

Uji potensi *Burkholderia cenocepacia* strain KTG sebagai bahan aktif pembenah hayati pada tanah tekstur berpasir di Kalimantan Tengah

The potential test of Burkholderia cenocepacia KTG strain as an active ingredient of bio-ameliorant in sandy-textured soil at Central Kalimantan

Laksmi Prima SANTI* & Didiek Hadjar GOENADI

Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Jl. Taman Kencana No. 1, Bogor 16128 Indonesia

Diterima tanggal 29 Januari 2013/Disetujui tanggal 4 April 2013

Abstract

Oil palm plantation at Central Kalimantan has been expanded to those areas with sandy-textured soil. This type of soil has limiting factors for plant growth, i.e. unstable soil aggregation and weak organic complex bond that restrain root development and yield. However, efforts to solve this problem are very limited. The research aimed to develop technology to improve the interactions for promoting a stable soil aggregate of sandy-textured soil. The use of exopolysaccharide producing bacteria as a soil bio-ameliorant to mediate sandy soil micro aggregate formation by bio-augmentation technique has become an accepted practice. A highly potential endophytic bacterium for exopolysaccharides production was isolated from a sandy soil located at Kotawaringin Barat-Central Kalimantan. The bacterium was identified as Burkholderia cenocepacia KTG strain. The field experiment has been organized according to the method of randomized complete blocks design with seven treatments of fertilizer in combination with bio-ameliorant and replicated three times. Fertilizer and bio-ameliorant application has been done in November 2009 - November 2011. Field trial was evaluated based on the production of mature oil palm during January 2010-December 2011 periods. The data obtained indicate that application of bio-ameliorant combined with reduced dosage of N-P-K 16-4-25 was not significantly different to that of full dosage of N-P-K 16-4-25 treatment.

[*Keywords: Soil aggregate, root proliferation, endophytic bacteria, oil palm, bioaugmentation*]

Abstrak

Pengembangan perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah telah masuk ke wilayah dengan tanah tekstur berpasir. Jenis tanah ini memiliki faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman seperti ketidakstabilan agregat tanah serta ikatan organik kompleks yang lemah, sehingga perkembangan akar tanaman akan mengalami hambatan dan pada akhirnya produktivitas menjadi sub optimal. Bagaimanapun juga, upaya untuk memecahkan masalah tersebut masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknologi untuk meningkatkan kemandapan agregat tanah tekstur berpasir. Pembentukan mikro agregasi tanah dengan memanfaatkan bakteri penghasil eksopolisakarida sebagai pembenah hayati melalui teknik bioaugmentasi merupakan teknologi

yang dapat diterapkan secara praktis di lapang. Bakteri endofitik penghasil eksopolisakarida potensial telah berhasil diisolasi dari tanah tekstur berpasir, di daerah Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Bakteri ini diidentifikasi sebagai *Burkholderia cenocepacia* strain KTG. Tujuh perlakuan yang diuji merupakan kombinasi pupuk dan pembenah tanah hayati dengan tiga ulangan. Aplikasi pupuk dan pembenah tanah hayati ini dilakukan selama periode Nopember 2009 - Nopember 2011. Evaluasi dilakukan atas dasar tingkat produktivitas kelapa sawit yang sudah berproduksi selama 16 tahun selama periode Januari 2010 - Desember 2011. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa dosis pembenah tanah yang diuji yang dikombinasikan dengan penurunan dosis pupuk N-P-K 16-4-25 tidak berbeda nyata dengan perlakuan penggunaan dosis penuh pupuk N-P-K 16-4-25.

[Kata Kunci: Agregat tanah, proliferasi akar, bakteri endofitik, kelapa sawit, bioaugmentasi]

Pendahuluan

Pengembangan perkebunan kelapa sawit pada saat ini banyak dilakukan di Kalimantan yang sebagian besar lahannya didominasi oleh tanah tekstur berpasir. Tanah tekstur berpasir di pulau Kalimantan dapat dijumpai pada jenis tanah dengan luasan masing-masing; Andisol (162.446 ha), Entisol (3.882.986 ha), Inceptisol (8.175.970 ha), dan Spodosol (1.944.534 ha) (Fairhurst & McLaughlin, 2009). Sementara itu, sifat fisik tanah yang perlu diperhatikan untuk budidaya kelapa sawit menurut Fairhurst & Hardter (2003) adalah tekstur, struktur, kedalaman tanah, dan keberadaan batuan atau gravel yang mungkin akan menghalangi penetrasi akar kelapa sawit.

Fraksi liat berkontribusi terhadap kapasitas tanah dalam hal memelihara kelembaban dan hara tanaman. Tanah dengan kandungan liat yang lebih tinggi akan memiliki kelembaban dan hara yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanah tekstur berpasir. Agregat tanah yang bagus dengan porositas baik akan merangsang proliferasi akar. Kelapa sawit dapat tumbuh pada jenis tanah yang cukup beragam. Kondisi tanah yang paling tidak sesuai untuk kultivasi jangka panjang adalah tanah miskin drainase, kapasitas menahan air rendah, tanah

*) Penulis korespondensi E-mail: laksmi_69@yahoo.co.id

miskin hara dan tanah masam serta tanah yang memiliki ruang pori besar (pasir). Bagaimanapun juga, upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini masih sangat terbatas. Solusi yang diperlukan diperkirakan dapat dirumuskan jika interaksi antara mikroorganisme tanah, mineral, dan komponen organik tanah lainnya dapat dipahami.

Pada umumnya upaya peningkatan agregasi pada tanah tekstur berpasir dilakukan dengan menggunakan bahan organik yang berasal dari proses dekomposisi tumbuhan. Kebutuhan akan bahan organik yang cukup besar pada aplikasi di lapang merupakan kendala tersendiri dalam mencapai efisiensi teknik pengelolaan tanah khususnya tanah dengan dominasi fraksi pasir yang tinggi. Khusus untuk perkebunan kelapa sawit, kebutuhan bahan organik berupa kompos asal tandan kosong kelapa sawit dapat mencapai 40 ton/ha/tahun selama lima tahun pertama (Fairhurst & McLaughlin, 2009).

Tidak adanya kemantapan agregat menjadi faktor pembatas pada tanah tekstur berpasir. Penggunaan bakteri endofitik penghasil eksopolisakarida untuk memantapkan agregat menjadi salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi faktor pembatas tersebut. Tulisan ini menyajikan hasil riset di lapang mengenai potensi *B. cenocepacia* strain KTG sebagai pembenah hayati untuk mengoptimalkan fungsi tanah tekstur berpasir. Indikator yang digunakan adalah produktivitas dan serapan hara daun tanaman kelapa sawit (TM, tahun tanam 1994).

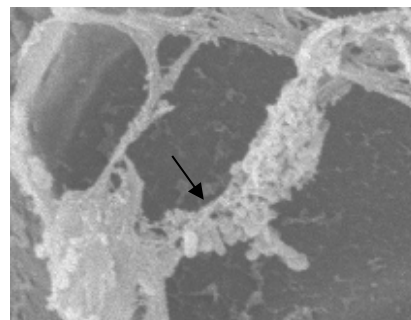
Bahan dan Metode

Mikroorganisme

Bakteri endofitik yang digunakan sebagai bahan aktif pembenah hayati adalah *Burkholderia cenocepacia* strain KTG (Gambar 1). Bakteri ini dapat menghasilkan eksopolisakarida rata-rata 5,03 mg/mL. *B. cenocepacia* strain KTG juga merupakan bakteri penambat N₂ non simbiotik dengan nilai analisis reduksi asetilen (ARA) 0,73 µmol/g, menghasilkan hormon pertumbuhan *indole acetic acid* (IAA) sebesar 78,9 ppm serta dapat tumbuh pada pH 3-5 (Santi *et al.*, 2010). Pengujian sifat hemolisis (Gerhardt *et al.*, 1994) dan uji patogenisitas *B. cenocepacia* strain KTG terhadap tanaman tembakau (Umesha *et al.*, 2008) menunjukkan hasil negatif.

Penyiapan pembenah hayati

Pembuatan pembenah hayati berbahan aktif *B. cenocepacia* strain KTG (Gambar 2) dilakukan dengan perbanyak inokulan bakteri tersebut,



Gambar 1. Bakteri endofitik *B. cenocepacia* strain KTG penghasil eksopolisakarida, berbentuk batang (tanda panah), di dalam jaringan batang planlet kelapa sawit. Pembesaran 7500 x.

Figure 1. Exopolysaccharide producing endophytic bacteria *B. cenocepacia* KTG strain, rod shapes (arrow) in stem of oil palm plantlet tissue. Magnification 7500 x.

pencampuran inokulan ke dalam bahan pembawa yang sebelumnya sudah dipasteurisasi, pelapisan dengan bahan humik dan gipsum kalsinasi. Pembenah hayati tersebut mengandung *B. cenocepacia* strain KTG 1,3 x 10⁸ cfu/gram, nilai KTK rata-rata 49,8 (meq/100g); kadar air berkisar 14,5-15,0% dan pH 7,4 dengan tingkat kekerasan 4,9 kgf.

Uji keefektifan pembenah hayati

Kegiatan uji keefektifan pembenah hayati terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit (TM 16) pada tanah tekstur berpasir diawali dengan survei lahan di PT GSIP, Kalimantan Tengah. Kegiatan selanjutnya berupa pembuatan demplot percobaan di afdeling D, Blok 18, PT GSIP dengan pokok pengamatan kelapa sawit TM, tahun tanam 1994. Percobaan dilaksanakan dengan rancangan acak kelompok (RAK) dengan tujuh perlakuan dan tiga ulangan sebagai berikut :

- P1B0 : Dosis 100% pupuk NPK 16-4-25
- P2B1 : Dosis 75 % pupuk NPK 16-4-25 + 0,5 kg pembenah hayati/ pokok/tahun.
- P2B2 : Dosis 75% pupuk NPK 16-4-25+ 1,0 kg pembenah hayati/pokok/tahun.
- P2B3 : Dosis 75% pupuk NPK 16-4-25+ 1,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun.
- P3B1 : Dosis 50% pupuk NPK 16-4-25 + 0,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun.
- P3B2 : Dosis 50% pupuk NPK 16-4-25 + 1,0 kg pembenah hayati/pokok/tahun.
- P3B3 : Dosis 50% pupuk NPK 16-4-25 + 1,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun.



Gambar 2. Pembenh hayati granular dengan ukuran diameter 2-5 mm.

Figure 2. The granular form of bio-ameliorant in 2-5 mm diameter.

Dosis aplikasi pupuk NPK 16-4-25 dan dalam kombinasinya dengan penggunaan pembenh hayati disajikan pada Tabel 1.

Aplikasi pupuk dilakukan pada November 2009 sampai dengan November 2011, sesuai jadwal pemupukan yang berlaku. Sementara itu pengamatan produksi dimulai pada bulan Januari 2010 sampai dengan Desember 2011. Jumlah pokok kelapa sawit yang digunakan sebanyak 25 tanaman tiap perlakuan dengan sembilan pokok pengamatan berada di bagian dalam plot. Pengamatan meliputi kadar hara tanah dan daun (N, P, K, Mg) dan rata-rata bobot tandan (RBT). Aplikasi pembenh tanah hayati dilakukan dengan metode *pocket*, dengan cara membuat lubang sebesar mata cangkul sebanyak 2-4 lubang sekeliling pohon. Pembenh tanah hayati dimasukkan ke dalam lubang tersebut, kemudian lubang ditutup kembali dengan tanah. Sementara itu, untuk pengambilan contoh tanah dilakukan tiga bulan setelah aplikasi pupuk. Contoh tanah diambil pada lapisan tanah atas sedalam 0-20 cm. Satu contoh tanah merupakan komposit dari empat titik pengambilan yang terdapat di dua titik bagian dalam dan dua titik di bagian luar (dekat) piringan tanaman kelapa sawit. Pengamatan dan aplikasi pupuk yang dikombinasikan dengan pembenh tanah hayati secara kontinyu dilaksanakan selama periode Januari 2010 sampai dengan Desember 2011 (dua tahun) di kebun PT Gunung Sejahtera Ibu Pertiwi (PT GSIP)-PT Astra Agro Lestari, Tbk, Kalimantan Tengah.

Hasil dan Pembahasan

Pada dasarnya hara yang ditambahkan dari pupuk berfungsi menutup kekurangan nutrisi antara yang dapat disediakan oleh tanah dan yang dibutuhkan tanaman. Dalam kegiatan riset ini, dosis optimal kebutuhan nutrisi tanaman kelapa sawit TM di tanah tekstur berpasir ditetapkan melalui pengujian beberapa tingkat dosis pupuk NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan penggunaan pembenh hayati. Dosis pupuk dapat dikatakan optimal jika jumlah pupuk yang diberikan dapat meng-

hasilkan produktivitas terbaik sesuai dengan standar acuan produktivitas sawit (jenis D x P) yang telah ditetapkan dari lembaga yang memberikan sertifikasi (Lubis, 2008).

Berdasarkan pengujian di Laboratorium Kimia Analitik, Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, diperoleh hasil bahwa status hara tanah pada blok yang digunakan sebagai areal pengujian pembenh hayati menunjukkan kandungan N sangat rendah, P sangat tinggi, K dan Mg sangat rendah, C-organik tinggi, nilai air tersedia sedang dan kandungan fraksi pasir tinggi (Tabel 2). Tingkat status hara tersebut didasarkan pada standar yang dikemukakan oleh Fairhurst & Hardter (2003). Kandungan C-organik pada blok percobaan ini cukup tinggi yang menunjukkan bahwa pada areal tersebut telah banyak dilakukan berbagai jenis aplikasi pembenh organik seperti tandan kosong, pelepah, dan serasah. Pada saat penelitian dilakukan, aplikasi bahan organik diganti dengan aplikasi pembenh hayati dengan bahan aktif *B. cenocepacia* strain KTG. Yrjala *et al.* (2010) mengisolasi *Burkholderia* sp. dan mengamati bahwa interaksi bakteri endofitik ini di daerah perakaran pada umumnya diperantarai oleh peran eksopolisakarida yang dihasilkannya dan berdasarkan penelitian Santi *et al.*, (2010) eksopolisakarida bakteri ini memiliki peran dalam meningkatkan kemandapan agregat tanah.

Analisis serapan hara daun dan kadar hara tanah setelah aplikasi pembenh hayati berbahan aktif *B. cenocepacia* strain KTG menunjukkan bahwa pemberian dosis 0,5-1,5 kg pembenh hayati/pokok/tahun yang dikombinasikan dengan pupuk NPK 50-75% dari dosis standar kebun dapat mempertahankan serapan hara N daun kelapa sawit yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan 100% dosis NPK 16-4-25 (Tabel 3). Kadar hara N daun kelapa sawit tersebut dengan pemberian pembenh hayati termasuk katagori optimum (2,37-2,77%). Sementara itu, tanpa pemberian pembenh hayati tergolong kekurangan N (2,25%) (Fairhurst & Hardter, 2003). Perlakuan P2B3 menghasilkan serapan hara N yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (P1B0). Nilai serapan hara P pada daun kelapa sawit tergolong tinggi dan kadar K daun tergolong optimum untuk semua perlakuan pemupukan di plot percobaan ini. Untuk kadar hara Mg pada daun kelapa sawit, nilai terbaik diperoleh dari perlakuan 50% dosis NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1,0 kg pembenh hayati/pokok/tahun yaitu sebesar 0,34%.

Hasil analisis tanah terhadap plot percobaan di afdeling D Blok 18 ini juga menunjukkan bahwa jumlah total hara N, P, dan K tanah tekstur berpasir dengan perlakuan 75% dosis NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1,5 kg pembenh hayati/pokok/tahun, memberikan nilai yang lebih tinggi

Tabel 1. Perlakuan yang diuji serta dosis aplikasi pupuk NPK 16-4-25 dan pembenah hayati.

Table 1. Treatments and application dosages of NPK 16-4-25 and bio-ameliorant.

Perlakuan Treatment	Σ Pohon/ha Plant/ha	Total (kg/pokok/tahun)							
		NPK 16-4-25	RP	Urea	Dolomit	Boron	Cu EDTA	Kies	Pembenah hayati Bio-ameliorant
P1B0	138	7,6	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	-
P2B1	138	5,7	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	0,5
P2B2	138	5,7	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	1,0
P2B3	138	5,7	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	1,5
P3B1	138	3,8	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	0,5
P3B2	138	3,8	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	1,0
P3B3	138	3,8	0,008	0,008	1,3	0,04	0,0006	1,0	1,5

Tabel 2. Karakteristik kimia dan fisik tanah pada plot percobaan di afdeling D, Blok 18 PT GSIP.

Table 2. The chemical and physical character of soil at research area of D Division, Block 18 PT GSIP.

Afdeling/Blok Division/Block	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (ppm)	MgO (ppm)	C-Organik C-organic (%)	Air Tersedia Water capacity (%)	Fraksi Pasir Sand fraction (%)
GSIP OD-18	0,09	0,057	13,3	13,3	2,79	12,6	63,5-68,1

tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 4). Hal yang menarik adalah nilai hara Mg total dalam tanah dengan perlakuan 50% dosis NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1,0 kg pembenah hayati/pokok/tahun paling rendah jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sementara itu, kadar hara Mg daun pada plot percobaan ini adalah yang paling tinggi. Atas dasar hasil ini, diduga bahwa pada plot tersebut terjadi proses penyerapan Mg tersedia yang cukup optimal oleh tanaman kelapa sawit. Nilai kecukupan hara tanah N, K dan Mg pada plot percobaan yang digunakan dalam penelitian adalah sedang, serta rendah-tinggi (P).

Pada perkebunan kelapa sawit, penelitian sifat endofitik dari *B. cenocepacia* strain KTG menjadi penting karena berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa genus dari *Burkholderia* khususnya *B. cepacia* dapat menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense* (Sijam & Dikin, 2005; Sapak *et al.*, 2006 & 2008; Azlin *et al.*, 2005 & 2007; Azadeh *et al.*, 2010). Selain itu, beberapa peneliti telah melaporkan bahwa pemanfaatan bakteri tanah untuk tanaman pangan dan perkebunan memberikan dampak positif terhadap peningkatan produktivitas tanaman serta mengurangi dosis penggunaan pupuk anorganik sebanyak 25-50% (Isherwood, 2002; Azlin *et al.* 2005 & 2007; Han & Lee, 2005; Akbari *et al.*, 2007; Santi *et al.*, 2007; Goenadi & Santi 2009). Khodair *et al.* (2008) meneliti peran bakteri penghasil eksopolisakarida yaitu *Bacillus circulans* UBF 20; 26 dan *Bacillus polymyxa* UBF 15 pada bahan tanah sebagai media tanam bibit gandum dengan kadar fraksi 52,4% pasir, 27,5 % debu, dan 13,1% liat. Pemberian inokulan bakteri pada bahan tanah tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit gandum. Berdasarkan penelitian

yang dilakukan oleh Santi *et al.* (2010), *B. cenocepacia* strain KTG memiliki peran dalam meningkatkan indeks kemantapan agregat tanah. Filosofi penggunaan pembenah tanah hayati berdasarkan asumsi bahwa pembenah tanah hayati akan meningkatkan agregasi tanah tekstur berpasir. Keadaan ini akan menyebabkan ketersediaan dan penyerapan nutrisi yang optimal bagi produktivitas kelapa sawit. Eksopolisakarida akan disintesis oleh bakteri pada kondisi dengan ketersediaan sumber karbon yang cukup dan pada waktu yang bersamaan jumlah nutrisi lainnya seperti nitrogen terbatas jumlahnya (Rehm, 2010). Pelekatan bakteri pada perakaran, merupakan suatu bentuk simbiosis mutualisme dan peningkatan fungsi interaksi dalam hal penyediaan nutrisi dan ketahanan terhadap penyakit bagi tanaman inang.

Pembenah hayati berbahan aktif *B. cenocepacia* dapat memperbaiki status hara N (P2B3), K (P3B1), dan Mg (P3B2) daun kelapa sawit dengan nilai yang nyata lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol (P1B0). Namun demikian, pemberian pembenah hayati ini belum memberikan hasil yang berbeda pada kadar hara P daun kelapa sawit dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan pengamatan produksi diketahui bahwa pemberian 75% dosis pupuk NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 0,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun menghasilkan rata-rata bobot tandan buah segar yang lebih tinggi (22,13 kg TBS/ha) dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 5). Bobot tandan buah segar perlakuan 0,5 dan 1,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun yang dikombinasikan dengan 75% dosis NPK 16-4-25 standar kebun masing-masing lebih tinggi 5 dan 3 persen apabila dibandingkan dengan perlakuan 100% pupuk NPK 16-4-25 dosis standar kebun (kontrol).

Tabel 3. Status hara daun kelapa sawit di afdeling D Blok-18 pada berbagai perlakuan dosis pupuk NPK dan pembenah hayati.

Table 3. Nutrient status of oil palm leaf nutrition at D division Block 18 in the treatment of various doses of NPK fertilizer and bio-ameliorant.

Perlakuan Treatments	Hasil analisis rata-rata (Average of analysis value)			
	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
P1B0	2,25 b ^{*)}	0,17 a	0,97 b	0,16 d
P2B1	2,44 ab	0,18 a	0,98 b	0,17 d
P2B2	2,37 ab	0,18 a	0,88 b	0,25 bc
P2B3	2,77 a	0,16 a	0,99 ab	0,28 b
P3B1	2,58 ab	0,19 a	1,18 a	0,19 cd
P3B2	2,45 ab	0,18 a	0,97 b	0,34 a
P3B3	2,52 ab	0,18 a	0,88 b	0,20 cd
Koefisien keragaman (%) Coefficient variable (%)	7,38	9,96	8,01	11,20

^{*)} Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P < 0,05$).

^{*)} Numbers in the same column followed by similar letter(s) are not significantly different according to Duncan Multiple Range Test ($P < 0,05$).

Tabel 4. Status hara tanah di afdeling D Blok18 pada berbagai perlakuan.

Table 4. Soil nutrient status at D Division Block 18 at various treatments.

Perlakuan Treatments	Nilai analisis rata-rata kadar (Average of analysis value)			
	N	P	K	Mg
	-----%-----		-----ppm-----	
P1B0	0,19 b ^{*)}	0,020 bc	73,6 ab	93,3 ab
P2B1	0,16 b	0,015 c	58,3 b	80,6 bc
P2B2	0,15 b	0,025 bc	91,3 a	96,9 a
P2B3	0,30 a	0,040 a	87,9 a	90,7 abc
P3B1	0,19 b	0,040 a	72,3 ab	76,4 cd
P3B2	0,18 b	0,030 abc	67,1 ab	65,0 d
P3B3	0,14 b	0,025 abc	85,1 ab	78,9 bcd

^{*)} Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P < 0,05$).

^{*)} Numbers in the same column followed by similar letter(s) are not significantly different according to Duncan Multiple Range Test ($P < 0,05$).

Tabel 5. Produksi rata-rata bobot tandan buah segar (TBS) pada berbagai perlakuan selama periode Januari 2010-Desember 2011.

Table 5. Average of fresh fruit bunch yield at various treatments on January 2010-December 2011 periods.

Perlakuan Treatments	Rata-rata produksi tandan buah segar (kg) Rate of fresh fruit bunch yield (kg)
P1B0	21,89 a
P2B1	22,13 a
P2B2	20,21 a
P2B3	21,81 a
P3B1	19,09 a
P3B2	19,02 a
P3B3	20,86 a
Koefisien keragaman (%) Coefficient of variability (%)	10,9

^{*)} Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P < 0,05$).

^{*)} Numbers in the same column followed by similar letter(s) are not significantly different according to Duncan Multiple Range Test ($P < 0,05$).

Tabel 6. Efisiensi biaya (%) pupuk terhadap pemakaian pembenah hayati di afdeling D Blok18, PT GSIP.
 Table 6. Fertilizer cost efficiency (%) on bio-ameliorant application at D Division, Block 18, PT GSIP.

Perlakuan <i>Treatment</i>	Total biaya/ pokok <i>Cost total/plant</i> (Rp)	Total biaya/ha <i>Cost total/ha</i> (Rp)	Efisiensi biaya pupuk per ha/thn <i>Fertilizer cost efficiency/ha/year</i> (%)
P1B0	42.107,50	5.810.835	-
P2B1	34.748,50	4.795.293	17,5
P2B2	36.623,50	5.054.043	13,0
P2B3	38.498,50	5.312.793	8,6
P3B1	21.514,50	2.969.001	48,9
P3B2	23.389,50	3.227.751	44,5
P3B3	25.264,50	3.486.501	40,0

Hasil pengamatan di lapang dalam periode tersebut di atas menunjukkan bahwa jumlah tandan pada TM plot percobaan, tidak berbeda nyata antar perlakuan. Perlakuan 0,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun yang dikombinasikan dengan 75% dosis NPK 16-4-25 standar kebun memberikan jumlah tandan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Tingkat penghematan biaya pupuk di plot percobaan afdeling D Blok 18 yang diperoleh dari perlakuan 50-75% dosis pupuk NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 0,5-1,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun mencapai 8,6-48,9 %/ha/tahun (Tabel 6). Asumsi ini didasarkan pada pemakaian pupuk majemuk NPK 16-4-25 dan penambahan pupuk tunggal (dolomit), urea, *rock phosphate*, boron, dan Cu EDTA dalam dosis kecil pada aplikasi dosis standar kebun dengan harga yang berlaku di kebun tempat pelaksanaan riset tahun 2011. Analisis biaya pupuk standar selanjutnya dibandingkan dengan pengurangan dosis 25-50% dari dosis pupuk NPK 16-4-25 standar tersebut yang dikombinasikan dengan pemakaian 0,5-1,5 kg pembenah hayati/pokok/ tahun. Penggunaan 0,5 dan 1,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun yang dikombinasikan dengan 75% dosis pupuk NPK 16-4-25 memberikan hasil produksi yang konsisten lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan ini dapat menghemat biaya pupuk masing-masing sebesar 17,5 dan 8,6 %/ ha/tahun.

Efisiensi biaya pupuk tertinggi (48,9% /ha/ tahun) di plot percobaan ini diperoleh dari perlakuan penurunan 50% dosis pupuk NPK 16-4-25 standar kebun yang dikombinasikan dengan 0,5 kg pembenah hayati/pokok/tahun dengan hasil bobot tandan buah segar yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hasil penelitian di lapang ini mendukung riset pemanfaatan bakteri tanah untuk meningkatkan produktifitas tanaman seperti yang dilaporkan oleh Han & Lee (2005), Akbari *et al.*, (2007), Santi *et al.*, (2007), dan Goenadi & Santi (2009).

Kesimpulan

Pemberian 1,5 kg pembenah hayati/pokok/ tahun yang dikombinasikan dengan 75% dosis pupuk NPK 16-4-25 memberikan hasil berat tandan buah segar dan serapan hara N daun kelapa sawit (TM 16, tahun tanam 1994) yang lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan 100% dosis NPK 16-4-25. Penggunaan pembenah hayati berbahan aktif *B. cenocepacia* strain KTG yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk NPK 16-4-25 sebesar 25-50% dari dosis anjuran diprediksi dapat menghemat biaya pupuk sebesar 8,6-48,9 %/ha/ tahun (spesifik lokasi) dengan tingkat produksi yang lebih tinggi atau sama dengan perlakuan 100% dosis NPK 16-4-25 standar kebun (kontrol).

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan dana DIPA 2010-2011. Ucapan terima kasih disampaikan kepada manajemen dan seluruh karyawan kebun PT Gunung Sejahtera Ibu Pertiwi, PT Astra Agro Lestari, Tbk atas bantuan penyediaan lahan demplot untuk melaksanakan kegiatan riset ini.

Daftar Pustaka

- Akbari GA, SY Arab, HA Alikhani, I Allahdadi & MH Arzanesh (2007). Isolation and selection of indigenous *Azospirillum* spp. and the IAA of superior strains effects on wheat roots. *World J Agric Sci* 3(4), 523-529.
- Azadeh BF, M Sariah & MY Wong (2010). Characterization of *Burkholderia cepacia* genomovar I as potential biocontrol agent of *Ganoderma boninense* in oil palm. *African J Biotechnol* 9 (24), 3542-3548.
- Azlin CO, HG Amir & LK Chan (2005). Isolation and characterization of diazotrophic rhizobacteria of oil palm roots. *Malay J Microbiol* 1(1), 31-35.

- Azlin CO, HG Amir, LK Chan & Zamzuri (2007). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on root formation and growth of tissue cultured oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Biotechnol* 6(4),549-554.
- Fairhurst T & R Hardter (2003). *Management for Large and Sustainable Yields*. Potash and Phosphate Institute of Canada. 382p.
- Fairhurst T & D McLaughlin (2009). *Sustainable Oil Palm Development on Degraded Land in Kalimantan*. WWF, United States of America. 22p.
- Gerhardt P, RGE Murray, A W Wood & NR Krieg (1994). *Methods for General and Molecular Bacteriology*. American Society for Microbiology, Washington, DC (p. 619, 642, 647).
- Goenadi DH & LP Santi (2009). Introduction of microbial inoculants to improve fungsional relationship between above- and below-ground bio-diversity. *Menara Perkebunan* 77(1), 58-67.
- Han HS & KD Lee (2005). Physiological responses of soybean-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* with PGPR in saline soil conditions. *Res J Agric Biol Sci* 1(3), 216-221.
- Isherwood KF (2002). *Fertilizer Use and The Environment*. International Fertilizer Industry Association. Paris.
- Khodair TA, GF Galal & TS El-Tayeb (2008). Effect of inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide producing bacteria in saline soil. *J Appl Sci Res* 4 (12), 2065-2070.
- Lubis A (2008). Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Indonesia 2nd. Medan, Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 362 p.
- Rehm BHA (2010). Bacterial polymers: biosynthesis, modifications and applications. *Nat Rev Microbiol* 8, 578-592.
- Santi LP, Sumaryono & DH Goenadi (2007). Evaluasi aplikasi biofertilizer emas pada tanaman jagung di Pelaihari, Kalimantan Selatan. *Bul Agr* 35(1), 22-27.
- Santi LP, Sudarsono, DH Goenadi, K Murti Laksono & DA Santosa (2010). Pengaruh pemberian inokulan *Burkholderia cenocepacia* dan bahan organik terhadap sifat fisik bahan tanah berpasir. *Menara Perkebunan* 78(1), 1-16.
- Sapak Z, M Sariah & MA Zainal Abidin (2006). Isolation and characterization of microbial endophytes from oil palm roots: implication as biocontrol agents against *Ganoderma*. *The Planters* 82, 587-597.
- Sapak Z, S Meon & ZAM Ahmad (2008). Effect of endophytic bacteria on growth and suppression of *Ganoderma* infection in oil palm. *Int J Agric Biol* 10, 127-132.
- Sijam K & A Dikin (2005). Biochemical and physiological characterization of *Burkholderia cepacia* as biological control agent. *Int J Agric Biol* 7(3), 385-388.
- Umesha S, PA Richardson, P Kong & CX Hong (2008). A novel indicator plant to test the hypersensitivity of phytopathogenic bacteria. *J Microbiol Methods* 72 (1), 95-97.
- Yrjala K, G Mancano, C Fortelius, ML Akerman & TP Sipila (2010). The incidence of *Burkholderia* in epiphytic and endophytic bacterial cenoses in hybrid aspen grown on sandy peat. *Boreal Env Res* 15, 81-96.