

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

d3feef22c6b0f7c3e8f3f5a8d125a78b755ce14655c25da4f54306bb38a4b462

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

VIABILITAS FUNGI *Penicillium citrinum* PADA MEDIA PEMBAWA YANG BERBEDA SEBAGAI PUPUK HAYATI

VIABILITY OF *Penicillium citrinum* ON DIFFERENT CARRIER MEDIA AS ORGANIC FERTILIZER

Safinah Surya Hakim, Tri Wira Yuwati, Dony Rachmandi, Purwanto B Santosa, Adnan Ardhana, dan Dewi Alimah
Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru
Jl. Ahmad Yani Km. 28,7 Landasan Ulin Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70721
Telp. (0511) 4707872; E-mail: safinah.hakim@gmail.com

Diterima: 8 Juli 2019; Direvisi: 13 Agustus 2019; Disetujui: 9 Desember 2019

ABSTRAK

Penggunaan pupuk hayati kini semakin meningkat seiring peningkatan kesadaran masyarakat untuk hidup yang ramah lingkungan. Penggunaan pupuk hayati diketahui dapat memberikan beberapa keuntungan diantaranya menekan biaya produksi karena manfaatnya yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, lebih mudah diserap oleh tanaman, dan lebih ramah lingkungan. Salah satu bahan dasar pupuk hayati yang banyak digunakan adalah fungi, termasuk fungi endofit. Pada penelitian ini, dibuat pupuk hayati dengan menggunakan bahan dasar fungi endofit *Penicillium citrinum* isolat P3.10 yang diperoleh dari daun tanaman rawa gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (a) bahan pembawa yang efektif untuk pupuk hayati berbahan dasar fungi endofit *P. citrinum* dan (b) masa simpan dari pupuk hayati yang dibuat. Untuk formulasi pupuk, tiga bahan pembawa (*carrier*) diuji untuk mengetahui bahan terbaik sebagai pembawa pupuk hayati. Selanjutnya, lama penyimpanan diuji untuk mengetahui apakah lama penyimpanan berpengaruh terhadap viabilitas pupuk hayati. Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor digunakan dalam penelitian ini dengan faktor pertama adalah jenis bahan pembawa/*carrier* (dedak, serbuk kayu, dan gambut), dan faktor kedua adalah lama penyimpanan (14, 28, 42, 56, dan 70 hari). Hasil penelitian serta perbandingan dengan standar pupuk hayati (Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/19/2011) menunjukkan dari ketiga bahan pembawa yang diujikan (dedak, serbuk kayu, dan gambut), bahan pembawa gambut menunjukkan performa yang terbaik C/N rasio dan kemampuan mempertahankan viabilitas koloni), dibandingkan bahan lain dengan lama simpan yang disarankan adalah maksimal 28 hari dengan jumlah fungi yang viable adalah $5,62 \times 10^5$ cfu/gram.

Kata kunci: formulasi, biofertilizer, fungi endofit, gambut, penyimpanan

ABSTRACT

The use of bio-fertilizer is increasing along with the awareness of eco-friendly life style. The use of bio-fertilizer give several advantages such as enhancing plant growth, provide plant nutritions, easily absorbed by plant and environmental friendly. Endophytic fungi can be used as biological fertilizers. In this study, endophytic fungi *Penicillium citrinum* isolate P3.10 were used as a main ingredient for biological fertilizers. This study aims to investigate: (a) the most effective carrier material for biological fertilizers made from endophytic fungi *P. citrinum* and (b) maximum shelf-life of biofertilizers. Three carrier materials were tested to find out the best carrier as biological fertilizer carriers. Factorial Completely Randomized Design with two factors used in this study with the first factor is the type of carrier material (rice bran, saw dust, and peat soil), and the second factor is storage time (14, 28, 42, 56, dan 70 days). The result of the study and consideration based on the standards of biological fertilizer regulation of the Minister of Agriculture Number 70 / Permentan / SR.140 / 19/2011) showed that of the three tested carriers (rice bran, sawdust, and peat), peat showed the best performance as biofertilizer carrier with the recommend maximum shelf-life is 28 days ($5,62 \times 10^5$ cfu/gram) due to its C/N ratio value and its viability to maintain the number of viable fungi.

Keywords: formulation, biofertilizer, endophytic fungi, peat soil, shelf-life

PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan kesadaran untuk ramah lingkungan, saat ini banyak petani yang

mempraktikkan pertanian berkelanjutan dengan menggunakan pupuk hayati. Dibandingkan dengan pupuk kimia, pupuk hayati memiliki beberapa

keunggulan. Penggunaan pupuk kimia dalam waktu lama, dapat membuat tanah menjadi rusak dan jenuh, sehingga sulit menyerap unsur-unsur hara yang diberikan. Selain itu, penggunaan pupuk hayati diketahui dapat memberikan beberapa keuntungan diantaranya menekan biaya produksi karena manfaatnya yang lebih mudah diserap oleh tanaman, lebih ramah lingkungan, meningkatkan hasil panen, meningkatkan keuntungan petani, dan dapat memperbaiki kondisi tanah (Pal *et al.*, 2015; Mishra & Dash, 2014).

Di Indonesia, pupuk hayati sudah diatur melalui peraturan menteri pertanian yakni Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/19/2011 dan didefinisikan sebagai produk biologi aktif yang terdiri atas mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan, dan kesehatan tanah. Selain definisi tersebut, Brahmaprakash & Sahu (2012), mendefinisikan pupuk hayati atau biofertilizer sebagai pupuk yang berbasis bahan mikroba yang bermanfaat yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan penyerapan nutrisi dari tanah ke tanaman. Perdagangan dan peredaran pupuk hayati di Indonesia diatur oleh Kementerian Pertanian. Sudah banyak pupuk hayati yang sudah terdaftar di Direktorat Jendral (Ditjen) Sarana dan Prasarana Pertanian (PSP) Kementerian Pertanian. diantaranya yakni Bioorganik (PT Petrokimia Kayaku), Bion Up (PT Pupuk Kujang), Ecofert (PT Pupuk Kalimantan Timur), dan lain-lain (Kementerian Pertanian, 2016). Berdasarkan data tersebut, beberapa jenis fungi yang banyak dimanfaatkan sebagai pupuk organik berdasarkan daftar 2016 adalah *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp.

Penicillium sp. merupakan jenis fungi yang sudah banyak digunakan juga dipatenkan untuk pupuk organik. Beberapa isolat *Penicillium* sp. yang telah digunakan sebagai pupuk hayati antara lain *P. aculeatampa* (Lestari & Mukhlis, 2017), *P. albidum*, *P. simplicium*, *P. frequentans*, *P. rubrum* (Palet *et al.*, 2015). Sebagai contoh, Nicoletti *et al.* (2012) menyebutkan *P. citrinum* strain KACC43900 telah dipatenkan sebagai pupuk organik dan diketahui berfungsi sebagai penghasil gibberelin. Selain itu, jenis lain juga diketahui berfungsi sebagai peningkat pertumbuhan tanaman, pencegah penyakit tanaman dan penghasil zat metabolik (Khan *et al.*, 2008; Pandey *et al.*, 2008).

Upaya penanaman lahan gambut terdegradasi terus dilakukan di Indonesia. Mengacu Badan Restorasi Gambut (BRG), terdapat dua juta hektar lahan gambut yang perlu direstorasi pada periode 2016 - 2020. Penanaman di lahan gambut lebih sulit dilakukan dibandingkan dengan di tanah mineral. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti kesulitan menentukan teknik penanaman yang tepat, pH tanah yang rendah, dan kandungan unsur hara yang rendah. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya daya hidup (*survival rate*) dari bibit-bibit yang ditanam di lahan rawa gambut. Untuk itu, penguatan bibit sebelum ditanam di lahan gambut perlu dilakukan. Penggunaan teknologi mikroba dapat menjadi solusi untuk memperkuat bibit. Salah satunya adalah dengan penggunaan pupuk hayati berbahan dasar mikroba.

Dalam pembuatan pupuk hayati berbahan dasar mikroba, formulasi untuk mencari bagaimana bahan pembawa pupuk hayati (*carrier*) perlu dilakukan. Banyak faktor yang menentukan keefektifan pupuk hayati diantaranya bahan pembawa yang bisa mempertahankan viabilitas bahan aktif serta masa simpan. Oleh karena itu, formulasi dilakukan pada penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (a) bahan pembawa yang efektif untuk pupuk hayati berbahan dasar fungi endofit *P. citrinum* dan (b) masa simpan dari pupuk hayati yang dibuat. Adanya pupuk hayati berbahan dasar mikroba rawa gambut yang efektif ke depannya diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk membantu kegiatan penanaman di lahan gambut.

METODE PENELITIAN

Formulasi pupuk hayati dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Hutan Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BP2LHK) Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Pupuk hayati dibuat dengan menginokulasikan isolat fungi endofit *P. citrinum* P3.10 pada bahan pembawa yakni dedak, serbuk kayu, dan tanah gambut. Karakteristik bahan pembawa pupuk hayati secara detil dijabarkan pada Tabel 1. Rancangan yang dipakai adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan 2 faktor yaitu faktor pertama adalah jenis bahan pembawa/*carrier* (dedak, serbuk kayu, dan tanah gambut). Faktor kedua adalah adalah lama penyimpanan (14, 28, 42, 56, dan 70 hari).

Tabel 1. Karakteristik bahan pembawa pupuk hayati

Jenis Bahan Pembawa	Ukuran	pH	Deskripsi
Didak	Lolos saringan 125 μ m	7	Telah terdekomposisi
Serbuk Kayu	Lolos saringan 125 μ m	6	Serbuk kayu sengon
Tanah Gambut	Lolos saringan 125 μ m	5	Gambut muda diambil dari wilayah Tumbang Nusa Kalimantan Tengah

Perbanyak Inokulan dan Pengemasan

Metode yang digunakan mengacu pada penelitian Supriyanto & Sulistyowati (2011) yang telah dimodifikasi, yakni dengan langkah sebagai berikut:

1. Peremajaan fungi endofit

Isolat yang digunakan adalah isolat fungi endofit yang sudah digunakan pada penelitian sebelumnya, yakni isolat *P. citrinum* isolat P3.10. Fungi ini merupakan koleksi isolat milik laboratorium mikrobiologi BP2LHK Banjarbaru. *P. citrinum* isolat P3.10 merupakan fungi endofit daun dari tanaman rawa gambut yang diidentifikasi melalui analisis molecular (Hakim, Yuwati, & Nurulita, 2017). Isolat jamur ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang diinkubasi selama satu minggu pada suhu ruangan dan selanjutnya dilakukan pemanenan spora.

2. Pembuatan suspensi mikroba

P. citrinum isolat P3.10 yang telah diremajakan, dipanen sporanya dan dibuat suspensinya dengan menambahkan 10 ml air steril. Spora dipanen dengan cara menggores jamur dengan jarum inokulasi. Selanjutnya spora tersebut dipindahkan dalam tabung reaksi yang telah disterilkan.

3. Produksi Massal spora dengan Medium Kultur Beras (MKB)

Produksi massal spora dilakukan dengan menggunakan Media Kultur Beras (MKB). MKB dibuat dengan menggunakan 6 ml air dan 10 gram beras yang diletakkan dalam erlenmeyer 100 ml dan dibuat tiga kali ulangan. Erlenmeyer tersebut kemudian ditutup dengan sumbat kapas selama kurang lebih dua jam dan disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit. Setelah dingin, suspensi spora sebanyak 1 ml diinokulasikan ke dalam erlenmeyer yang berisi MKB. Selanjutnya MKB yang telah berisi suspensi spora diinkubasi selama 10 hari. Setelah masa inkubasi, dilakukan penghitungan spora dengan memasukkan 50 ml air steril yang sudah dihomogenkan. Penghitungan jumlah spora dilakukan dengan pengenceran serial dan diamati menggunakan *Haemocytometer* dengan bantuan mikroskop.

4. Formulasi pupuk

Formulasi dilakukan dengan menggunakan

bahan pembawa antara lain serbuk kayu, dedak, dan tanah gambut. Masing-masing bahan sebanyak 1 kg yang dikemas dalam plastik tahan panas, disterilkan dengan menggunakan autoklaf (121°C/15 atm selama 30 menit) dan selanjutnya dikeringanginkan. Inokulum sebanyak 50 ml dengan konsentrasi spora 10^8 spora/ml dicampurkan dengan bahan pembawa yang sudah dingin hingga rata lalu dikeringanginkan. Bahan tersebut selanjutnya diinkubasi selama 7 - 14 hari dalam tempat gelap.

Uji Efektivitas Pengemasan dan Penyimpanan

Pupuk hayati dari tiga bahan pembawa berbeda diuji ketahanannya dan keefektifan dalam viabilitas fungi yang terkandung dalam pupuk hayati. Viabilitas ini diukur dengan jumlah kelimpahan fungi sebagai parameter. Bahan yang sudah jadi kemudian diuji pada minggu 14, 28, 42, 56, dan 70 hari setelah pembuatan. Selanjutnya bahan yang telah ada diamati jumlah sporanya. Sebanyak 10 gram bahan dipindahkan dalam erlenmeyer steril yang sudah ditambahkan air steril hingga volumenya mencapai 100 ml. Kemudian dilakukan pengeceran serial ke 10^{-3} dilakukan *plating* untuk menghitung koloni yang tumbuh. Terdapat tiga ulangan pada setiap perlakuan. Pada akhir pengamatan, masing-masing sampel dikirim ke Laboratorium Tanah Balai Penelitian Tanaman Rawa (Balitra) Banjarbaru untuk diukur C/N rasio dan kadar airnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara alami, tanaman memiliki interaksi dengan mikroba, termasuk endofit (Maulana *et al.*, 2018; Suryanarayanan *et al.*, 2002; Arnold, 2001). Fungi endofit mendukung pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme yakni penyediaan nutrisi, peningkatan resistensi tanaman terhadap hama dan penyakit, dan mendukung tanaman pada kondisi-kondisi marginal (Suryanarayanan *et al.*, 2017; Sutjaritvorakul *et al.*, 2010; Rodriguez *et al.*, 2009; Mejia *et al.*, 2008A.; E. Arnold *et al.*, 2003). Kondisi rawa gambut yang memiliki keasaman tinggi, menyebabkan tidak semua tanaman dapat beradaptasi. Adanya berbagai jenis mikroorganisme termasuk jamur membantu adaptasi tanaman terhadap

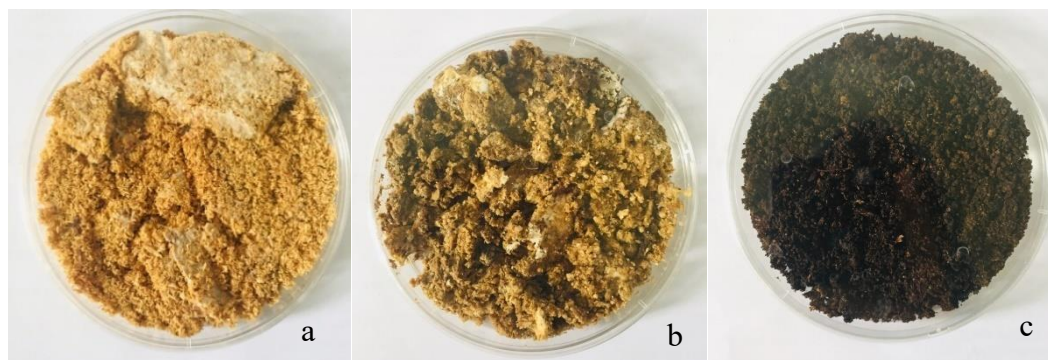
kondisi lingkungan dengan kadar nutrisi rendah serta keasaman yang tinggi, seperti halnya pada kondisi tanah gambut. Beberapa mikroba diketahui memiliki ketahanan untuk hidup dalam kondisi masam (asidofilik) yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Lestari & Mukhlis, 2017). Mengacu pada asumsi-asumsi tersebut, maka kemampuan mikroba yang spesifik inilah menjadi keunggulan dari pupuk hayati berbasis mikroba yang tidak dimiliki oleh pupuk lain. *P. citrinum* merupakan fungi endofit yang secara *in vitro* dapat mengikat fosfat serta terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman pada uji *in vivo* di rumah kaca. Hasil penelitian Hakim *et al.* (belum diterbitkan) menunjukkan tanaman gerunggang yang diinokulasi terbukti memiliki performa pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan pada tanaman yang tidak diinokulasi fungi endofit *P. citrinum*. Endofit pada tanaman memiliki efek yang bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan, spesies serta tanaman inangnya (Maulana *et al.*, 2017).

Tiga bahan pembawa, yakni serbuk kayu, dedak, dan tanah gambut diuji untuk mengetahui bahan apa yang paling efektif untuk pupuk hayati. Bahan-bahan ini merupakan bahan yang mudah diperoleh, terjangkau, serta umum digunakan sebagai bahan pembawa pupuk hayati (Zayed, 2016). Media kultur beras merupakan media alternatif untuk menumbuhkan bakteri dan fungi. Media ini cukup mudah dibuat dan lebih terjangkau sehingga cukup efektif sebagai media untuk produksi spora (Uthayasooryan *et al.*, 2016; Princy *et al.*, 2014). Beberapa penelitian menggunakan media kultur beras sebagai alternatif pengganti *Potato Dextrose Agar* (PDA) (Kalil *et al.*, 2017; Uthayasooryan *et al.*, 2016; Supriyanto & Sulistyowati, 2011). Berdasarkan hasil pengamatan, isolat *P. citrinum* isolat P3.10 tumbuh dengan baik pada media kultur beras. Hal ini karena media kultur beras menyediakan nutrisi bagi perkembangan fungi. Pada usia kultur 10 hari, spora sudah memenuhi seluruh media. Spora yang ada di media kultur beras diencerkan hingga 10^{-3} untuk memperoleh kepadatan suspensi sebesar 10^8 spora/ml.

Terdapat beberapa syarat bahan pembawa yang sebaiknya digunakan dalam pembuatan atau formulasi pupuk hayati yakni tidak beracun, mudah untuk disterilisasi, mudah dipindahkan, kapasitas menyerap yang baik, terjangkau, dan mudah diperoleh (Princy *et*

al., 2014). Selain itu, Pindi & Satyanarayana (2012) menambahkan bahwa bahan pembawa biofertilizer sebaiknya juga memiliki sifat yang dapat mempertahankan viabilitas mikroba serta kemampuan kontak dengan tanaman target. Pada penelitian ini, digunakan bahan pembawa, yakni dedak, serbuk kayu dan tanah gambut. Ketiga bahan pembawa ini memiliki karakteristik yang berbeda (Gambar 1). Ketiga bahan pembawa kemudian diinokulasi dengan spora fungi yang ditumbuhkan pada media kultur beras. Setelah diinkubasi selama 14 hari, terlihat miselia mulai memenuhi bahan pembawa. Berdasarkan hasil pengamatan visual, kecepatan pertumbuhan miselia paling tinggi adalah pada media dedak diikuti media serbuk kayu. Pada media pembawa gambut, jika diamati secara visual tidak nampak ada miselia tumbuh. Perbedaan kecepatan pertumbuhan miselia ini diduga dikarenakan adanya perbedaan nutrisi yang dikandung oleh masing-masing bahan pembawa.

Uji keefektifan bahan pembawa dilakukan untuk mengetahui bahan pembawa yang paling baik dan efektif untuk formulasi pupuk hayati dengan bahan dasar fungi endofit. Setelah pengamatan selama 14 hari, diketahui jumlah koloni paling banyak adalah pupuk dengan bahan pembawa dedak. Sebaliknya serbuk kayu memiliki jumlah koloni lebih sedikit dibanding dua bahan pembawa lainnya. Tingginya jumlah koloni pada dedak diasumsikan karena dibandingkan dengan bahan yang lain, dedak memiliki nutrisi paling tinggi. Jamur dalam pertumbuhannya membutuhkan nutrisi yang cukup sebagai sumber energi untuk pertumbuhan yang optimal. Sumber nutrisi tersebut diperoleh dari media atau substrat tempat tumbuh jamur tersebut. Dedak mengandung protein yang cukup (sekitar 11,35 %) sehingga yang cocok untuk pertumbuhan fungi, sebagai contoh yakni *Trichoderma harzianum* (Urulilal *et al.*, 2012). Perubahan jumlah koloni pada masing-masing bahan pembawa pupuk hayati disajikan pada Tabel 2. Setelah dilakukan analisis, diketahui bahwa bahan pembawa tidak mempengaruhi jumlah kelimpahan fungi yang ada pada pupuk hayati. Namun, kelimpahan ini dipengaruhi oleh lama penyimpanan. Lebih lanjut, hasil analisis juga menunjukkan tidak adanya interaksi pembawa dan lama penyimpanan pupuk hayati terhadap jumlah kelimpahan fungi.



Gambar 1. Bahan pembawa yang telah diinokulasi dengan *P. citrinum* isolat P3.10: (a) serbuk kayu, (b) dedak, dan (c) tanah gambut

Tabel 2. Perubahan jumlah koloni pada berbagai jenis bahan pembawa pupuk hayati yang disimpan pada suhu ruangan

Bahan Pembawa	Jumlah Koloni/gram (10^5)				
	Lama Penyimpanan (hari)				
	14	28	42	56	70
Gambut	17,18	5,62	5,83	5,52	4,06
Dedak	23,41	2,88	2,87	1,7	0,77
Serbuk Kayu	12,53	8,57	4,11	5,49	2,36

Tabel 3. Rekapitulasi F-hitung Pengaruh Bahan pembawa, metode penyimpanan, dan lama penyimpanan terhadap jumlah koloni biofertilizer

No	Sumber Keragaman	Jumlah Koloni (10^5) F-hit
1	Bahan Pembawa	0,297 ^{ns}
3	Lama penyimpanan	14,190*
5	Bahan Pembawa*lama simpan	1,403 ^{ns}

Ket : ns = tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%; * = berbeda nyata pada taraf uji 5%

Pada Tabel 1 diketahui bahwa setelah penyimpanan 14 - 28 hari, jumlah koloni pada semua bahan pembawa mengalami penurunan. Penurunan jumlah koloni ini diasumsikan terjadi karena adanya beberapa faktor yakni penurunan viabilitas fungi, penyerapan nutrisi oleh fungi yang terkandung dalam bahan pembawa tersebut (Kumar, 2014), serta penurunan kelembaban. Selain itu, penyimpanan akan mempengaruhi viabilitas dari fungi. Lebih lanjut, hasil uji menunjukkan bahwa lama penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah koloni pada pupuk hayati (Tabel 2). Sebagai contoh pada fungi *Bauveria bassiana* yang merupakan fungi

yang banyak digunakan sebagai biopestisida, viabilitas fungi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis dan asal isolat cendawan, umur cendawan, media pertumbuhan, media tempat perkecambahan, suhu, intensitas cahaya selama penyimpanan dan lama inkubasi (Resha *et al.*, 2014; Pindi & Satyanarayana, 2012).

Salah satu faktor yang menentukan kualitas pupuk hayati adalah jumlah kelimpahan koloni. Berdasarkan standar pupuk hayati yang mengacu pada Permentan No. 70 Tahun 2011 (Tabel 4), jumlah kelimpahan fungi yang disarankan pada pupuk hayati dengan bentuk tepung atau serbuk adalah 10^5 . Jika dibandingkan dengan bahan pembawa lainnya, gambut menjadi bahan yang paling stabil. Pada dedak, jumlah kelimpahan fungi sangat tinggi pada dua minggu pertama ($23,41 \times 10^5$), namun setelah disimpan pada empat minggu terdapat penurunan kelimpahan koloni ($2,88 \times 10^5$). Hal ini menyebabkan dedak diasumsikan sebagai bahan pembawa yang tidak efektif. Hasil lain ditunjukkan bahan pembawa serbuk kayu. Meskipun jumlah kelimpahan koloni cukup tinggi, diketahui serbuk kayu memiliki C/N rasio cukup tinggi sehingga dikhawatirkan dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.

Tabel 4. Karakteristik mutu pupuk organik berbagai bahan pembawa pada penyimpanan 4 minggu dibandingkan dengan standar mutu Permentan No. 70 Tahun 2011

Parameter	Standar Mutu	Hasil uji mutu pupuk organik pada bahan pembawa-pada penyimpanan 10 minggu		
		Tepung/Serbuk	Dedak	Gambut
Fungi	$\geq 10^5$ cfu/g berat kering contoh	$< 10^5$	$< 10^5$	$> 10^5$
Fungsional (Pelarut P)	Positif	na	na	na
C/N Rasio	15-25	22,73	39,28	300,23
Kadar air	≤ 35	18,65	20,13	15,58
Kontaminan :				
a. <i>E.coli</i>	$< 10^3$ MPN/gram	na	na	na
b. <i>Salmonella</i> sp.	$< 10^3$ MPN/gram			

Tabel 4 menunjukkan bahwa pupuk hayati dengan bahan pembawa tanah gambut memiliki kadar air sesuai dengan kriteria pupuk hayati yang disyaratkan oleh Permentan No. 70 Tahun 2011. Adapun kemampuan fungsional *P. citrinum* sebagai pelarut P sebelumnya telah diuji secara in vitro pada media PVK (Hakim *et al.*, 2017). Penggunaan gambut sebagai bahan pembawa pupuk organik sudah banyak diteliti dan digunakan. Tanah gambut baik digunakan sebagai pembawa pupuk hayati karena sifatnya yang mudah diaplikasikan, memiliki tekstur material yang tidak menggumpal, melekat baik kepada tanaman dan memiliki penyangga pH yang baik (Sahu & Bramaprakash, 2016; Malusa *et al.*, 2012; Somasegaran & Hoben, 1994). Gambut dari wilayah Indonesia baik digunakan sebagai bahan pembawa pupuk organik karena memiliki kelembaban yang cukup untuk bahan pembawa mikroba. Berdasarkan (Prihastuti, 2012; Simanungkalit *et al.*, 2010). Selain itu, Simanungkalit *et al.* (2010) menambahkan bahwa ada beberapa produk pupuk hayati yang komersial yang sudah menggunakan gambut sebagai bahan pembawa yakni *Bio-care* dan *Inoculant Service* produksi Australia. Meskipun banyak keunggulan gambut sebagai bahan pembawa, ada faktor-faktor pembatas gambut sebagai pembawa pupuk hayati yakni (a) kualitas gambut antar sat lokasi dengan yang lain berbeda (pH, komposisi bahan organik, populasi mikroba) (b) gambut dengan karakternya (contoh: pH) menghambat beberapa jenis mikroorganisme (Mona, 2016)

Meskipun bahan gambut disarankan dibanding bahan pembawa lain pada penelitian ini, hasil yang diperoleh belum memenuhi syarat jika dipasarkan karena masa simpan efektif yang relatif singkat yakni 28 hari atau empat minggu. Kondisi ini cukup jauh jika dibandingkan dengan standar penyimpanan pupuk hayati yang berbentuk padat yakni selama enam bulan

pada biofertilizer bentuk padat dan dua tahun pada biofertilizer bentuk cair (Brar *et al.*, 2012).

Singkatnya masa simpan pupuk hayati hingga saat ini menjadi salah satu hambatan besar dan hal ini menjadi salah satu hambatan besar dalam produksi dan aplikasi pupuk hayati. Beberapa teknologi dikembangkan untuk memperpanjang umur dari biofertilizer diantaranya melalui metode pengeringan. Menurut Suwahyono (2010), untuk meningkatkan durasi masa simpan bio-fertilizer, pengeringan dalam proses pembuatan inokulan perlu dilakukan. Salah satu cara yakni dengan mengeringkan serbuk konidia yang telah dipanen dengan menggunakan desikator atau lemari pendingin. Selain itu, inokulan dengan menggunakan *fluid bed dryer* atau mesin pengering cairan. Metode ini merupakan pengeringan dengan menggunakan alat yang didesain sedemikian rupa sehingga ada uap air yang mengarah ke bahan biofertilizer (Sahu & Bramaprakash, 2016). Metode ini banyak diaplikasikan untuk makanan. Melalui menggunakan metode ini produk dikeringkan pada suhu 37 °C - 38 °C. Pada suhu tersebut, peluang mikroorganisme untuk tumbuh terbatas karena kadar air yang rendah, sehingga kontaminasi berkurang.

KESIMPULAN

Jenis bahan pembawa dan masa simpan merupakan faktor yang penting dalam formulasi pupuk hayati. Pupuk hayati berbahan dasar fungi endofit *P. citrinum* isolat P3.10 menunjukkan bahwa bahan pembawa gambut lebih baik digunakan dibandingkan serbuk kayu dan juga dedak, karena relatif stabil dalam mempertahankan dapat mempertahankan viabilitas fungi yang ada di pupuk hayati hingga 28 hari penyimpanan serta memiliki C/N rasio yang lebih rendah (39,28) dibandingkan dengan bahan pembawa lain yakni dedak dan serbuk kayu (300,23).

SARAN

Uji metode dalam formulasi dan penambahan bahan lain seperti penggunaan konsorsium mikroba atau zat organik lain perlu dilakukan agar diperoleh pupuk hayati yang efektif dengan jumlah fungi yang viabel lebih tinggi dan masa simpan yang lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Annisa, Gravi Margasetha, dan Budi Hermawan, dan Ahmad Ali Musthofa yang membantu kegiatan laboratorium selama pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh DIPA 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, A. E., Meji, L. C., Kylo, D., Rojas, E. I., Maynard, Z., Robbins, N., & Herre, E. A. (2003). Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *PNAS*, 100(26), 15649–15654.
- Arnold, E. (2001). Diversity and Ecology of Fungal Endophytes in Tropical Forests. In *Biodiversity of fungi: Their Role in Human Life* (pp. 49–68).
- Brahmaprakash, G. P., & Sahu, P. K. (2012). Biofertilizers for Sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science*, 92(1), 37–62.
- Brar, S. K., Sarma, S. J., & Chaabouni, E. (2012). Shelf-life of Biofertilizers: An Accord between Formulations and Genetics. *Journal Biofertilizers & Biopesticides*, 3(5). <http://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e109>
- Gopalan, T. S., Shaanker, V., Ravikanth, R. U., & Sengupta, A. (2017). Translating Endophyte Research to Applications: Prospects and Challenges to Applications: Prospects and Challenges. In J. de Azevedo & M. Quecine (Eds.), *Diversity and Benefits of Microorganism from the Tropics* (pp. 342–365). Springer International Medicine. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-55804-2>
- Hakim, S. S., Yuwati, T. W., & Nurulita, S. (2017). Isolation of Peat Swamp Forest Foliar Endophyte Fungi as Biofertilizer. *Journal of Wetland Environmental Management*, 5(1), 10–17.
- Kalil, M. I., Hussein, G. S., & Shareef, A. M. (2017). Aflatoxin production and genes assay in *Aspergillus flavus* isolated from spices. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology and Engineering*, 6(9), 60–67.
- Kementrian Pertanian. (2016). Pupuk Terdaftar. Jakarta: Kementrian Pertanian Direktorat Jendral Prasarana dan Sarana Penelitian Direktori Pupuk dan Pestisida.
- Khan, S. A., Hamayun, M., Yoon, H., Kim, H.Y., Suh, S.J., Hwang, S. K., ... Kim, J.-G. (2008). Plant growth promotion and *Penicillium citrinum*. *BMC Microbiology*, 8, 231. <http://doi.org/10.1186/1471-2180-8-231>
- Kumar, V. (2014). Characterization, bio-formulation development and shelf-life studies of locally isolated bio-fertilizer strains. *Octa Journal of Environmental Research*, 2(1), 32–37.
- Lestari, Y., & Mukhlis. (2017). Mikroba Potensial pada Ekosistem Lahan Rawa. In Masganti, Noor, M., Alwi M., Subagio, H., Simatupang, S., Maftuah, E., F. Arifin, Aries, S.M. Thamrin, M., . Sosiawan (Eds.), *Agroekologi Rawa* (1st ed., pp. 288–310). Depok: Rajawali Pers.
- Malusa, E., Sas-Paszt, I., & Cieselka, J. (2012). Technologies for Beneficial Microorganisms Inocula Used as Biofertilizers. *The Scientific World Journal*, 491206, 1–12. <http://doi.org/10.1100/2012/491206>
- Maulana, A. F., Turjaman, M., & Hashimoto, Y. (2017). Nutrient Concentration in Growth Medium Affects Relationship between Root Endophytic Fungi and Host Plant. *Journal of Experimental Agriculture International*, 18(5), 1–11. <http://doi.org/10.9734/JEAI/2017/37487>
- Maulana, A. F., Turjaman, M., Sato, T., Hashimoto, Y., & Cheng, W. (2018). Isolation of endophytic fungi from tropical forest in Indonesia. *Symbiosis*, 76(2), 151–162.
- Mejia, L. C., Rojas, E. I., Maynard, Z., Bael, S. Van, Arnold, A. E., Hebbbar, P., Samuel, G. J., Robbins N, Allen, E. (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biological Control*, 46, 4–14. <http://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.012>
- Mishra, P., & Dash, D. (2014). Rejuvenation of Biofertilizer for Sustainable Agriculture and Economic Development. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 11(1), 41–61.
- Mona, S. Z. (2016). Advances in Formulation Development Technologies. In D. P. Singh, H. B. Singh, & R. Prabha (Eds.), *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity Vol 2: Functional Applications* (pp. 219–238). New Delhi: Springer India. http://doi.org/10.1007/978-81-322-2644-4_14
- Nicoletti, R., Buommino, E., & Tufano, M. A. (2012). Patenting *Penicillium* Strains. *Recent Patens on Biotechnology*, 6(2), 1–16 Pindi, P. K., & Satyanarayana, S. (2012). Liquid Microbial Consortium- A Potential Tool for Sustainable Soil Health. *J Biofertil Biopestici*, 3(4). <http://doi.org/10.4172/2155-6202.1000124>.
- Pal, S., Singh, H. B., Farooqui, A., & Rakshit, A. (2015). Fungal biofertilizers in Indian agriculture: perception, demand and promotion. *Journal of Eco-Friendly Agriculture*, 10(2), 101–113.
- Pandey, A., Das, N., Kumar, B., Rinu, K., & Trivedi, P. (2008). Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. isolated from soil samples of Indian Himalayan region. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(1), 97–102. <http://doi.org/10.1007/s11274-007-9444-1>
- Pindi, P. K., & Satyanarayana, S. (2012). Liquid Microbial Consortium- A Potential Tool for Sustainable Soil Health. *J Biofertil Biopestici*, 3(124). <http://doi.org/10.4172/2155-6202.1000124>
- Prihastuti. (2012). Karakteristik Gambut Rawa Pening dan Potensinya sebagai Bahan Pembawa Mikroba. *Biosfera*, 29(2), 109–115.
- Princy, T., Balamurugan, A., Nepolean, R. J. P., Mareeswaran, J., Kuberan, T., & Premkumar, R. (2014). Studies on mass multiplication and shelf-life of biofertilizers formulation used in tea. *American-*

- Eurasian J. Agriculture and Environmental Science, 14(May), 580–583.
<http://doi.org/10.5829/idosi.ajeaes.2014.14.06.12372>
- Resha, N., Himawan, T., & Rachmawati, R. (2014). Pengaruh pengkayaan media dan suhu penyimpanan terhadap kerapatan dan viabilitas konidia jamur patogen serangga *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae). Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan, 2(3), 42–50.
- Rodriguez, R., White-Jr, J., Arnold, A., & Redman, R. (2009). Fungal endophytes : diversity and functional roles. New Phytologist, 182, 314–330.
- Sahu, P. K. & Bramaprakash, G. (2016). Formulations of Biofertilizers-Approaches and Advances. In D. P. Singh, R. Prabha, & H. B. Singh (Eds.), *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*: (pp. 179–198). New Delhi: Springer India.
- Simanungkalit, R., Ardi Suriadikarta, D., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. (2010). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Jakarta: Balai Pustaka.
- Sukara, E., & Tobing, I. S. L. (2008). Industri berbasis keanekaragaman hayati, masa depan indonesia. Vis Vitalis, 01(2), 1–12.
- Suryanarayanan, T. S., Murali, T. S., & Venkatesan, G. (2002). Occurrence and distribution of fungal endophytes in tropical forests across a rainfall gradient. Canadian Journal of Botany, 80(8), 818–826.
<http://doi.org/10.1139/b02-069>
- Sutjaritvorakul, T., Whalley, A., Sihanont, P., & Roengsumran, S. (2010). Antimicrobial activity from endophytic fungi isolated from plant leaves in Dipterocarpaceous forest at Viengsa district Nan province , Thailand. Journal of Agriculture Techomology, 6(2), 309–315.
- Supriyanto, & Sulistyowati, H. (2011). Pengembangan PGPF menjadi pupuk dan pestisida hayati. J. Perkebunan Dan Lahan Tropika, 1, 19–27.
- Suwahyono U. (2010). *Biopestisida: Cara Membuat dan Petunjuk Penggunaan* (Cet.1). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Uruilal, C., Kalay, A., Kaya, E., & Siregar, A. (2012). Pemanfaatan kompos ela sagu, sekam dan dedak sebagai media perbanyakan agens hayati. Agrologia, 1(1), 21–30.
- Uthayasooriyan, M., Pathmanathan, S., Ravimannan, N., & Sathyaruban, S. (2016). Formulation of alternative culture media for bacterial and fungal growth. Der Pharmacia Lettre, 8(1), 431–436.