

**PENENTUAN PEMAKAIAN DOSIS DAN MACAM BIOFERTILIZER
DALAM PEMBUATAN PUPUK ORGANIK PADAT TERHADAP
KANDUNGAN UNSUR MAKRO NUTRIEN DAN ANALISIS FINANSIAL**

*Determination of Dosage and Usage Range of Bio-fertilizer In The
Manufacture of Organic Fertilizer of Macro Elements Content Against Solid
Nutrient and Financial Analysis*

Catur Rini Sulistyaningsih* dan Sri Harsono

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Univet Bantara Sukoharjo,
Jl. Letjen Sujono Humardani No. 1 Jombor Sukoharjo, Kode pos 57512,
email : caturinisulistyaningsih@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study is to (1) find out the influence of organic fertilizers in the form of bio-fertilizer deployment puktan with a dose of 0.4 liters/100 kg of livestock excrement, and starter MOLE with a dose of 0.4 liters/100 kg of excrement of livestock in accordance with the standardization of Fertilizer compost N0:28/Permentan/SR.130/5/2009,22 May 2009, and 2005 to plant vegetables (spinach, mustard greens and kale), (2) know the size of the dose and manner of bio-fertilizer is most effective in the manufacture of solid organic fertilizers towards growth and crop production (spinach, mustard greens and sprouts land) (3) to know financial analysis results for organic fertilizer which fermented by starter bio-fertilizer MOL and bio-fertilizer Puktan. The best results from the various levels of the dose and type of bio-fertilizers will be produced for the next use to increase the production of vegetable crops in the form of spinach, kale and mustard greens. All the data obtained were analyzed using analysis of varian, i.e. the factorial design. When there are different results continued with a real difference test between the mean i.e. Duncan (DMRT) Test with SPSS model analysis. From the results of the analysis, the use of dose and range of bio-fertilizer in the manufacture of solid organic fertilizers provide a significant impact towards growth and crop production, the most effective against land Cress plant growth than spinach and mustard greens. Whereas against production, are most effective in plant mustard greens. The results of the economic analysis fertilizer prices are fermented with bio-fertilizer starter MOL apparently gained provit larger compared with the fermented fertilizer with bio-fertilizer Puktan (USD 503/kg > Rp 470/kg).

Keywords: bio-fertilizer, production, profit, solid organic fertilizer of vegetable crops

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui pengaruh pengaplikasian pupuk organik berupa biofertilizer puktan dengan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak, dan starter MOL dengan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak sesuai dengan Standarisasi Pupuk kompos N0: 28/Permentan/SR.130/5/2009,22 Mei 2009, dan 2005 ke tanaman sayuran (bayam, sawi hijau dan kangkung darat), (2) mengetahui ukuran dosis dan macam biofertilizer yang paling efektif dalam pembuatan pupuk organik padat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman (bayam, sawi hijau dan kangkung darat) (3) mengathui hasil analisis finansial untuk pupuk organik yang difermentasikan dengan biofertilizer starter MOL dan biofertilizer Puktan.Hasil terbaik dari berbagai level dosis

dan jenis biofertilizers akan diproduksi untuk selanjutnya digunakan untuk peningkatan produksi tanaman sayur yang berupa bayam, kangkung darat dan sawi hijau. Semua data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis variansi, yaitu Rancangan Faktorial. Apabila terdapat hasil yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji beda antar mean yaitu Uji Duncan (DMRT) dengan model SPSS analisis. Dari hasil analisis, pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik padat memberikan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, yang paling efektif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat dibandingkan bayam dan sawi hijau. Sedangkan terhadap produksi, yang paling efektif yaitu pada tanaman sawi hijau. Hasil analisis ekonomi harga pupuk yang fermentasinya dengan biofertilizer starter MOL ternyata memperoleh provit lebih besar dibandingkan dengan pupuk yang fermentasinya dengan biofertilizer Puktan (Rp 503/kg > Rp 470/kg).

Kata Kunci : biofertilizer, produksi, profit, pupuk organik padat tanaman sayur

PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas lahan dan pemuliaan tanaman serta ternak berkembang pesat mendukung kebutuhan pangan. Pupuk merupakan faktor kunci dalam peningkatan produksi pertanian. Penggunaan pupuk kimia otomatis meningkat tajam karena pupuk merupakan faktor kunci dalam peningkatan produksi pertanian. Pemakaian pupuk kimia (anorganik) yang berlebihan dan terus menerus, tanah menjadi masam, akibatnya banyak unsur hara yang terikat dan tidak dapat dimobilisir oleh tanaman, kondisi demikian akan berakibat produktivitas tanaman menjadi rendah. Tingginya persentase tanah marjinal dan lahan tidur di Indonesia, dengan kondisi pH rendah dan atau tinggi (pada tanah berkapur), dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Indonesia memiliki tanah berkapur (kars) cukup luas, dan kendala kondisi tanah berkapur, persediaan air berlimpah, tetapi jauh dibawah permukaan tanah, yang sulit terjangkau oleh akar tanaman, sehingga penyerapan air oleh akar menjadi penghambat pertumbuhan. Berkembang pesatnya sektor peternakan, bertambah pula limbah yang dihasilkan baik berupa limbah padat dan limbah cair. Pemanfaatan limbah peternakan belum optimal, khususnya pada peternakan rakyat atau tradisional. Limbah padat dari kotoran ternak berpotensi menggantikan pupuk kimia serta memperbaiki unsur hara yang ada di dalam tanah. Untuk memperoleh hasil pupuk organik yang maksimal dengan bahan baku kotoran ternak perlu ditambahkan biofertilizers.

Biofertilizer adalah pupuk organik yang mengandung mikroorganisme non simbiotik yang mampu memfikasi Nitrogen, menambang P (Fosfor), atau berfungsi sebagai dekomposer (Deshmukh *et al.*, 2007). Mikroba bermanfaat dapat sebagai pupuk hayati (*biofertilizers*) yaitu pemanfaatan inokulan yang mengandung sel hidup atau

dorman untuk meningkatkan ketersediaan hara dan pertumbuhan tanaman. Berdasarkan pengertian ini, yang termasuk pupuk hayati antara lain adalah mikroba penambat N baik simbiotik maupun non simbiotik, mikroba pelarut fosfat, mikroba penghasil fitohormon dan cendawan mikoriza. Prinsip penggunaan pupuk hayati adalah memanfaatkan kerja mikroorganisme tertentu dalam tanah yang berperan sebagai penghancur bahan organik, membantu proses mineralisasi atau bersimbiosis dengan tanaman dalam menambat unsur-unsur hara sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman (Simarmata dan Yuwariah, 2007).

Azotobacter merupakan bakteri non simbiosis yang hidup di daerah perakaran. Dijumpai hampir pada semua jenis tanah, tetapi populasinya relatif rendah. *Azotobacter* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui pasokan nitrogen udara, pasokan pengatur tumbuh, mengurangi kompetisi dengan mikroba lain dalam menambat nitrogen, atau membuat kondisi tanah lebih menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman. Ada dua pengaruh positif *Azotobacter* terhadap pertumbuhan tanaman yaitu mempengaruhi perkecambahan benih dan memperbaiki pertumbuhan tanaman (Rahmawati, 2005).

Penggunaan mikroba pelarut P sebagai pupuk hayati mempunyai keunggulan antara lain hemat energi, tidak mencemari lingkungan, mampu membantu meningkatkan kelarutan P yang terjerap, menghalangi terjerapnya P pupuk oleh unsur-unsur penjerap dan mengurangi toksisitas Al^{3+} , Fe^{3+} dan Mn^{2+} terhadap tanaman pada tanah masam. Pada jenis-jenis tertentu, mikroba ini dapat memacu pertumbuhan tanaman karena menghasilkan zat pengatur tumbuh, serta menahan penetrasi patogen akar karena sifat mikroba yang cepat mengkolonisasi akar dan menghasilkan senyawa antibiotik (Elfiati, 2005). Mikroba pelarut fosfat secara tunggal dapat meningkatkan produksi tanaman 20%-73% dan secara langsung mampu meningkatkan pelarutan P terikat tanah sehingga P tersedia dalam tanah semakin meningkat (Yafizham, 2003 *cit* Dermiyati *et al.*, 2009).

Cendawan mikoriza dengan tanaman inangnya mendatangkan manfaat positif bagi keduanya (simbiosis mutualistik). Bagi tanaman inang, adanya asosiasi ini, dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi pertumbuhannya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung, cendawan mikoriza berperan dalam perbaikan struktur tanah, meningkatkan kelarutan hara dan proses pelapukan bahan induk. Sedangkan secara langsung, cendawan mikoriza dapat meningkatkan serapan air, hara dan melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik (Douds and Johnson, 2007; Chairuman, 2008). De La Cruz (1981) *cit* Octavitani (2009) membuktikan bahwa mikoriza mampu menggantikan kira-kira 50% penggunaan fosfat, 40% nitrogen, dan 25%

kalium. Mikoriza dapat memperpanjang dan memperluas jangkauan akar terhadap penyerapan unsur hara sehingga serapan hara tanamanpun meningkat dan hasil tanaman juga akan meningkat (Husin dan Marlis, 2000 *cit* Octavitani, 2009).

Jenis-jenis mikroorganisme non simbiotik yang banyak digunakan sebagai bahan biofertilizer antara lain adalah: *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan *Acetobacter*. Mikroorganisme non simbiotik yang berguna sebagai penambang P dan mineral lain adalah adalah: *Bacillus* spp., *Penicillium* spp. & *Aspergillus* sp. (Shinde dan Khade, 2007). Fungsi penambahan berbagai jenis starter mikroba adalah untuk memperkaya populasi sehingga membantu dalam daur ulang unsur hara, penyimpanan dan pelepasan untuk tanaman. Mikroba yang ditambahkan diantaranya adalah azotobacter, bakteri pelarut fosfat, mikoriza. Tingginya persentase tanah marjinal di Indonesia, dengan kondisi pH rendah, dan tanah berkapur, yang mempunyai air berlimpah jauh dibawah tanah, sehingga penyerapan air oleh akar menjadi penghambat pertumbuhan. Disamping itu penambahan biofertilizer dapat meningkatkan kualitas pupuk, sehingga meningkatkan nilai ekonominya. Kondisi tanah yang memiliki kandungan Ca, Fe dan Al tinggi, dapat mengikat unsur makronutrien, khususnya Phospat (P), yang dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Berbagai macam biofertilizer yang beredar dipasaran seperti stardex, starbio, EM₄, puktan, starter MOL dan lain sebagainya. Perlu dilakukan penelitian mengenai dosis dan jenis biofertilizer yang diharapkan dapat meningkatkan produksi tanaman sayur. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis biofertilizer yang berbeda yaitu Puktan, dan Starter MOL (*Mikroorganisme Lokal*) dengan level dosis yang berbeda.

Tanaman uji yang digunakan adalah tanaman sawi hijau, bayam dan kangkung darat, dipilih karena kebutuhan masyarakat akan tanaman sayur organik tersebut sangat tinggi sedangkan produksi yang dihasilkan masih rendah. Selain itu tanaman yang diujikan tersebut mempunyai kandungan zat gizi tinggi seperti protein, mineral, dan vitamin yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian pupuk organik padat digunakan jenis tanaman diatas. Pupuk yang dihasilkan diharapkan dapat bermanfaat meningkatkan kualitas bibit tanaman, sehingga diharapkan bibit dengan menggunakan pupuk organik yang diperkaya dengan biofertilizer yang menguntungkan dapat ditanam disegala kondisi tanah, sehingga dapat digunakan untuk rehabilitasi tanah lingkungan industri karena top soilnya telah hilang.

Pemanfaatan limbah padat dari kotoran ternak berpotensi menggantikan pupuk kimia serta memperbaiki unsur hara yang ada di dalam tanah. Untuk memperoleh hasil

pupuk organik yang maksimal dengan bahan baku kotoran ternak perlu ditambahkan biofertilizers. Tujuan penambahan biofertilizer adalah untuk memperkaya jumlah koloni bakteri ataupun mikroba yang sudah ada pada kotoran ternak sehingga saat diaplikasikan sebagai pupuk organik mampu bekerja lebih baik. Berbagai jenis biofertilizers yang beredar dipasaran yang dapat digunakan untuk peningkatan kualitas pupuk organik padat dari kotoran ternak. Pada penelitian ini biofertilizers yang digunakan pada masing-masing perlakuan adalah EM₄ (*Effective Mikroorganisme-4*), Puktan, dan Starter MOL (*Mikroorganisme Lokal*).

Effective Mikroorganisme-4 (EM-4) adalah suatu kultur mikroorganisme cair yang digabungkan menjadi satu, mengandung bakteri fotosintetik, ragi, *actinomycetes*, dan *lactobacillus*, yang dapat memfermentasi bahan organik (kotoran ternak, sampah, rumput, dan sisa-sisa tumbuhan) menjadi senyawa-senyawa organik yang lebih sederhana sehingga bisa diserap secara langsung oleh akar tanaman untuk dapat tumbuh dan memproduksi tinggi. Higa memberikan nama kultur mikroorganisme itu dengan nama *Effective Mikroorganisme-4*. Teknologi *Effective Mikroorganisme-4* dikembangkan oleh Prof. Teruno Higa dari Universitas Ryukyu di Okinawa Jepang sejak tahun 1980 (Anonim, 1996).

Effective Mikroorganisme-4 (EM-4) merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan yang berasal dari alam Indonesia, terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus Sp.*), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas Sp.*), *Actinomycetes*, *Streptomyces Sp.*, dan ragi yang bermanfaat untuk pertanian, peternakan, perikanan, industri, kesehatan dan lingkungan. *Effective Mikroorganisme-4* (EM-4) mampu mempercepat dekomposisi limbah dan sampah organik, meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, meningkatkan keragaman mikrobial yang menguntungkan dan menekan mikroorganisme patogen (Layuk dan Umpel, 1996).

Wididana dan Higa (1994) berpendapat bahwa *Effective Mikroorganisme-4* (EM-4) dapat meningkatkan populasi bakteri (*Pseudomonas sp.*, *Mycrobacter sp.*, *Microccus sp.*, *Flavobacterium*, *Pinicillium sp.*, dan *Scintium sp.*). *Effective Mikroorganisme-4* (EM-4) juga dapat memfermentasikan bahan organik, merangsang pertumbuhan mikroorganisme bakteri pengikat oksigen, bakteri pelarut fosfat, mikroriza dan mikroorganisme yang bersifat antagonis terhadap penyakit tanaman. Puktan (Pupuk tanaman untuk petani) bermanfaat untuk meningkatkan produktivitas tanaman, konservasi tanah, memperbaiki fungsi tanah, dan fermentasi bahan organik. Kandungan Puktan adalah *Azobacter sp*

($3,85 \times 10^{11}$ cfu/ml), *Rhizobium sp* ($1,65 \times 10^9$ cfu/ml), BPF ($2,0 \times 10^6$ cfu/ml), *Lactobacillus sp* ($4,85 \times 10^7$ cfu/ml), *Selulolitik sp* ($5,55 \times 10^7$ cfu/ml), dan hormon auksin.

Aplikasi puktan pada padi sawah. Pada waktu persiapan tanam setelah tanah diolah sempurna. Semprotkan putan merata diatas permukaan tanah 1-2 hari sebelum tanam dengan dosis 2 liter/hektar. Supaya dapat merata, larutkan dengan air sebanyak 100 liter. Penyemprotan diulang lagi pada saat tanaman berumur 14, 30, dan 45 hari setelah tanam dengan dosis masing-masing 1 liter/hektar (jumlah per hektar untuk padi sawah sebanyak 5 liter). Aplikasi puktan pada tanaman sayuran diperlukan 8 liter/hektar, 4 kali pemberian. 2 liter/hektar pada 1 hari sebelum tanam. Penyemprotan diulang 15 hari sekali dengan dosis penyemprotan 2 liter/hektar.

Aplikasi puktan untuk fermentasi pupuk. 1 liter untuk 500 kg bahan organik untuk pupuk. Cara penggunaan encerkan puktan dengan air sumur kemudian disemprotkan merata pada bahan untuk pembuatan pupuk organik setiap ketinggian 10 cm, kemudian ditimbun 10 cm disemprotlagi, begitu seterusnya sampai 1 meter. Fermentasi dilakukan 14 hari, pembalikan dilakukan setiap 5 hari sekali (CV. Agrobiz abadi Jaya dan Univet Sukoharjo, 2012). Menurut Januardani (2008) MOL (*Mikroorganisme Lokal*) adalah kumpulan dari beberapa mikro organisme yang bisa ditenakkan dan berfungsi untuk “starter” dalam pembuatan kompos, pupuk cair ataupun pakan ternak. Didalam peternakan penambahan MOL kedalam konsentrat ternak berperan pada proses fermentasi dalam mencerna bahan-bahan makanan basal (pencernaan fermentatif) yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas daging.

Pembuatan starter MOL. Pertama-tama siapkan mikrobia lkal, seperti induk bakteri, JLK² (jahe, laos, kunir, dan kencur), perangsang akar, nutrisi, perangsang buah, dan lain sebagainya.

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Starter Mol

No	Bahan baku	Jumlah (kg)
1.	Rumen sapi	10 kg
2.	Katul	5 kg
3.	Kecambah	5 kg
4.	Kunir	2,5 kg
5.	Tetes tebu	1 liter
6.	JLK ²	1 liter
7.	Air leri	20 liter

Sumber : Data Primer

Cara pembuatan : Siapkan gentong tertutup. Kunir dan kecambah dihaluskan. Semua bahan masukan gentong di fermentasi selama 10-15 hari. Karena baunya sangat menyengat bisa ditambahkan aroma buah seperti pepaya, pisang, nanas atau tomat secukupnya. Supaya berbau segar tidak menyengat. Selama 10-15 hari disaring, ampasnya bisa dicampurkan pupuk organik padat. Indukan bakteri merupakan starter MOL (*Mikroorganisme Lokal*). Penggunaanya menurut kebutuhan. (Sulistyaningsih, 2012).

Pupuk organik adalah hasil akhir atau peruraian bagian dan sisa-sisa tanaman dan hewan. Karena berasal dari bahan organik maka pupuk organik mengandung segala macam unsur (makro dan mikro) tapi dalam jumlah sedikit. Ciri-ciri pupuk organik antara lain nitrogen dalam bentuk persenyawaan organik sehingga mudah diserap tanaman, tidak meninggalkan sisa asam anorganik dalam tanah, dan punya kadar persenyawaan C organik yang tinggi. Salah satu jenis pupuk organik adalah kompos (Murbandono, 2010).

Salah satu jenis pupuk organik adalah pupuk kandang. Menurut Syekhfani (2000) bahwa pupuk organik memiliki sifat yang alami dan tidak merusak tanah, menyediakan unsur makro (nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan belerang) dan mikro (besi, seng, boron, kobalt, dan molibdenium). Selain itu pupuk organik berfungsi untuk meningkatkan daya menahan air, aktivitas mikrobiologi tanah, nilai kapasitas tukar kation dan memperbaiki struktur tanah. Menurut Setiawan (2002) pengaruh pemberian pupuk organik secara tidak langsung memudahkan tanah untuk menyerap air.

Sumber bahan potensial sebagai pupuk organik yang lain adalah urin, dalam hal ini adalah urin sapi yang belum banyak dikembangkan fungsi dan pengolahannya di Indonesia. Urin atau air seni atau air kencing adalah cairan sisa yang diekskresikan oleh ginjal yang kemudian akan dikeluarkan dari dalam tubuh melalui proses urinasi. Urin normal berwarna jernih transparan. Warna kuning muda urin berasal dari zat warna empedu. Urin berbau khas jika dibiarkan agak lama berbau ammonia. PH urin berkisar antara 6,8 – 7,2. Secara kimiawi kandungan zat dalam urin diantaranya adalah air, urea, asam urat, amonia, kreatinin, asam laktat, asam fosfat, asam sulfat, dan klorida. Selain itu terdapat pula garam dapur, zat-zat yang berlebihan dalam darah, misalnya vitamin C dan obat-obatan. Volume urin normal per hari adalah 900 – 1200 ml, volume tersebut dipengaruhi banyak faktor diantaranya suhu, zat-zat diuretika (teh, alkohol, dan kopi), jumlah air minum, hormon ADH, dan emosi.

Penggunaan pupuk di dunia terus mengalami peningkatan sesuai dengan pertambahan luas areal pertanian, pertambahan penduduk, kenaikan tingkat intensifikasi

serta makin beragamnya penggunaan pupuk sebagai usaha peningkatan hasil pertanian, yang dapat menimbulkan dampak negatif (Lingga dan Marsono, 2000). Penggunaan pupuk kimia secara berkelanjutan menyebabkan pengerasan tanah, yang disebabkan penumpukan sisa atau residu pupuk kimia, yang sulit terurai. Sifat bahan kimia relatif lebih sulit terurai atau hancur dibandingkan bahan organik. Kerasnya tanah dapat mengakibatkan tanaman sulit menyerap unsur hara. Proses penyebaran perakaran dan aerasi (pernafasan) akar terganggu, sehingga akar tidak dapat berfungsi optimal dan pada gilirannya akan menurunkan kemampuan produksi tanaman tersebut (Notohadiprawiro dkk., 2006). Selain itu penggunaan pupuk kimia di Indonesia, diindikasikan adanya pengurangan kandungan 10 jenis unsur hara meliputi sebagian unsur hara makro yaitu N, P dan K (3 unsur) serta unsur hara mikro yaitu Fe, Na, Mo, Cu, Mg, S dan Ca (7 unsur). Terdapat 13 macam unsur hara untuk keperluan proses pertumbuhan dan perkembangannya mutlak dibutuhkan tanaman dikenal dengan nama unsur hara esensial (Hardjowigeno, 1997). Oleh karenanya, sebagai salah satu pertimbangan mengurangi penggunaan pupuk kimia, dan sebagai alternatif melakukan pembudidayaan tanaman dengan sistem pertanian organik. Pada sistem ini diharapkan tanaman dapat hidup tanpa ada masukan dari luar sehingga dalam kehidupan tanaman terdapat suatu siklus hidup tertutup (Budianta, 2004).

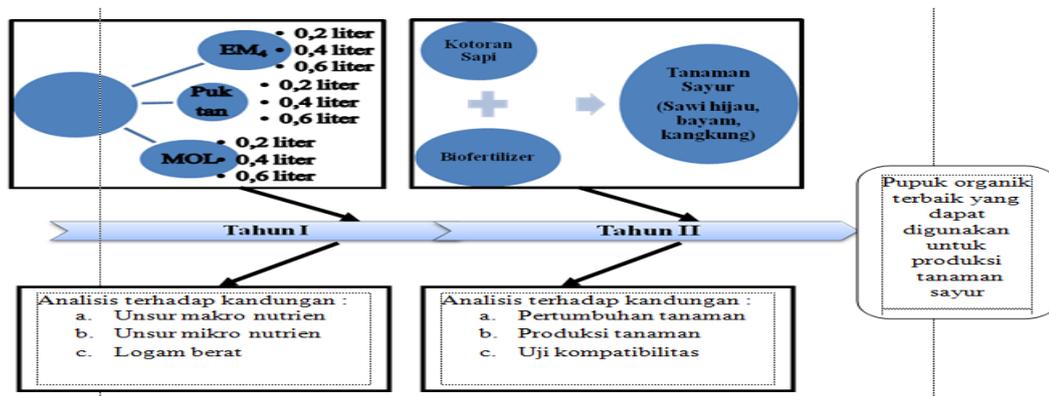
Tujuan yang ingin dicapai adalah: 1) Menguji level dosis dan jenis biofertilizers yang terbaik pada laboratorium dengan menganalisis unsur makro dan mikro nutrien. 2) Menganalisis logam berat hasil penambahan pupuk organik padat dengan dosis yang berbeda dari ketiga jenis biofertilizers. Tahun kedua. Menguji level dosis dan jenis biofertilizers yang telah dihasilkan pada tahun pertama, untuk diaplikasikan pada produksi tanaman sayur. Analisis yang dilakukan uji unsur makro, mikro, dan logam berat serta uji kompatibilitas.

Tanaman uji yang digunakan adalah tanaman sayur bayam, sawi hijau, dan kangkung darat. Tanaman-tanaman sayur tersebut merupakan komoditi sayuran yang sudah cukup dikenal berbagai lapisan masyarakat di Indonesia. Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan pemenuhan akan kebutuhan pangan yang bergizi, tanaman sayur tersebut merupakan salah satu komoditi sayuran yang dapat diandalkan bagi pemenuhan kebutuhan vitamin dan mineral yang relatif mudah dan murah. Tanaman sayur tersebut merupakan sumber vitamin dan mineral yang sangat handal. Namun demikian, tanaman uji tersebut mempunyai prospek sebagai tanaman sumber vitamin dan mineral yang andal, di Indonesia belum diusahakan dalam skala luas. Hal tersebut sebagai

salah satu pertimbangan dalam memilih tanaman sebagai obyek penelitian (Tahun ke-2), dengan demikian produksi tanaman uji lebih banyak dan memasyarakat. Dengan demikian interaksi pembuatan pupuk organik padat dengan penambahan level dosis dan jenis biofertilizer yang berbeda diharapkan dapat meningkatkan produksi tanaman sayur. Maka perlu dilakukan uji coba kompatibilitasnya dan efektifitasnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diperlukan waktu dua tahun periode pendanaan. Periode pertama untuk menguji atau menganalisis kandungan makro dan mikro nutrien, dan melihat ada tidaknya logam berat (Cd, Hg, dan Pb), dan mengukur kualitas (banyaknya jenis pupuk makro dan mikro yang terkandung dalam pupuk). Pengujian tersebut akan dilakukan di laboratorium kimia dasar UNS (untuk logam berat) dan laboratorium pertanian UNS, untuk makro dan mikro nutrien. Setelah diketahui keamanan limbah tersebut, dengan membandingkan standart kualitas pupuk dari Menpen 2005 dan atau 2009. Produksi pupuk organik dengan penambahan biofertilizer Puktan, dan Starter MOL (*Mikroorganisme Lokal*) dalam proses fermentasi. Pendanaan tahun kedua akan diujikan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sayur(sawi hijau, bayam, dan kangkung darat) serta analisis finansial pupuk. Setelah diketahui hasil terbaik dari perlakuan perbedaan jenis pupuk dan level dosisnya secara kualitas dan kuantitas dalam pupuk organik padat (layak untuk digunakan), diujikan pada tanaman target yang telah ditentukan.



Gambar 1. Fishbone Diagram

Penelitian yang dilakukan pada tahun ke II. Metode penelitian tahun kedua dibagi dalam beberapa tahapan yaitu :

Produksi Tanaman Sayur

Pemilihan Media. Media tanam yang digunakan adalah tanah sebanyak 1 kg (sekitar $\frac{3}{4}$ dari volume polibag), pupuk organik padat yang berasal dari hasil penelitian tahun pertama yang telah diuji baik secara kualitatif dan kuantitatif sebanyak 167 gram dan desinfektan sebanyak 15 gram dimasukkan dalam satu polibag ukuran 30x30 cm. Masing- masing dengan ulangan sebanyak 6 kali.

Pemilihan Benih. Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sayur bayam, sawi hijau, dan kangkung darat yang tidak memiliki cacat dan berukuran seragam serta bebas dari hama dan penyakit. Benih yang baik jika direndam air akan tenggelam sedangkan yang jelek akan terapung.

Penanaman. Benih sayur bayam, sawi hijau, dan kangkung darat direndam dalam air selama kurang lebih 24 jam dan diambil benih yang tenggelam. Benih yang terpilih ditanam dalam polibag ukuran 30x30 cm masing-masing sebanyak 3 butir. Benih tersebut ditanam pada media tanah dengan cara dibenamkan dengan posisi tegak sekitar 2-3 cm rata dengan permukaan tanah. Seminggu setelah tanam, benih yang tumbuh menjadi bibit dipilih sesuai ukuran yang homogen sehingga hanya satu bibit tanaman pada masing-masing polibag. Saat tanaman berumur 1 bulan mulai dilakukan penjarangan. Tanaman yang besar dan rapat dicabut hingga jarak antarbaris menjadi 40 cm. Hasil penjarangan ini merupakan panen pertama. Setelah penjarangan, tanaman bayam dapat dibiarkan tumbuh di kebun lebih lama, biasanya sampai musim tanam berikutnya. Setelah tanaman berumur 1-1,5 bulan seluruh tanaman dipanen. Saat ini seluruh tanaman dapat dipanen dengan cara tanaman dicabut beserta akarnya. Tanaman sayur bayam, sawi hijau, dan kangkung yang terawat dengan baik dan sehat dapat menghasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pupuk organik mengandung unsur hara makro dan mikro. Pupuk organik padat (makro) banyak mengandung unsur fosfor, nitrogen, dan kalium. Unsur hara mikro yang terkandung dalam pupuk kandang di antaranya kalsium, magnesium, belerang, natrium, besi, tembaga, dan molibdenum. Kandungan nitrogen dalam urine hewan ternak tiga kali lebih besar dibandingkan dengan kandungan nitrogen dalam kotoran padat. Pupuk kandang terdiri dari dua bagian, yaitu:

Pupuk organik bermanfaat untuk menyediakan unsur hara makro dan mikro dan mempunyai daya ikat ion yang tinggi sehingga akan mengaktifkan bahan - bahan anorganik di dalam tanah, termasuk pupuk anorganik. Selain itu, pupuk organik bisa

memperbaiki struktur tanah, sehingga pertumbuhan tanaman optimal. Pupuk organik yang telah siap diaplikasikan memiliki ciri dingin, remah, wujud aslinya tidak tampak, dan baunya telah berkurang. Jika belum memiliki ciri-ciri tersebut, pupuk kandang belum siap digunakan.

Penggunaan pupuk yang belum matang akan menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan bisa mematikan tanaman. Penggunaan pupuk kandang yang baik adalah dengan cara dibenamkan, sehingga penguapan unsur hara akibat proses kimia dalam tanah dapat dikurangi. Penggunaan pupuk kandang yang berbentuk cair paling baik dilakukan setelah tanaman tumbuh, sehingga unsur hara yang terdapat dalam pupuk kandang cair ini akan cepat diserap oleh tanaman. Pada penelitian menggunakan perlakuan penambahan biofertilizer puktan dengan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak, dan starter MOL dengan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak yang merupakan hasil terbaik dari penelitian tahun pertama yang memenuhi Standarisasi Pupuk kompos N0: 28/Permentan/SR.130/5/2009, 22 Mei 2009, dan 2005 yang diaplikasikan pada tanaman sayuran (bayam, sawi hijau, dan kangkung darat) untuk mengetahui pertumbuhan dan produksi tanaman sayuran tersebut.

Dari hasil analisis diperoleh:

1. Pemakaian Dosis dan Macam Biofertilizer dalam Pembuatan Pupuk Organik Padat terhadap Jumlah Daun

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *oneway anova* diketahui bahwa besarnya nilai F_{hitung} adalah 9.680 dengan besarnya nilai $p = 0,000$. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai $p < 0,05$, sehingga H_0 ditolak, artinya pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik padat berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan Jumlah Lembar Daun

2. Pemakaian Dosis dan Macam Biofertilizer dalam Pembuatan Pupuk Padat Organik yang paling efektif meningkatkan Jumlah Daun

Hasil uji lanjutan dengan LSD menunjukkan bahwa masing-masing pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik memberikan dampak yang signifikan terhadap Jumlah Daun, namun untuk Kode A2B3 (pemberian pupuk padat dengan menggunakan biofertilizer starter MOL dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak pada tanaman kangkung darat) mempunyai nilai rata-rata paling besar yaitu 12,869; hal ini menunjukkan bahwa pemakaian biofertilizer Starter MOL dengan dosis 0,4 liter paling efektif meningkatkan Jumlah lembar

Daun pada tanaman kangkung darat dibandingkan tanaman bayam maupun sawi hijau.

3. Pemakaian Dosis dan Macam Biofertilizer dalam Pembuatan Pupuk Organik Padat terhadap Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *oneway anova* diketahui bahwa besarnya nilai F_{hitung} adalah 12.229 dengan besarnya nilai $p = 0,000$. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai $p < 0,05$, sehingga H_0 ditolak, artinya pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik padat berpengaruh signifikan terhadap Tinggi Tanaman.

4. Pemakaian Dosis dan Macam Biofertilizer dalam Pembuatan Pupuk Padat Organik yang paling efektif meningkatkan Tinggi Tanaman

Hasil uji lanjutan dengan LSD menunjukkan bahwa masing-masing pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik memberikan dampak yang signifikan terhadap Tinggi Tanaman, namun untuk Kode A1B3 (pemberian pupuk dengan menggunakan biofertilizer puktan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak pada tanaman kangkung darat) mempunyai nilai rata-rata paling besar yaitu 39,289; hal ini menunjukkan bahwa pemakaian biofertilizer puktan dengan dosis 0,4 liter paling efektif meningkatkan Tinggi Tanaman kangkung darat dibandingkan tanaman bayam maupun sawi hijau.

5. Pemakaian Dosis dan Macam Biofertilizer dalam Pembuatan Pupuk Organik Padat terhadap Produksi

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *oneway anova* diketahui bahwa besarnya nilai F_{hitung} adalah 8.802 dengan besarnya nilai $p = 0,000$. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai $p < 0,05$, sehingga H_0 ditolak, artinya pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik padat berpengaruh signifikan terhadap produksi.

6. Pemakaian Dosis dan Macam Biofertilizer dalam Pembuatan Pupuk Padat Organik yang paling efektif meningkatkan Produksi.

Hasil uji lanjutan dengan LSD menunjukkan bahwa masing-masing pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik memberikan dampak yang signifikan terhadap Jumlah Daun, namun untuk Kode A1B2 (pemberian pupuk padat dengan menggunakan biofertilizer puktan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak pada tanaman sawi hijau) mempunyai nilai rata-rata paling besar yaitu 1,567; hal ini menunjukkan bahwa pemakaian biofertilizer puktan

dengan dosis 0,4 liter paling efektif meningkatkan produksi pada tanaman sawi hijau dibandingkan tanaman bayam maupun kangkung darat.

7. Dari hasil analisis ekonomi antara pupuk dengan fermentasi biofertilizer starter MOL dan pupuk dengan fermentasi biofertilizer Puktan untuk TC yang menggunakan starter MOL lebih kecil dibandingkan dengan yang menggunakan Puktan (Rp 48.000 < Rp 65.000), untuk TR nya sama (Rp 300.000,00/5 kuintal), sedangkan profit yang menggunakan biofertilizer starter MOL lebih besar dari pada yang menggunakan Puktan (Rp 503/kg > Rp 470/kg) karena harga Biofertilizer Puktan lebih mahal dibandingkan dengan harga biofertilizer starter MOL.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa pupuk organik yang diaplikasikan ke tanaman sayuran (bayam, sawi hijau dan kangkung darat) adalah perlakuan penambahan biofertilizer puktan dengan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak, dan starter MOL dengan dosis 0,4 liter/ 100 kg kotoran ternak sesuai dengan Standarisasi Pupuk kompos N0: 28/Permentan/SR.130/5/2009,22 Mei 2009, dan 2005. Hasil pupuk organik dominan terbaik untuk kandungan pH, C Organik, dan bahan organik adalah dari penambahan Puktan dengan dosis 0,4 liter/100 kg kotoran ternak, sedangkan untuk hasil dominan terbaik pada Nitrogen, Kalsium dan Magnesium pada penambahan biofertilizer starter MOL dengan dosis 0,4 liter/100 kg kotoran ternak.

Pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik padat memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, yang paling efektif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat dibandingkan bayam dan sawi hijau. Sedangkan terhadap produksi, yang paling efektif yaitu pada tanaman sawi hijau. Hasil analisis kompatibilitas, pada masing-masing tanaman hasil tertinggi diperoleh pada dosis pemupukan dengan menggunakan starter MOL 0,4 liter/100 kg kotoran ternak. Dari ketiga tanaman sayuran tersebut, hasil tertinggi yaitu pada tanaman kangkung (81,250%), kemudian bayam (40,625%), dan yang terendah yaitu pada tanaman sawi hijau (6,250%). Sedangkan pemberian pupuk dengan menggunakan Puktan 0,4 liter/100 kg kotoran ternak, hasil tertinggi pada tanaman kangkung darat (68,750%), berikutnya bayam (34,375%), dan yang terendah yaitu pada tanaman sawi hijau (2,875%). Semakin tinggi persen koloni, menunjukkan yang terinfeksi semakin banyak, karena spora yang masuk ke jaringan tanaman (akar tanaman) semakin banyak, sehingga unsur yang terserap semakin banyak.

Pemakaian dosis dan macam biofertilizer dalam pembuatan pupuk organik padat memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, yang paling efektif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat dibandingkan bayam dan sawi hijau. Sedangkan terhadap produksi, yang paling efektif yaitu pada tanaman sawi hijau. Hasil analisis finansialnya untuk pupuk organik yang difermentasikan dengan biofertilizer starter MOL profitnya lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk organik yang difermentasikan dengan biofertilizer Puktan (Rp 503/kg > Rp 470/kg).

UCAPAN TERIMAKASIH

Disampaikan terima kasih banyak kepada Dirjen DIKTI yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui dana penelitian program Hibah Bersaing Tahun 2017, dan mahasiswa yang terlibat penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996. *Buku Pintar P4K Pedoman Penggunaan EM Bagi Negara-Negara Asia Pasifik Nature Agriculture Net Work (APNAN)*. Departemen Pertanian Badan Diklat Pertanian 1995.
- Dermiyati; J. Antari; S. Yusnaini; S. G. Nugroho. 2009. Perubahan Populasi Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Lahan Sawah dengan Sistem Pertanian Intensif menjadi Sistem Pertanian Organik Berkelanjutan. *J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 2, 2009: 143-148 ISSN 0852-257X.
- Deshmukh, A.M., Khobragade S.R.M. and Dixit, S. P.P. 2007. *Introduction: Handbook of Biofertilizer and Biopesticides*. Oxford Book Company. Jaypur- India.
- Douds, D. D and Johnson, N. C. 2007. *Contributions of Arbuscular Mycorrhizas to Soil Biological Fertility* dalam L. K Abbot and D. V. Murphy (eds). *Soil Biological Fertility A Key to Sustainable Land Use in Agriculture*. Hal 129-162. Springer. The Netherlands.
- Januardani, V. 2008. *Cara bikin MOL (Mikroorganisme Lokal)*. Blog diposting tanggal 17 September 2008. <http://kebunkebunku.blogspot.com/>. Diakses tanggal 12-04-2015, pukul 10:25.
- Layuk dan Umpel. 1996. *Pengalaman Penggunaan EM4*. Balai Informasi Pertanian Kalasey. Monaco.
- Lingga dan Marsono. 2001. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Murbandono. 1990. *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Notohadiprawiro, T. 1998. *Tanah dan Lingkungan*. Dirjen Pendidikan Tinggi. Depdikbud. Jakarta.

- Octavitani, N. 2009. *Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuscular (CMA) sebagai Pupuk Hayati untuk Meningkatkan Produksi Pertanian*. Jurnal Lingkungan Hidup. uwityangyoyo.wordpress.com. Diakses Tanggal 12 April 2015 Pukul 11.09 WIB.
- Shinde B.D. and Khade K.K. 2007. Biofertilizer: A Supplementary Nutrient Source for Sugarcane. in Handbook of Biofertilizer and Biopesticides. Oxford Book Company. Jaypur- India .
- Sulistyaningsih, C.R., Handayani, C. B. 2012. *Produksi Pupuk Organik Anaerob dengan Penambahan Biofertilizer dan Uji Kompatibilitas Bibit Tanaman Pangan dan Holtikultura*. Laporan Hibah Bersaing. Sukoharjo.
- Widiana dan Higa. 1994. *Teknologi Effektive Microorganisme (EM): Potensi dan Prospeknya di Indonesia*. Departemen Pertanian. Jakarta.