilizer were performed. Concentrations were: 0, 2, 4, 6, and 8 cc/l of water. The results indicated that the application of biofertilizer gave the higher total bacterial population compared to the treatment without biofertilizer, but showed no significant effect on growth of Cinchona plants. Concentration of biofertilizer 8 cc/l gave the higher total bacterial population of nitrogen fixing.

Keywords: *biofertilizer, nitrogen fixing bacteria, cinchona plant*

PENDAHULUAN

Pupuk hayati adalah inokulan bahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Pemanfaatan pupuk hayati (*biofertilizer*) untuk meningkatkan ketersediaan hara memfasilitasi peningkatan produktivi-

tas tanaman dan kesehatan tanah (*soil quality and soils health*).

Salah satu pupuk hayati yang beredar di pasaran adalah *Extragen* dengan inokulan berbahan aktif mikroorganisme hidup yang berfungsi untuk menambat dan menyediakan hara, di antaranya *Pseudomonas* sp., *Azospirillum*, *Bacillus magaterium* sp., *Actinomyces*, *Azotobacter*, *Lactobacillus*, dan *yeast*. Selain itu, *Extragen* juga mengandung substansi asam humus, dan zat pengatur tumbuh (ZPT) seperti auksin, gibberelin, dan sitokinin (PT Indo Raya Mitra Persada 168, 2015).

Penambahan pupuk hayati/biofertilizer dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanaman sehingga peningkatan populasi bakteri tanah dan pertumbuhan tanaman kina. Pengoptimalan tanah sebagai suatu kekuatan biologis memerlukan beberapa pemahaman tentang kondisi yang sesuai untuk berbagai organisme tanah serta berbagai mikroorganisme menguntungkan dalam tanah, seperti bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat.

Tanah adalah habitat yang sangat kaya akan keragaman mikroorganisme seperti bakteri, aktinomicetes, fungi, protozoa, alga, dan virus. Tanah-tanah pertanian yang subur mengandung lebih dari 100 juta mikroba per gram tanah. Produktivitas dan daya dukung tanah bergantung kepada aktivitas mikroba-mikroba tersebut. Sebagian besar mikroba tanah memiliki peranan yang menguntungkan bagi pertanian, antara lain berperan dalam mendegradasi limbah-limbah organik pertanian, mendaur ulang hara tanaman, fiksasi biologis nitrogen dari udara, pelarutan fosfat, merangsang pertumbuhan tanaman, biokontrol patogen tanaman, membantu penyerapan unsur hara tanaman, dan membentuk simbiosis menguntungkan (Isroi, 2008).

Semakin tinggi populasi mikroba tanah semakin tinggi aktivitas biokimia dalam tanah dan semakin tinggi indeks kualitas tanah. Kelimpahan mikroorganisme dapat dijadikan indikator kesehatan tanah karena memiliki respon yang sensitif terhadap praktek pengelolaan lahan, iklim, dan berkorelasi baik terhadap produksi tanaman (Roper dan Ophel-keller, 1997).

Bakteri adalah organisme prokariotik bersel tunggal dengan jumlah kelompok paling banyak dan dijumpai di tiap ekosistem terestrial. Walaupun ukurannya lebih kecil daripada aktinomisetes dan jamur, bakteri memiliki kemampuan metabolik lebih beragam dan memegang peranan penting dalam pembentukan tanah, dekomposisi bahan organik, remediasi tanah-tanah tercemar, transformasi unsur hara, berintegrasi secara mutualistik dengan tanaman, dan juga sebagai penyebab penyakit tanaman.

Bakteri penambat nitrogen (BPN) mampu mengikat nitrogen dari udara, baik secara simbiosis (*root-nodulating bacteria*) maupun nonsimbiosis (*free-living nitrogen-fixing rhizobacteria*). Bakteri jenis ini banyak ditemukan hampir di tiap *niche* ekologi tanah. Bakteri ini biasanya berasosiasi dengan tanaman, sistem perairan, dan sedimen (Knowles, 1982). Bakteri penambat nitrogen hidup bebas yang sudah banyak dikenal dan digunakan sebagai inokulan adalah *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Azospirillum*, dan bakteri endofitik diazotrof lainnya. Pemanfaatan BPN, baik yang diaplikasikan melalui tanah maupun disemprotkan pada tanaman mampu meningkatkan efisiensi pemupukan N. Dalam upaya mencapai tujuan pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan, penggunaan BPN berpotensi mengurangi kebutuhan pupuk N sintetis, meningkatkan produksi dan penda-

patan usahatani dengan masukan yang lebih murah.

Mikroorganisme pelarut fosfat adalah mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat yang sukar larut menjadi larut, baik yang berasal dari dalam tanah maupun dari pupuk, sehingga dapat diserap oleh tanaman. Berbagai spesies mikroba pelarut P, antara lain *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Fusarium*, dan *Aspergillus* (Alexander 1977; Illmer dan Schinner 1992; Goenadi dan Saraswati, 1993). Mekanisme pelarutan P dari bahan yang sukar larut terkait erat dengan aktivitas mikroba bersangkutan dalam menghasilkan enzim fosfatase dan fitase (Alexander, 1977) dan asam-asam organik hasil metabolisme seperti asetat, propionat, glikolat, fumarat, oksalat, suksinat, dan tartrat (Banik dan Dey, 1982), sitrat, laktat, dan ketoglutarat (Illmer dan Schinner, 1992) dan karena adanya produksi asam organik dan sebagian asam anorganik oleh mikroba yang dapat berinteraksi dengan senyawa P-sukar larut dari kompleks Al^+ , Fe^+ , Mn^+ , dan Ca^+ (Basyaruddin, 1982).

Penggunaan mikroba pelarut P merupakan salah satu pemecahan masalah peningkatan efisiensi pemupukan P yang aman lingkungan, yang sekaligus dapat menghemat penggunaan pupuk P. Beberapa jenis bakteri sangat efektif melarutkan fosfat dari batuan fosfat maupun residu fosfat dalam tanah. Sebagai contoh, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* telah dibuat formulanya dalam bentuk inokulan *phosphobacterin*. Inokulan ini berhasil digunakan untuk peningkatan P-tersedia pada tanah-tanah di Uni Soviet tetapi gagal digunakan di Amerika Serikat (Mullen, 1998). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan BPF sangat beragam tergantung dari jenis,

daya adaptasi, dan kemampuan hidup pada lingkungan yang berbeda. Kimura *et al.* (1990) juga mengemukakan bahwa BPF dari tanah tertentu jika diinokulasikan pada tanah lainnya belum tentu dapat mempertahankan kemampuan melarutkan fosfat. Oleh karena itu, penelitian dan pemanfaatan BPF unggul yang sesuai dengan berbagai agroekosistem lahan pertanian yang lebih spesifik masih sangat diperlukan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap kelimpahan bakteri penambat nitrogen (BPN) dan pertumbuhan tanaman kina (*Cinchona ledgeriana* Moens).

BAHAN DAN METODE

Penelitian Percobaan dilaksanakan di kebun percobaan Pusat Penelitian Teh dan Kina PPTK) Gambung, Ciwidey, Kabupaten Bandung. Ketinggian tempat 1300 m di atas permukaan laut, dari bulan Februari 2013 - Maret 2013.

Bahan untuk percobaan terdiri dari bibit tanaman kina klon Cib 5 umur 8 bulan koleksi PPTK Gambung sebanyak 50 polybag, yang diambil media tanamnya, untuk analisis bakteri, polybag berukuran 12 cm x 25 cm, pupuk hayati Extragen, air untuk pelarut, media Asbhy untuk BPN dan akuades steril.

Contoh tanah diambil secara hati-hati dengan membongkar media tanam bibit kina pada saat tanaman berumur 2, 4 dan 6 MST, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik. Tanah yang menggumpal besar pada perakaran tidak diambil sebagai contoh. Untuk mengetahui kelimpahan bakteri penambat Nitrogen (BPN) dan bakteri

pelarut Fosfat (BPF), tanah contoh tersebut dibawa ke laboratorium mikrobiologi Tanah Faperta UNPAD untuk dihitung jumlah koloni yang tumbuh menggunakan metode *plate count*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 5 perlakuan konsentrasi pupuk hayati yaitu A (0 cc/liter air), B (2 cc/liter air), C (4 cc/liter air), D (6 cc/liter air) dan E (8 cc/liter air) dan masing-masing diulang lima kali. Jumlah tanaman per unit percobaan adalah 50 tanaman, sehingga jumlah tanaman seluruhnya adalah sebanyak 1250 tanaman. Variabel yang diamati adalah jumlah populasi bakteri pada umur 2, 4 dan 6 minggu setelah tanam (MST) serta pertumbuhan tanaman kina.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi total bakteri penambat nitrogen (BPN)

Populasi mikrobial tanah akibat perbedaan konsentrasi pupuk hayati ditentukan berdasarkan jumlah populasi sel per gram tanah. Berdasarkan hasil analisis varian, ternyata konsentrasi pupuk hayati yang berbeda memberikan dampak yang berbeda pula terhadap populasi mikrobial di dalam tanah.

Pada Tabel 1, tampak bahwa populasi total bakteri penambat nitrogen (BPN) terendah ada pada perlakuan tanpa diberi pupuk hayati. Hal ini terjadi karena pada tanah yang diberi perlakuan tersebut kemungkinan sumber bahan makanan untuk bakterinya lebih sedikit dibanding dengan perlakuan yang diberi pupuk hayati akibat

adanya kompetisi yang terjadi di bawah tanah terhadap hara, air, dan udara antar-mikroba tanah yang ada di dalam tanah maupun kompetisi dengan tanaman itu sendiri. Pupuk hayati yang dipakai kandungannya selain terdiri dari mikroorganisme hidup yang berfungsi untuk menambat dan menyediakan hara, di antaranya: *Pseudomonas* sp., *Azospirillum*, *Bacillus magisterium* sp., *Actinomyces*, *Azotobacter*, *Lactobacillus*, *yeast* juga mengandung substansi asam humus, dan zat pengatur tumbuh (ZPT) seperti auksin, giberelin, dan sitokinin.

Aplikasi pupuk hayati yang dicoba pada penelitian ini memberikan efek yang positif terhadap populasi total bakteri yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa pupuk hayati. Kenyataan ini menunjukkan bahwa pupuk hayati ternyata dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik dan anorganik dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bakteri di dalam tanah. Hal ini dapat terjadi akibat adanya bahan aktif dari pupuk hayati yang sifat volatilitasnya lebih rendah dan lebih non-polar sehingga lebih sulit terabsorpsi akar tumbuhan dan lebih banyak terurai di daerah rizosphere. Akibatnya, hasil penguraian tersebut lebih banyak dapat dimanfaatkan oleh mikrobial tanah sebagai sumber unsur nitrogen dan karbon (Klingman, 1973 dalam Ngawit dan Budianto, 2011). Dimanfaatkannya pupuk hayati sebagai sumber nutrisi oleh bakteri tampak semakin jelas bila dikaitkan dengan populasi total bakteri pada perlakuan yang tidak diberi pupuk hayati ternyata secara signifikan lebih rendah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati tidak menciptakan dampak negatif terhadap populasi

mikrobia di dalam tanah. Populasi mikroorganisme ditentukan oleh kedalaman tanah. Umumnya terbanyak di permukaan tanah (Alexander, 1977). Kelimpahan mikroba tanah yang bervariasi hasilnya disebabkan faktor lingkungan yang tidak sama di setiap daerah akibat umur tanaman yang berbeda. Keberadaan mikroorganisme juga sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan ekosistem setempat dan keseimbangan dalam kehadiran setiap mikroorganisme sehingga rantai makanan berjalan dengan baik.

Pengamatan terhadap jumlah populasi bakteri penambat nitrogen (*Azotobacter* sp.) pada umur tanaman 2, 4, 6 MST menunjukkan bahwa semua perlakuan pemberian pupuk hayati memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah total populasi bakteri *Azotobacter* sp. Perlakuan C, D, dan E pada umur 2 MST menunjukkan jumlah populasi bakteri *Azotobacter* sp. yang terbanyak ($2,2 \times 10^7$ dan $2,4 \times 10^7$). Sedangkan pada umur 4 dan 6 MST, jumlah populasi bakteri *Azotobacter* sp. terbanyak ada pada perlakuan E ($8,1 \times 10^7$ dan $9,7 \times 10^7$). Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan substrat sangat berpengaruh terhadap peningkatan populasi bakteri *Azotobacter* sp. Pada umur tanaman yang lebih muda (2 MST), konsentrasi pemberian pupuk hayati yang lebih sedikit sudah dapat meningkatkan jumlah populasi bakteri *Azotobacter* sp. Sedangkan pada umur tanaman yang lebih tua (4 dan 6 MST), pemberian konsentrasi pupuk hayati yang diperlukan untuk menaikkan populasi *Azotobacter* sp. lebih banyak.

Hasil penghitungan kelimpahan bakteri penambat nitrogen pada media tanam tanaman kina pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa jumlah populasi bakteri *Azotobacter* sp. bertambah sesuai dengan pertam-

bahan umur tanaman kina. Hal ini, terjadi karena populasi dan perkembangan bakteri dipengaruhi sumber energi yang berada di dalam tanah. Salah satunya adalah akibat adanya aktivitas metabolisme akar tanaman yang mengeluarkan eksudat yang terdiri atas beberapa senyawa seperti asam amino, asam organik, glikosida, senyawa nukleotida dan basanya, enzim, vitamin, gula, tanin, dan senyawa indol (Sorensen *et al.*, 1997) yang antara 5–23% dikeluarkan dari hasil seluruh fotosintesis tanaman yang ditransfer ke akar sebagai eksudat (Walker *et al.*, 2003). Faktor lain yang mempengaruhi aktivitas mikroba antara lain kualitas dan kuantitas kandungan bahan organik tanah, pH, ketersediaan oksigen, temperatur, kultivar tanaman, musim, kelembapan, pupuk anorganik, dan adanya zat penghambat (Oyewole *et al.*, 2012).

Eksudat tersebut dimanfaatkan bakteri di dalam tanah sehingga bakteri tersebut dapat bertahan hidup dan memperbanyak diri (Makarim dan Suhartatik, 2010). Aktivitas metabolisme dan senyawa metabolit yang dilepaskan oleh tanaman melalui akar juga merupakan faktor penentu keadaan mikrobiologi tanah di daerah perakaran tanaman. Perbedaan populasi pada umur tanaman yang berbeda disebabkan oleh perbedaan aktivitas metabolisme akar di mana semakin bertambah umur, akar yang tumbuh dan aktif semakin banyak sehingga menyebabkan komposisi dan jumlah eksudat yang dikeluarkan akan semakin banyak. Dengan demikian, akan semakin banyak sumber makanan tersedia untuk pertumbuhan bakteri sehingga populasinya juga akan bertambah banyak pada daerah perakaran. Jumlah dan tipe perakaran juga mempengaruhi jumlah dan kualitas eksudat akar. Sedangkan jumlah dan atau komposisi

dari asam amino yang berasal dari eksudat bergantung kepada spesies tanaman (Kato *et al.*, 1997) dan fase pertumbuhan tanaman (Rao *et al.*, 1997). Hal tersebut sesuai dengan pendapat Guckert *et al.* (1991) yang menyatakan bahwa produksi eksudat akar tanaman akan berbeda-beda bergantung kepada umur tanaman atau fase pertumbuhan tanaman. Eksudat yang dikeluarkan pada fase tersebut kaya akan asam organik dan protein yang merupakan salah satu sumber karbon dan asam amino yang menyumbangkan unsur hara bagi pertumbuhan mikroorganisme tanah, termasuk BPN dan BPF (Sylvia *et al.*, 1999). Menurut Islami dan Utomo (1991), bagian akar yang aktif mengeluarkan eksudat adalah bagian akar muda atau *root cape* sehingga daerah yang banyak akar muda akan terdapat eksudat yang lebih banyak.

Pertumbuhan tanaman kina

Pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh perlakuan yang dicoba memperlihatkan bahwa pemberian pupuk hayati *ExtraGen* tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan yang tidak diberi pupuk hayati. Hal ini terjadi karena pupuk hayati belum bisa menyediakan unsur hara bagi tanaman. Berbeda dengan pupuk anorganik yang dapat secara langsung menyediakan unsur hara bagi tanaman, pupuk hayati memerlukan proses yang lama untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman. Mikroba yang ada di dalamnya harus beradaptasi dahulu dengan keadaan tanah yang baru yang kemungkinan tidak sama dengan tempat asalnya.

Setelah beradaptasi jika memang ada bahan organik sebagai sumber karbon untuk kehidupannya, maka mikroba akan tumbuh dan berkembang. Dengan demikian, dapat beraktivitas membantu menambatkan dan melarutkan unsur hara melalui proses yang panjang sedangkan waktu penelitian hanya tiga bulan sehingga pada kurun waktu penelitian ini pupuk hayati yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman kina.

Faktor lingkungan juga mempengaruhi kehidupan mikroba dalam tanah. Hasil analisis tanah yang dilakukan pada media tanam menunjukkan bahwa pH tanah tempat penelitian rendah (4,94). Hal ini menghambat pertumbuhan bakteri karena aktivitas mikroorganisme pada tanah masam didominasi kelompok fungi yang pertumbuhannya optimum pada pH 5-5,5. Pertumbuhan fungi akan menurun bila pH meningkat. Sebaliknya, pertumbuhan kelompok bakteri optimum pada pH sekitar netral dan meningkat seiring dengan meningkatnya pH tanah.

Selain itu, kandungan bahan organik pada media tanam yang dipakai penelitian juga rendah (2,02). Sedikitnya ketersediaan sumber karbon dan energi di dalam tanah tampaknya menjadi faktor pembatas bagi aktivitas penambatan nitrogen oleh bakteri yang hidup bebas atau yang berasosiasi dengan akar tanaman (Nugroho dan Kuwatsuka, 1990). Hal tersebut tidak cukup mendukung untuk pertumbuhan, perkembangan, bahkan aktivitas penambatan nitrogen oleh bakteri. Akibatnya, selama kurun waktu penelitian (3 bulan), bakteri yang ada belum mampu membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman kina.

TABEL 1

Pengaruh konsentrasi pupuk hayati terhadap jumlah total populasi bakteri penambat nitrogen media tanam kina (*Cinchona* sp.) pada umur 2, 4, 6 MST

Perlakuan pupuk hayati (cc/l air)	Jumlah bakteri penambat nitrogen (cfg/g) pada umur		
	2	4	6
A = 0	1,4 x 10 ⁷ b	1,2 x 10 ⁷ d	1,3 x 10 ⁷ e
B = 2	1,9 x 10 ⁷ ab	4,9 x 10 ⁷ c	5,9 x 10 ⁷ d
C = 4	2,2 x 10 ⁷ a	5,5 x 10 ⁷ bc	8,5 x 10 ⁷ c
D = 6	2,4 x 10 ⁷ a	7,4 x 10 ⁷ ab	9,2 x 10 ⁷ b
E = 8	2,4 x 10 ⁷ a	8,1 x 10 ⁷ a	9,7 x 10 ⁷ a

Keterangan:

- Angka yang ditandai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.
- Hasil analisis Laboratorium Mikroba Tanah Fakultas Pertanian UNPAD
- MST = minggu setelah tanam

TABEL 2

Pertumbuhan tanaman kina (*Cinchona ledgeriana*) pada umur 6 MST

Notasi perlakuan	Rata-rata tinggi batang (cm)			
	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Bobot kering akar	Panjang akar
A = 0 cc / liter air	34.47 a	6.60 a	1,40 a	24.60 a
B = 2 cc / liter air	35.00 a	7.33 a	1,59 a	25.73 a
C = 4 cc / liter air	34.53 a	7.47 a	1,41 a	25.93 a
D = 6 cc / liter air	36.60 a	7.20 a	1,49 a	26.30 a
E = 8 cc / liter air	33.93 a	7.40 a	1,28 a	25.37 a

Keterangan:

- Angka yang ditandai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.
- MST = minggu setelah tanam

Kemasaman tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan hara di dalam tanah. Aktivitas kehidupan mikroba tanah dan reaksi pupuk yang diberikan ke dalam tanah pada pH yang rendah juga akan menyebabkan terjadinya gangguan pada penyerapan unsur hara oleh tanaman sehingga secara menyeluruh tanaman akan terganggu pertumbuhannya. Di samping itu, kondisi tanah yang masam menyebabkan beberapa unsur hara seperti magnesium, boron, dan molibdenum menjadi tidak tersedia dan beberapa unsur hara seperti besi, aluminium, dan mangan dapat menjadi racun bagi tanaman.

KESIMPULAN

Aplikasi pupuk hayati yang dicoba pada penelitian ini memberikan efek yang positif terhadap populasi total bakteri yang nyata lebih tinggi dibanding dengan perlakuan tanpa pupuk hayati. Aplikasi pupuk hayati yang dicoba pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman kina. Pemberian konsentrasi pupuk hayati 8 cc/l memberikan jumlah bakteri penambat nitrogen yang terbanyak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian Teh dan Kina yang telah memfasilitasi lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. John Wiley & Sons. New York.
- Banik, S. dan B. K. Dey. 1982. Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate solubilizing microorganism. *Plant and Soil* 69: 353–364.
- Basyarudin. 1982. Penelaahan serapan dan pelepasan fosfat dalam hubungannya dengan kebutuhan tanaman jagung (*Zeamays L.*) pada tanah Ultisol dan Andisol. *Tesis*. Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Goenadi, D. H. dan R. Saraswati. 1993. Kemampuan melarutkan fosfat dari beberapa isolat fungi pelarut fosfat. *Menara Perkebunan* 61(3): 61-66.
- Guckert, F.M., M. Chavanon, J.L. Morel, dan G. Villemin. 1991. Root exudation in *Beta vulgaris*: A comparizon with *Zea mays*. In *plant roots an their environment*, Proceeding of an ISRR Symposium, Mc Michael and H. Persson (Ed). Elsevier Scintific Publishong. New York. H.449-455.
- Illmer, P. dan F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol. Biochem* 24: 389-395.
- Islami, T. dan H.U. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Press. Semarang.

- Isroi. 2008. Kompos. <http://isroi.filewordpress.com.2008/ko.pos.pdf>
- Kato, K., Y. Arima, dan H. Hirata. 1997. Effect of exudates released from seed and seedling root of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on proliferation of *Rhizobium* sp. (*Phaseolus*). *Soil Sci. Plant Nutr.* 43: 275-283.
- Kimura, R., M. Nishio, dan K. Katoh. 1990. *Utilization of Phosphorus by Plant After Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganism in Soil*. Nasional Grassland Research Institute. Nasu. Japan and Nasional Griculture Research Center. Tsukuba, Japan.
- Makarim, A. K. dan E. Suhartatik. 2010. *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Mullen, D.M. 1998. Transformation of other elements. Dalam D.M. Silva, J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel, dan D.A. Zuberer (Ed.). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Prentice Hall. New Jersey. hal. 369-386.
- Ngawit, I.K. dan V.F.A. Budianto. 2011. Uji kemempnan beberapa jenis herbisida terhadap gulma pada tanaman kacang tanah dan dampaknya terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri *Rhizobium* di dalam tanah. *Crop Agro*, 4(2).
- Nugroho S.G. dan Kawatsuka. 1990. Concurrent observation of several process of N metabolism in soil amended with organic mater: I. Effectt of different organic matter on ammonification, nutrification, denitrification, and fixation under aerobic conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 36(2).
- Oyewole, O.A, S. Al-Khalil, O.A. Kalajaiye. 2012. The antimicrobial activities of ethanolic extracts of *Bassella alba* on selected microorganism. *International Research Journal of Pharmacy* 3(12).
- PT Indo Raya Mitra Persada 168. 2015. *Pupuk Biofertilizer Extragen*. Jakarta.
- Rao, G.V.S, N. Ae, dan T. Otani. 1997. Genotypic variation in iron-, and aluminium-phosphatensolubilizing activity of pigeonpea root exudates under P deficient conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43(2): 295-305.
- Roper, M.M. dan K.M. Ophel-Keller. 1997. Soil microflora as indicators of soil health . *Dalam C. Pankhurt, Doube BM Gupta VVSR (Ed.). Biological Indicators of Soil Health*. CAO Internationl: 157-177.
- Sorensen, J., J.D. van Elsas, dan J.T. Trevors. 1997. The rhizosphere as a habitat for soilmicroorganisms. *Dalam E.M.H. Wellington (Ed). Modern Soil Microbiology*. Marcel Dekker. New York. hal. 21-45.
- Sylvia, D.M., J.J Fuhrmann, P.G. Hartel, dan D.A. Zuberrerr. 1999. *Principles and Aplications of soil Microbiology*. Prentice Hall. New Jersey.
- Walker, T.S., H.P. Bais, E. Grotewold, dan J.M. Vivanco. 2003. Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiol.* 132: 49-51.