

PERUBAHAN KADAR N TERSEDIA DAN POPULASI *AZOTOBACTER* DI RIZOSFER SORGUM (*Sorghum bicolor* L.) YANG DITANAM DI DUA ORDO TANAH DENGAN INOKULASI *Azotobacter* sp.

R. Hindersah, D. A. Sulaksana, dan D. Herdiyantoro

Laboratorium Biologi Tanah PS Agroteknologi Fakultas Pertanian Unpad
Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor 43565
Email. hreginawanti@yahoo.com

ABSTRAK

Bioaugmentasi bakteri pemfiksasi N₂ nonsimbiotik *Azotobacter* adalah satu cara untuk meningkatkan ketersediaan N tanah di lahan pertanian yang berkelanjutan. Percobaan rumah kaca ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inokulasi isolat *Azotobacter* sp. pada dua ordo tanah, Inceptisols asal Jawa Barat serta Entisols asal Nusa Tenggara Barat, terhadap kadar NH₄⁺ dan NO₃⁻, serapan N, populasi *Azotobacter* sp., dan pertumbuhan tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L.). Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan delapan perlakuan dan tiga ulangan, tanaman sorgum dipelihara di rumah kaca sampai fase vegetatif maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat *Azotobacter* sp. AS4 lebih berpotensi meningkatkan ketersediaan N daripada isolate AS3. Bioaugmentasi bakteri tanah dengan *Azotobacter* sp. AS4 pada ordo tanah Inceptisols paling meningkatkan NO₃⁻ tanah, populasi *Azotobacter* sp. di rizosfer dan tinggi tanaman sorgum genotip 2.24 meskipun tidak mempengaruhi kadar NH₄⁺ tanah.

Kata kunci : *Azotobacter* sp. AS4, Inceptisols, Entisols, Nitrogen, Sorgum.

ABSTRACT

Bioaugmentation by using nonsymbiotic N₂ fixing *Azotobacter* is a way to enhance soil N availability in sustainable agricultural land. A green house experiment has been done to verify effect of *Azotobacter* sp. inoculation in two soil orders, Inceptisols and Entisols on NH₄⁺ dan NO₃⁻ content, N uptake as well as *Azotobacter* population in rhizosphere soil of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Experiment was set up in Randomized Block Design with eight treatments and three replicates, sorghum was maintained in green house until maximum vegetative phase. Results showed that *Azotobacter* sp. AS4 was more potential to increase the availability of soil N rather than isolate AS3. Bacterial bioaugmentation with *Azotobacter* sp. AS4 on Inceptisols increased more NO₃⁻, *Azotobacter* sp. population in soil rhizosphere and shoot height of sorghum genotype 2.24.

Keywords : *Azotobacter* sp., Entisols, Inceptisols, Nitrogen, Sorghum

PENDAHULUAN

Penggunaan bakteri pemfiksasi nitrogen (N) nonsimbiosis sebagai pupuk hayati menjangkau lebih banyak tanaman pangan daripada bakteri pemfiksasi N simbiosis. Genus bakteri penamabat N₂ nonsimbiosis aerob, *Azotobacter*, saat ini merupakan salah satu pupuk hayati yang dikembangkan dengan cukup intensif karena relatif mudah diisolasi dari rizosfer. Dalam pertanian berkelanjutan yang berorientasi pada kesehatan tanah, penggunaan pupuk hayati dianjurkan. Intensitas penggunaan

Azotobacter di Indonesia masih rendah, padahal telah banyak dibuktikan keunggulan *Azotobacter* untuk berkontribusi terhadap peningkatan hasil tanaman pangan termasuk keluarga Gramineae seperti padi dan jagung.

Kapasitas fiksasi N *Azotobacter* setara dengan 10 - 46 kg ha⁻¹ per tahun (Simanungkalit *et al.*, 2006) sehingga aplikasi *Azotobacter* sp. dapat menghemat 20 kg N ha⁻¹ untuk meningkatkan hasil tanaman padi sebesar 1,24 t ha⁻¹ (Sattar *et al.*, 2008). Aplikasi pupuk hayati *Azotobacter* sp. juga mampu menurunkan penggunaan pupuk buatan sampai 30% pada ekosistem lahan

kering (Kader and Hoque, 2002; Sattar *et al.*, 2008). Danapriatna *et al.* (2010) mengatakan bahwa aplikasi inokulan *Azotobacter* sp. dapat meningkatkan N total tanah, serapan N tanaman, jumlah anakan dan hasil padi. Gambaran yang serupa juga diperlihatkan saat *Azotobacter* digunakan pada pertanaman jagung. *Azotobacter chroococcum* pada konsentrasi 10^8 CFU ml⁻¹ dapat pula meningkatkan perkecambahan benih jagung (Sachin dan Misra, 2009). Pupuk organik dalam bentuk *Azotobacter* meningkatkan hasil dengan efek positif terhadap tinggi, bobot dan indeks daun serta hasil tanaman jagung (Peng *et al.*, 2013). Pada percobaan lapangan, inokulasi *Azotobacter* tanpa penambahan pupuk anorganik meningkatkan hasil jagung antara 15-30% dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi (Baral and Adhikari, 2013).

Mekanisme yang melatarbelakangi efek menguntungkan ini karena *Azotobacter* selain memfiksasi N juga dapat memproduksi fitohormon seperti sitokinin (Hindersah *et al.*, 2003) dan giberelin, GA3 (Lenin and Jayanthi, 2012) dan produksi eksopolisakarida (Hindersah *et al.*, 2006). Efek positif terhadap tanaman dapat disebabkan juga oleh keseimbangan nutrisi yang lebih baik dan perbaikan penyerapan nitrogen dan nutrisi lainnya oleh tanaman (Peng *et al.*, 2013). Peran *Azotobacter* pada tanaman padi dan jagung mengindikasikan bahwa bakteri tersebut dapat dikembangkan sebagai pupuk hayati pada tanaman padi sawah, jagung, maupun tanaman yang satu family dengan padi sawah dan jagung seperti sorgum yang belum banyak dibudidayakan di Indonesia.

Salah satu kawasan potensial untuk budidaya sorgum adalah Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang beriklim tropis kering dengan musim kemarau sekitar 8 bulan per tahun dan curah hujan tidak merata. Pemerintah Provinsi NTT telah mencanangkan tiga langkah untuk penguatan pangan yaitu intensifikasi, ekstensifikasi dan diversifikasi. Kawasan NTT yang beriklim kering memungkinkan budidaya sorgum (*Sorghum bicolor* L.). Namun kondisi iklim

ini menjadi salah satu penyebab kurang suburnya sebagian lahan pertanian di NTT. Kekurangsuburan lahan pertanian terutama rendahnya kadar nitrogen dapat ditanggulangi antara lain dengan penambahan pupuk hayati pemfiksasi nitrogen. Kami telah memperoleh isolat *Azotobacter* asal NTT dan tujuan penelitian ini adalah untuk memastikan efek *Azotobacter* terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sorgum di tanah asal NTT dengan pembanding tanah asal Jawa Barat. Secara khusus, dipelajari pula efek *Azotobacter* terhadap kadar NH₄⁺ dan NO₃⁻ tanah; serapan N tajuk ; serta populasi *Azotobacter* sp. di rizosfer sorgum.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Unpad di Jatinangor Sumedang pada bulan Agustus dan September 2013. Percobaan dilakukan di pot menggunakan tanah Inceptisols dan Entisols. *Azotobacter* sp. AS3 dan AS4 yang digunakan merupakan hasil isolasi dari tanah di daerah perakaran jagung lokal di lahan Entisols desa Alas Selatan, Kecamatan Kobalima Timur, Kabupaten Belu (Sekarang Kabupaten Malaka) Nusa Tenggara Timur. Kedua strain memfiksasi nitrogen dan memproduksi fitohormon sitokinin pada kondisi bebas N dan menghasilkan eksopolisakarida pada kultur dengan nitrogen. Morfologi mikroskopis kedua isolat adalah diplococcus; keduanya memiliki karakteristik Gram negatif aerob. Bakteri diisolasi dengan media Ashby bebas N (10 g manitol, 0,2 g KH₂PO₄, 0,2 g MgSO₄.7H₂O, 0,2 g NaCl, 0,1 g CaCO₃, 10 mg Na₂MoO₄, 15 g agar-agar), dan dipelihara di agar miring dengan media yang sama.

Benih sorgum genotif 2.24 dengan daya kecambah 85% disediakan oleh Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Unpad. Sebelum ditanam, benih disterilisasi permukaan menggunakan HgCl 0,2 % selama tiga menit dan alkohol 70% selama dua menit.

Persiapan Tanah

Tanah Inceptisols diambil dari Jatinangor, Sumedang Jawa Barat (lempung liat berdebu, pH 5,7; C organik 0,8% sangat rendah, N 0,1 % rendah. K dan P potensial rendah, KTK sedang dan KB rendah); Entisols diambil dari desa Alas Selatan, Malaka NTT (Lempung, pH 7.84, C organik 0.67% sangat rendah, N total 0,12% rendah, K potensial sedang, P potensial sangat tinggi, KTK dan KB sedang).

Tanah diambil dari permukaan sampai kedalaman 30 cm, dikeringanginkan selama 5 hari kemudian ditumbuk dan disaring dengan saringan berdiameter 2 mm. Bobot tanah yang dimasukkan ke dalam polibeg masing-masing sebanyak 1 kg baik untuk Entisols maupun Inceptisols. Untuk mendapatkan kondisi kapasitas lapang, tanah Inceptisols di dalam polibeg ditambahkan air sebanyak 250 mL sedangkan untuk tanah Entisols sebanyak 150 mL.

Rancangan Percobaan

Percobaan rumah kaca menguji perlakuan inokulasi kedua strain *Azotobacter* pada ordo tanah Inceptisols dan Entisols yang ditanami sorgum. Perlakuan inokulasi yang diuji adalah:

A = tanpa *Azotobacter* sp. pada Inceptisols

B = *Azotobacter* sp. AS3 pada Inceptisols

C = *Azotobacter* sp. AS4 pada Inceptisols

D = *Azotobacter* sp. AS3 dan *Azotobacter* sp. AS4 pada Inceptisols

E = tanpa *Azotobacter* sp. pada Entisols

F = *Azotobacter* sp. AS3 pada Entisols

G = *Azotobacter* sp. AS4 pada Entisols

H = *Azotobacter* sp. AS3 dan *Azotobacter* sp. AS4 pada Entisols

Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Pengujian pengaruh perlakuan dilakukan dengan uji F pada taraf 5%. Apabila Uji F nyata, maka pengujian dilanjutkan dengan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5% (Gaspersz, 1991).

Pelaksanaan Percobaan

Satu benih sorgum ditanam pada masing-masing polibeg. Pupuk hayati cair *Azotobacter* sp. sesuai perlakuan dengan kepadatan bakteri 10^8 CFU ml⁻¹ diinokulasikan sebanyak 10 ml per tanaman pada saat tanam dan selanjutnya seminggu sekali selama 40 hari (fase vegetatif maksimum). Aplikasi pupuk hayati dilakukan dengan cara disiramkan pada tanah di sekitar tanaman.

Pupuk Urea diberikan sebanyak 75% dari dosis anjuran, diberikan tiga kali yaitu 1/3 bagian pada saat penanaman, 1/3 bagian pada saat tanaman berumur 18 hari, 1/3 bagian pada saat tanaman berumur 28 hari. Pupuk SP-36 dan KCl diberikan sebanyak 75% dari dosis anjuran pada saat penanaman. Seluruh pupuk anorganik diaplikasikan dengan cara dimasukkan ke lubang sekitar 5 cm dari benih, dan ditutup kembali dengan tanah.

Tanaman dipelihara sampai fase vegetatif akhir, 40 hari. Di akhir percobaan akar dipisahkan dari tajuk tanaman, tanah rizosfer dikoleksi untuk penentuan populasi *Azotobacter* sp. dengan metode *total plate count* (Schinner *et al.*, 1995) pada media Ashby. Akar dan tajuk dipanaskan 60°C sampai berat konstan untuk mendapatkan bobot kering kemudian dilakukan analisis kadar N total dengan metode Kjeldahl (Sulaman dan Eviati, 2005). Tanah di dalam polibeg diaduk merata dan diambil sebanyak sekitar 50 g untuk analisis N tersedia tanah (NO₃⁻ dan NH₄⁺) dengan metode Morgan-Wolf (Sulaeman dan Eviati, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status N tanah dan tanaman

Inokulasi isolat *Azotobacter* sp. pada kedua ordo tanah tidak berpengaruh nyata terhadap kadar NH₄⁺. Hanya peningkatan kadar NO₃⁻ yang dipengaruhi *Azotobacter* sp. (Tabel 1.), itupun dengan peningkatan sangat kecil dibandingkan dengan kontrol. Efek *Azotobacter* tidak banyak ditentukan oleh ordo tanah, inokulasi isolat AS4 pada

Inceptisols tidak menyebabkan peningkatan N yang secara statistik berbeda dengan inokulasi isolat AS3 maupun AS4 pada Entisols. Kedua isolat. pada kedua ordo tanah tidak berperan dalam kuantitas N yang diserap tanaman (Tabel 1.). Dengan mengabaikan uji statistik, potensi peningkatan serapan N tanaman lebih terlihat pada ordo Inceptisols dengan tekstur lempung liat

berdebu dibandingkan dengan Entisol yang bertekstur Lempung. Kizilkaya (2008) menjelaskan bahwa kapasitas fiksasi N *Azotobacter* lebih tinggi di tanah lempung liat berpasir daripada di tanah Lempung. Kadar debu di Inceptisols yang lebih tinggi dari pada di Entisols menyebabkan pori tanah lebih banyak menyediakan air dan udara untuk bakteri.

Tabel 1. Pengaruh Inokulasi dua isolat *Azotobacter* sp. pada Inceptisols dan Entisols terhadap N-tersedia tanah dan serapan N tanaman sorgum

Kombinasi Perlakuan	N-Tersedia (mg kg ⁻¹)		Serapan N (mg tan. ⁻¹)
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	
A : Tanpa <i>Azotobacter</i> sp. pada Inceptisols	1,03 ab	0,23	0,51
B : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS3 pada Inceptisols	1,03 ab	0,28	0,66
C : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS4 pada Inceptisols	1,06 c	0,32	0,74
D : Isolat campuran <i>Azotobacter</i> sp. pada Inceptisols	1,03 ab	0,30	0,71
E : Tanpa <i>Azotobacter</i> sp. pada Entisols	1,02 a	0,14	0,54
F : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS3 pada Entisols	1,05 bc	0,20	0,56
G : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS4 pada Entisols	1,04 abc	0,21	0,63
H : Isolat campuran <i>Azotobacter</i> sp. pada Entisols	1,05 bc	0,17	0,56

Keterangan : Angka yang ditandai huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Pada penelitian ini tanaman ditanam pada polibeg tanpa lubang sehingga dapat mengurangi pencucian ion nitrat. Meskipun secara in vitro aktivitas nitrogenase isolat AS4 tinggi yaitu sebesar 0,39 uM g⁻¹ jam⁻¹ namun di dalam tanah tidak terlihat perbedaan besar dalam menyediakan nitrat untuk tanaman sorgum. Inokulasi *Azotobacter* sp. AS4 pada Inceptisols relatif paling meningkatkan Nitrat tanah sejalan dengan kapasitas penyediaan nitrat yang relatif tinggi (Tabel 1.)

Sumbangan nitrogen dari bakteri terhadap serapan N tanaman baik yang ditanam di Entisols maupun Inceptisols tidak nyata (Tabel 1.). Fiksasi N *Azotobacter* sp. di dalam tanah tidak optimum, karena jumlah karbon pada Inceptisols Jatiningor dan Entisols NTT sangat rendah. Kemampuan *Azotobacter* sp. untuk menambat nitrogen dari udara sangat tergantung pada kondisi lingkungan, terutama ketersediaan bahan

organik di dalam rizosfer, aerasi, dan kelembaban tanah (Shabaev *et al*, 1991)

Pada penelitian ini kadar amonium lebih kecil daripada nitrat, terlalu banyak nitrat menyebabkan banyak energi banyak yang digunakan untuk membentuk amonium. Sintesis protein tanaman diawali dengan pembentukan glutamin dari anonium yang dikatalis oleh enzim glutamine synthetase (Sood *et al*, 2006). Amonium diikat oleh partikel tanah, tetapi rendahnya C-organik sangat rendah menyebabkan amonium tidak diikat koloid tanah, tetapi dioksidasi oleh bakteri nitrifikasi (Prosser, 2005). Sejak lama diketahui bahwa penghilangan amonium dapat meningkatkan pH (Bernardo *et al.*, 1984) sehingga serapan unsur hara lebih baik. Pada penelitian ini pH tanah tidak diukur sehingga rasionalisasi peran pH terhadap efek bakteri yang tidak nyata terhadap serapan N tanaman sorgum belum dapat dipastikan. Sood *et al.*, (2002) menjelaskan bahwa aktivitas glutamin sintetase menggunakan

NO₃ lebih efektif jika terdapat cahaya yang menjelaskan bahwa energi lebih banyak diperlukan.

Populasi *Azotobacter* sp. di rizosfer sorgum

Aplikasi *Azotobacter* sp. baik pada Inceptisols maupun Entisol berperan nyata meningkatkan populasi *Azotobacter* sp di rizosfer gandum. Di Tanah Inceptisols, isolat AS4 lebih baik dalam meningkatkan populasi *Azotobacter* sedangkan di tanah Entisols peran isolat AS3 lebih nyata (Tabel 2). Dibandingkan dengan perlakuan tanpa mikroba, peningkatan populasi *Azotobacter*

tidak terlalu tinggi. Populasi *Azotobacter* di bulk soil sebelum tanam adalah 10⁵ CFU g⁻¹. Dengan demikian, terlihat bahwa peningkatan *Azotobacter* dapat pula disebabkan oleh efek rizosfer daripada efek inokulasi. Aktivitas mikroba tergantung dari metabolit mengandung karbon yang dilepaskan oleh akar tanaman (Bais *et al*, 2006). Rizodeposisi ini mengandung sel dan eksudat, gula, asam organik dan asam amino (Bertin *et al*, 2003; Bais *et al*. 2006) yang digunakan mikroba sebagai substrat sehingga populasi meningkat (Doornbos *et al*, 2012).

Tabel 2. Populasi *Azotobacter* sp. di rizosfer setelah aplikasi *Azotobacter* sp. pada dua ordo tanah

Kombinasi Perlakuan	Populasi <i>Azotobacter</i> sp. (CFU g ⁻¹)
A : Tanpa <i>Azotobacter</i> sp. pada Inceptisols	2,5 x 10 ⁸ ab
B : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS3 pada Inceptisols	5,5 x 10 ⁸ ab
C : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS4 pada Inceptisols	1,2 x 10 ⁹ cd
D : Isolat campuran <i>Azotobacter</i> sp. pada Inceptisols	1,2 x 10 ⁹ cd
E : Tanpa <i>Azotobacter</i> sp. pada Entisols	5,0 x 10 ⁸ a
F : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS3 pada Entisols	6,1 x 10 ⁸ bc
G : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS4 pada Entisols	1,5 x 10 ⁹ d
H : Isolat campuran <i>Azotobacter</i> sp. pada Entisols	9,1 x 10 ⁸ cd

Keterangan : Angka yang ditandai huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Inokulasi *Azotobacter* sp. AS4 pada Entisols menyebabkan peningkatan populasi *Azotobacter* paling tinggi di antara semua perlakuan (Tabel 2). Dapat dikatakan bahwa isolat AS4 beradaptasi dengan baik pada Entisols karena diisolasi dari Entisols meskipun peningkatan nitrat yang disebabkan tidak sebesar di Inceptisols. White (1995) mengatakan bahwa isolat mikroorganisme akan lebih adaptif apabila diaplikasikan pada tanah asal isolat tersebut.

Pertumbuhan Tanaman Sorgum

Kombinasi perlakuan isolat *Azotobacter* sp. pada kedua ordo tanah umumnya meningkatkan tinggi tanaman

(Tabel 3.). Data tinggi tanaman ini sejalan dengan ketersediaan nitrat di tanah pada Tabel 1. Fiksasi biologis N₂ menghasilkan NH₃ yang direduksi menjadi NH₄⁺ jika terdapat H₂O. Kedua ordo tanah bersifat aerob, amonium yang terbentuk akan dinitrifikasi menjadi nitrat secara enzimatis, perbandingan amonium-nitrat rata-rata adalah 0.59. Pada tanaman bit, nitrat meningkatkan rasio tajuk akar sampai 15 hst, setelah itu sampai 21 hst, T/A ditingkatkan oleh amonium (Raab and Terry, 1994). Inokulasi isolat ini menyebabkan tanaman lebih tinggi, rasio tajuk akar lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lain meskipun tidak nyata T/A tertinggi karena antara lain kadar nitrat di tanah lebih besar (Tabel 1.).

Tabel 3. Kombinasi Perlakuan Isolat *Azotobacter* sp. dan Ordo Tanah terhadap Tinggi Tanaman Sorgum Genotif 2.24.

Kombinasi Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Bobot Kering Tanaman (g)	Rasio Tajuk Akar Tanaman
A : Tanpa <i>Azotobacter</i> sp. pada Inceptisols	81,4 ab	0,25	1,25
B : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS3 pada Inceptisols	95,1 bc	0,38	1,53
C : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS4 pada Inceptisols	117,0 c	0,97	2,60
D : Isolat campuran <i>Azotobacter</i> sp. pada Inceptisols	110,1 bc	0,57	2,47
E : Tanpa <i>Azotobacter</i> sp. pada Entisols	61,2 a	0,26	1,99
F : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS3 pada Entisols	85,1 bc	0,14	2,14
G : Isolat <i>Azotobacter</i> sp. AS4 pada Entisols	101,1 bc	0,25	2,22
H : Isolat campuran <i>Azotobacter</i> sp. pada Entisols	101,8 bc	0,22	1,89

Keterangan : Angka yang ditandai huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Nitrogen tersedia tanah berasal dari ekskresi dan dekomposisi nitrogen organik, aplikasi pupuk berbasis amonium dan aktivitas mikroba pemfiksasi N_2 (Prosser, 2005). Penampilan tanaman semua perlakuan kerdil yang diduga akibat pengaruh perkembangan akar yang tidak baik, sehingga akar tidak optimal dalam menyerap unsur N. Penyebab lain dapat karena serapan logam meningkat akibat aktifnya bakteri nitrifikasi yang diperlihatkan oleh rasio amonium-nitrat di tanah di bawah satu, 0.59. Prosser (2005) menjelaskan bahwa nitrifikasi amonium menurunkan pH dan menginduksi mobilisasi logam non esensial sehingga terjadi penurunan pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

Penggunaan isolat *Azotobacter* yang diisolasi dari tanah ordo Entisols Nusa Tenggara Timur, penelitian rumah kaca ini menjelaskan bahwa bakteri pemfiksasi N_2 isolat lokal, *Azotobacter* sp., dapat beradaptasi di tanah ordo Inceptisols untuk meningkatkan kadar $N-NO_3^-$ tanah dengan nyata meskipun tidak berperan dalam menentukan kadar $N-NH_4^+$. Inokulasi *Azotobacter* sp. AS4 lebih mampu meningkatkan populasi *Azotobacter* di Inceptisols maupun Entisols. Meskipun secara statistik

tidak berbeda nyata, peningkatan $N-NO_3^-$ yang disebabkan oleh *Azotobacter* sp. AS4 di Inceptisol dapat meningkatkan tinggi tanaman dan rasio tajuk akar. Hal ini menjelaskan bahwa *Azotobacter* sp. AS4 berpotensi meningkatkan pertumbuhan tajuk tanaman sorgum sampai hari ke 40 di dalam percobaan pot.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Deputy Daerah Khusus Kementrian Pembangunan Daerah Tertinggal yang pada tahun 2012 memberikan kesempatan kepada Unpad untuk melakukan Program Pelatihan dan Penerapan TTG di Daerah Perbatasan Nusa Tenggara Timur. Untuk penelitian ini, sampel tanah perakaran jagung dan tanah ordo Entisols diambil dari Desa Alas Selatan di Kabupaten Belu (sekarang Malaka) saat program berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S and J.M. Vivanco. 2006. The Role Of Root Exudates In Rhizosphere Interactions With Plants And Other Organisms. *Annu Rev Plant Biol* 57:233–266.
doi:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159.
- Baral, B.R. and P. Adhikari. 2013. Effect of *Azotobacter* On Growth And Yield of Maize. *SAARC J. Agri.*, 11(2): 141-147.
- Bernardo, L.M., R. B. Clark, and J. W. Maranville. 1984. Nitrate/ammonium Ratio Effects on Nutrient Solution pH, Dry Matter Yield, And Nitrogen Uptake Of Sorghum. *J. Pl. Nutr.* 7(10):1389-1400.
DOI:10.1080/0190416840936328.
- Bertin, C., Yang, X and L.A. Weston. 2003. The Role Of Root Exudates And Allelochemicals In The Rhizosphere. *Plant Soil* 256: 67–83.
- Danapriatna, N., Hindersah, R dan Y Satrio. 2010. Pengembangan Pupuk Hayati *Azotobacter* dan *Azospirillum* Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Efisiensi Penggunaan Pupuk N di Atas 15% Pada Tanaman Padi. Laporan Penelitian KKP3T. LPPM Universitas Islam 45. Bekasi.
- Doornbos, R.F., van Loon, L.C and P. A. H. M. Bakker. 2012. Impact of Root Exudates and Plant Defense Signaling on Bacterial Communities in The Rhizosphere. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2012) 32:227–243. DOI 10.1007/s13593-011-0028-y.
- Garpersz, V. 1991. Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan. Penerbit. Tarsito, Bandung.
- Hindersah, R., Arief, D.H., Sumarni, Y dan Totowarsa. Produksi Hormon Sitokinin Oleh *Azotobacter*. Disampaikan pada Kongres dan Seminar Nasional HITI, Padang Juli 2003. Hal. 549-555.
- Hindersah, R., Arief, D. H, Soemitro, S dan L. Gunarto. 2006. Exopolysaccharide Extraction from Rhizobacteria *Azotobacter* sp. Proc. International Seminar IMTGT. Medan, 22-23 Juni 2006. Hal 50-55.
- Kader, M.A and M.H. Hoque. 2002. Effect of *Azotobacter* Inoculant on Yield and Nitrogen Uptake by Wheat. *J.Bio. Sci.* 2 : 259 -251.
<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jbs/2002/259-261.pdf> [03/02/2013].
- Kizilkaya, R. 2008. Nitrogen Fixation Capacity of *Azotobacter* spp. Straina Isolated From Soils In Different Ecosystem And Relationship Between Them And The Microbiological Properties Of Soil. *J.environ.biol* 30: 73-82.
- Lenin, G. and M. Jayanthi. 2012. Indole Acetic Acid, Gibberellic Acid and Siderophore Production by PGPR Isolates From Rhizospheric Soils of *Catharanthus roseus*. *Inter. J. Pharma. Biol. Arch.*, 3: 933-938.
- Peng, S.H., Wan-Azha, W.M., Wong, W.Z., Go, W.Z., Chai, E.W., Chin K.L and P.S. H'ng. 2013. Effect of using agro-Fertilizer And N-Fixing *Azotobacter* Enhanced Biofertilizer on the Growth and Yield of Corn. *J. Appl. Sci.*, 13: 508-512.
- Prosser, J.I. 2005. Nitrification in TM Addiscott (ed). *Nitrogen In Soils. The Encyclopedia of Soils in The Environment.* Elsevier.

- www.abdn.ac.uk/.../The%20Encyclopedia%20of. Diakses 17 Juni 2014.
- Raab, T.K. and N. Terry. 1994. Nitrogen Source Regulation Of Growth And Photosynthesis in *Beta vulgaris* L. *Plant Physiol.*, 105: 1159-1166.
- Sachin, D.N and Misra. 2009. Effect of *Azotobacter chroococcum* (PGPR) on the Growth of Bamboo (*Bambusa bamboo*) and Maize (*Zea mays*) Plants. *Biofrontiers Journal*. 1:24-31.
- Sattar, M.A., Rahman, M.F., Das, D.K and Choudhury. 2008. Propects of Using *Azotobacter*, *Azospirillum* and Cyanobacteria as Supplements of Urea Nitrogen for Rice Production in Bangladesh. <http://www.aciar.gov.au/system/files/nod/9817/pr130+part+3.pdf> [03/02/2013].
- Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E and R. Margesin. 1995. *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag. Berlin.
- Shabaev, V.P., Smolin, and V.L., Strekozova. 1991. The Effect of *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococum* on Nitrogen Balance in Soil Under Cropping with Oats (*Avena sativa* L.). *Biol. Fertil. Soils* 10: 290-292.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati: Organic Fertilizer and Biofertilizer. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Sood, C.R., Sumitra, V.C. and Y.D. Singh. 2002. Effect of Different Nitrogen Sources And Plant Growth Regulators on Glutamine Synthetase and Glutamate Synthase Activities of Radish Cotyledons. *Bulg. J. Plant Physiol.*, 28: 46–56.
- Sulaeman, S dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Laboratorium Tanah Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- White, D. 1995. *The physiology and biochemistry* press. New York.