

Penggunaan *Mountain Microorganism* pada Budidaya Cabai Merah Menggunakan Teknologi Input Produksi Rendah (*The Using of Mountain Microorganism in Chilli Cropping System by Used of Low Input Technology*)

Liferdi¹⁾, Muhammad Syakir²⁾, Wiwin Setiawati³⁾, dan Ahsol Hasyim³⁾

¹⁾Direktorat Jenderal Hortikultura, Jln. AUP No. 3, Pasarminggu, Jakarta Selatan, Indonesia 12540

²⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Jln. Tentara Pelajar No. 12, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16111

³⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391
E-mail: liferdilukman@yahoo.co.id

Diterima: 23 Juli 2019; direvisi: 23 Maret 2020; disetujui: 5 Mei 2020

ABSTRAK. *Mountain microorganism* (MM) merupakan kumpulan dari berbagai mikroba menguntungkan yang ditemukan pada tanah yang masih virgin pada serasah yang ada di pegunungan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efikasi MM sebagai bioaktivator, bioferment, dan biopestisida untuk meningkatkan hasil cabai dengan menggunakan teknologi LEISA. Penelitian dilaksanakan di Ciamis, Jawa Barat mulai bulan Mei sampai dengan bulan Desember 2016. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Petak terpisah dengan empat ulangan. Faktor utama adalah pengelolaan hara (a = kompos + EM4) dan (a = kompos + MM + BF) 12. Subplot adalah dosis NPK (b = 1.000 kg/ha NPK dan b = 625 kg/ha NPK), dan sub-subplot adalah cara pengendalian OPT (c1= 12 konvensional dan c2 = biopestisida MM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian MM pada kompos dapat meningkatkan pertumbuhan (tinggi dan lebar kanopi) tanaman cabai sebesar 2 – 8 cm, dapat meningkatkan jumlah buah, jumlah bunga, jumlah cabang, dan bobot buah serta mampu meningkatkan produktivitas cabai sebesar 7,20% hingga 12,5%. Pemberian kompos + MM dapat memperbaiki kesuburan kimia, sifat fisiko-kimia dan biologi tanah sehingga lebih sesuai untuk budidaya tanaman cabai merah. Pengurangan pupuk NPK sebanyak 37,5% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan produktivitas cabai merah dan komponen hasil lainnya. Penggunaan MM sebagai biopestisida dapat menghambat perkembangan OPT dengan efikasi setara dengan penggunaan insektisida sintetik.

Kata kunci: Mikroorganisme pegunungan (MM); Pupuk kimia; Biopestisida; Cabai; LEISA

ABSTRACT. *Mountain microorganism* (MM) is a collection of various beneficial microorganism that was found in virgin soils or forest decomposing organic matter, used in the preparation of bokashi, bioferments, and biopesticides. The objective of this experiment found the efficacy of MM as bioactivator, bioferments, and biopesticide to increase the yield of chili pepper under LEISA technology. The experiment was conducted in Ciamis, West Java from May to December 2016. The experiment arranged in a split-plot design with four applications. Main plot was nutrient management (a1 = compost + EM4) and (a2 = compost + MM + BF). Subplot were dose of NPK (b1 = 1,000 kg/ha of NPK, b2 = 625 kg/ha of NPK), and sub-subplot were control of pest and diseases (c1= conventional and c2 = biopesticide). Result of this experiment showed that the used of MM on compost can increase growth (height and width of the canopy) pepper plants of 2-8 cm, the amount of fruit, flower number, number of branches and fruit weight and increase production chili at 7.20% until 12. 15%. The use of compost + MM can improve the fertility of chemical, physicochemical properties, and biological soil, making it more suitable for the cultivation of chili pepper. Reduction of NPK fertilizer as much as 37.5% do not provide an effect on productivity improvement and the other components of yield. Efficacy of MM as biopesticide similar to synthetic pesticide and could reduce plant damage due to pest and diseases.

Keywords : *Mountain microorganism* (MM); Fertilizer; Biopesticide; Chilli pepper; LEISA

Masalah yang dihadapi oleh petani dalam upaya meningkatkan produksi cabai adalah tingginya penggunaan input produksi (pupuk dan pestisida sintesis). Departemen Pertanian (2004) menyatakan bahwa pemakaian pupuk dan pestisida anorganik yang telah berlangsung hampir selama 35 tahun diakui banyak menimbulkan kerusakan, baik terhadap struktur tanah, kejenuhan tanah, terhadap air, hewan, dan manusia. Selanjutnya Bationo *et al.* (2006) melaporkan bahwa penggunaan lahan secara terus menerus untuk usahatani tanaman semusim cepat menurunkan kandungan bahan organik tanah, yang laju penurunannya dipengaruhi oleh tekstur tanah. Makin kasar tekstur tanah makin

cepat penurunan bahan organik tanah, yang dapat mencapai rata-rata 2,0% per tahun.

Penggunaan pupuk kimia sintesis telah menyebabkan kerusakan pada tekstur dan struktur tanah, sering menyebabkan erosi dan keasaman tanah sebagai akibat dari efek pencucian nutrisi, tanah juga mudah cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air, menurunkan pH tanah, pencemaran terhadap biodiversitas tanah, berkurangnya aktivitas cacing tanah, serta menurunkan bahan organik sehingga produktivitas lahan menurun (Garfansa, Hariyono & Sugito 2017; Omidire, Bean & Bean 2015; Gupta *et al.* 2015; Babiye 2019; Reda & Hailu 2017). Penggunaan pupuk N-sintetik secara

berlebihan juga menurunkan penggunaan pupuk P dan K serta memberikan dampak negatif seperti gangguan hama dan penyakit (Reda & Hailu 2017). Selain itu, penggunaan pupuk buatan NPK yang terus-menerus menyebabkan pengurangan unsur-unsur mikro seperti seng, besi, tembaga, mangan, magnesium, molybdenum, boron yang bisa memengaruhi tanaman, hewan, dan kesehatan manusia. Bila unsur ini tidak diganti oleh pupuk buatan NPK maka produksi lambat laun akan menurun dan serangan hama dan penyakit akan meningkat (Musnamar 2003). Selanjutnya Reijntjes, Haverkot & Bayer (1999) menyatakan bahwa sistem pertanian yang dikembangkan beberapa dekade lalu telah memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan standar hidup atau kesejahteraan petani. Namun, pemanfaatan input luar (penggunaan pestisida dan pupuk buatan) secara besar-besaran menyebabkan kerusakan lingkungan dan sumber daya yang tidak diperbaharui. Oleh sebab itu sangat relevan untuk mengembangkan pertanian yang ekologis dan berkelanjutan untuk masa depan. Perlu adanya suatu strategi atau metode dalam upaya untuk mencegah kerusakan sumber daya alam dan lingkungan dengan memperhatikan ekologis, mempunyai nilai ekonomis, efisien, dan pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan dan standar hidup petani. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pertanian berkelanjutan

Konsep pertanian berkelanjutan adalah pengelolaan sumber daya yang berhasil untuk usaha pertanian guna membantu kebutuhan manusia yang berubah, sekaligus mempertahankan atau meningkatkan kualitas lingkungan dan melestarikan sumber daya alam (Mustikarini, Santi & Lestari 2016). *Low external input sustainable agricultur* (LEISA) menekankan efisiensi penggunaan faktor produksi yang ada untuk menciptakan pertanian yang berkelanjutan (Nuraini Yuwariah & Rochayat 2015; Ibeawuchi, Obiefuma & Iwuanyanwu 2015). *Low external input sustainable agricultur* dapat dijabarkan sebagai berikut; (1) optimalisasi pemanfaatan sumber daya lokal, (2) maksimalisasi daur ulang, (3) minimalisasi kerusakan lingkungan, (4) diversifikasi usaha, (5) pencapaian tingkat produksi yang stabil dan memadai, serta (6) menciptakan kemandirian petani. Salah satu prinsip dasar ekologi budidaya ramah lingkungan adalah menjamin kondisi tanah yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman khususnya dengan mengelola bahan organik dan meningkatkan kehidupan dalam tanah. Selanjutnya menurut (Diacono & Montemurro 2010) dalam usahatani ramah lingkungan, indikator aspek kesuburan fisik dan kimia media tanam menjadi salah satu penentu produktivitas dan mutu hasil.

Mikroba tanah mempunyai peranan penting dalam penyediaan dan penyerapan unsur hara serta dalam

penekanan hama dan penyakit. Sharma *et al.* (2004) mengatakan peranan mikroba tanah antara lain dapat: (1) meningkatkan kandungan beberapa unsur hara di dalam tanah, (2) meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah, (3) meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, (3) menekan mikroba tular tanah patogen melalui interaksi kompetisi, (4) memproduksi zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan perkembangan sistem perakaran tanaman, dan (5) meningkatkan aktivitas mikroba tanah heterotrof yang bermanfaat melalui aplikasi bahan organik. Peran mikroba tanah dalam siklus berbagai unsur hara di dalam tanah sangat penting sehingga bila salah satu jenis mikroba tersebut tidak berfungsi maka akan terjadi ketimpangan dalam daur unsur hara di dalam tanah (Schulz *et al.* 2013; Babiye 2019; Reda & Hailu, 2017; Bargaz *et al.* 2018). Ketersediaan unsur hara sangat berkaitan dengan aktivitas mikroba yang terlibat di dalamnya.

Beberapa mikroba tanah yang berperan dalam unsur hara antara lain: (1) bakteri penambat N (*Azomonas*, *Azotobacter*, *Bacillus* dsb.), (2) mikroba dari golongan jamur dan bakteri yang berfungsi sebagai pelarut fosfat (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, dsb.), (3) jamur mikoriza arbuskula (CMA), dan (4) mikroba antagonis berfungsi sebagai pestisida organik (*Trichoderma* spp., *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Arthrobotrys* sp., *P. fluorescent*, *B. thuringiensis* dsb.). Penambahan mikroorganisme berguna seperti *Trichoderma*, *Azotobacter*, dan *Azospirillum* serta mikoriza dapat mempercepat proses dekomposisi dan pelepasan hara bahan organik (Ashari, Sudrajat & Sugiyanta 2017; Mujiyati & Supriyadi 2009; Widawati, Suliasih & Muharam 2010; Suliasih, Widawati & Muharam 2010).

Mountain microorganism merupakan kumpulan dari berbagai mikroba menguntungkan yang ditemukan pada tanah yang masih virgin pada serasah yang ada di pegunungan. *Mountain microorganism* dapat diaplikasikan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman mikroba tanah dan tanaman, dapat digunakan sebagai biopestisida atau hormon, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kesehatan tanah, tanaman, pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman (Bagyalakshmi, Ponmurugan & Balamurugan 2014; Kulandaivel & Nagarajan 2014).

Hasil penelusuran beberapa pustaka menunjukkan bahwa MM dapat meningkatkan ketersediaan hara tanah, pertumbuhan, produksi, dan kesehatan tanaman. Bila MM digunakan beberapa tahun berturut-turut secara signifikan dapat mengurangi kebutuhan pupuk kimia dan juga penggunaan insektisida dan

herbisida. *Mountain microorganism* juga dapat memperbaiki kondisi di rizosphere tanaman. *Mountain microorganism* tersebut bila difermentasi selama 4 – 10 hari akan banyak menghasilkan jamur, 11 – 15 hari akan banyak menghasilkan bakteri berguna, sedangkan bila lebih dari 15 hari akan banyak menghasilkan ragi (Castellano et al. 2015).

Di Indonesia, potensi MM belum banyak digali dan dimanfaatkan serta diuji khasiat dan keamanannya secara ilmiah masih terbatas. Oleh sebab itu potensi MM tersebut harus diteliti secara lebih komprehensif dan bertahap mulai dari cara pengambilan, pembuatan, kandungan, dan pemanfaatannya di lapangan. Tekno produk MM tersebut nantinya harus bersifat adoptif, baik bagi petani, *stakeholders* maupun *beneficiaries*.

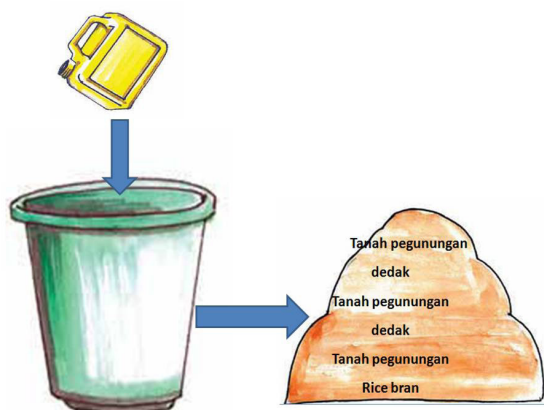
Tujuan penelitian adalah mengetahui efikasi MM sebagai *decomposer*, biostimulan, dan biopestisida terhadap peningkatan produktivitas cabai merah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei sampai dengan bulan Desember 2016 di Desa Kawali Mukti, Kecamatan Kawali, Kabupaten Daerah Tingkat II Ciamis, Jawa Barat. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan petak terpisah dengan empat ulangan

Petak utama: jenis kompos (A), terdiri atas: a1 = kompos EM (30 ton/ha) dan a2 = kompos + MM + BF (1L/1L air). Anak petak: pupuk NPK (B), terdiri atas: b1 = 1.000 kg NPK (16-16-16)/ha, b2 = 625 kg NPK/ha. Anak – anak petak: cara pengendalian c1 = pestisida sintetis (Spinoteram 120 g/l (2 ml/l air), c2 = biopestisida MM.



Gambar 1. Cara pembuatan MM padat (*How to make solid MM*)

Pelaksanaan kegiatan meliputi pembuatan MM, kompos, biostimulan, dan pembuatan biopestisida.

Tahapan Kegiatan

Pembuatan MM padat

Mountain microorganism diambil dari serasah/humus bambu sekitar perakaran dari daerah Lembang, Jawa Barat pada ketinggian tempat 1250 m dpl 6°49'14.0"S 107°38'02.4"E. Tanah diambil dengan menggunakan skop pada kedalaman 10 cm, dimasukkan dalam karung dan langsung di bawa ke rumah kasa sebagai bahan perlakuan.

Alat yang diperlukan : (1) satu ember plastik 50 L, (2) karung beras dua buah, (3) terpal, dan (4) pengaduk (skop).

Bahan yang butuhkan : (1) 15 – 20 kg tanah pegunungan (tanah dibawah pohon bambu), (2) 20 kg dedak, (3) 5 L molases, dan (4) 3 L air bersih

Cara pembuatan MM padat: Dedak halus ditaburkan di atas plastik kemudian tanah pegunungan yang sudah diberi air dan molases yang sudah diaduk dalam ember plastik, di atasnya taburkan lagi dedak halus dan taburkan lagi tanah pegunungan yang sudah diberi air dan molases demikian seterusnya. Kemudian bahan tersebut ditutup rapat-rapat dengan plastik. Bahan campuran dedak halus dengan tanah pegunungan di aduk seminggu sekali dan dibiarkan selama 1 bulan. Setelah 1 bulan dedak dan tanah pegunungan sudah bisa dianggap sebagai MM padat.

Pembuatan MM cair (*anaerob*)

Alat yang dibutuhkan : (1) satu buah drum plastik; (2) satu buah selang plastik, dan (3) satu buah botol air mineral bekas

Bahan yang dibutuhkan : (1) 10 kg MM padat; (2) 1 L molases dan (3) 50 L air

Cara pembuatan MM cair: 5 kg MM padat di masukkan ke dalam drum plastik, kemudian ditambahkan air sebanyak 50 ml dan 1 L molases. Bagian atas drum plastik ditutup rapat-rapat dan diberi slang untuk pengeluaran udara. Ujung slang bagian luar harus selalu terendam dalam air agar udara yang keluar dari dalam drum tidak tercampur dengan udara dari luar (Gambar 2).

Cara mengaktifkan MM

Alat yang diperlukan : (1) drum plastik 100 L dan (2) dua buah karung gandum ukuran 20 kg

Bahan yang dibutuhkan : (1) 6 kg MM padat, (2) 3 L MM cair atau MM anaerobik, (3) 3 L molases, dan (4) 60 L air bersih.

Cara pembuatan MM aktivasi: MM padat atau MM aerobik, MM anaerobik atau MM cair, dan molases



Gambar 2. Cara membuat MM cair (How to make MM liquid)

dimasukkan ke dalam drum sesuai dengan takaran, di atasnya lalu tambahkan 60 L air bersih. Bahan tersebut difermentasi selama 7–14 hari sesuai dengan perlakuan. Bahan MM yang sudah difermentasi siap digunakan (Gambar 3).

Cara pembuatan kompos

Kompos pupuk kandang + EM4

Pupuk kandang kuda sebanyak 4 ton secara bertahap dihamparkan di tempat pengomposan, lapis demi lapis ditaburi EM4 hingga semua EM4 habis. Tinggi tumpukan kompos minimal 1,25 m, lalu ditutup dengan terpal. Seminggu sekali tumpukan kompos di bolak balik agar kelembaban dan aerasi terjaga. Setelah jadi diperkaya dengan pupuk, dolomite, dan abu sekam.

Kompos pupuk kandang + MM

Pupuk kandang sebanyak 4 ton secara bertahap dihamparkan di tempat pengomposan, lapis demi lapis ditaburi MM hingga semua MM habis. Tinggi tumpukan kompos minimal 1,25 m, lalu ditutup dengan terpal. Seminggu sekali tumpukan kompos dibolak balik agar kelembaban dan aerasi terjaga. Setelah jadi akan diperkaya dengan dolomite dan abu sekam.

Pembuatan BF (biofermented)

Bahan yang dibutuhkan : 2 L susu sapi segar, 10 kg pupuk kandang, 2 L molases , 2 l MM cair, 1 kg abu sekam dan 20 L air bersih.

Cara pembuatan : susu + pupuk kandang + abu sekam + MM dimasukkan dalam drum ditambahkan air dan molasses. Kemudian difermentasi selama 25 hari. Konsentrasi yang digunakan 1L/1 L air.

Pembuatan biopestisida

Bahan yang dibutuhkan : 1 kg bawang putih, 1 kg cabai merah, 1 kg bawang merah, 2 kg jahe, 40 L air bersih, 3 L minyak serai wangi, 3 L molases dan 3 L MM cair.

Cara pembuatan : bawang putih, bawang merah, cabai, jahe, dan bahan pendukung lainnya dirajang.



Gambar 3. Cara mengaktifkan MM padat dan MM cair (How to activate solid MM and liquid MM)

Kemudian dimasukkan dalam drum, tambahkan air, minyak serai wangi, MM cair, dan molases. Kemudian difermentasi selama 15 hari. Saring dengan kain halus. Konsentrasi yang digunakan 250 ml/20 L air.

Varietas cabai yang digunakan adalah varietas PM 99. Pesemaian: benih cabai direndam dengan menggunakan air hangat (50°C) selama 30 menit. Pesemaian ditutup dengan kain kasa untuk melindungi benih dari serangan OPT. Cabai merah ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 70 cm. Luas plot 10 m x 4,2 m (80 tanaman/plot). Luas percobaan ± 2.000 m². Seluruh pertanaman cabai merah di-border dengan jagung. Pemupukan sesuai dengan perlakuan. Pengambilan tanaman contoh dilakukan dengan menggunakan metode U shape sebanyak 10 tanaman contoh/petak perlakuan. Aplikasi pestisida disesuaikan dengan kebutuhan.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati meliputi :

1. Analisis kandungan mikroba yang terdapat dalam MM : total bakteri, total fungi, total bakteri penambat N (nonsimbiotik) dan total bakteri pelarut fosfat.
2. Analisis kimia tanah sebelum dan sesudah percobaan (C-organik, N-total, C/N, pH, P, K, Ca dan Mg), serta analisis pupuk kandang dan kompos (C-organik, N-total, C/N, kadar air, pH, P, K, Ca Mg, Cu, Zn, Mn, Fe , dan logam berat (Pb). Penetapan kandungan C-organik tanah atau pupuk organik dengan metode Kurmies, N-total dengan Kjeldahl, pH dengan pH elektrometrik, P dengan Bray 1, Ca dan Mg dengan Amonium Asetat pH 7 1N, dan K, Ca, Zn dan Fe dengan Morgan Venema pH 4,8.
3. Pertumbuhan tanaman cabai merah (tinggi tanaman dan lebar kanopi). Tinggi tanaman diukur dengan meteran dari permukaan tanah sampai titik tumbuh tertinggi. Lebar kanopi diukur lebar dengan meteran, yaitu dengan menjumlahkan diameter tanaman horizontal dan vertikal dibagi dua.

4. Populasi dan serangan OPT penting pada cabai merah.

Intensitas serangan hama dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- I = Intensitas serangan (%),
n = Jumlah tanaman yang memiliki nilai (skor) yang sama,
v = Nilai (skor) tiap katagori serangan,
N = Jumlah tanaman yang diamati, dan
Z = Nilai (skor) tertinggi

Nilai (skor) untuk serangan hama, adalah : 0 = Tidak ada serangan, 1 = kerusakan tanaman > 0 - ≤ 25%, 3 = kerusakan tanaman > 25 - ≤ 50%, 5 = kerusakan tanaman > 50 - ≤ 75%, dan 7 = kerusakan tanaman > 75%.

$$I = \frac{\sum (n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

5. Pada saat panen dilakukan pengamatan terhadap (a) bobot buah total per petak, dan (b) komponen hasil (jumlah bunga, jumlah buah, jumlah cabang, bobot buah, diameter buah, dan panjang buah)
6. Susut bobot buah cabai : dari masing – masing perlakuan diambil 10 buah cabai. Disimpan di laboratorium selama 2 minggu. kemudian ditimbang susut bobotnya.

Analisis Statistik

Data peubah pengamatan dianalisis dengan sidik ragam, jika terdapat perbedaan pengaruh perlakuan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut LSD pada taraf nilai kepercayaan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Mikroba Dalam MM

Hasil analisis kandungan mikroba yang terkandung dalam MM ditampilkan dalam Tabel 1. Beberapa mikroba yang terkandung dalam MM antara lain: (1) kelompok bakteri *Rhizobium*, *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., dan *Lactobacillus* sp., bakteri penambat N dan bakteri pelarut P dan (2) kelompok jamur (*Trichoderma*, *Aspergillus*, *Streptomyces* sp., dan *Saccharomyces*). Beberapa spesies jamur dari genus *Aspergillus* mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam melarutkan fosfat terikat dibandingkan dengan bakteri. Hal ini memberi peluang yang baik untuk dikembangkan di daerah tropis yang tanahnya masam, karena jamur menyukai lingkungan pertumbuhan yang bersifat masam. Bakteri *Rhizobium* yang terseleksi mampu menstimulasi pertumbuhan dan terbukti mampu memproduksi fitohormon, yaitu sitokinin dan auksin (Khairani 2010). Nasahi (2010) melaporkan bahwa *Azotobacter* dan *Azospirillum* dapat memacu

Tabel 1. Kandungan mikroba yang terdapat dalam MM yang digunakan (Microbial content used in MM)

Parameter	Satuan (Unit)	Standar mutu (Quality standards) (Permentan No.70/SR 140/10/2011)*	Hasil analisis sampel (Results of sample analysis)**
Total bakteri	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,77 x 10 ⁹
<i>Rhizobium</i>	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	4,27 x 10 ⁷
<i>Azospirillum</i> sp.	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,20 x 10 ⁴
<i>Azotobacter</i> sp.	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,10 x 10 ⁹
<i>Pseudomonas</i> sp.	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	3,0 x 10 ⁶
<i>Bacillus</i> sp.	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	6,5 x 10 ⁷
<i>Lactobacillus</i> sp.	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,39 x 10 ⁶
Bakteri penambat N	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,73 x 10 ⁹
Bakteri penambat P	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,52 x 10 ⁵
Bakteri selulolitik	Cfu/ml	≥ 10 ⁷	1,10 x 10 ³
Aktifitas Penambat N	-	Positif	Positif
Aktifitas Penambat P	-	Positif	Positif
Aktifitas perombakan bahan	-	Positif	Positif
Fungi	Cfu/ml	≥ 10 ⁴	5,82 x 10 ⁶
<i>Trichoderma</i>	Cfu/ml	≥ 10 ⁴	4,50 x 10 ⁵
<i>Aspergillus</i>	Cfu/ml	≥ 10 ⁴	1,10 x 10 ³
<i>Streptomyces</i> sp.	Cfu/ml	≥ 10 ⁵	1,15 x 10 ⁷
<i>Saccharomyces</i>	Cfu/ml	≥ 10 ⁵	2,50 x 10 ⁶

* Standar Mutu Permentan No.70/SR 140/10/2011)

**Laboratorium Penguji Balai Penelitian Tanah, Bogor

Tabel 2. Beberapa sifat kimia tanah awal percobaan (*Some chemical characteristics of Andisol soil before experiment*)

Sifat kimia tanah (<i>Chemical characteristics</i>)	Nilai analisis (<i>Analysis values</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
pH (H ₂ O)	5,4	Masam (<i>Acid</i>)
pH (KCl)	4,3	Netral (<i>Netral</i>)
C-rganik (%)	2,18	Sangat tinggi (<i>Very high</i>)
N-total (%)	0,20	Rendah (<i>Low</i>)
C/N	11	Sedang (<i>Low</i>)
P ₂ O ₅ – Bray 1 (ppm)	9,8	Rendah (<i>Low</i>)
K – Morgan (ppm)	71,1	Sedang (<i>Medium</i>)
Ca (cmol(+)/kg)	8,34	Sedang (<i>Medium</i>)
Mg (cmol(+)/kg)	1,85	Sedang (<i>Medium</i>)

Laboratorium Penguji Balai Penelitian Sayuran 2016 (*Ivegri testing laboratory 2016*)**Tabel 3. Sifat kima pupuk organik yang digunakan (*Chemical characteristics of organic fertilizers used*)**

Sifat kimia (<i>Chemical characteristics</i>)	Jenis pupuk organik (<i>Kinds of organic fertilizers</i>)		*Syarat minimal pupuk organik (<i>Minimal standard of organic fertilizer</i>)
	Kompos pupuk kandang + EM4	Kompos pupuk kandang +MM	
pH (H ₂ O)	8,58	8,07	4-8
pH (KCl)	8,19	7,71	-
Kadar air (%)	57,29	58,90	15-25
C-organik (%)	11,19	9,80	≥ 12
N-total (%)	0,58	0,42	≤ 6
C/N	19	14	15-25
P ₂ O ₅ (%)	1,27	1,08	≤ 6
K ₂ O (%)	1,09	0,58	≤ 6
CaO (%)	1,90	1,72	-
MgO (%)	0,79	0,41	-
Fe (ppm)	10550	12794	0-8000
Mn (ppm)	753	660	0-5000
Cu (ppm)	63	57	0-5000
Zn (ppm)	157	135	0-5000
Pb (ppm)	17,27	19,50	≤ 50

Laboratorium Penguji Balai Penelitian Sayuran 2016

*Peraturan Menteri Pertanian 2009

pertumbuhan tanaman karena kemampuannya dalam memfiksasi nitrogen, selain itu kedua mikroba tersebut juga dapat menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin. Setiap hormon yang dihasilkan sangat memengaruhi kehidupan.

Sifat Kimia Tanah Awal Percobaan

Tanah yang digunakan untuk penelitian bersifat masam dengan kandungan C-organik tanah sangat tinggi dan N total tanah rendah. Dekomposisi tanah berjalan baik yang ditandai dengan C/N ratio yang rendah. Kandungan P-tersedia tanah tergolong sangat rendah dan K-tersedia tanah tergolong sedang. Kandungan Ca dan Mg tanah juga tergolong rendah dan sedang (Tabel 2). Dari hasil analisis tanah awal tersebut tampaknya yang menjadi faktor pembatas pada tanah yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah kandungan hara N dan P serta basa-basa tanah yang rendah.

Hasil analisis pupuk organik baik yang menggunakan EM4 dan MM menunjukkan bahwa pupuk organik tersebut mempunyai kadar air yang tinggi, kandungan C-organik, dan N-total yang rendah daripada persyaratan minimal pupuk organik (Tabel 3). Kematangan kompos dapat dilihat dari kandungan karbon dan nitrogen melalui rasio C/N. C/N ratio untuk kompos baik yang ditambah dengan EM ataupun MM masing-masing sebesar 19 dan 14. Hasil ini telah memenuhi salah satu syarat kematangan kompos. Kandungan hara makro (P, K, Ca, dan Mg,) juga masih rendah, sedangkan hara lainnya (Fe, Mn, Cu, Zn, Fe, dan logam berat Pb) sudah cukup baik (Tabel 2). Untuk penggunaan pupuk organik tersebut perlu dosis yang tinggi agar diperoleh hasil tanaman yang optimum. Upaya mengatasi masalah di atas dapat dilakukan dengan meningkatkan peran mikroba tanah yang bermanfaat melalui berbagai aktivitasnya

yaitu: (1) meningkatkan kandungan beberapa unsur hara di dalam tanah, (2) meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah, (3) meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, menekan mikroba tanah patogen melalui interaksi kompetisi, (4) memproduksi zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan perkembangan sistem perakaran tanaman, dan (5) meningkatkan aktivitas mikroba tanah heterotrof yang bermanfaat melalui aplikasi bahan organik.

Sebagian besar penyebab kekurangan unsur hara di dalam tanah adalah karena jumlah unsur hara (makro) sedikit atau dalam bentuk tidak tersedia, yaitu diikat oleh mineral liat atau ion-ion yang terlarut dalam tanah. Untuk meningkatkan kuantitas unsur hara makro terutama N dapat dilakukan dengan meningkatkan peran mikroba penambat N simbiotik dan nonsimbiotik. Ketersediaan unsur P dalam tanah dapat ditingkatkan dengan menambahkan mikroba pelarut P. Hal ini disebabkan karena sebagian besar unsur P terikat dalam tanah sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman atau dalam bentuk mineral anorganik yang sukar larut seperti kalsium monofosfat (Ca_2HPO_4). Jamur mikoriza dapat pula meningkatkan penyerapan sebagian besar unsur hara makro dan mikro terutama unsur hara immobil, yaitu P, Zn, S, dan Cu (Wardhika, Hadisutrisno & Widada 2015; Kanwal, Bano & Malik 2016).

Pertumbuhan Vegetatif

Pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman diwakili oleh tinggi tanaman dan lebar kanopi. Tidak terdapat interaksi antara jenis kompos yang digunakan, pupuk NPK dan jenis pestisida yang digunakan terhadap pertumbuhan tanaman cabai. Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Dari Tabel tersebut dapat dilihat bahwa pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh perlakuan yang digunakan terutama oleh penggunaan pupuk organik. Penggunaan pupuk organik MM mampu meningkatkan tinggi tanaman dan lebar kanopi tanaman cabai serta berbeda nyata bila dibandingkan dengan penggunaan pupuk organik EM4. Perbedaan tinggi tanaman pada pengamatan umur 58 hari setelah tanam (HST) dan 65 HST berbeda sekitar 3 – 7 cm untuk tinggi tanaman dan 2,1 – 8,3 cm untuk lebar kanopi. Hayati, Mahmud & Fazil (2012) menyatakan bahwa penggunaan kompos memberikan pertumbuhan cabai yang lebih dibandingkan dengan kontrol.

Pupuk organik merupakan penyangga biologi yang mempunyai fungsi dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga tanah dapat menyediakan hara dalam jumlah berimbang. Kelebihan pupuk organik adalah mampu menyediakan unsur hara, baik mikro maupun makro dalam jumlah

cukup sesuai kebutuhan tanaman. Artinya, pupuk organik mampu mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan jumlah dan aktivitas metabolisme jasad mikro di tanah yang memadai serta dapat memperbaiki keragaan tanaman. Dengan baiknya pertumbuhan tanaman maka otomatis akan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap hama dan penyakit dan meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi.

Meningkatnya pertumbuhan tanaman cabai akibat pemberian MM diduga karena terjadinya peningkatan jumlah unsur hara yang tersedia. Hal ini disebabkan karena populasi dan keragaman mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik juga meningkat. Sesuai dengan pernyataan Higa & Wididana (1991) bahwa mikroorganisme menguntungkan terdapat di dalam tanah secara alami terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit dan pemberian MM ditujukan untuk menambah populasi dan keragaman mikroorganisme tersebut. Selain itu, bahwa dengan MM, diduga mikroorganisme akan semakin mudah melakukan penetrasi dan penyebaran ke dalam tanah sehingga akan lebih cepat pula berperan dalam proses dekomposisi bahan organik. *Mountain microorganism* tersebut bila di fermentasi selama 4 – 10 hari akan banyak menghasilkan jamur, 11 – 15 hari akan banyak menghasilkan bakteri berguna sedangkan bila lebih dari 15 hari akan banyak menghasilkan ragi. Kelompok mikroorganisme yang dilaporkan berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman antara lain: *Trichoderma* dan *Aspergillus* untuk kelompok fungi, sedangkan untuk kelompok bakteri antara lain: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter* dan *Azospirillum*.

Penggunaan dosis NPK tidak berpengaruh secara nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan lebar kanopi. Hal ini berarti bahwa pengurangan dosis pupuk NPK (16 – 16 – 16) dari 1.000 kg/ha menjadi 625 kg/ha tidak menyebabkan perbedaan yang nyata dalam pertumbuhan tanaman. Sumarni, Setiawati & Hudayya (2014) menyatakan bahwa kebutuhan serapan hara NPK untuk tanaman cabai sekitar 625 kg/ha. Penggunaan biopestisida MM tampaknya juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman cabai.

Organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang menyerang pertanaman cabai selama pengamatan adalah trips (*Thrips parvispinus*). Meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, penggunaan MM kelihatannya dapat menekan serangan awal trips dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada pengamatan terakhir efikasi MM setara dengan penggunaan insektisida sintetis. Gupta *et al.* (2015) menyatakan bahwa bakteri antagonis banyak ditemukan di sekitar sistem perakaran akar tanaman atau dikenal

Tabel 4. Rata-rata tinggi tanaman cabai merah pada tiap perlakuan (*The average of plant height on chili pepper at different treatments*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Tinggi tanaman pada umur tanaman (cm) (<i>Plant height at plant ages</i>), HST (<i>DAP</i>)							
	37	44	51	58	65	72	79	86
Kompos PPK (A)								
a1. Kompos + EM4	24,46 a	31,8 b	41,46 b	57,79 b	66,53 b	79,39 b	84,19 b	84,19 b
a2. Kompos + MM	26,08 a	34,10 a	44,94 a	62,33 a	73,77 a	86,23 a	89,63	89,63 a
Pengelolaan hara (B)								
b1. NPK (1.000 kg/ha)	25,40 a	33,10 a	43,79 a	60,64 a	7078 a	83,26 a	87,33 a	87,33 a
b2. NPK (625 kg/ha)	25,07 a	32,95 a	42,31 a	59,18 a	69,21 a	82,13 a	86,28 a	86,28 a
Cara pengendalian (C)								
c1. Insektisida sintetis	25,67 a	33,14 a	42,24 a	59,70 a	70,30 a	83,08 a	86,48 a	86,48 a
c2. Biopestisida MM	24,80 a	32,90 a	43,86 a	60,12 a	69,68 a	82,31 a	87,13 a	87,13 a
KK (CV), %	6,62	8,51	8,34	5,01	6,12	4,22	3,65	3,65

Tabel 5. Rata – rata lebar kanopi tanaman cabai merah pada tiap perlakuan (*The average of Canopy width on chili pepper at different treatments*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Lebar kanopi pada umur tanaman (cm) (<i>Canopy width at plant ages</i>), HST (<i>DAP</i>)							
	37	44	51	58	65	72	79	86
Kompos PPK (A)								
a1. Kompos + EM4	15,93 a	21,89 a	19,54	43,24 b	50,51 b	72,39 b	75,21 b	75,21 b
a2. Kompos + MM	16,71 a	23,39 a	22,45	49,10 a	58,20 a	77,72 a	80,95 a	80,95 a
Pengelolaan hara (B)								
b1. NPK (1.000 kg/ha)	14,03 a	19,98 a	18,94	46,12	48,99 a	66,77 a	68,53 a	68,53 a
b2. NPK (625 kg/ha)	16,88 a	22,45 a	20,26	40,28	53,93 a	74,28 a	78,23 a	78,23 a
Cara pengendalian (C)								
c1. Insektisida sintetis	16,18 a	22,67 a	21,13	41,30	54,82 a	75,61 a	78,20 a	68,53 a
c2. Biopestisida MM	16,63 a	22,56 a	20,60	49,71	53,74 a	74,21 a	77,91 a	78,23 a
KK (CV), %	4,53	8,24	10,6	6,4	7,27	6,01	5,21	5,21



EM4 (komersial)



MM

Gambar 4. Penampilan pertumbuhan tanaman cabai yang diberi perlakuan EM4 dan yang diberi perlakuan MM (*The appearance of growth of chili pepper treated with EM4 and treated with MM*)

dengan istilah bakteri rhizosfir. Bakteri rhizosfir dapat ditemukan dalam jumlah yang banyak pada daerah permukaan perakaran, di mana nutrisi disediakan oleh eksudat dan *lysates* tanaman (Martyniuk, Oron & Martyniuk 2005).

Hasil pengamatan terhadap hasil dan komponen hasil cabai merah pada Tabel 7 dan Gambar 5. Secara umum penggunaan MM memberikan pengaruh terhadap

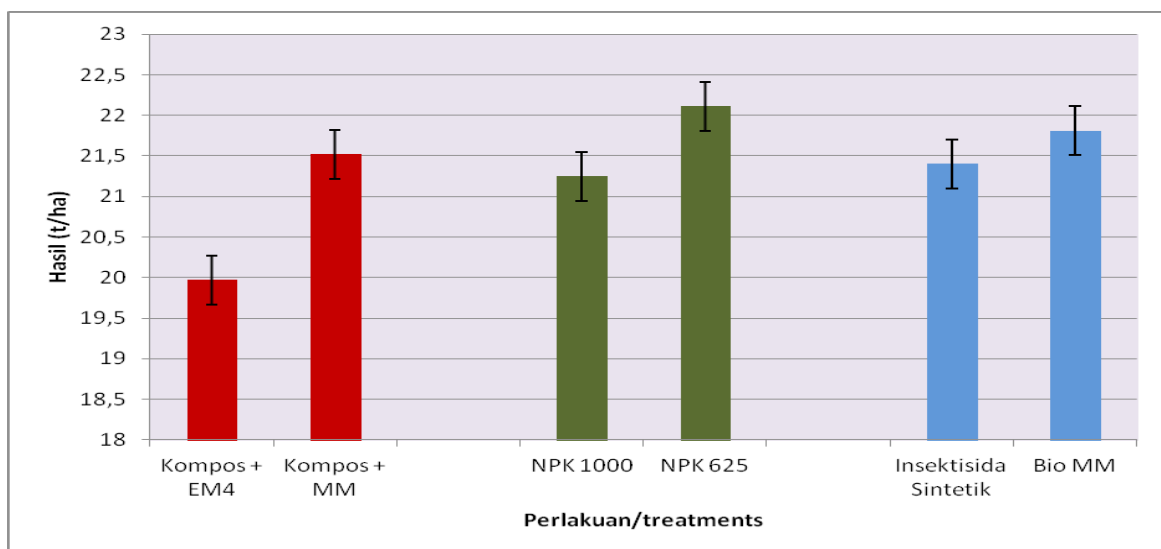
semua tolok ukur yang diamati seperti jumlah buah, jumlah bunga, jumlah cabang, bobot buah, diameter buah, dan panjang buah. Penggunaan MM setara/relatif lebih baik bila dibandingkan dengan penggunaan EM4. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang terkandung dalam MM lebih mampu memanfaatkan bahan organik tanah maupun bahan organik yang ditambahkan (yang berasal dari pupuk kandang)

Tabel 6. Kerusakan tanaman akibat serangan trips (*T. parvispinus*) pada tiap perlakuan (*Plant damage due to trips on chili pepper at different treatments*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Serangan OPT (<i>Pest and diseases</i>), HST (<i>DAP</i>)							
	37	44	51	58	65	72	79	86
Kompos PPK (A)								
a1. Kompos + EM4	0,00 a	4,78 a	7,42 a	10,53 a	1,14 a	1,08 a	0,67 a	3,42 a
a2. Kompos + MM	0,00 a	5,50 a	7,94 a	10,39 a	1,25 a	1,25 a	1,00 a	5,97 a
Pengelolaan hara (B)								
b1. NPK (1.000 kg/ha)	0,00 a	5,00 a	7,99 a	11,04 a	1,25 a	1,25 a	0,83 a	4,86 a
b2. NPK (625 kg/ha)	0,00 a	5,35 a	7,22 a	9,58 a	1,11 a	1,04 a	0,83 a	4,44 a
Cara pengendalian (C)								
c1. Insektisida sintetik	0,00 a	5,07 a	7,36 a	9,86 a	1,25 a	1,18 a	0,90 a	5,00 a
c2. Biopestisida MM	0,00 a	5,28 a	7,85 a	10,76 a	1,11 a	1,11 a	0,76 a	4,31 a
KK (CV), %	0,00	66,02	44,00	44,70	33,28	29,69	47,14	35,64

Tabel 7. Komponen hasil cabai merah (*Component of yield on chili pepper*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jumlah buah (<i>No. of fruits</i>)	Jumlah bunga (<i>No. of flowers</i>)	Jumlah cabang (<i>No. of branches</i>)	Bobot buah/ buah (<i>Weight of fruit</i>), g	Diameter buah (<i>Diameter of fruits</i>), cm	Panjang buah (<i>Fruit length</i>), cm	Susut bobot (<i>Weight loss</i>), %
Kompos PPK (A)							
a1. Kompos + EM4	208,36 a	89,24 a	11,62 a	4,94 a	0,84 a	13,35 a	9,92 a
a2. Kompos + MM	206,45 a	117,38 a	11,76 a	4,89 a	0,82 a	13,32 a	7,36 a
Pengelolaan hara (B)							
b1. NPK (1.000 kg/ha)	204,53 a	112,13 a	11,84 a	4,93 a	0,84 a	13,20 a	9,41 a
b2. NPK (625 kg/ha)	213,46 a	112,53 a	11,78 a	4,98 a	0,84 a	13,48 a	9,61 a
Cara pengendalian (C)							
C1. Insektisida sintetik	206,81 a	112,13 a	11,75 a	4,93 a	0,84 a	13,19 a	9,64 a
C2. Biopestisida MM	209,44 a	112,28 a	11,81 a	4,98 a	0,85 a	13,51 a	9,47 a
KK (CV), %	20,51	45,40	8,94	6,92	4,34	3,43	7,47



Gambar 5. Hasil panen cabai merah (*Yield of chili pepper*)

sehingga mampu mensuplai hara secara optimal sesuai yang dibutuhkan oleh tanaman. Hal itu karena pasokan dari nutrisi dari proses dekomposisi pada pupuk kandang kambing oleh bakteri dari aplikasi MM telah mampu memenuhi persyaratan nutrisi penting, terutama yang cukup dan menyeimbangkan N selama

pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu, penerapan kotoran kambing dan MM bisa memberikan P_2O_5 dan K untuk tanaman, meningkatkan aerasi tanah, dan mengurangi nutrisi pencucian, serta infestasi patogen. Sejalan dengan hasil penelitian Sumarni, Rosliani & Duriat (2010), penerapan pupuk organik

bisa memperbaiki sifat fisik dan kimia, serta sebagai mikroba, dan sebagai amelioran di tanah. Selain itu, aplikasi dosis tertentu pupuk organik dan mikroba telah menghasilkan yang terbaik tinggi tanaman cabai merah (Ferawati, Barus & Tjoa 2014). Penerapan EM4 bisa menghambat perkembangan penyakit, seperti penyebab layu bakteri (*Fusarium* sp.) (Sutariati & Wahab 2010). Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Setiawan, Maghfoer & Nihayati (2016) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk kandang dan EM4 mampu meningkatkan jumlah buah cabai, jumlah cabang, dan jumlah bunga.

Hasil panen cabai merah disajikan pada Gambar 5. Penggunaan MM yang diaplikasikan sebagai dekomposer menghasilkan bobot tertinggi sebesar 21,52 ton/ha atau lebih tinggi 7,2% dibandingkan dengan yang menggunakan EM4. Penggunaan MM sebagai biopestisida mampu meningkatkan produktivitas cabai merah bila dibandingkan dengan penggunaan pestisida sintetik sekitar 1,88%. Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa penggunaan MM baik sebagai dekomposer maupun sebagai biopestisida mampu mempertahankan hasil cabai merah lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan EM4 ataupun pestisida sintetik.

Dari hasil penelusuran beberapa pustaka menunjukkan bahwa serasah/humus yang berasal dari pohon bambu mengandung berbagai jenis mikroorganisme dari golongan jamur, bakteri, dan actinomycetes. Mikroorganisme yang berhasil diidentifikasi antara lain jamur (46 spesies), bakteri (11 spesies) dan dari golongan actinomycetes (sembilan spesies) (Reddy, Rao & Reddy 2011; Anyanwu *et al.* 2013; Darma *et al.* 2016). Dari 66 mikroorganisme yang teridentifikasi, di antaranya adalah *Trichoderma viride* yang diketahui dapat menghambat pertumbuhan penyakit antraknose. *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. yang dapat memacu pertumbuhan tanaman. *Bacillus*, *Humicola*, dan *Phoma* dapat melarutkan fosfat. Bakteri *Rhizobium* yang terseleksi mampu menstimulasi pertumbuhan dan

terbukti mampu memproduksi fitohormon, yaitu sitokinin dan auksin. Selain itu, bakteri dalam MM, *Rhodopseudomonas* sp. bisa mensintesis N dan menghasilkan senyawa metabolik yang bisa diserap oleh tanaman, meningkatkan penyerapan N dari udara dan *Lactobacillus* sp. bisa menekan patogen.

Penggunaan MM mempunyai harapan besar untuk dikembangkan karena dapat digunakan sebagai bioaktivator pengomposan yang setara dengan EM4, diduga berfungsi sebagai phytohormon dan sekaligus sebagai biopestisida.

Sifat Kimia Tanah Setelah Penelitian

Hasil analisis tanah setelah penelitian (Tabel 8) menunjukkan bahwa kandungan C-organik tanah mengalami perubahan pada semua perlakuan (penggunaan kompos ditambah dengan EM4 maupun MM) mampu meningkatkan kandungan N organik di dalam tanah dibandingkan dengan kondisi tanah awal penelitian. Perombakan bahan organik yang cepat oleh suhu yang tinggi ditambah curah hujan juga tinggi menyebabkan cepat menurunnya kadar bahan organik tanah (Marlina & Satriawan 2014). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan organik diperlukan dalam jumlah besar >30 ton/ha tampaknya harus diberikan setiap kali penanaman sayuran terutama cabai merah agar kandungan C-organik tanah dan produktivitas lahan (jenis Andisol) dapat ditingkatkan.

Setelah penelitian kandungan hara P, K, Ca, Mg dan pH tanah umumnya meningkat pada semua perlakuan yang diuji. Hal ini terjadi karena kelebihan hara yang berasal pupuk organik yang ditambah dengan MM maupun EM4 yang tidak terserap tanaman akan tetap tinggal di dalam tanah (Narkhede, Atterde & Ingle 2011). Kandungan hara yang diperlakukan dengan MM lebih tinggi dibandingkan dengan petak EM4. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya aplikasi kompos MM ke dalam tanah mampu menyediakan unsur hara dalam tanah. Pemberian kompos MM mampu menyediakan unsur hara tertinggi di dalam tanah dibandingkan dengan EM4. Hasil penelitian

Tabel 8. Hasil analisis tanah awal dan akhir penelitian (Results of soil analysis before and after experiment)

Kode Perlakuan (Treatments)	pH H ₂ O	pH KCl	C (%)	N (%)	C/N	P ₂ O ₅ ppm	K ppm	Ca me/100 g	Mg me/100 g	K me/100 g
Awal	5.4	4.3	2.18	0.20	11	125.24	71.1	8.34	1.85	0.13
Akhir :										
a ₁	6,08	5,3	2,56	0,26	10	275,48	419,35	10,25	2,37	1,14
a ₂	5,9	5,3	2,75	0,28	10	336,28	624,25	10,92	2,62	1,91
b ₁	6,05	5,2	2,44	0,25	10	264,55	345,7	9,92	2,16	0,91
b ₂	6,10	5,4	2,69	0,27	10	286,40	493,0	10,59	2,59	1,37
c1	5,93	5,25	2,67	0,27	10	327,58	537,0	10,27	2,51	1,67
c2	6,05	5,35	2,64	0,27	10	284,18	504,6	10,90	2,48	1,37

* P₂O₅-Olsen

Haynes & Mokolobate (2001) dan Madejon *et al.* (2003) menunjukkan bahwa penggunaan sisa bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan fosfor. Hasil penelitian Park *et al.* (2009) menunjukkan bahwa dari hasil aplikasi pupuk mineral dan pupuk organik jangka panjang ternyata pupuk nitrogen nyata sangat penting untuk produksi cabai merah, sedangkan pupuk P dapat dikurangi untuk mencegah terjadinya akumulasi P dalam tanah (Park *et al.* 2009). Pemberian kompos MM pada penelitian ini juga berpengaruh terhadap ketersediaan unsur mikro dalam tanah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 8 konsentrasi Ca, Mg, dan K tertinggi terdapat pada perlakuan kompos MM. Aguilar *et al.* (1997) menyatakan bahwa adanya aplikasi bahan organik, akan meningkatkan kapasitas menahan air, meningkatkan struktur dan stabilitas agregat sehingga meningkatkan kecepatan infiltrasi dan membuat tanah lebih tahan terhadap erosi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan dosis NPK tidak berpengaruh secara nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan lebar kanopi. Hal ini berarti bahwa pengurangan dosis pupuk NPK (16–16–16) dari 1.000 kg/ha menjadi 625 kg/ha tidak menyebabkan perbedaan yang nyata dalam pertumbuhan tanaman. Pemberian kompos + MM dapat memperbaiki kesuburan kimia, sifat fisiko-kimia, dan biologi tanah sehingga lebih sesuai untuk budidaya tanaman cabai merah. Pengurangan pupuk NPK sebanyak 37,5% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan produktivitas cabai merah dan komponen hasil lainnya. Penggunaan MM sebagai biopestisida dapat menghambat perkembangan OPT dengan efikasi setara dengan insektisida sintetik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aguilar, F, P. Gonzalez, J, Revilla, JJ, De Leon, O & Porcel 1997, 'Agricultural use of municipal solid waste on tree and bush crops', *J. Agric. Eng Res*, no. 67, pp. 73–79.
2. Anyanwu, CF, Ngohayon, SL, Ildefonso, RL & Ngohayon, JL 2013, *Isolation and characterization of indigenous microorganism (Imo) from Ifugao bamboo (Phyllostachys aurea) Forest*, 'International Journal of Science and Research (IJSR)', vol 4, no. 2, pp. 1319 – 1324.
3. Ashari, Sudradjat, DS & Sugiyanta 2017, 'The roles of bio organic and NPK compound fertilizer to growth and production of four year old oil palm', *Asian Journal of Applied Sciences*, vol. 5, no. 5, pp. 937–943.
4. Babiye, B 2019, 'Plant growth promoting bacteria and their prospective role for crop improvement', *International Journal of Research Studies in Microbiology and Biotechnology (IJRSMB)*, vol. 5, no. 1, pp. 16–27.
5. Bagyalakshmi, B, Ponmurugan, P, Balamurugan, A 2014, 'Studies on nutrient solubilization, biocontrol and plant growth promoting traits of *Burkholderia cepacia* from tea soil', *Journal of Plantation Crops*, vol. 42, no. 3, pp. 316–322.
6. Bargaz, A, Lyamlouli, K, Chtouki, M, Zeroual, Y & Dhiba, D 2018, 'Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system', *Frontiers in Microbiology*, vol. 9, no. 1606, pp. 1–257.
7. Bationo, A, Kihara, J, Vanlauwe, B, Waswa, B & Kimetu, J 2006, 'Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems', *Agric. Syst.*, vol. 94, no. 1, pp. 13–25.
8. Castellano, K, Nikolaki, V, Picchione, K & Sullivan, K 2015, 'Evaluating impacts of Costa Rica 's organic farming trainings: social, economic, and environmental evaluation of the mountain microorganism training program in the eastern central region of Costa Rica, retrieved from <https://digitalcommons.wpi.edu/iqp-all/378>.
9. Darma, R, I, MP, Agustina, D, Pramudito, TE, Sugiharti, M & Suwanto, A 2016, 'A Strong antifungal-producing bacteria from bamboo powder for biocontrol of *sclerotium rolfsii* in melon (*Cucumis melo* var. amanta)', *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, vol. 07, no. 02, pp. 1–7.
10. Departemen Pertanian 2004, 'Pedoman penyelenggaraan penyuluhan pertanian dalam era otonomi daerah, Badan Pengembangan Sumberdaya Manusia Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta.
11. Diacono, M & Montemurro, F 2010, 'Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review to cite this version : HAL Id : hal-00886539 review article long-term effects of organic amendments on soil fertility, A review, *Agron. Sustain. Dev.*, no. 30, pp. 401–422.
12. Ferawati, CF, Barus, HN & Tjoa, A 2014, 'Pengaruh pupuk organik mikroba rumpun bambu terhadap pertumbuhan tanaman cabai (*Capsicum annum* L.)', *e-J. Agrotekbis*, vol. 2, no. 3, pp. 269–276.
13. Garfansa, M, Didik Hariyono, D & Sugito, Y 2017, 'Pengaruh dosis unsur npk anorganik dan kompos azolla terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman baby corn (*Zea mays saccharata*)', *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 5, no. 7, pp. 1093–1099.
14. Gupta, G, Parihar, SS, Ahirwar, NK, Snehi, SK & Singh, V 2015, 'Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture', *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, vol. 07, no. 02, pp. 1–7.
15. Hayati, E, Mahmud, T & Fazil, R 2012, 'Pengaruh jenis pupuk organik dan varietas terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annum* L.)', *J. Floratek*, vol. 7, pp. 173–181.
16. Haynes, RJ & Mokolobate, MS 2001, 'Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: A critical review of the phenomenon and the mechanisms involved', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 59, no. 1, pp. 47–63.
17. Higa, T & Wididana 1991, 'Change in the soil microflora induced by effective microorganisms. P.153–162. In: Parr, JF, Hornick, SB & Whitemant, CE (eds.), *Proceeding of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*, US Departement of Agriculture, Washington DC, USA.
18. Ibeawuchi, I, Obiefuna, J & Iwuanyanwu, U 2015, 'Low external input agricultural farming system for the increase in productivity of resource poor farmers', *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 5, no. 2, pp. 109–117.

19. Jaja, ET & Barber, LI 2017, 'Organic and Inorganic Fertilizers in food production system in Nigeria', *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 7, no. 18, pp. 51–55.
20. Kanwal, S, Bano, A & Malik, RN 2016, 'Role of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metals and effects on growth and biochemical activities of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants in Zn contaminated soils', *African Journal of Biotechnology*, vol. 15, no. 20, pp. 872–883.
21. Khairani, G 2010, 'Isolasi dan uji kemampuan bakteri endofit penghasil hormon IAA (Indole Acetic Acid) dari akar tanaman jagung (*Zea mays* L.)', Skripsi Mahasiswa USU, <<http://repository.usu.ac.id/>>.
22. Kulandaivel, S & Nagarajan, S 2014, 'Pesticides induced alternations in plant growth hormone (IAA) in Rhizobacteria', *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 12, pp. 302–304.
23. Madejon, P, Murillo, J, Mara, 'n' on T, Cabrera, F & Soriano, M 2003, 'Trace element and nutrient' accumulation in sunflower plants two years after the Aznalcollar mine spill, *Sci Total Environ*, vol. 307, pp. 239–257.
24. Marlina, AN & Satriawan, H 2014, Pengaruh olah tanah dan pemberian pupuk kandang terhadap sifat fisik tanah dan produksi tanaman jagung', *Lentera*, vol. 14, no. 11, pp. 1–6.
25. Martyniuk, S, Oron, J & Martyniuk, M 2005, 'Diversity and numbers of root nodule of bacteria (Rhizobia) in polish soil, *Actasocietatis Botanicorum Poloniae*, vol. 74, no. 1, pp. 83–86.
26. Mujiyati & Supriyadi 2009, 'Effect of manure and NPK to increase soil bacterial population of Azotobacter and Azospirillum in chili (*Capsicum annum*) cultivation', *BioScience*, vol. 1, no. 2, pp. 59–64.
27. Musnamar 2003, '*Pupuk organik: cair & padat, pembuatan, aplikasi*, Penebar Swadaya. Jakarta.
28. Mustikarini, ED, Santi, Lestari, T & R 2016, 'Penerapan paket teknologi Leisa (low external input and sustainable agriculture) pada lahan pasca penambangan timah di Kecamatan Mendo Barat, Bangka, *Enviagro. Jurnal Pertanian dan Lingkungan* 2010, vol. 3, no. 1, pp. 1–41.
29. Narkhede, SD, Attarde, SB & Ingle, ST 2011, Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chilli pepper plant (*Capsicum annum*)', *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, vol. 6, no. 3, pp. 327–332.
30. Nasahi, C 2010, '*Peran mikroba dalam pertanian organik Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian*, Universitas Padjadjaran. Bandung.
31. Nuraini, A, Yuwariah, Y & Rochayat, Y 2015, 'Pengembangan produksi pertanian lahan kering dengan', *Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 113–118.
32. Omidire, NS, Bean, R & Bean, J 2015, 'Assessing the impacts of inorganic and organic fertilizer on crop performance under a microirrigation-plastic mulch regime', *Professional Agricultural Workers Journal*, vol. 3, no. 1, pp 1-9.
33. Park, J, InBog, L, Yunlun, K & Kisung, H 2009, 'Effect of mineral and organic fertilization on yield of hot pepper and changes in chemical properties of upland soil', *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, vol. 27, no. 1, pp. 24–29.
34. Reda, A & Hailu, AH 2017, 'Extensive utilization of inorganic fertilizers in ethiopian agriculture and its possible consequences on soil quality', *Journal of Integrative Agricultural Science*, vol. 13, no. 4, pp. 155–171.
35. Reddy, BV, Rao, KN & Reddy, SM 2011, Decomposition of Bamboo leaf litter and role of earthworms and microorganisms, *Archives of Applied Science Research*, vol. 3, no. 3, pp. 207–212.
36. Reijntjes, C, Haverkort, B & Bayer, AW 1999, '*Pertanian masa depan. Pengantar untuk pertanian berkelanjutan dengan input luar rendah*, Eds Indonesia. Penerbit Kanisius. Jakarta. pp. 270.
37. Schulz, S, Brankatschk, R, Dümig, A, Kögel-Knabner, I, Schlöter, M & Zeyer, J 2013, 'The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation', *Biogeosciences*, vol. 10, no. 6, pp. 3983–3996.
38. Setiawan, JA, Maghfoer, MD & Nihayati, E 2016, 'Application of manure, nitrogen fertilizer, and EM4 to improve growth and yield of red chili (*Capsicum annum* L) on an Alfisol', *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, vol. 3, no. 2, pp. 535–542.
39. Sharma, P, Rai, S., Sharma, R & Sharma, E 2004, 'Effects of land-use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan watershed', *Pedobiologia*, vol. 48, no. 1, pp. 83–92.
40. Sulasih, Widawati, S & Muharam, A 2010, Aplikasi pupuk organik dan bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dan aktivitas mikroba tanah, *J. Hort.*, vol. 20, no. 2, pp. 241–246.
41. Sumarni, N, Rosliani, R & Duriat, A 2010, Pengelolaan fisik, kimia, dan biologi tanah untuk meningkatkan kesuburan lahan dan hasil cabai merah, *J. Hort.*, vol. 20, no. 2, pp. 130–137.
42. Sumarni, N, Setiawati, W & Hudayya, A 2014, Pengelolaan hara dan tanaman untuk mendukung usahatani cabai merah menggunakan input luar rendah di dataran tinggi, *J. Hort.*, vol. 24, no. 2, pp. 141–153.
43. Sutariati, GAK & Wahab, DA 2010, Isolasi dan uji kemampuan rizobakteri indigenous sebagai agensia pengendali hayati penyakit pada tanaman cabai, *J. Hort.*, vol. 20, no. 1, pp. 86–95.
44. Wardhika, CM, Hadisutrisno, B & Widada, J 2015, 'Potensi jamur mikoriza arbuskular unggul dalam peningkatan pertumbuhan dan kesehatan bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.)', *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, vol. 18, no. 2, p. 84.
45. Widawati, S, Suliasih & Muharam, A 2010, Pengaruh kompos yang diperkaya bakteri penambat nitrogen, dan pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman kapri dan aktivitas enzim fosfatase dalam tanah', *J. Hort.*, vol. 20, no. 3, pp. 207–15.