BAKTERI PELARUT P DAN PENAMBAT N PADA PUPUK ORGANIK GRANUL BERBAHAN BAKU LIMBAH PADAT ORGANIK

Solvent P and Fastening N Bacteria in Granules Organic Fertilizer Made from Organic Solid Waste

Firman L. Sahwan

Pusat Teknologi Lingkungan (BTL)

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Gedung 820 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314

Email: firman.laili@bppt.go.id

Diterima: 21 Nopember 2014; Diperiksa: 26 Nopember 2014; Revisi: 11 Desember 2014; Disetujui: 22 Desember 2014

Abstract

Granules Organic Fertilizer (GOF) made from organic solid waste is produced to push farmers to re-use of organic fertilizers, so that the quality and productivity of agricultural land can be improved, particularly C-organic content. The quality of the GOF itself can be improved by adding biofertilizer, in order to increase its functional microbial populations. On organic materials that have been or in the process of decomposition is known to contain functional microbes. The study was conducted in order to know the existence of a functional microbial populations in the GOF, particularly phosphate solvent and fastening N₂ bacterias, before and after enriched with biological fertilizers. The results showed high population of phosphate solvent and fastening N₂ bacterias are involved in the decomposition of organic matter, and microbes are still exist even though the organic material has been processed to be GOF. Range of population of the phosphate solvent bacterias before-enriched biofertilizer is: 2.7×10^6 - 4.7×10^7 cfu/g, and of the fastening N₂ bacterias is: 4.2×10^8 - 2.2×10^{10} cfu/g. This value already meets the criteria of enriched GOF with biofertilizer. The adding of biofertilizer on GOF, does not indicate an increase of population of phosphate solvent and fastening N₂ bacterias that naturally exist in GOF.

Keywords: organic solid waste, granule organic fertilizer, bio fertilizer, functional microorganism, microbial population

Abstrak

Pupuk organik granul (POG) berbahan baku limbah padat organik, banyak diproduksi untuk memacu petani agar mau menggunakan kembali pupuk organik, sehingga kualitas dan produktivitas lahan pertanian dapat ditingkatkan, khususnya kandungan C-organiknya. Kualitas POG sendiri dapat ditingkatkan dengan menambahkan pupuk hayati, agar populasi mikroba fungsionalnya meningkat. Pada bahan organik yang sudah atau dalam proses dekomposisi diketahui sudah mengandung mikroba fungsional. Penelitian ini dilakukan dalam rangka mengetahui keberadaan populasi mikroba fungsional pada POG, khususnya bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂, sebelum dan setelah diperkaya dengan pupuk hayati. Hasil penelitian menunjukkan tingginya populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ yang terlibat dalam proses dekomposisi bahan organik, dan mikroba tersebut tetap ada walaupun bahan organik tersebut telah diproses lanjut menjadi POG. Rentang nilai populasi bakteri pelarut fosfat pada POG sebelum diperkaya pupuk hayati sebesar: 2.7×10^6 - 4.7×10^7 cfu/g, dan untuk bakteri penambat N₂ sebesar: 4.2×10^8 - 2.2×10^{10} cfu/g. Nilai tersebut sudah memenuhi kriteria POG yang diperkaya dengan pupuk hayati. Secara populasi total, penambahan pupuk hayati pada POG, tidak mengindikasikan adanya peningkatan populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ yang secara alamiah sudah ada di POG.

Kata kunci: aktivasi kimia, minyak mentah, jerami padi

1. PENDAHULUAN

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk

meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah [1].

Sedangkan yang dimaksud dengan pupuk organik granul (POG) adalah pupuk organik yang diproses lebih lanjut menggunakan *pan granulator* dan peralatan yang lain sehingga menjadi berbentuk butiran (granul), dengan tujuan untuk

memudahkan para petani pada saat menggunakan (mudah ditebar), efisien dalam penggunaan (tidak mudah terbawa air dan angin), selain faktor kebiasaan petani yang sudah terbiasa menggunakan pupuk kimia berbentuk granul.

Pupuk Organik Granul (POG) saat ini banyak diproduksi. Sebagai gambaran jumlah POG yang diadakan oleh Kementerian Pertanian adalah sebagai berikut: untuk POG bersubsidi, tahun 2009 dialokasikan 0,45 juta ton dan tahun 2010 dialokasikan 0,91 juta ton. Sedangkan untuk POG bantuan langsung, tahun 2009 dialokasikan 0,19 juta ton dan tahun 2010 dialokasikan 0,32 juta ton. Jumlah tersebut untuk mendukung kebutuhan pupuk organik sebesar 4,67 juta ton untuk tahun 2009 dan 4,14 juta ton untuk tahun 2010 [2].

Program bantuan langsung POG maupun POG bersubsidi bertujuan untuk menggairahkan kembali penggunaan pupuk organik oleh petani, khususnya yang berbentuk granul. Hal ini dilakukan dalam rangka memperbaiki kualitas lahan pertanian, khususnya untuk meningkatkan kandungan C-organik tanah yang 73% tergolong rendah (<2%), 23% tergolong sedang (2-3%) dan hanya 4% yang tergolong tinggi (>3%) [3]. Secara lebih spesifik, Badan Litbang Pertanian menyatakan bahwa 65% dari 7,9 juta hektar lahan sawah di Indonesia memiliki kandungan bahan organik rendah sampai sangat rendah (C-organik <2%) [4].

Menurunnya kandungan bahan organik (C-organik) lahan pertanian, terutama disebabkan oleh:

- Pemahaman yang kurang memadai tentang fungsi bahan organik [5].
- Bagian-bagian tanaman yang tidak dimanfaatkan pada saat panen tidak dikembalikan lagi ke dalam tanah [3] [5].
- Penggunaan pupuk kimia dengan dosis tinggi dan terus menerus dalam jangka waktu lama serta tidak diimbangi dengan penggunaan pupuk organik (pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos) [4].
- Intensitas pertanaman yang tinggi dengan pengelolaan yang salah telah mengakibatkan pengurasan unsur hara tanah, sehingga terjadi defisit hara [3].
- Tingkat pelapukan dan pencucian intensif sebagai akibat curah hujan dan suhu yang tinggi [3].

Tanah umumnya mengandung 2-10 % bahan organik yang merupakan seluruh senyawa karbon di dalam tanah. Walaupun persentasenya sedikit, namun peranannya sangat penting terhadap kesuburan tanah dan nutrisi tanaman [6], sehingga bahan organik disebut sebagai nyawanya tanah [5].

Mengingat peran bahan organik yang sangat penting pada satu sisi dan adanya permasalahan bahan organik tanah pada sisi yang lain, maka penggunaan pupuk organik dalam bentuk granul untuk memperbaiki kualitas dan produktivitas lahan pertanian, merupakan upaya yang sangat tepat. Sejalan dengan kebijakan tersebut, terdapat

faktor-faktor yang mendorong peningkatan penggunaan pupuk organik yaitu: meningkatnya pemahaman yang benar mengenai fungsi pupuk organik; meningkatnya pencemaran lingkungan (tanah, udara, dan air) akibat penggunaan *agrochemical* yang berlebihan; makin mahal dan makin sukarnya memperoleh bahan baku pupuk buatan; meningkatnya permintaan terhadap produk pertanian organik; dan bahan baku pupuk organik yang banyak tersedia secara lokal dan terbarukan [5], serta kebijakan Go Organik 2010 [7].

Tujuan penggunaan POG dalam rangka peningkatan kualitas dan produktivitas lahan pertanian, tidak hanya untuk meningkatkan kandungan C-organiknya saja, melainkan juga untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan terutama kondisi biologi tanah, secara sekaligus.

Dengan demikian, POG merupakan pupuk yang sangat cocok dan dibutuhkan oleh tanah dan tanaman. Pendapat yang sangat populer saat ini beranggapan bahwa kualitas POG dapat ditingkatkan dari sisi kelimpahan mikroba fungsionalnya, dengan penambahan pupuk hayati, yaitu produk biologi aktif terdiri dari mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan, dan kesehatan tanah [1].

Mikroba fungsional umumnya dikelompokkan berdasarkan peran atau fungsinya. Peran yang utama dari kelompok mikroba tersebut adalah sebagai penyedia unsur hara seperti penambat N_2 dari udara, pelarut P dan hara yang lain. Dari kelompok mikroba tersebut, selain fungsi utamanya sebagai penyedia hara, ada juga yang mempunyai kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, dengan mensintesis berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon), serta kemampuan sebagai pengendali patogen yang berasal dari tanah. Untuk penelitian ini dibatasi pada bakteri pelarut fosfat dan penambat N (non simbiotik).

Bahan baku utama POG adalah pupuk organik, yaitu bahan organik yang telah mengalami proses penguraian (dekomposisi), oleh berbagai jenis mikroba. Seharusnya dari berbagai jenis mikroba pengurai tersebut, terdapat pula jenis mikroba fungsional. Hasil penelitian sebelumnya pada pupuk kompos yaitu bahan organik yang telah melalui proses komposting, menunjukkan keberadaan populasi bakteri pelarut fosfat sebanyak $1,1 \times 10^5$ – $6,6 \times 10^7$ cfu/g dan bakteri penambat N_2 sebanyak $3,6 \times 10^7$ – $2,8 \times 10^{10}$ cfu/g [8].

Pada saat pembuatan POG, terdapat suatu proses pengeringan menggunakan *rotary drier* dengan suhu 100-200 °C. Padahal, POG yang terekspos suhu di atas 100 °C selama beberapa detik atau menit di mesin pengering, dapat menyebabkan matinya aneka jenis mikroba fungsional yang ada di POG [9]. Dengan demikian secara matematis, populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N_2 yang ada di POG yang telah dikeringkan akan jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan yang ada pada bahan baku pupuk organik.

Tahapan terakhir dari pembuatan POG adalah penambahan pupuk hayati yang bertujuan untuk meningkatkan kelimpahan mikroba fungsional. Dengan proses tersebut, seharusnya populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ yang ada pada POG yang telah diperkaya akan meningkat dan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan populasi di POG setelah proses pengeringan.

Untuk itulah penelitian ini dilakukan dalam rangka membuktikan hipotesa di atas, yaitu menganalisis keberadaan populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ yang ada pada setiap tahapan proses pembuatan POG, khususnya sebelum dan setelah diperkaya dengan pupuk hayati.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis keberadaan populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ yang ada pada setiap tahapan proses pembuatan POG (khususnya sebelum dan setelah penambahan pupuk hayati) yaitu pada:

- Bahan organik setelah proses dekomposisi (bahan baku utama POG).
- Pupuk organik granul setelah proses pengeringan.
- Pupuk organik granul setelah proses penambahan pupuk hayati.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Proses pembuatan POG dilakukan di pabrik POG yang ada di Jombang, Jawa Timur dan Sidrap, Sulawesi Selatan. Penelitiannya dilakukan pada tahun 2011. Sedangkan pengambilan sampel dan analisa laboratorium dilakukan pada bulan Agustus 2011.

2.2 Tahapan Penelitian

2.2.1 Pembuatan POG

Bahan baku utama untuk pembuatan POG di Jombang dan Sidrap adalah kotoran sapi yang telah didiamkan dengan cara ditumpuk atau mengalami proses dekomposisi selama 1,5-2 bulan. Sedangkan proses pembuatan POG nya adalah sebagai berikut: pencampuran bahan baku utama dengan bahan baku tambahan, penggranulan (menggunakan *pan granulator*), pengeringan (menggunakan *rotary dryer*), pendinginan dan penyaringan. *Pan granulator* pada proses penggranulan diatur pada kemiringan 45 °C dan kecepatan putar 16-20 putaran permenit, *rotary dryer* pada proses pengeringan menggunakan suhu tinggi (100-200 °C), dan saringan yang digunakan pada proses penyaringan berukuran 2-5 mm. Proses pembuatan POG tersebut, relatif sama dengan yang dilakukan oleh pabrik POG pada umumnya [9] [10].

2.2.2 Penambahan Pupuk Hayati

Pupuk hayati yang digunakan mengandung mikroba fungsional *Bacillus sp.*, *Azospirillum sp.*,

dan *Alkaligenes sp.* Dosis pemakaian adalah 200 gram pupuk hayati padat dilarutkan ke dalam 20 liter larutan molasse 4%, untuk memperkaya 1 ton produk POG. Dengan menggunakan sprayer, pupuk hayati tersebut kemudian disemprotkan pada POG yang telah didinginkan.

2.2.3 Pengambilan Sampel dan Analisis Laboratorium

Sampel yang diambil dari masing-masing pabrik (Jombang dan Sidrap) terdiri dari 3 (tiga) jenis yaitu: bahan baku POG (bahan organik yang telah terdekomposisi), POG yang telah melalui proses pengeringan menggunakan mesin pengering, dan POG kering yang telah diperkaya dengan pupuk hayati. Sedangkan analisis populasi bakteri, dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor.

2.2.4 Parameter Analisis

Parameter analisis yang digunakan adalah: total bakteri pelarut fosfat dan total bakteri penambat N₂ (non simbiotik), yang mengacu pada Permentan 70 Tahun 2011 [1].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Mikroba Fungsional pada Proses Dekomposisi Bahan Organik

Mikroba fungsional merupakan kelompok mikroba tanah yang berfungsi sebagai penyedia hara dalam tanah melalui penambatan N₂ dari udara menjadi unsur N yang tersedia dalam tanah, serta melalui pelarutan fosfat dan hara lainnya yang tidak tersedia menjadi tersedia. Selain berfungsi sebagai penyedia hara [11], kelompok mikroba fungsional tersebut dapat pula berfungsi memacu pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon tumbuh (IAA, *giberillin*, *sitokinin*, *etilen*, dan lain-lain), menekan penyakit tanaman asal tanah (dengan memproduksi *siderofor glukonase*, *kitinase* dan *sianida*), meningkatkan serapan hara, meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan, menstabilkan agregat tanah dan lain-lain. Dari peran-peran tersebut, maka peran sebagai penyedia unsur hara, umumnya lebih terlihat atau lebih nyata dibandingkan dengan peran yang lain.

Mikroba fungsional penambat N₂ yang hidup bebas (non simbiosis) [12] terdiri dari:

- Bakteri fotosintetik: *Rhodospirillum*, *Rhodopseudomonas*, *Rhodomicrobium*, *Chromatium*, *Ectothiorhodospira*, *Triospirillum*, *Chlorobium*, dan *Chloropseudomonas*.
- Bakteri aerobik gram negatif: *Azotobacter*, *Azotomonas*, *Beijerinckia*, *Derxia* dan *Pseudomonas*.
- Bakteri anaerobik fakultatif gram negatif: *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia* dan *Flavobacterium*.
- Bakteri anaerobik gram negatif: *Desulfovibrio*.
- Bakteri pembentuk metan: *Methanobacterium*

dan *Methanobacillus*.

- Bakteri Analog Actinomycetes: *Mycobacterium*.
- Alga hijau-biru pembentuk heterosista: *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Aulosira*, *Chlorogloopsis*, *Cylindrospermum*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, *Mustigocladus*, *Stigonema*, *Microchaete*, *Scytonema*, *Tolypotrix* dan *Calothrix*.
- Alga hijau-biru yang tidak membentuk heterosista: *Anacystis*, *Aphanothece*, *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Microcystis*, *Chlorogloea*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Trichodesmium* dan *Plectonema*.

Sedangkan bakteri penambat N_2 yang hidup dengan cara bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan (Rhizobia) [12] terdiri dari 6 (enam) genus yang sudah diidentifikasi, dan 1 (satu) genus belum teridentifikasi yaitu: *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Allorhizobium* dan *Rhizobium galegae* yang belum teridentifikasi.

Mikroba pelarut fosfat umumnya terdiri dari bakteri dan sedikit ditemukan pada fungi. Mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok bakteri pelarut fosfat antara lain: *Pseudomonas striata*, *P. diminuta*, *P. fluorescens*, *P. cerevisia*, *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. denitrificans*, *P. rathonis*, *Bacillus polymyxa*, *B. laevolacticus*, *B. megatherium*, *Thiobacillus* sp., *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Escherichia freundii*, *Cunninghamella*, *Brevibacterium* spp., *Serratia* spp., *Alcaligenes* spp., *Achromobacter* spp., dan *Thiobacillus* sp. [13]. Sedangkan kelompok fungi yang dapat melarutkan fosfat antara lain: *Aspergillus niger*, *A. Awamori*, *Penicillium digitatum*, *P. bilaji*, *Fusarium*, *Sclerotium* [13] dan *Micoriza arbuscular* [14].

Untuk kelompok mikroorganisme yang dilaporkan berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman antara lain: *Trichoderma* dan *Aspergillus* untuk kelompok fungi [11]. Sedangkan untuk kelompok bakteri antara lain: *Pseudomonas*, *Serratia*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia* dan *Bacillus* [11].

Berbagai kelompok dari konsorsium mikroorganisme yang terutama terlibat dalam proses pengomposan atau dekomposisi bahan organik adalah bakteri, aktinomicetes dan fungi. Jenis-jenis dari kelompok mikroorganisme tersebut adalah [15].

- Bakteri: *Aerobacter* (*aerogenes*), *Bacillus megatherium*, *B. stearothermophilus*, *B. cereus*, *B. mycoides*, *Pseudomonas* sp. (tujuh isolat), *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp., *Sarcina* sp., *Cellulomonas folia*, *Chondrococcus exiguus*, *Mycococcus virescens*, *M. Fulvus*, *Thiobacillus thiooxidans*, *T. denitrificans*, *Proteus* sp. dan lain lain.
- Actinomycetes: *Nocardia brasiliensis*, *Thermospore viridis*, *T. curcata*, *Micromonospora parva*, *M. Vulgaris*, *Thermoactinomyces vulgaris*, *Actinoplanes* sp., *Thermopolyspora*

polyspora, *Pseudonocardia*, *Streptomyces violaceoruber*, *S. Thermoviolaceus*, *S. rectus*, *S. thermofuscus*, *S. thermovulgaris*, *Thermospore fusca*, *T. glaucus* dan lain lain.

- Fungi: *Rhizopus nigricans*, *Rhizoctonia* sp., *Geotrichum candidum*, *Mucor pusillus*, *Penicillium digitatum*, *Mucor racemosus*, *Torulopsis* sp., *Aspergillus flavus*, *Absidia* (*ramosa*), *Saccharomyces* sp., *Pulluloria* sp., *Phytium* sp., *Hanuseula* sp., *Trichoderma koningi*, *Talaromyces* (*Penicillium*) *duponti*, *Stysanus stemonitis*, *Glibotrys* (*alaboviridis*), *Humicola insolens*, *Humicola griseus* var. *Thermoideus*, *Absidis orchidis*, *Rhizopus arrhizus*, *Candida* (*parapsilosis*), *Cladosporium herbarum*, *Rhodotorula rubra*, *Aspergillus tamarii*, *Zygorhynchus vuilleminii*, *Trichosporon cutaneum*, *Verticillium* sp., *Synecephalastrum* sp., *Pichia* sp., *Cylindrocara* sp., *Chaetomium* (*thermophile*), *Lipomyces* sp., *Sporotrichum thermophile*, *Fusarium moniliforme* dan lain lain.

Dari jenis-jenis mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi, seperti yang tersebut di atas terdapat beberapa jenis yang termasuk kedalam golongan mikroba fungsional yaitu: *Bacillus megatherium* dan *Penicillium digitatum* [13]. Selain itu, ada pula beberapa jenis yang kemungkinan masuk ke dalam golongan mikroba fungsional yaitu: *Bacillus stearothermophilus*, *B. cereus*, *B. mycoides*, *Pseudomonas* sp. (tujuh isolat), *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp., *Thiobacillus thiooxidans*, *T. Denitrificans*, *Aspergillus flavus*, *Trichoderma koningi*, *Talaromyces* (*Penicillium*) *duponti*, *Aspergillus tamarii* dan *Fusarium moniliforme* [13].

3.2 Keberadaan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Bakteri Penambat N_2 pada POG sebelum Penambahan Pupuk Hayati

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat keberadaan bakteri pelarut fosfat pada bahan baku POG atau bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi. Hal ini sejalan dengan pendapat yang menyatakan bahwa bahan organik yang mengalami proses dekomposisi kaya akan mikroba fungsional, termasuk bakteri pelarut fosfat [15]. Sedangkan POG, umumnya dibuat dari bahan organik yang sudah mengalami proses dekomposisi [10].

Namun, hasil analisa laboratorium sampel bahan baku POG yang berasal dari Sidrap, menyatakan tidak terdeteksinya bakteri pelarut fosfat, sehingga seolah-olah bahan baku POG yang berasal dari Sidrap tidak mengandung bakteri pelarut fosfat. Kalau dicermati sampel POG yang lain, yaitu sampel POG setelah proses pengeringan dan sama-sama berasal dari Sidrap ternyata mengandung bakteri pelarut fosfat. Padahal bahan baku yang digunakan sama dan dengan proses pengeringan yang dilakukan seharusnya berdampak pada penurunan populasi mikroba, termasuk bakteri pelarut fosfat.

Berdasarkan kondisi tersebut, seharusnya bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi dan dijadikan sebagai bahan baku POG, secara alamiah sudah mengandung mikroba fungsional, termasuk bakteri pelarut fosfat.

Tabel 1. Keberadaan populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N_2 non simbiotik

Lokasi Pabrik POG	Jenis POG Berdasarkan Tahapan Pembuatan	Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (cfu/g)	Populasi Bakteri Penambat N_2 (cfu/g)
Jombang	Bahan baku POG (bahan organik yang terdekomposisi)	$2,7 \times 10^6$	$2,7 \times 10^9$
	POG setelah proses pengeringan	$4,1 \times 10^7$	$2,2 \times 10^{10}$
	POG setelah proses penambahan pupuk hayati	tidak terdeteksi	$1,2 \times 10^9$
Sidrap	Bahan baku POG (bahan organik yang terdekomposisi)	tidak terdeteksi	$8,5 \times 10^8$
	POG setelah proses pengeringan	$4,7 \times 10^7$	$4,2 \times 10^8$
	POG setelah proses penambahan pupuk hayati	$2,7 \times 10^7$	$4,1 \times 10^8$

Rentang nilai populasi bakteri pelarut fosfat, yang berasal dari bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi sebesar: $0-4,7 \times 10^7$ cfu/g. Rentang nilai tersebut diambil dari hasil analisa laboratorium sampel bahan baku POG dan sampel POG yang telah mengalami proses pengeringan. Namun kalau berpegang pada asumsi bahwa bahan baku POG yang berasal dari bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi secara alamiah sudah mengandung mikroba fungsional, termasuk bakteri pelarut fosfat, maka rentang nilai bakteri pelarut fosfat menjadi $2,7 \times 10^6-4,7 \times 10^7$ cfu/g. Rentang nilai tersebut, sejalan dengan hasil penelitian sejenis untuk sampel berupa aneka macam pupuk organik kompos, yang memperoleh rentang nilai bakteri pelarut fosfat sebesar: $1,1 \times 10^5-6,6 \times 10^7$ cfu/g [8].

Rentang nilai populasi bakteri pelarut fosfat sebesar: $2,7 \times 10^6-4,7 \times 10^7$ cfu/g, merupakan angka yang cukup tinggi, karena lebih tinggi dari 10^3 cfu/g sebagai persyaratan POG yang diperkaya menurut Permentan 70 Tahun 2011 [1]. Artinya, POG yang diproduksi secara alamiah sudah memiliki kandungan bakteri pelarut fosfat yang memenuhi syarat POG yang diperkaya dengan mikroba.

Sedangkan keberadaan bakteri penambat N_2 , sama dengan keberadaan bakteri pelarut fosfat, dan sejalan dengan pendapat ahli yang menyatakan bahwa bahan organik yang mengalami proses dekomposisi kaya akan mikroba fungsional, termasuk bakteri penambat N_2 [15].

Rentang nilai populasi bakteri penambat N_2 yang berasal dari bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi sebesar: $4,2 \times 10^8-2,2 \times 10^{10}$ cfu/g. Nilai tersebut berasal dari sampel bahan baku POG dan sampel POG yang telah mengalami proses pengeringan. Rentang nilai tersebut, sejalan dengan hasil penelitian sejenis untuk sampel berupa aneka macam pupuk organik

kompos, yang memperoleh rentang nilai bakteri penambat N_2 sebesar: $3,6 \times 10^7-2,8 \times 10^{10}$ cfu/g [8].

Rentang nilai populasi bakteri penambat N_2 sebesar: $4,2 \times 10^8-2,2 \times 10^{10}$ cfu/g, merupakan angka yang cukup tinggi, karena lebih tinggi dari 10^3 cfu/g sebagai persyaratan POG yang diperkaya menurut Permentan 70 Tahun 2011 [1]. Artinya, POG yang diproduksi, secara alamiah sudah memiliki kandungan bakteri penambat N_2 yang memenuhi syarat POG yang diperkaya dengan mikroba.

3.3 Keberadaan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Penambat N_2 Setelah Proses Pengeringan

Sudah menjadi pemikiran umum bahwa proses pengeringan menggunakan *rotary dryer* (mesin pengering) yang melibatkan suhu tinggi sampai $100-200^\circ\text{C}$ [9] akan mematikan mikroba fungsional yang sudah ada pada bahan baku POG. Oleh karena itu, seharusnya populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N_2 pada POG setelah pengeringan akan lebih kecil dibandingkan dengan yang ada pada bahan baku POG.

Hasil penelitian menggambarkan yang sebaliknya. Bakteri pelarut fosfatnya lebih tinggi pada produk POG setelah dikeringkan, baik untuk sampel dari Jombang maupun dari Sidrap. Sedangkan untuk bakteri penambat N_2 , menunjukkan karakter yang berbeda. Setelah proses pengeringan populasinya meningkat untuk sampel dari Jombang dan menurun untuk sampel dari Sidrap.

Namun, hasil tersebut tidak dapat menyimpulkan bahwa pemanasan dengan suhu tinggi tidak berpengaruh terhadap populasi mikroba yang terlibat dalam proses dekomposisi termasuk bakteri pelarut fosfat dan penambat N_2 . Apalagi kalau dikatakan bahwa proses pemanasan dengan suhu tinggi dapat meningkatkan populasi mikroba fungsional. Penjelasannya adalah karena POG yang terekspos suhu di atas 100°C selama beberapa detik atau menit di mesin pengering, mengakibatkan matinya aneka jenis mikroba fungsional yang ada di POG [9], dan hanya sedikit mikroba yang terlibat dalam proses dekomposisi dapat hidup pada suhu tinggi ($65-90^\circ\text{C}$) [15]. Hasil penelitian lain menunjukkan adanya indikasi pengaruh pemanasan dengan *rotary dryer* terhadap penurunan populasi mikroba [8].

Kondisi hasil penelitian seperti tersebut diatas terjadi karena keterbatasan sampel penelitian, yaitu hanya satu sampel untuk masing-masing tahapan proses produksi POG. Selain itu, sampel untuk masing-masing proses tidak berasal dari satu bahan yang sama. Untuk itu, kalau ingin mendapatkan kesimpulan yang lebih akurat, diperlukan desain penelitian yang lebih khusus, yakni masing-masing sampel berasal dari satu bahan yang sama dengan jumlah sampel yang mencukupi. Akan lebih baik kalau analisa jenis bakteri dilakukan sampai level spesies.

3.4 Keberadaan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Penambat N₂ Setelah Penambahan Pupuk Hayati

Tujuan penambahan pupuk hayati yang mengandung bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ adalah untuk meningkatkan populasi kedua bakteri tersebut pada produk POG, khususnya bakteri-bakteri tertentu yang punya kemampuan khusus untuk meningkatkan kualitas tanah dan tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat maupun penambat N₂ pada produk POG tidak meningkat, setelah diberikan penambahan pupuk hayati. Bahkan hasil yang ditunjukkan oleh penelitian ini menggambarkan yang sebaliknya. Produk POG yang diperkaya dengan pupuk hayati, memiliki kandungan bakteri pelarut fosfat maupun penambat N₂ yang lebih kecil dibandingkan dengan yang ada di POG yang belum diperkaya, yaitu pada bahan baku POG maupun POG setelah proses pengeringan.

Ada beberapa hal yang kemungkinan dapat mempengaruhi hasil di atas yaitu:

- Hasil penelitian menunjukkan sangat tingginya populasi bakteri pelarut fosfat maupun penambat N₂ pada produk POG yang belum ditambahkan pupuk hayati, karena bahan bakunya merupakan bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi [14]. Akibatnya adanya penambahan bakteri pelarut fosfat maupun penambat N₂ yang baru, kalau populasinya tidak lebih tinggi dari yang sudah ada, maka pengaruhnya tidak akan terlihat.
- Teknik atau cara dari proses penambahan pupuk hayati atau pengayaan dengan mikroba fungsional, kemungkinan tidak sesuai dengan cara yang dianjurkan oleh pihak produsen pupuk hayati. Akibatnya proses penambahan pupuk hayati menjadi tidak efektif karena banyaknya kematian mikroba fungsional yang ada di pupuk hayati, sebagai akibat perlakuan yang salah.
- Analisa bakteri hanya pada level populasi. Sebaiknya sampai pada level spesies. Kalau ini dilakukan akan lebih jelas bagaimana keberadaannya spesies dari bakteri yang ada di pupuk hayati (*Bacillus sp.*, *Azospirillum sp.* dan *Alkaligenes sp.*) setelah ditambahkan pada POG. Mungkin saja keberadaan populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ tidak meningkat, tetapi khusus ketiga spesies bakteri yang ada di pupuk hayati, terjadi peningkatan.

4. KESIMPULAN

Keanekaragaman jenis dan populasi mikroba fungsional yang terlibat dalam proses penguraian (dekomposisi) bahan organik cukup tinggi, dan mikroba tersebut tetap ada meskipun bahan organik tersebut telah diproses lanjut menjadi POG. Rentang nilai populasi bakteri pelarut fosfat yang secara alamiah sudah ada pada POG (sebelum proses penambahan pupuk hayati)

sebesar: $2,7 \times 10^6$ - $4,7 \times 10^7$ cfu/g. Sedangkan rentang nilai populasi bakteri penambat N₂ sebesar: $4,2 \times 10^8$ - $2,2 \times 10^{10}$ cfu/g. Nilai tersebut sudah memenuhi kriteria POG yang diperkaya dengan pupuk hayati. Secara populasi total, penambahan pupuk hayati pada POG, tidak mengindikasikan adanya peningkatan populasi bakteri pelarut fosfat dan penambat N₂ yang secara alamiah sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2009. Peraturan Menteri Pertanian No 70/Permentan/SR.140/10/2011, Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 664.
2. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2010. Pelaksanaan PSO Subsidi Benih dan Pupuk Tahun Anggaran 2010. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Jakarta.
3. Las, I., 2010. Arah dan Strategi Pengembangan Pupuk Majemuk NPK dan Pupuk Organik, Seminar Nasional Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produksi dan Swasembada Beras Berkelanjutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta.
4. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2010. Pemulihan Kesuburan Tanah pada Lahan Sawah Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian dan Ditjen Tanaman Pangan, Jakarta.
5. Iswandi, A., 2010. Peranan Pupuk Organik dan Pupuk Hayati dalam Peningkatan Produktivitas Beras Berkelanjutan. Makalah pada Seminar Nasional Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produksi dan Swasembada Beras Berkelanjutan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta.
6. Munawar, A., 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman, IPB Press, Bogor.
7. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2010. Go Organik 2010
8. Sahwan, F.L., S. Wahyono dan F. Suryanto, 2011. Evaluasi Populasi Mikroba Fungsional pada Pupuk Organik Kompos (POK) Murni dan Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Pupuk Hayati. Jurnal Teknologi Lingkungan, Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT, 12 (2):187-196.
9. Wahyono, S., F.L. Sahwan dan F. Suryanto, 2011. Membuat Pupuk Organik Granul dari Aneka Limbah. PT Agro Media Pustaka, Jakarta.
10. Sahwan, F.L., S. Wahyono dan F. Suryanto, 2011. Evaluasi Proses Produksi Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Mikroba Fungsional. Jurnal Teknologi Lingkungan,

- Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT, 12 (1):7-16.
11. Husen, E., R. Saraswati dan R.D. Hastuti, Rizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman, Di dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (*Organic Fertilizer and Bio Fertilizer*). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
 12. Simanungkalit, R.D.M., R. Saraswati, R.D. Hastuti dan E. Husen, 2006. Bakteri Penambat Nitrogen, Di dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (*Organic Fertilizer and Bio Fertilizer*). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
 13. Ginting, R.C.B., R. Saraswati dan E. Husen, 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat, Di dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (*Organic Fertilizer and Bio Fertilizer*). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
 14. Simanungkalit, R.D.M., 2006. Cendawan Mikoriza Arbuskuler, Di dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (*Organic Fertilizer and Bio Fertilizer*). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
 15. Epstein, E., 1997. The Science of Composting. Technomic Publishing Company Inc., USA. Instrumen IR