

**FORMULASI PUPUK HAYATI SERBUK MENGGUNAKAN BAKTERI
PELARUT FOSFAT INDIGENUS ASAL TANAH GAMBUT RIAU
DALAM BERBAGAI BAHAN PEMBAWA**

Dewi Haryanti, Delita Zul, Bernadeta Leni Fibriarti

**Mahasiswa Program Studi S1 Biologi
Bidang Mikrobiologi Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia
*dewiharyanti40@yahoo.com***

ABSTRACT

Peat soil has been known for its low content in phosphor (P). On the other hand, P solubilizing process is naturally slow. Inoculation of phosphate solubilizing bacteria (PSB) could increase this process. Therefore, the exploration of bacteria with such potential for use as biofertilizer agents is needed. Quality of biofertilizer depends on the viability and amount of bacteria contained, it is also influenced by type of carrier material. This research was aimed to find the appropriate carrier materials in production of biofertilizer which were contained PSB agent and to determine the quality of biofertilizer produced at a certain storage time. As many as 4 selected PSB isolates (BB_UB6, BB_K9, BB_K2, and BB_HS13) were used to produce 3 starter combinations. The starters were prepared by growing the isolates in Pikovskaya's media. Biofertilizer was produced by inoculating each starter into the peat and wood charcoal as carrier material and was fermented for 4 days. Biofertilizer quality was determined by calculating the PSB cells number during 0, 30, 60, and 90 days storage time and the degree of biofertilizer acidity. The cell numbers of starter I, II, and III ranged from $8.2 \cdot 10^{10}$ - $2.9 \cdot 10^{11}$ CFU/g, $5.3 \cdot 10^{10}$ - $2.9 \cdot 10^{11}$ CFU/g, and $8.0 \cdot 10^{10}$ - $2.9 \cdot 10^{11}$ CFU/g, respectively in a period of storage 0-90 days. The highest cell number at the end of storage was found from biofertilizer produced by using peat, as carrier material which was kept at 4°C ($1.3 \cdot 10^{11}$ CFU/g, starter I), ($8.6 \cdot 10^{10}$ CFU/g, starter II), and ($9.6 \cdot 10^{10}$ CFU/g, starter III). Biofertilizer acidity was relatively neutral, 6.38. Based on the results obtained, peat was revealed as a good carrier material and the quality of biofertilizers which were produced was still good.

Keywords: biofertilizer, peat, phosphate solubilizing bacteria, phosphor, wood charcoal

ABSTRAK

Tanah gambut telah diketahui mengandung unsur fosfor (P) rendah. Di sisi lain, proses pelarutan P secara alami berlangsung lambat. Inokulasi bakteri pelarut fosfat (BPF) dapat meningkatkan proses ini. Oleh karena itu, bakteri tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai agen pupuk hayati. Kualitas pupuk hayati tergantung pada viabilitas sel dan jumlah

bakteri yang terkandung di dalamnya, yang dipengaruhi oleh jenis bahan pembawa. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan bahan pembawa yang sesuai dalam memproduksi pupuk hayati yang mengandung agen BPF dan untuk menentukan kualitas pupuk hayati yang dihasilkan pada masa simpan tertentu. Sebanyak 4 isolat BPF terpilih (BB_UB6, BB_K9, BB_K2, dan BB_HS13) digunakan untuk menghasilkan 3 kombinasi starter. Starter disiapkan dengan menumbuhkan isolat dalam medium Pikovskaya. Pupuk hayati diproduksi dengan menginokulasikan masing-masing starter ke dalam gambut dan arang kayu sebagai bahan pembawa dan difermentasi selama 4 hari. Kualitas pupuk hayati ditentukan dengan menghitung total populasi BPF selama 0, 30, 60, dan 90 hari masa penyimpanan dan derajat keasaman pupuk hayati. Total populasi pada starter I, II, dan III berkisar antara $8.2 \cdot 10^{10}$ - $2.9 \cdot 10^{11}$ CFU/g, $5.3 \cdot 10^{10}$ - $2.9 \cdot 10^{11}$ CFU/g, and $8.0 \cdot 10^{10}$ - $2.9 \cdot 10^{11}$ CFU/g masing-masing pada masa penyimpanan 0-90 hari. Total populasi bakteri tertinggi pada akhir penyimpanan ditemukan pada pupuk hayati yang diproduksi menggunakan gambut sebagai bahan pembawa yang disimpan pada suhu 4°C ($1.3 \cdot 10^{11}$ CFU/g, starter I), ($8.6 \cdot 10^{10}$ CFU/g, starter II), dan ($9.6 \cdot 10^{10}$ CFU/g, starter III). Derajat keasaman pupuk hayati relatif netral yaitu 6,38. Berdasarkan hasil yang diperoleh, bahan pembawa yang baik digunakan adalah gambut dan kualitas pupuk hayati yang diproduksi masih baik.

Kata kunci: arang kayu, bakteri pelarut fosfat, fosfor, gambut, pupuk hayati

PENDAHULUAN

Fosfor (P) merupakan unsur hara penting terbesar kedua setelah nitrogen (N) yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Fosfor di dalam tanah dapat ditemukan dalam bentuk senyawa organik (inositol, fosfolipid, dan asam nukleat) dan senyawa anorganik (berikatan dengan Al, Fe, dan Ca) dalam bentuk senyawa AlPO_4 , FePO_4 , dan $(\text{Ca}_3\text{PO}_4)_2$ (Mansur *et al.*, 2003). Sementara itu, di lahan gambut senyawa P sebagian besar berupa P-organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang belum terdekomposisi dengan baik, sehingga menyebabkan siklus P di lahan gambut berlangsung lambat (Budianta, 2009). Oleh karena itu, senyawa P-organik tersebut harus diubah menjadi senyawa anorganik agar dapat diserap oleh tanaman dengan bantuan mikro-organisme, salah satunya bakteri pelarut

fosfat (BPF).

BPF dapat digunakan sebagai agen pupuk hayati (*biofertilizer*) karena ramah lingkungan, mampu memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kesuburan tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan pasokan ketersediaan hara primer dan proteksinya terhadap penyakit. Aplikasi BPF sebagai pupuk tanaman membutuhkan bahan pembawa (*carrier*) yang dapat digunakan sebagai media pertumbuhan BPF sebelum diaplikasikan ke tanaman. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian mengenai potensi BPF yang dapat dijadikan sebagai agen pupuk hayati dengan berbagai formulasi bahan pembawa yang berbeda. Namun sejauh ini belum diketahui kemampuan BPF sebagai agen pupuk hayati yang diformulasi dalam bentuk serbuk dan

ketahanannya pada masa simpan tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan bahan pembawa yang tepat dalam membuat pupuk hayati bentuk serbuk dengan menggunakan agen bakteri pelarut fosfat (BPF) dan untuk menentukan kualitas pupuk hayati pada masa simpan tertentu.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik PP, pipet volume, *syringe*, cawan petri, tabung reaksi, Erlenmeyer, *beaker glass*, timbangan analitik, autoklaf, *microwave*, *refrigerator*, oven, inkubator shaker, jarum ose, lampu bunsen, batang pengaduk, pipet tetes, *aluminium foil*, haemositometer.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, spiritus, alkohol 70%, asam sitrat, medium pikovskaya (agar bacto, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, glukosa, NaCl, KCl, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, yeast ekstrak, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) gambut, dan arang.

b. Prosedur Kerja

Persiapan dan Sterilisasi Bahan Pembawa

Pada penelitian ini bahan pembawa yang digunakan adalah gambut yang diambil dari Desa Rimbo Panjang Kabupaten Kampar-Riau dan arang kayu. Gambut dan arang tersebut dihaluskan dan dikeringanginkan, kemudian disaring menggunakan saringan yang berukuran 100-200 mesh. Serbuk gambut yang

diperoleh kemudian dicampur dengan fosfat alam 10% dan kaptan 5% dari total berat campuran (Somasegaran & Hoben, 1994). Sementara untuk serbuk arang ditambah dengan CaCO_3 hingga mencapai pH netral (7) (Jakhar *et al.*, 2011). Bahan-bahan ini dicampur hingga rata, lalu dikemas dengan berat 25 g setiap kemasan. Selanjutnya *diseal* dalam kantong plastik (PP) tahan panas, lalu diautoklaf dua kali pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

Pembuatan starter

Pembuatan starter dilakukan dengan menyiapkan 3 jenis starter yang terdiri dari campuran isolat terseleksi dengan rasio masing-masing isolat sama. Starter I terdiri dari 4 isolat yaitu BB_UB6, BB_K9, BB_K2, dan BB_HS13. Starter II terdiri dari 3 isolat yaitu BB_UB6, BB_K9, dan BB_K2. Starter III terdiri dari 2 isolat yaitu BB_UB6 dan BB_K9. Cara pembuatan setiap starter adalah sebagai berikut:

Starter I: dibuat dengan cara mencampur 50 ml dari masing-masing inokulum BB_UB6, BB_K9, BB_K2, dan BB_HS13 untuk menghasilkan volume starter sebanyak 200 ml.

Starter II: dibuat dengan cara mencampur 70 ml dari masing-masing inokulum BB_UB6, BB_K9, dan BB_K2 untuk menghasilkan volume starter sebanyak 210 ml.

Starter III: dibuat dengan cara mencampur 100 ml dari masing-masing inokulum BB_UB6 dan BB_K9 untuk menghasilkan volume starter sebanyak 200 ml.

Produksi Pupuk Hayati

Sebanyak 10 ml starter (starter I, starter II, dan starter III) diinokulasikan pada setiap bahan pembawa dengan cara injeksi menggunakan *syringe* dan diinkubasi pada suhu ruang selama 4 hari (Siregar, 2011). Sementara itu, untuk kontrol pada kedua bahan pembawa tanpa inokulasi BPF. Pupuk hayati yang telah diproduksi disimpan pada masa penyimpanan 0, 30, 60, dan 90 hari pada suhu ruang dan suhu refrigerator (4°C).

Perhitungan Populasi BPF

Kestabilan inokulan ditentukan dengan mengamati populasi inokulan pada perlakuan masa simpan hari ke 0, 30, 60, dan 90 hari dan kondisi penyimpanan pada suhu ruang dan suhu refrigerator (4°C). Indikator kestabilan inokulan dalam bahan pembawa ditentukan oleh jumlah sel hidup setelah masa penyimpanan. Populasi ditentukan dengan metode pencawanan yaitu menggunakan medium pikovskaya untuk mengamati populasi BPF. Masing-masing bahan pembawa yang telah dicampur dengan kultur starter, dilakukan pengenceran sampai pengenceran 10^{-9} . Sebanyak 1 g pupuk hayati dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml aquades steril. Tabung reaksi dihomogenkan menggunakan vortex, kemudian sebanyak 1 ml diambil dengan menggunakan pipet volume dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berikutnya, hingga pengenceran 10^{-9} . Pada pengenceran 10^{-7} , 10^{-8} , dan 10^{-9} diambil 0,1 ml suspensi dan disebar pada medium pikovskaya padat dalam cawan petri. Kemudian diinkubasi pada

suhu ruang selama 24-48 jam dan dilakukan perhitungan jumlah total populasi dengan rumus:

$$\text{Total populasi (CFU/ml)} = \frac{a}{v} \times \frac{1}{df}$$

Keterangan:

CFU : Colony Forming Unit

a : rata-rata jumlah koloni/petri

df : faktor pengenceran

V : volume suspensi biakan yang disebar

Derajat keasaman (pH)

Sebanyak 1 g dari tiap perlakuan inokulan ditambah 2 ml ddH₂O. Sampel divortex untuk mendapatkan campuran yang homogen antara pupuk hayati dan ddH₂O. Sampel yang telah divortex kemudian diukur pH menggunakan EC digital pH meter (Stella, 2009).

c. Analisis data

Data viabilitas sel dan pH pupuk hayati disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Data tersebut dianalisis secara statistik dengan one-way ANOVA menggunakan (SPSS Inc. 2006) (Levesque, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

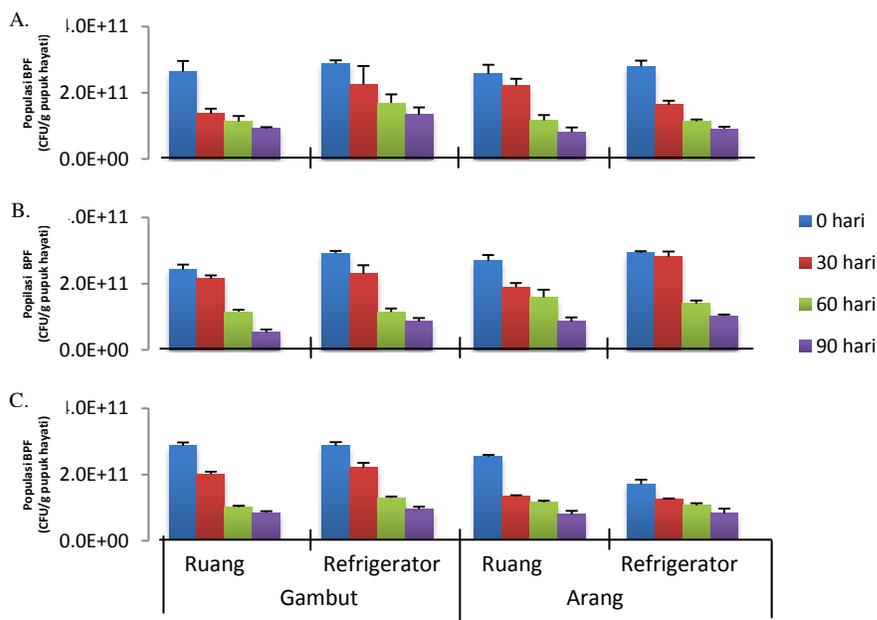
a. Populasi BPF

Salah satu parameter untuk menentukan kualitas pupuk hayati adalah stabilitas populasi BPF selama masa simpan. Populasi BPF selama masa penyimpanan awal hingga 90 hari disajikan pada Gambar 1. Total populasi bakteri pada starter I berkisar antara

8,2·10¹⁰-2,9·10¹¹ CFU/g selama masa penyimpanan 0-90 hari. Total populasi bakteri pada starter II berkisar antara 5,3·10¹⁰-2,9·10¹¹ CFU/g. Rendahnya populasi BPF pada starter II ini terdapat pada bahan pembawa gambut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh aktivitas BPF yang kurang efektif dalam melarutkan P yang terdapat pada gambut tersebut. Aktifitas BPF dalam melarutkan P dengan cara mensekresikan asam-asam organik, dimana semakin banyak asam organik yang dihasilkan maka akan mempengaruhi derajat keasaman pupuk hayati. Jika kondisi pupuk semakin asam maka akan mengakibatkan menurunnya populasi BPF pada pupuk hayati. Total populasi bakteri pada starter III berkisar antara 8,0·10¹⁰-2,9·10¹¹ CFU/g selama masa penyimpanan 0-90 hari. Sementara untuk kontrol, yakni bahan pembawa yang tidak diinokulasi BPF, populasi bakteri yang tumbuh berkisar 1,0·10¹-

4,2·10³ CFU/g (data tidak ditampilkan pada gambar). Selama masa penyimpanan hingga 90 hari terdapat kecenderungan penurunan populasi bakteri. Tinggi rendahnya total populasi BPF dipengaruhi oleh ketersediaan sumber energi karbon organik yang terdapat dalam masing-masing bahan pembawa.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, dengan masa simpan yang sama, maka hasil penelitian ini jauh lebih tinggi. Siregar (2011) yang memperoleh total populasi BPF (*Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp.) pada penyimpanan 0 hari berkisar antara 1,20·10⁷-1,72·10⁸ CFU/g dengan bahan pembawa gambut. Sementara itu, Yuniarti *et al.* (2009) memperoleh total populasi BPF (*Pseudomonas* sp.) berkisar 1,88·10⁷-8,50·10⁸ CFU/g pada masa penyimpanan yang sama dan bahan pembawa yang sama.



Gambar 1. Total populasi bakteri pelarut fosfat pada masa penyimpanan 0-90 hari (A) Starter I, (B) Starter II, (C) Starter III

Total populasi BPF pada ketiga starter dianalisis menggunakan *One-Way ANOVA*. Hasil analisis *One-Way ANOVA* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dari total populasi bakteri pada kedua bahan pembawa dan masa simpan dengan kontrol dengan nilai signifikansi 0.000 ($p < 0,05$). Oleh karena itu, dilakukan analisis uji lanjut menggunakan uji LSD. Hasil uji lanjut LSD menunjukkan bahwa populasi BPF pada kedua bahan pembawa dan keempat masa simpan berbeda nyata jika dibandingkan dengan kontrol. Akan tetapi, antara perlakuan masa simpan dan bahan pembawa tidak berbeda nyata. Artinya, dari awal masa simpan hingga akhir masa simpan 90 hari penurunan populasi BPF tidak berbeda nyata, yang membuktikan bahwa kualitas pupuk hayati masih memenuhi standar baku mutu pupuk hayati yang disyaratkan ($\geq 10^7$) (Simanungkalit *et al.*, 2007).

Gambar 2 menyajikan perbandingan pupuk hayati yang telah diproduksi. Dari gambar terlihat bahwa pupuk hayati yang dihasilkan tidak mengalami perubahan secara morfologi hingga akhir masa simpan hari ke-90.

Jika ditinjau dari kadar air, kadar air yang terdapat dalam bahan pembawa arang lebih banyak dibandingkan gambut. Kapasitas menahan air yang cukup tinggi memungkinkan kelembaban dalam bahan pembawa arang terjaga, sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk perkembangbiakan sel bakteri (Santi & Goenadi, 2010). Sementara itu, untuk kontrol tidak terdapat kadar air sedikitpun karena memang tidak diinokulasikan dengan BPF.



Gambar 2. Pupuk hayati yang diproduksi pada masa penyimpanan 0 hari (A) arang, (B) gambut, dan (C) kontrol

b. Derajat keasaman pupuk hayati

Selain populasi BPF, parameter lain yang diukur adalah pH dari pupuk hayati yang diproduksi. Derajat keasaman pH pupuk hayati selama masa penyimpanan pada suhu ruang cenderung mengalami penurunan. Namun, sebaliknya pada suhu 4°C cenderung mengalami peningkatan. Pada suhu ruang, BPF tetap melakukan aktivitas metabolisme sehingga terjadi penurunan pH. Sementara itu, penyimpanan pada suhu 4°C proses metabolisme bakteri berlangsung lambat sehingga pH cenderung stabil meskipun terdapat kenaikan yang relatif sedikit.

Sebagian besar pH optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar antara 6,5 dan 7,5. Namun, beberapa spesies dapat tumbuh dalam keadaan sangat masam atau sangat alkalin. Secara umum, nilai pH minimum dan maksimum ialah antara 4 dan 9 (Pelczar & Chan, 2005). Data yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 1.

kematian karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme bakteri tersebut (Suprihatin, 2004).

Jika ditinjau dari kedua bahan pembawa, penurunan pH ini terjadi pada kedua bahan pembawa, baik gambut maupun arang.

Tabel 1. Derajat keasaman pupuk hayati yang telah diproduksi

Sampel	Suhu	Starter	Masa simpan			
			0	30	60	90
Gambut	Ruang	I	6,59±0,06	6,47±0,10	6,44±0,13	6,38±0,13
		II	7,01±0,02	6,80±0,00	6,78±0,02	6,72±0,04
		III	6,88±0,03	6,76±0,02	6,72±0,03	6,69±0,02
	Refrigerator	I	6,69±0,12	6,79±0,01	6,81±0,02	7,01±0,02
		II	6,41±0,18	6,56±0,03	6,60±0,07	6,70±0,07
		III	6,63±0,05	6,65±0,05	6,74±0,01	6,82±0,02
Arang	Ruang	I	6,78±0,02	6,70±0,06	6,62±0,03	6,60±0,03
		II	6,92±0,02	6,79±0,04	6,76±0,04	6,50±0,15
		III	6,77±0,02	6,74±0,05	6,70±0,01	6,62±0,01
	Refrigerator	I	6,78±0,01	6,83±0,03	7,00±0,01	7,03±0,03
		II	6,51±0,10	6,63±0,16	6,74±0,15	6,92±0,21
		III	6,66±0,32	6,70±0,09	6,75±0,09	6,85±0,04

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH pada pupuk hayati relatif tidak berbeda nyata antara masa simpan karena masih pada kisaran suhu netral. Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Munawar & Elfita (2011) yang menggunakan campuran bakteri *Azotobacter* sp., *Micrococcus* sp., *Flavobacterium* sp., dan *Bacillus* sp. dalam bahan pembawa gambut yang telah disimpan selama 3 bulan dengan nilai pH 6,5. Perubahan kondisi lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan dan tingkat populasi bakteri di awal masa simpan hingga akhir masa simpan, sehingga bakteri yang tidak mampu beradaptasi pada kondisi tersebut akan mengalami

Hal ini dikarenakan, kadar nutrisi dan air yang terkandung dalam masing-masing bahan pembawa semakin berkurang seiring dengan lamanya penyimpanan. Namun bakteri masih viabel, bakteri masih dapat beradaptasi, sehingga menghasilkan senyawa organik yang menyebabkan terjadinya penurunan pH. Selain itu, viabilitas bakteri yang baik dan stabil ditentukan pula oleh kemampuan gambut dan arang dalam mempertahankan pH yang netral.

Tabel 1 menunjukkan bahwa hingga masa penyimpanan 90 hari nilai pH tetap dalam kondisi netral, yaitu 6,38. Kondisi pH merupakan faktor yang mempengaruhi viabilitas bakteri dalam media

pembawanya. BPF seperti *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. merupakan bakteri yang tumbuh optimum pada pH netral dan tidak tahan asam (Raharjo, 2004). Dari hasil pengukuran pH tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kenetralan pH pada bahan pembawa akan sangat berpengaruh terhadap viabilitas sel bakteri yang tumbuh.

Pertumbuhan bakteri tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, akan tetapi juga mempengaruhi keadaan lingkungan. Bakteri dapat mengubah pH pada medium pertumbuhannya yang disebut perubahan secara kimia. Salah satunya adalah aktivitas enzim. Enzim ini dibutuhkan oleh beberapa bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri (Pelczar dan Chan, 1986).

KESIMPULAN

Pupuk hayati yang diproduksi hingga hari ke-90 mampu mempertahankan viabilitas sel bakteri sesuai peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/SR.130/5/2009 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah, syarat teknis pupuk hayati menurut jenis bahan pembawa yang berbentuk serbuk $\geq 10^5$ CFU/g. Populasi BPF baik pada starter I, starter II, dan starter III, pada suhu refrigerator rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan populasi bakteri pada suhu ruang dan bahan pembawa gambut lebih baik dibandingkan arang dengan populasi BPF berkisar antara 10^{10} - 10^{11}

CFU/g.

DAFTAR PUSTAKA

Budianta D. 2009. Strategi Pemanfaatan Hutan Gambut yang Berwawasan Lingkungan. www.wetland-international.com. [tanggal akses: 17 Oktober 2013]

Jakhar M, Purbia S, Singhal K, Deora GS. 2011. Isolation, characterization and preparation of biofertilizer using azospirillum and its in-vivo effect on certain crop plants. *Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research* 1:2231-2560.

Levesque R. 2007. *SPSS Programming and Data Management: A guide for SPSS and SAS Users* SPSS Inc.

Mansur MD, Soedarsono, Susilowati E. 2003. *Biologi Tanah*. Jakarta: CPIU Pasca IAEUP.

Munawar & Elfita. 2011. Ketahanan hidup konsorsium bakteri petrofilik pada media pembawa tanah gambut selama masa pen yimpanan. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian*. Palembang. ISBN 978-602-95965-2-6.

Pelczar MJ & Chan ECS. 1986, 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi 1 & 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo et al. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Raharjo B. 2004. Penapisan Rhizobakteri tahan tembaga (Cu) dan mampu mensintesis IAA dari rizosfer kedelai (*Glycine max* L.) [tesis]. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Santi LP & Goenadi FH. 2010. Pemanfaatan biochar sebagai pembawa mikroba untuk pemantap agregat tanah Ultisol dari taman Bogo-Lampung. *Menara Perkebunan* 78(2):49-57.
- Simanungkalit RDM, Husen E, Saraswati R. 2007. Buku Mutu Pupuk Hayati dan Sistem Pengawasannya. www.balittanah.litbang.dep tan.go.id [tanggal akses: 3 Februari 2011]
- Siregar BA. 2011. Teknologi formulasi pupuk hayati rhizobakteria dan aplikasinya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman kedelai dan biofungisida pada tanah masam [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Somasegaran P & Hobben HJ. 1994. *Handbook for Rhizobia, Methode in Legumerhizobium Technology*. New York: Springer Verlag.
- Stella D & Sivasakthivelan P. 2009. Effect of different organic amandements addition into *Azospirillum* bioinoculant with lignite as carrier material. *Botany Research Internasional* 2 (4): 229-232.
- Suprihatin. 2004. *Keamanan Air Minum Isi Ulang*. <http://mma.ipb.ac.id/artikelview.html.topic> [tanggal akses: 17 Januari 2010]
- Yuniarti E, Husen E, Nurhamida. 2009. Optimasi produksi dan ketahanan dalam bahan pembawa gambut inokulan *Pseudomonas* sp. Bogor: Balai Penelitian Tanah.