

## Dinamika populasi *Trichoderma harzianum* DT38 pada campuran arang hayati tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan gambut

*Population dynamic of Trichoderma harzianum DT38 on mixture of empty fruit bunches of oil palm (EFBOP) biochar and peat*

Irma KRESNAWATY<sup>\*)</sup>, Asmini BUDIANI & TW DARMONO

Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia Jl. Taman Kencana No. 1 Bogor 16151, Indonesia

Diterima 28 Februari 2012/Disetujui 24 Mei 2012

### Abstract

Biochar offers option for managing land as a source of carbon and soil conditioner. The ability of biochar in increasing soil fertility associates with its ability to retain water, reduce soil acidity, and keep the availability of essential nutrients for plant thus increasing crop productivity, and reducing the risk of soil erosion. Biochar is also substance to provide a suitable environment for the growth of beneficial microbes, including an isolate of *Trichoderma harzianum* used in this study, that has been proven capable in stimulating plant growth and suppressing soil borne diseases. The purpose of this research was to determine the in vitro compatibility of *T. harzianum* DT38, Indonesia Biotechnology Research Institute for Estate Crop (IBRIEC) collection, in mixtures of EFBOP biochar and peat during 28 days. This research was performed in completely randomized design with single factor, comprising of five formulas: 1) 100% EFBOP biochar ( $K_1$ ), 2) 100% peat ( $K_2$ ), 3) Mixture of EFBOP biochar and peat = 1 : 4 ( $F_1$ ), 4) Mixture of EFBOP biochar and peat = 1 : 8 ( $F_2$ ), dan 5) Mixture of EFBOP biochar and peat = 1 : 12 ( $F_3$ ). The colony forming units were determined after storage to express the amount of fungal propaguls in each mixture. The results was analized using one-way ANOVA test and Duncan Test. Result showed that the total of *T. harzianum* DT38 propaguls was not significantly difference among five mixture preparations tested during 0 and 7 days storage. The total propaguls were insignificantly difference between  $F_1$  and  $K_2$ , and also between  $F_2$  and  $F_3$  in 14, 21 and 28 days incubation. Peat addition on biochar increased the total of *T. harzianum* DT38 propaguls during 28 days incubation. The total propaguls which are remain high in  $F_1$ ,  $F_2$  and  $F_3$  formula up to 28 days storage indicating that the mixtures suitable for microbe media and biofertilizer formula.

[Keywords: *Trichoderma harzianum*, biochar, EFBOP, biofertilizer]

### Abstrak

Penggunaan arang hayati (biochar) merupakan alternatif pengelolaan tanah terutama sebagai penyedia karbon dan pembenah tanah. Kemampuan biochar dalam meningkatkan kesuburan tanah berhubungan dengan kemampuannya untuk menahan air, mengurangi keasaman tanah, menjaga ketersediaan nutrisi yang penting bagi tanaman sehingga meningkatkan produktivitas tanaman, serta mengurangi resiko erosi

tanah. Biochar juga berperan dalam menyediakan lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan mikroba, di antaranya *Trichoderma harzianum* yang teruji mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengendalikan penyakit tular tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kompatibilitas *T. harzianum* DT38 koleksi BPBPI pada bahan pembawa berupa campuran biochar tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan gambut selama penyimpanan 28 hari secara *in vitro*. Rancangan percobaan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) untuk menguji lima perlakuan, yaitu : 1) 100% biochar TKKS ( $K_1$ ), 2) 100% gambut ( $K_2$ ), 3) Campuran biochar TKKS dan gambut 1 : 4 ( $F_1$ ), 4) Campuran biochar TKKS dan gambut 1 : 8 ( $F_2$ ), dan 5) Campuran biochar TKKS dan gambut 1 : 12 ( $F_3$ ). Hasil pengamatan pada penyimpanan 0 dan 7 hari menunjukkan bahwa jumlah propagul *T. harzianum* DT38 dari berbagai formula tidak berbeda nyata. Jumlah propagul antara formula  $F_1$  dan  $K_2$ , serta  $F_2$  dan  $F_3$  tidak berbeda nyata pada penyimpanan 14, 21 dan 28 hari. Penambahan gambut pada biochar TKKS dapat meningkatkan jumlah propagul *T. harzianum* DT 38 selama penyimpanan 28 hari secara *in vitro*. Jumlah propagul *T. harzianum* DT38 pada media  $F_1$ ,  $F_2$  dan  $F_3$  selama penyimpanan 28 hari masih memenuhi jumlah minimal propagul dalam bahan pembawa yang menunjukkan bahwa media ini sesuai untuk pertumbuhan mikroba dan berpotensi sebagai formula pupuk hayati.

[Kata kunci: *Trichoderma harzianum*, arang hayati, TKKS, pupuk hayati]

### Pendahuluan

Penggunaan pupuk dan pestisida kimia secara terus menerus terbukti menurunkan kualitas tanah yang mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman. Lahan pertanian yang rusak dapat dikembalikan lagi tingkat kesuburannya dengan pengolahan yang baik, di antaranya dengan penggunaan arang hayati (biochar) sebagai pembenah tanah. Dalam pengelolaan tanah, arang hayati berfungsi sebagai penyedia karbon dan pembedah tanah (Verheijen *et al.*, 2010). Dibandingkan bahan organik lain seperti sampah dedaunan, kompos atau pupuk kandang, arang hayati lebih efektif menahan unsur hara. Kemampuan arang hayati dalam meningkatkan kesuburan tanah berhubungan dengan kemampuannya untuk menahan air, mengurangi

<sup>\*)</sup> Penulis korespondensi: Irma.kresnawaty@yahoo.com

keasaman tanah, menjaga ketersediaan nutrisi yang penting bagi tanaman sehingga meningkatkan produktivitas tanaman, serta mengurangi resiko erosi tanah (Ernsting & Smolker, 2009; Gani, 2008). Hal tersebut menjadi pertimbangan mengapa arang hayati banyak diaplikasikan pada lahan miskin hara dan lahan masam untuk meningkatkan pH tanah (Lehmann *et al.*, 2006). Selain itu Lehmann & Rondon (2006) melaporkan bahwa arang hayati juga merupakan media tumbuh yang baik bagi berbagai mikroba tanah. Dalam pori mikro arang hayati, kompetisi yang terjadi antara fungi dengan saprofit lainnya cukup rendah, sehingga fungi dapat bersporulasi dengan baik (Saito & Marumoto, 2002). Oleh karena itu biochar berpotensi sebagai media yang menguntungkan bagi pertumbuhan mikroba untuk menghasilkan pupuk hayati (Saraswati *et al.*, 2006). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa arang hayati asal TKKS mengandung hara makro dan mikro yang penting untuk tanaman, serta memiliki kapasitas menahan air yang tinggi (Kresnawaty *et al.*, 2010).

Arang hayati dapat dihasilkan dari bahan baku limbah biomassa, di antaranya limbah industri pertanian dan perkebunan, serta limbah peternakan (Lehmann *et al.*, 2006; Gani, 2008). Salah satu limbah perkebunan yang sangat potensial sebagai bahan baku arang hayati adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang jumlahnya mencapai 21 – 23% dari berat total tandan buah segar (TBS). Total jumlah limbah TKKS seluruh Indonesia pada tahun 2009 mencapai 4,2 juta ton (Wardani, 2012). Selama ini sebagian besar TKKS digunakan sebagai mulsa di kebun sawit tanpa proses pengomposan yang beresiko memicu serangan hama kumbang *Oryctes rhinoceros* dan serangan *Ganoderma* sp.. Pengomposan TKKS memerlukan waktu 2-4 bulan dan produk kompos yang dihasilkan masih bersifat voluminus sehingga memerlukan biaya angkut yang mahal (Tri Panji *et al.*, 2011). Konversi TKKS menjadi arang hayati menjawab kendala pemanfaatan limbah tersebut dengan proses yang lebih cepat dan menghasilkan produk yang ringan dan mudah dikemas. Jamur *Trichoderma harzianum* DT38 koleksi Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (BPBPI) Bogor merupakan jamur unggul yang teruji dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan pertumbuhan *Ganoderma* sp. (Isroi, 2008). Dengan demikian aplikasi arang hayati TKKS yang mengandung inokulum *T. harzianum* DT38 diharapkan dapat menjawab permasalahan kesuburan lahan.

Salah satu faktor yang menjadi kendala tumbuhnya jamur dalam arang hayati adalah pH tinggi, karena jamur lebih menyukai kondisi lingkungan dengan pH asam (Kalogeris *et al.*, 2003). Kombinasi arang hayati TKKS dengan bahan lain untuk mendapatkan kondisi bahan pembawa yang sesuai (*compatible*) bagi jamur sangat dibutuhkan. Gambut dikenal sebagai bahan

yang dapat menyediakan nutrisi dan memiliki pH asam, sehingga dapat digunakan untuk menurunkan pH arang hayati TKKS.

Campuran arang hayati TKKS dan gambut diharapkan mampu meningkatkan kompatibilitas jamur, sehingga berpotensi sebagai bahan pembawa mikroba pada pupuk hayati. Formula media yang digunakan adalah campuran arang hayati dan gambut yang menghasilkan pH netral. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian bahan pembawa arang hayati TKKS yang dicampur dengan gambut pada berbagai perbandingan untuk menumbuhkan jamur *T. harzianum* DT38. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dinamika pertumbuhan *T. harzianum* DT38 pada campuran biochar dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan gambut selama penyimpanan 28 hari secara *in vitro*.

## Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: TKKS dari pabrik kelapa sawit Kertajaya-Banten milik PTPN VIII, tanah gambut dari Rawa Lakbok-Ciamis, kentang, agar, gula pasir, *T. harzianum* DT38 koleksi BPBPI, Streptomisin dan alat teknis lain untuk pembuatan arang hayati TKKS.

### *Pembuatan arang hayati dari TKKS dengan metode drum kiln*

Proses pembuatan arang hayati dilakukan menurut Iskandar & Santoso (2005) dengan metode *drum kiln*. TKKS dicacah kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Potongan TKKS dimasukkan ke dalam drum ukuran diameter 50 cm dan tinggi 1,2 m hingga penuh dan ditata agar tidak ada ruang kosong. TKKS dipanaskan secara tidak langsung dalam kondisi kedap oksigen selama dua jam dengan bahan bakar kayu. Pengukuran suhu dilakukan setiap 15 menit dengan termometer infra merah model ST 652. Proses pembakaran dihentikan setelah dua jam dengan mengalirkan air ke dalam lubang kompresor untuk mematikan api. Drum dibiarkan menjadi dingin selama 24 jam, kemudian penutup dibuka untuk mengambil arang hayati (Kresnawaty *et al.*, 2010).

### *Formulasi biochar TKKS dan gambut sebagai bahan pembawa T.harzianum DT38.*

Gambut yang telah dikeringkan hingga kadar airnya  $\pm 20\%$  dan arang hayati berukuran 35 mesh, ditimbang dan dicampur dengan berbagai perbandingan (Tabel 1). Pengukuran pH formula dilakukan menurut Masulili *et al.* (2010) menggunakan pH meter Hanna terhadap campuran 1 g sampel dan 100 mL aquades. Kadar air setiap formula dibuat sama, yaitu dengan cara mengalirkan air sebanyak 5 mL ke dalam 10 g formula kering di atas kertas

saring dalam saringan 35 mesh. Setiap formulasi dibuat sebanyak lima botol selai berisi 20 mg formula dengan tiga kali ulangan sehingga semuanya berjumlah 15 botol. Formula tersebut disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Pengambilan contoh dilakukan pada interval waktu 0, 7, 14, 21, dan 28 hari masa penyimpanan dan diambil dari botol berbeda.

*Peremajaan dan pembuatan inokulum T. harzianum DT38*

Isolat *T. harzianum* DT38 diremajakan pada media PDA yang mengandung streptomisin 500 mg/L. Kultur diinkubasi selama tujuh hari pada suhu ruang. Ke dalam tiga biakan *T. harzianum* DT38 dalam cawan Petri berumur tujuh hari, masing-masing ditambah 10 mL akuades steril. Konidia yang telah dilepas dan bercampur dengan akuades dalam masing-masing cawan Petri dipindahkan ke dalam satu botol selai steril dan ditambahkan 60 mL akuades steril. Suspensi dikocok menggunakan vortex mixer. Suspensi sebanyak 0,1-0,5 mL diteteskan di atas Haemocytometer Neubauer dengan pipet steril, diatur hingga merata dalam ruang hitung Haemocytometer, kemudian konidia jamur dihitung menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 kali.

*Pengamatan dinamika populasi T. harzianum DT38 pada media hasil formulasi*

Sebanyak 1 g sampel diambil dari tiap formulasi bahan pembawa, kemudian diencerkan dengan akuades steril sampai volume mencapai 10 mL (pengenceran 10<sup>-1</sup>). Selanjutnya dilakukan pengenceran sampai 10<sup>-7</sup>. Empat pengenceran tertinggi, yaitu 10<sup>-4</sup>, 10<sup>-5</sup>, 10<sup>-6</sup> dan 10<sup>-7</sup> diambil 1 mL dan diratakan dalam cawan Petri steril, dan media PDA + Streptomisin dituang secara aseptis, dihomogenkan kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu kamar. Propagul yang tumbuh berbentuk koloni berwarna putih dihitung sebagai satu individu. Perhitungan diulang setelah masa inkubasi 48 jam dan 72 jam. Jumlah propagul/g setiap sampel kemudian dihitung menggunakan metode Total Plate Count (TPC).

Data pendukung yang diamati adalah kadar air, pH, dan kadar hara makro dan mikro bahan pembawa. Pengukuran pH dilakukan menurut Masulili et al. (2010). Pengamatan diambil dari botol sampel berbeda pada penyimpanan 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Pengukuran kadar air dilakukan menurut Siswanto & Suharjono (2006).

*Rancangan percobaan dan analisis data*

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu formula media. Formula diuji dalam tiga taraf, yaitu : F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> dengan dua kontrol formula yakni K<sub>1</sub> dan K<sub>2</sub> dengan tiga kali pengulangan pada setiap perlakuan. Analisis data hasil pengamatan dilakukan menggunakan SPSS 16.0. Normalitas data diuji menggunakan Shapiro-Wilk, sedangkan homogenitas diuji menggunakan Levene's statistic. Data kemudian diuji dengan One-Way ANOVA, dilanjutkan Uji beda (Uji Duncan) dengan α 0,05, untuk mengetahui perbedaan perlakuan formula media (Dahlan, 2009).

**Hasil dan Pembahasan**

*Dinamika populasi T.harzianum DT 38 dalam media pembawa*

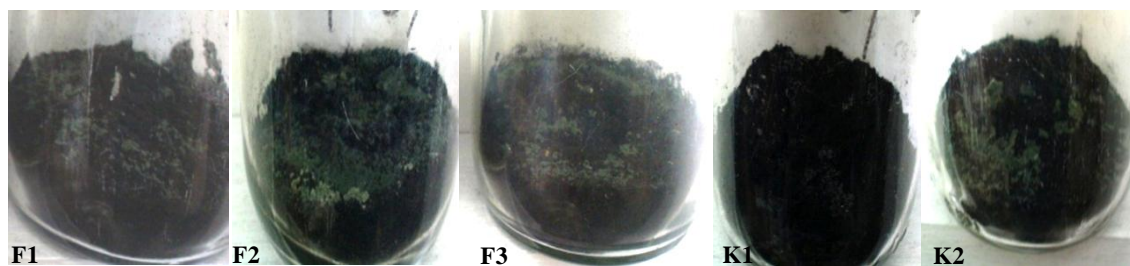
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *T.harzianum* DT38 yang diambil dari berbagai formula campuran arang hayati dan gambut selama periode penyimpanan 28 hari dapat tumbuh dengan baik pada media PDA. Selain itu di permukaan formula diamati munculnya warna hijau yang merupakan ciri khas koloni *T.harzianum* DT 38 (Gambar 1).

Populasi awal *T. harzianum* DT 38 (t=0) dalam semua media pembawa hampir sama, yaitu ± 2,0 x10<sup>8</sup> konidia/mL (Gambar 1). Selanjutnya populasi *T. harzianum* DT38 pada hari ke-28 untuk formula arang hayati TKKS dan gambut (F1, F2, F3 dan K2) berkisar 10<sup>7</sup> cfu/g, sedangkan kontrol (K1) yang mengandung arang hayati TKKS saja mengalami penurunan sampai 10<sup>6</sup> cfu/g. Jumlah propagul per gram dari semua media pada penyimpanan 0 dan 7 hari tidak berbeda nyata. Hal ini diduga karena *T. harzianum* DT38 berada dalam fase adaptasi, meskipun pada media K<sub>1</sub> sudah tampak kecenderungan mengalami penurunan

Tabel 1. Komposisi formula bahan pembawa yang diuji

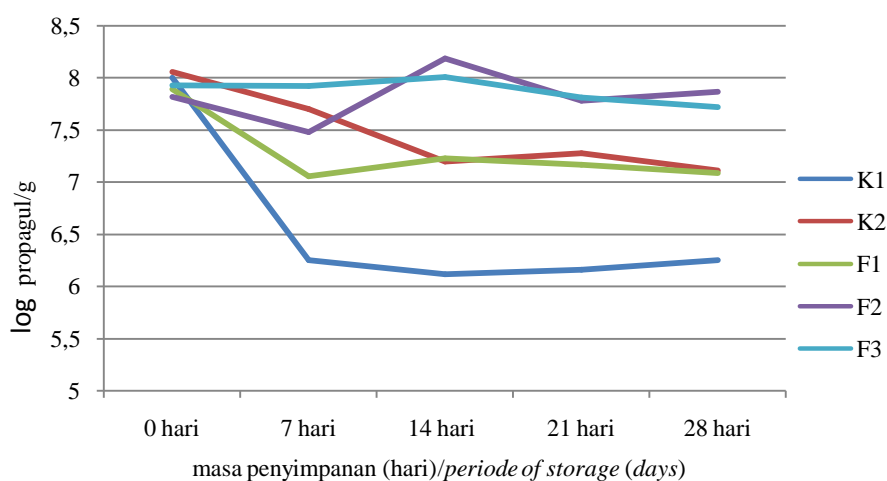
Table 1. Composition of tested carrier formula

Formula	Perbandingan arang hayati : Gambut EFBOP Biochar : Peat ratio (200 g berat kering b/b /dry weight w/w)
F <sub>1</sub>	1 : 4
F <sub>2</sub>	1 : 8
F <sub>3</sub>	1 : 12
K <sub>1</sub>	100% arang hayati TKKS (biochar EFBOP)
K <sub>2</sub>	100% gambut (peat)



Gambar 1. Pertumbuhan *T. harzianum* DT 38 pada berbagai media setelah penyimpanan 28 hari, F<sub>1</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (4); F<sub>2</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (8); F<sub>3</sub> = arang hayati TKKS(1) : gambut (peat) (12); K<sub>1</sub> = kontrol arang hayati TKKS dan; K<sub>2</sub> = kontrol gambut.

Figure 1. The growth of *T. harzianum* DT 38 on various media condition after 28 days incubation, F<sub>1</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (4); F<sub>2</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (8); F<sub>3</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (12); K<sub>1</sub>= control EFBOP biochar; and K<sub>2</sub> = control peat.



Gambar 2. Jumlah propagul/g dari berbagai formula media pada penyimpanan 0, 7, 14, 21 dan 28 hari, F<sub>1</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (4); F<sub>2</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (8); F<sub>3</sub> = arang hayati TKKS(1) : gambut (peat) (12); K<sub>1</sub> = kontrol arang hayati TKKS dan; K<sub>2</sub> = kontrol gambut.

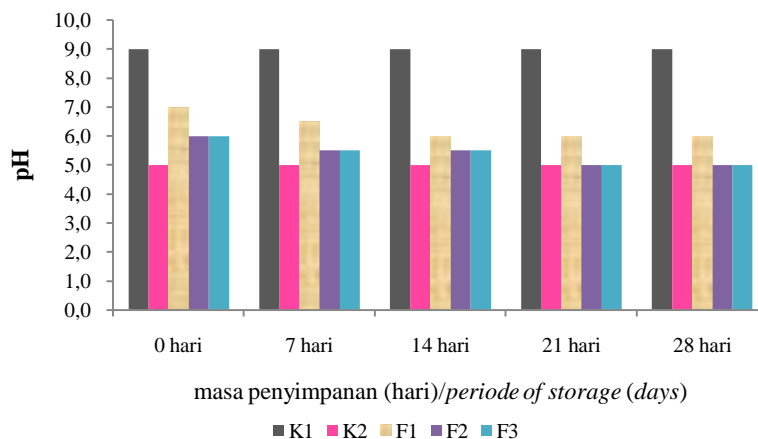
Figure 2. Number of propaguls/g of media formulas at 0, 7, 14, 21 and 28 days of storage, F<sub>1</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (4); F<sub>2</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (8); F<sub>3</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (12); K<sub>1</sub>=control EFBOP biochar; and K<sub>2</sub> = control peat.

(Gambar 2) yang diduga disebabkan kondisi pH yang terlalu tinggi. Konidia *T. harzianum* DT38 juga tidak muncul di permukaan media K<sub>1</sub> selama penyimpanan 28 hari (Gambar 2). Hal ini diduga karena keterbatasan nutrisi tersedia dalam formula media K<sub>1</sub>. Sumber karbon organik tersedia yang berasal dari komponen selulosa dan lignin dalam TKKS sebagian besar telah terkonversi menjadi bentuk kristal dan aromatik setelah menjadi arang hayati (Surjosatyo & Vidian, 2004). Karbon dalam bentuk kristal dan aromatik sangat sulit digunakan oleh jamur (Joseph *et al.*, 2010), sementara menurut Widyastuti *et al.* (2002), konidia *Trichoderma* memerlukan nutrisi terutama C dan N organik tersedia dari luar sel untuk berkecambah.

#### Perubahan pH dan kadar air

Kondisi pH pada formula K<sub>1</sub> (Gambar 3) menghambat pertumbuhan *T. harzianum* DT38, meskipun

tetap bertahan hingga 28 hari dilihat dari penghitungan TPC. Kondisi pH lingkungan yang terlalu basa akan menghambat kerja enzim ekstra seluler untuk mendekomposisi substrat, kemudian menyerap nutrisi dari luar sel untuk pertumbuhan jamur. Selain itu, komponen fenol dalam arang hayati (Elad *et al.*, 2010) dapat menghambat perkecambahan spora jamur. Meskipun *T. harzianum* mampu memproduksi enzim ekstra seluler berupa fenoloksidase yang optimal pada pH 5 (Mucha, 2011), tetapi jika pH media K<sub>1</sub> mencapai 9 (Gambar 3), enzim tersebut diduga tidak dapat bekerja optimal. Menurut Graber *et al.* (2010), meskipun fenoloksidase berjumlah sedikit, arang hayati masih mengandung beberapa komponen tersedia seperti mineral anorganik N, P, dan K, serta senyawa seperti asam butirat, asam propionat, dan asam benzoat yang diduga dapat digunakan oleh mikroba untuk mempertahankan hidupnya. Meskipun



Gambar 3. Nilai pH berbagai formulasi media pada penyimpanan 0, 7, 14, 21 dan 28 hari, F<sub>1</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (4); F<sub>2</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (8); F<sub>3</sub> = arang hayati TKKS(1) : gambut (peat) (12); K<sub>1</sub> = kontrol arang hayati TKKS dan ; K<sub>2</sub> = kontrol gambut.

Figure 3. pH value of various media formulations in 0, 7, 14, 21 and 28 days of storage, F<sub>1</sub> = EFBOP biochar (1): peat (4); F<sub>2</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (8); F<sub>3</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (12); K<sub>1</sub>= control EFBOP biochar ; and K<sub>2</sub> = control peat.

mikroba tetap hidup, namun dalam keadaan dorman, dan tidak menghasilkan eksudat asam sehingga pH relatif stabil pada kisaran 5-6 selama 28 hari masa inkubasi

Dilihat dari jumlah propagul *T. harzianum* DT38 memiliki kompatibilitas yang tinggi pada formula F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> dan K<sub>2</sub> selama masa penyimpanan 14, 21 dan 28 hari. Komposisi formula F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> yang mengandung campuran arang hayati TKKS dan gambut dengan perbandingan 1 : 4; 1 : 8; dan 1 : 12 memiliki derajat keasaman antara 6 - 7 (Gambar 3). Hal ini disebabkan karena mineral dalam arang hayati, seperti Mg, K, Ca, P dan Na dapat menaikkan pH gambut (Budianta, 2003). Kisaran pH pada formula F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> adalah pH optimum untuk pertumbuhan jamur.

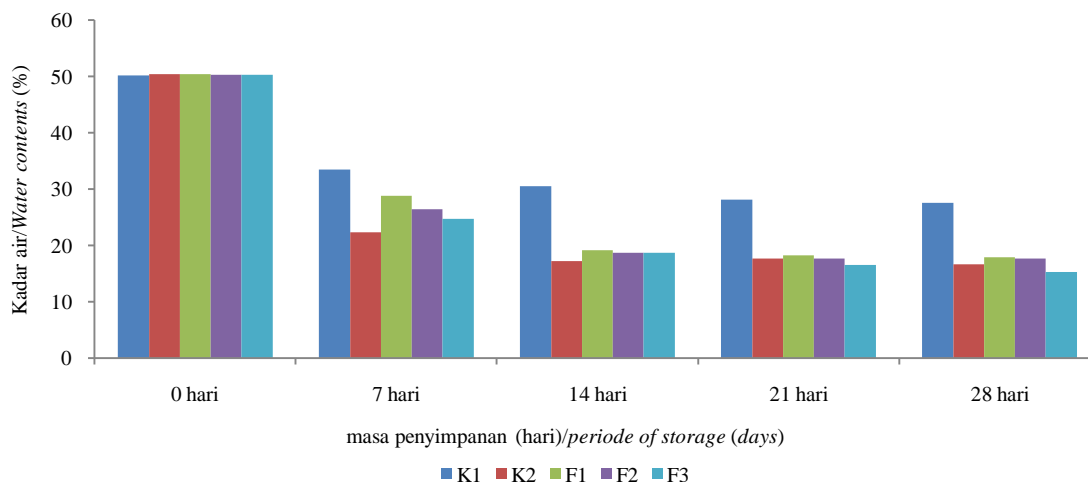
Perubahan pH terjadi akibat adanya reaksi CO<sub>2</sub> dan air. Karbon dioksida merupakan hasil metabolisme aerob jamur. Reaksi CO<sub>2</sub> dan air menghasilkan asam karbonat. Keberadaan asam karbonat dapat menurunkan pH secara signifikan pada pH awal media antara 5 - 9. Media K<sub>2</sub> tidak mengalami penurunan pH selama penyimpanan (Gambar 3), meskipun terjadi pertumbuhan *T. harzianum* DT38. Hal ini diduga karena pH awal formula K<sub>2</sub> adalah asam, sehingga asam karbonat yang dihasilkan tidak cukup banyak untuk dapat menurunkan pH media.

Dilihat dari jumlah propagul pada penyimpanan 14, 21 dan 28 hari, formula F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> memiliki kompatibilitas lebih baik daripada formula K<sub>2</sub> dan F<sub>1</sub>. Uji beda menunjukkan bahwa jumlah propagul pada formula F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> pada masing-masing penyimpanan 14, 21 dan 28 hari, berbeda secara signifikan dengan jumlah propagul pada formula K<sub>2</sub> dan F<sub>1</sub>. Menurut Said *et al.* (2003), konidia *T. harzianum* pada formula dengan kondisi pH awal 6 - 7, mengalami perkecambahan lebih baik dibanding media dengan pH

awal 5. pH awal formula F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> adalah 6, sehingga lebih sesuai bagi pertumbuhan *T. harzianum* DT38 dibandingkan dengan formula K<sub>2</sub> dengan pH awal 5, tetapi meskipun pH awal formula F<sub>1</sub> adalah 7, komposisi perbandingan antara arang hayati TKKS dan gambut diduga mempengaruhi jumlah propagul *T. harzianum* DT38. Komposisi campuran arang hayati TKKS dan gambut pada media F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> diduga mengandung porsi nutrisi tersedia yang lebih sesuai bagi ketahanan hidup *T. harzianum* DT38 dibandingkan dengan formula F<sub>1</sub> pada penyimpanan 14 - 28 hari.

Penurunan kadar air formula K<sub>1</sub> paling rendah dibanding formula lain selama penyimpanan 28 hari (Gambar 4). Pertumbuhan konidia yang terhambat menyebabkan konidia tidak dapat menyerap banyak air dari media untuk pertumbuhannya. Bahkan jika konidia mengalami dormansi, maka air dari media tidak dapat diserap oleh sel, karena permeabilitas membran sel konidia saat dormansi rendah, sehingga tidak dapat melewati nutrisi seperti protein, polisakarida, oksigen dan air dari media ke dalam sel (Allen *et al.*, 2003). Kompatibilitas *T. harzianum* DT 38 pada formula K<sub>1</sub> menjadi paling rendah dibanding formula lain dilihat dari jumlah propagul selama penyimpanan 28 hari.

Penurunan kadar air pada formula F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> dan K<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan dengan formula K<sub>1</sub> (Gambar 4). Hal ini diduga karena selain disebabkan oleh penguapan, air digunakan untuk pertumbuhan konidia jamur hingga membentuk koloni baru, terutama dari pengamatan 0 - 7 hari. Menurut Allen *et al.* (2003), konidia jamur membutuhkan air dalam jumlah besar untuk melakukan perkecambahan. Air digunakan konidia untuk menambah ukuran konidia sehingga membentuk buluh kecambah (*germ tube*) dan akhirnya membentuk hifa atau organ lainnya.



Gambar 4. Kadar air (%) berbagai formula pada penyimpanan 0, 7, 14, 21, dan 28 hari, F<sub>1</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (4); F<sub>2</sub> = arang hayati TKKS (1) : gambut (8); F<sub>3</sub> = arang hayati TKKS(1) : gambut (peat) (12); K<sub>1</sub> = kontrol arang hayati TKKS dan ; K<sub>2</sub> = kontrol gambut.

Figure 4. Water content(%) of various formula in 0, 7, 14, 21 and 28 days of storage, F<sub>1</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (4) ; F<sub>2</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (8) ; F<sub>3</sub> = EFBOP biochar (1) : peat (12) ; K<sub>1</sub>=control EFBOP biochar ; and K<sub>2</sub> = control peat

Tabel 2. Kadar hara makro dan mikro dari formula arang hayati TKKS dan gambut yang ditambahkan *T. harzianum* pada t<sub>0</sub> (hari ke-0) dan t<sub>28</sub> (hari ke-28).

Table 2. Macro and micro nutrient contents of EFBOP biochar and peat with the addition of *T. harzianum* on t<sub>0</sub> (day 0) and t<sub>28</sub> (day 28<sup>th</sup>).

Unsur Elements	Konsentrasi makro dan mikro nutrient (Macro and micro nutrients concentration)			
	Arang hayati TKKS EFBOPBiochar t <sub>0</sub>	Arang hayati TKKS + <i>T.harzianum</i> t <sub>28</sub> EFBOP Biochar + <i>T.harzianum</i> t <sub>28</sub>	Gambut Peat t <sub>0</sub>	Gambut+ <i>T. harzianum</i> Peat + <i>T.harzianum</i> t <sub>28</sub>
Nitrogen/Nitrogen(%)	0,89	0,89	1,41	1,39
Fosfor/Phosphorus (%)	0,58	0,56	0,15	0,13
Kalium/Potassium (%)	7,81	8,14	0,08	0,06
Magnesium/Magnesium (%)	0,67	0,68	0,28	0,28
Kalsium/Calcium(%)	1,59	1,50	3,20	3,10
Mangan/Manganese (ppm)	622	546	342	355
Boron/Boron (ppm)	38	39	28	29
Seng/Zink (ppm)	357	265	48	58

#### Kadar hara makro dan mikro media formulasi

Pada hari ke-28 tidak terjadi penurunan kadar hara makro dan mikro arang hayati dan gambut dalam jumlah yang berarti (Tabel 2), kecuali pada kadar seng (Zn). Hal ini dikarenakan seng tersebut diperlukan dalam jumlah yang signifikan oleh mikroba *T. harzianum* untuk memproduksi hifa jamur (Yazdani et al., 2010). Zn juga diperlukan oleh berbagai protein lain, serta oleh biomembran. Konidia *T. harzianum* DT 38 muncul di permukaan formula F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> dan K<sub>2</sub>

(Gambar 1). Campuran arang hayati TKKS dan gambut diduga mampu meningkatkan jumlah nutrisi tersedia bagi pertumbuhan *T. harzianum* DT38 dalam bahan pembawa. Gambut mengandung sedikit mineral, tetapi menyuplai bahan organik tersedia seperti selulosa, lignin, pektin dan protein yang dapat digunakan oleh *T. harzianum* DT38, sedangkan arang hayati menambah kandungan mineral tersedia seperti N, P, K, Ca dan Mg yang berguna bagi pertumbuhan primer jamur (DeLuca et al., 2009).

## Kesimpulan

Penambahan gambut pada arang hayati TKKS dapat meningkatkan jumlah propagul *T. harzianum* DT38. Jumlah propagul *T. harzianum* DT38 pada formula F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> selama penyimpanan 28 hari masih memenuhi jumlah minimal propagul dalam media pembawa, yaitu sebanyak 10<sup>7</sup> propagul yang menunjukkan potensi sebagai bahan pembawa pupuk hayati.

## Ucapan Terimakasih

Terimakasih disampaikan kepada Sayhas Suhda, mahasiswi Jurusan Biologi Universitas Diponegoro atas bantuan teknisnya selama pengerjaan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Allen BJ Wu & H Doan (2003). Inactivation of fungi associated with barley grain by gaseous ozone. *J Environ Sci & Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes* 38(5), 617-630.
- Budianta D (2003). Strategi pemanfaatan hutan gambut yang berwawasan lingkungan. *Dalam: Lokakarya Pengelolaan Lahan Gambut Secara Bijaksana dan Berkelanjutan di Indonesia*. Bogor, 13-14 Oktober 2013.
- Dahlan MS (2009). *Statistik untuk kedokteran dan kesehatan*. Jakarta, Salemba Medika.
- DeLuca TH, MD MacKenzie & MJ Gundale (2009). Biochar effect on soil nutrient transformation. *In: Lehmann J & S Joseph (eds.). Biochar For Environmental Management: Science And Technology Science and Technology*. Earthscan/James & James, p.251
- Elad Y, DR David, YM Harel, M Borenshtein, HB Kalifa, A Silber & ER Graber (2010). Induction of systemic resistance in plants by biochar, a soil-applied carbon sequestering agent. *Phytopathol* 100(9), 913-921.
- Ernsting A & RS Molker (2009). *Biochar for Climate Change Mitigation: Fact of Fiction?* Taken from: <http://www.biofuelwatch.org.uk/docs/biocharbriefing.pdf> [January 2012]
- Gani A (2008). Biochar penyelamat lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 6(31), 15-16.
- Graber ER, YM Harel, M Kolton, E Cytryn, A Silber, DR David, L Tsechansky, M Borenshtein & Y Elad (2010). Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant Soil J* 337, 481-496.
- Iskandar H & KD Santosa (2005). *Cara Pembuatan Biochar Kayu: Alternatif Pemanfaatan Limbah Kayu oleh Masyarakat*. Bogor, Center for International Forestry Research.
- Isroi (2008). *Aplikasi Trichoderma harzianum dan Aspergillus sp. pada tanaman*. Diunduh dari: [http://isroi.aplikasi\\_Trichoderma\\_harzianum](http://isroi.aplikasi_Trichoderma_harzianum). [07 September 2010]
- Kalogeris E, P Chistakopilos, P Katapodis, A Alexiou, S Vlachou, D Kekos & BJ Macris (2003). Production and characterization of cellulolytic enzymes from the thermophilic fungus *Thermoascus aurantiacus* under solid state cultivation of agricultural wastes. *Process Biochem* 38(7), 1099-1104.
- Kresnawaty I, A Budiani & TW Darmono (2010). Konversi limbah TKKS menjadi biochar hayati (biochar) untuk konservasi mikroba tanah, penyediaan nutrisi, dan karbon seng. Bogor, Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. *Laporan Akhir Kegiatan Penelitian Kerjasama dengan PTPN IV*
- Joseph SD, M Camps-Arbestain, Y Lin, P Munroe, CH Chia, J Hook, L van Zwieten, S Kimber, A Cowie, BP Singh, J Lehmann, N Foidl, RJ Smernik & JE Amonette. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Research* 48(7), 501-515.
- Lehmann & M Rondon (2006). Biochar soil management on highly weathered soils in the humid tropics *In: Uphoff N (Ed.). Biological Approaches to Sustainable Soil System*. New York, CRC Press.
- Lehmann, J Gaunt & M Rondon (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystem : *A Review Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11, 403-427.
- Masulili A, WH Utomo & Syechfani (2010). Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. the characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *J Agricul Sci* 2(1), 39-47.
- Mucha J (2011). Changes in hyphal morphology and activity of phenoloxidases during interactions between selected Ectomycorrhizal fungi and two species of Trichoderma. *Antonie Van Leeuwenhoek Journal* 100(1), 155-160.
- Said SD, M Hasan & KB Ramachandran (2003). Effect of pH on growth, spore production and spore viability of biocontrol agent *Trichoderma harzianum* in submerged fermentation. *American J Chem* 3(1), 14-18.
- Saito M & T Marumoto (2002). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: The status quo in Japan and the future prospects. *Plant & Soil* 244, 273-279.
- Saraswati R, E Santosa & E Yuniarti (2006). Organisme perombak bahan organik. *Dalam: RDM Simanungkalit et al. (Eds.). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Diunduh dari: <http://www.balittanah.litbang.deptan.go.id> [21 Februari 2011].
- Siswanto D & Suharjono (2006). Komunitas kapang tanah di lahan kritis berkapur das brantas pada musim kemarau. *Bioscientiae* 3(1), 1-14.

- Surjosatyo A & F Vidian (2004). Studi co-gasifikasi tandan kosong dan tempurung kelapa sawit menggunakan gasifier aliran ke bawah. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. Semarang 21-22 Juli 2004, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Tri Panji, A Purwantara & TW Darmono (2011). *104 Inovasi Terbaik Indonesia Tahun 2011*. Jakarta, Kementrian Ristek.
- Verheijen F, S Jeffery, AC Bastos, M van der Velde & I Diafas (2010). *Biochar Application To Soil : A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions*. JRC Scientific and Technical Reports. Luxembourg, The European Communities, 149pp.
- Wardani DI (2012). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai alternatif pupuk organik. *J Lingkungan Hidup Indonesia*. 4 Januari 2012 .Diunduh dari <http://avicenia.tripod.com/profil.htm> [Januari 2012]
- Widyastuti SM, Sumardi, Irfā'i & HH Nurjanto (2002). Aktivitas penghambatan *Trichoderma* spp. formulasi terhadap jamur patogen tular tanah secara *in vitro*. *J Perlind Tanaman Indonesia* 8(1), 27-34.
- Yazdani M, CK Yap, F Abdullah & SG Tan (2010). An *in vitro* study on the adsorption, absorption and uptake capacity of Zn by the bioremediator *Trichoderma atroviride*. *Environment Asia* 3(1), 53-59