

KAJIAN PENGGUNAAN MIKROORGANISME TANAH UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PEMUPUKAN PADA TANAMAN KARET

Study on the Utilization of Soil Microorganism to Improve the Efficiency of Fertilization on Rubber Plants

Yan Riska Venata Sembiring, Priyo Adi Nugroho, dan Istianto
Balai Penelitian Sungei Putih, P. O. Box 1415 Medan 20001, email: balitsp@indosat.net.id

Diterima tgl 4 Desember 2012/Disetujui tgl 6 Maret 2013

Abstrak

Tanah perkebunan yang umumnya miskin hara menyebabkan pentingnya penambahan hara dari luar melalui pemupukan. Ketersediaan pemupukan kimia yang terbatas seringkali menjadi kendala dalam kegiatan pemupukan. Penggunaan pupuk kimia yang berkelanjutan juga dapat menurunkan kesuburan biologi tanah. Mikroorganisme tanah memiliki peranan penting dalam penyediaan kebutuhan hara tanah. Namun pemanfaatan mikroorganisme tanah ini belum banyak digunakan untuk mendukung perkebunan karet khususnya dalam penyediaan kebutuhan hara dan efisiensi dalam pemupukan. Beberapa mikroorganisme yang memiliki kemampuan adalah mikroorganisme penambat nitrogen, pelarut fosfor (P), bakteri endofitik, mikoriza, dan mikroorganisme pemantap agregat. Berbagai jenis mikroorganisme yang menguntungkan bagi tanaman ini dapat dikemas sebagai salah satu pilar nutrisi tanaman melalui pupuk hayati.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, mikroorganisme tanah, pupuk hayati

Abstract

It is common that the soil fertility of land use for plantation crop is lower poor in nutrition. Therefore, it is important to improve the soil fertility by adding nutrient input through fertilization by using commonly non organic (chemical) fertilizer. However, the limited availability and increasing price of fertilizer often become constraints. Moreover, the repeated applications of chemical

fertilizers in the long run can also decrease biological fertility of the soil. An alternative to chemical fertilizers is the use of micro-organism. This option is not widely used especially in rubber plantations for the supply of soil nutrients and to increase fertilizer efficiency. Some micro-organisms that can improve soil biological fertility are nitrogen-fixing bacteria, phosphate dissolving bacteria, endophytic bacteria, mycorrhizae, and microorganism stabilizer aggregate. These micro-organisms which can improve rubber plantations could be packaged to become the next conventional biological fertilizer.

Keywords: Hevea brasiliensis, soil micro-organism, bio-fertilizer.

Pendahuluan

Pemeliharaan karet melalui pemupukan merupakan salah satu langkah vital yang harus dilakukan untuk mencapai produktivitas optimal. Akhir-akhir ini ketersediaan pupuk yang terbatas dan harga yang terus meningkat menyebabkan kegiatan pemupukan sering tertunda. Harga pupuk yang terus meningkat dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti peningkatan permintaan pupuk dan biaya transportasi. Oleh karena itu perlu upaya efisiensi pemupukan pada tanaman karet. Efisiensi pemupukan berkaitan dengan biaya bahan/pupuk dan tingkat pertumbuhan dan/atau produksi tanaman.

Penggunaan mikroorganisme tanah dapat meningkatkan ketersediaan maupun penyerapan unsur hara. Unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman karet adalah unsur hara N, P, dan K, namun yang ditambahkan melalui pemupukan seperti hara N dan P seringkali tidak efektif dapat diserap tanaman.

Hal ini disebabkan adanya faktor pencucian, aliran permukaan, erosi, penguapan ke atmosfer, dan fiksasi P yang tinggi oleh tanah sehingga unsur hara tersebut menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Lahan perkebunan karet yang umumnya diusahakan pada lahan marginal yang mengindikasikan kemantapan agregat yang rendah sehingga tanah mudah padat.

Usaha perbaikan produktivitas pada lahan perkebunan karet menggunakan pupuk anorganik tidak selamanya memberikan efek positif tanpa diikuti perbaikan sifat fisik dan biologi tanah. Oleh karena itu, perlu adanya upaya efisiensi pemupukan, antara lain dapat dilakukan melalui pemanfaatan mikroorganisme tanah yang diduga mampu memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Berbagai jenis mikroorganisme tanah yang menguntungkan bagi tanaman, mikroorganisme penambat N, pelarut P, dan pemantap agregat tanah, dapat dikemas sebagai salah satu pilar nutrisi tanaman melalui pupuk hayati. Pemupukan melalui pupuk hayati memiliki banyak manfaat terutama dalam hal kesuburan biologis tanah sehingga dapat menunjang pertumbuhan tanaman, peningkatan produksi, dan efisiensi pemupukan kimia. Sampai saat ini pemanfaatan mikroorganisme sebagai pupuk hayati belum optimal. Oleh karena itu diperlukan pemahaman peran mikroorganisme bagi usaha pertanian, terutama budidaya karet.

Tulisan ini merangkum hasil-hasil penelitian pemanfaatan mikroorganisme sebagai upaya peningkatan efisiensi pemupukan dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman karet.

Pemanfaatan Mikroorganisme Penambat Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu unsur makro yang berperan penting sebagai penyusun utama asam amino yang digunakan untuk sintesis peptida dan protein serta berbagai komponen biologis, namun

ketersediaan unsur nitrogen dalam tanah sering sangat terbatas. Sumber nitrogen (N_2) paling banyak terdapat di atmosfer, yaitu sekitar 78-80%. Dalam bentuk N_2 , nitrogen tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman sehingga perlu diubah terlebih dahulu menjadi nitrat atau amonium agar dapat tersedia bagi tanaman (Handayanto *et al.*, 2007). Pemupukan N diperlukan untuk menggantikan N yang terbawa pada saat tanaman dipanen maupun yang hilang tercuci. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan N yang tersedia dalam tanah adalah penggunaan mikroorganisme penambat N.

Bakteri penambat N merupakan bakteri mikro-*aerophylic* yang bersimbiotik di dalam sel korteks dan jaringan xilem akar tanaman. Bakteri ini mengubah gas N_2 ke dalam bentuk amonium (NH_4^+) serta dapat mensekresikan zat pemacu pertumbuhan seperti asam giberelat dan *Indole Acetic Acid* (IAA) yang dapat meningkatkan proliferasi akar dan pertumbuhan tanaman. Bakteri penambat N dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok bakteri penambat N yang bersimbiotik dan kelompok penambat nitrogen bebas non simbiotik (Afnaini, 1987). Penggunaan bakteri pemfiksasi N non simbiotik lebih luas dibandingkan dengan simbiotik. Genus bakteri pemfiksasi N non simbiotik aerob yang telah dikenal adalah *Azospirillum*, *Derxia*, *Mycobacterium*, *Beijerinckia*, *Azomonas*, dan *Azotobacter* (Widiastuti *et al.*, 2010).

Azotobacter sp. merupakan bakteri non simbiotik yang mampu menambat N dari udara. Bakteri *Azotobacter* sp. banyak dijumpai di daerah rizosfer (dalam tanah 20 – 8.000 sel/g) pada pH tanah antara 5,9 – 8,4 dan bersifat aerobik. Bakteri *Azotobacter* sp. tidak dijumpai pada area dengan pH masam (Holt *et al.*, 1994). Selain mampu menambat nitrogen, bakteri ini juga mengeluarkan hormon yang sama dengan hormon pertumbuhan tanaman, seperti giberelin, IAA, kinetin, dan vitamin B. Vitamin B ini berfungsi untuk aktivitas bakteri dalam peningkatan kemampuan memfiksasi N dari atmosfer. *Azotobacter* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan melalui pasokan

nitrogen, pasokan pengatur tumbuh, dan membuat kondisi tanah lebih menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman (Alexander, 1977).

Penelitian yang dilakukan oleh Joseph *et al.* (1997) menunjukkan bahwa 50% pupuk nitrogen dapat dikurangi penggunaannya melalui inokulasi *Azotobacter sp.* pada pembibitan. Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tinggi tanaman dan diameter batang pada empat perlakuan memiliki hasil yang berbeda. Tanaman yang diberi perlakuan 50% dan 75% urea dengan inokulum *Azotobacter sp.* memiliki tinggi tanaman dan diameter batang yang lebih besar daripada perlakuan 25% urea dengan inokulum *Azotobacter sp.* dan kontrol (tanpa inokulasi *Azotobacter sp.*).

Bakteri non simbiotik lainnya yang dapat dimanfaatkan adalah *Azospirillum sp.* *Azospirillum sp.* menambat nitrogen pada kondisi mikroaerofil. Nitrogen yang ditambat akan diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ . *Azospirillum sp.* juga mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh seperti IAA, giberelin, auksin, dan senyawa yang menyerupai sitokinin (Rusmana, 1994). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan *Azospirillum sp.* dapat meningkatkan efisiensi pemupukan pada beberapa tanaman. Salah satu hasil penelitian mengenai pemanfaatan *Azotobacter sp.* dan *Azospirillum sp.* sebagai upaya untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman karet dilaporkan oleh Hidayati (2005).

Tabel 1. Pengaruh inokulasi *Azotobacter sp* dan pupuk nitrogen pada pembibitan batang bawah karet

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)	Rata-rata diameter batang (cm)
25% urea + inokulum <i>Azotobacter sp.</i>	134,8	13,18
50% urea + inokulum <i>Azotobacter sp.</i>	148,2	13,74
75% urea + inokulum <i>Azotobacter sp.</i>	149,6	13,60
100% urea + tanpa inokulasi (kontrol)	142,2	12,64

Sumber: Joseph *et al.* (1997)

Rata-rata tinggi tanaman yang diperlakukan dengan inokulum *Azospirillum sp.* tanpa pemupukan urea memperlihatkan nilai tertinggi, sedangkan rata-rata diameter tanaman tertinggi terlihat pada perlakuan urea 50% + inokulum *Azospirillum sp.*, Pertumbuhan tanaman karet memiliki kecenderungan lebih baik dengan aplikasi inokulum jika dibandingkan dengan kontrol dimana tidak diaplikasikan inokulum (100%

urea) meskipun tidak berbeda nyata. Pemakaian urea dosis yang lebih rendah dari kontrol yaitu 50%, bakteri penambat N non simbiotik ini mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karet (Tabel 2). Hal ini diperkuat oleh Rusmana (1994) yang mengemukakan bahwa bakteri penambat N non simbiotik ini mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N.

Tabel 2. Pengaruh inokulum *Azotobacter sp.* dan *Azospirillum sp.* terhadap pertumbuhan tanaman karet

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)	Rata-rata diameter tanaman (mm)
Urea 100% + tanpa inokulasi	66,72	7,60
Tanpa dipupuk urea + inokulum <i>Azotobacter sp.</i>	80,50	8,06
Tanpa dipupuk urea + inokulum <i>Azospirillum sp.</i>	81,71	8,20
Urea 50% + inokulum <i>Azotobacter sp.</i>	78,03	8,09
Urea 50% + inokulum <i>Azospirillum sp.</i>	78,40	8,67

Sumber: Hidayati (2005)

Spesies bakteri rizosfer lain memiliki kemampuan menambat N dan menghasilkan IAA seperti *Aerobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus* juga telah dimanfaatkan secara luas. Akhir-akhir ini penelitian mengenai pemanfaatan bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman juga sudah dikembangkan untuk penambatan nitrogen. Bakteri ini lebih dikenal dengan bakteri endofit. Bakteri endofit adalah mikroorganisme yang sebagian atau seluruh dari siklus hidupnya tinggal dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit bagi tanaman inang. Bakteri endofit dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan resistensi tanaman dari berbagai macam patogen dengan memproduksi antibiotik (Bandara *et al.*, 2006). Endofit memasuki jaringan tumbuhan terutama melalui akar, batang, dan kotiledon. Proses kolonisasi jaringan tumbuhan oleh endofit melalui tahap kompleks yang meliputi adaptasi, perkecambahan spora, penetrasi, dan kolonisasi.

Penambatan N₂ secara biologis oleh sejumlah spesies bakteri endofit memiliki keunggulan dibandingkan bakteri rizosfer karena keberadaannya di dalam jaringan interseluler tanaman yang tidak mudah hilang. Sementara kehilangan unsur hara N yang dihasilkan oleh bakteri rizosfer tidak dapat dihindari akibat adanya pencucian oleh air hujan dan erosi, terbawa aliran permukaan (*run off*), penguapan ke udara, dan nitrogen di atmosfer yang bersifat bebas dan sangat labil (Susilowati, 2003). Menurut James dan Olivares (1997), endofit diazotrofik yang tinggal dalam jaringan tanaman dapat menghindari persaingan dengan bakteri rizosfer karena mendapatkan nutrisi secara langsung dari tanaman inang. Bakteri yang termasuk pada kelompok endofit diazotrofik merupakan bakteri penambat nitrogen yang berkolonisasi dalam akar di bawah tanah atau berada pada jaringan yang kompak, seperti buku batang atau pembuluh xilem, sehingga bakteri ini mampu tumbuh pada lingkungan dengan tekanan O₂ yang rendah yang sangat penting bagi aktivitas enzim nitrogenase.

Peranan bakteri endofit diperkuat oleh hasil penelitian Khan dan Doty (2009) yang telah berhasil mengisolasi bakteri endofit *Enterobacter*, *Rahnella*, *Rhodanobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Xanthomonas* dan *Phyllobacterium* dari tanaman ubi (*Ipomoea batatas* Lam.). Bakteri tersebut dinyatakan memiliki kemampuan mengikat nitrogen, memproduksi IAA yang lebih dikenal sebagai auksin, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan.

Menurut Van Vuurde dan Recuenco (2005) dalam Firmansah (2008) menyatakan bahwa setiap tanaman tingkat tinggi memiliki beberapa bakteri endofit. Bakteri endofit mampu menghasilkan metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi antara tanaman inang dengan mikroba endofit. Bakteri endofit telah diisolasi dari berbagai tanaman, seperti tanaman obat, atau tanaman agronomi sehingga ada peluang untuk menggali potensi bakteri endofitik pada tanaman perkebunan seperti karet.

Pemanfaatan Mikroorganisme Pelarut P

Fosfor (P) merupakan unsur hara esensial makro seperti halnya karbon (C) dan nitrogen (N). Tanaman memperoleh unsur P seluruhnya berasal dari tanah atau dari pemupukan serta hasil dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Berdasarkan beberapa penelitian, kekurangan P dapat menurunkan produksi. Seperti penelitian yang dilaporkan oleh Tambunan *et al.* (1993) pada Tabel 3. Data produksi selama satu tahun setelah buka sadap menunjukkan bahwa dosis pupuk P berpengaruh nyata terhadap kandungan P daun dan produksi. Produksi karet kering pada tahun pertama sebagai akibat pemupukan P meningkat sebesar 22-32%. Hasil percobaan ini menunjukkan adanya pengaruh positif pemupukan P terhadap produksi awal karet.

Upaya dalam meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman melalui pemupukan telah banyak dilakukan, namun yang terserap hanya

10-30% dari pupuk P yang diaplikasikan. Hal ini terjadi karena adanya fiksasi P yang tinggi oleh tanah terhadap pupuk yang diberikan sehingga menjadi tidak tersedia terutama pada tanah mineral bereaksi masam. Pada tanah

yang bereaksi masam, fosfor terfiksasi menjadi Fe-P dan Al-P dan mengakibatkan bentuk ini menjadi sulit diserap tanaman (Buckman dan Brady, 1982).

Tabel 3. Pengaruh perlakuan dosis pupuk P terhadap produksi tahun pertama sadap karet

Perlakuan dosis pupuk P (g/p)	Kandungan P daun (%)	Produksi (g/p/s)
0	0,259	15,4
120	0,292	18,8
240	0,320	19,9
360	0,311	20,5
480	0,320	20,3

Sumber: Tambunan *et al.* (1993)

Salah satu alternatif untuk mengatasi rendahnya P-tersedia tanah adalah dengan memanfaatkan mikrobia tanah yang hidup bebas dan memiliki kemampuan untuk melarutkan P pupuk maupun P tanah, seperti bakteri pelarut fosfat (BPF) (Hasanudin dan Gonggo, 2004). Kelompok BPF yang mempunyai kemampuan yang tinggi dalam melarutkan P yang terikat oleh unsur lain (Fe, Al, Ca, dan Mg) adalah *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Bacillus megaterium*, dan *Chromobacterium* sp. (Widawati, 2005). BPF berperan dalam transfer energi, penyusunan protein, koenzim, asam nukleat, vitamin dan fitohormon yang dapat memperbaiki pertumbuhan akar tanaman, serta meningkatkan serapan hara sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan (Glick, 1995; Rao, 1994).

Hasil penelitian pemanfaatan bakteri pelarut fosfat yang dilakukan oleh Hidayati dan Thomas (2009) menunjukkan bahwa aplikasi menggunakan BPF + 100% dosis pupuk SP36 memperlihatkan hara P tersedia tertinggi, yaitu 504,53 ppm (Tabel 4). Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Goenadi, *et al.* (1995) yang menginokulasikan mikroorganisme pelarut fosfat, *Streptomyces* sp. dan *Aspergillus* sp., pada tanah Ultisol yang merupakan salah satu jenis tanah yang umum diusahakan sebagai lahan perkebunan. Hasil penelitian menyatakan bahwa aplikasi mikroorganisme tersebut mampu meningkatkan P tersedia dalam tanah dibandingkan tanpa inokulasi mikroorganisme tersebut.

Tabel 4. Hasil analisis unsur hara P tersedia dalam tanah

Perlakuan	pH	P-tersedia (ppm)
Kontrol (tanpa perlakuan)	4,45	15,89
25% SP36	4,24	9,19
50% SP36	4,80	226,64
100% SP36	4,71	450,59
Aplikasi BPF	4,11	47,64
Aplikasi BPF + 25% SP36	4,39	206,33
Aplikasi BPF + 50% SP36	4,74	228,02
Aplikasi BPF + 100% SP36	4,85	504,53

Sumber: Hidayati dan Thomas (2009)

Salah satu mikroorganisme pelarut P yang terkenal luas pemanfaatannya adalah mikoriza. Mikoriza merupakan simbiotik antara tanaman dengan jamur yang mengkoloni jaringan korteks akar selama periode aktif pertumbuhan tanaman. Menurut Budi *et al.* (1998), mikoriza dikelompokkan dalam tiga bentuk yaitu endomikoriza (cendawan pembentuknya tumbuh di antara sel-sel korteks akar dan membentuk arbuskulus dalam sel), ektomikoriza (miselia cendawan berkembang di permukaan rambut akar dengan membentuk selaput miselium, namun tidak masuk menembus sel akar), dan ekstendomikoriza (cendawan pembentuknya berkembang di antara, di dalam, dan di sekeliling akar tanaman inang).

Tanaman yang terinfeksi mikoriza mempunyai sifat ketahanan terhadap kekeringan dan serangan patogen akar yang lebih dibandingkan dengan tanpa infeksi mikoriza. Mikoriza berperan sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, dan meningkatkan produksi hormon pertumbuhan dan zat pengatur tumbuh seperti auksin, serta mendukung proses biogeokemis. Hal ini dapat terjadi karena infeksi cendawan mikoriza dapat meningkatkan adsorpsi hara dari dalam tanah oleh miselium eksternal (Mosse, 1981).

Menurut Aldeman (1986) dalam Talanca dan Adnan (2005), infeksi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan dan kemampuan tanaman untuk memanfaatkan nutrisi yang ada dalam tanah, terutama unsur P, Ca, N, Cu, Mn, K, dan Mg. Peran penting mikoriza adalah asesibilitasnya terhadap *pool* fosfor yang tidak tersedia untuk tanaman. Mekanismenya adalah pelepasan fosfor anorganik dan fosfor organik secara fisiokimia dengan asam organik seperti oksalat. Peran asam organik tersebut adalah: a) melepaskan fosfor yang dijerap oleh logam hidroksida melalui reaksi pertukaran ligan, b) melarutkan permukaan logam oksida yang menjerap fosfor, dan c) mengkompleks logam dalam larutan sehingga mencegah presipitasi logam fosfat (Fox *et al.*, 1990).

Penelitian mikoriza terhadap karet yang dilakukan oleh Istianto (1993),

mengemukakan bahwa inokulasi mikoriza pada tanaman karet dapat meningkatkan diameter batang, bobot kering bagian atas tanaman, kadar fosfor daun, dan serapan fosfor. BBP2TP Ambon (2012) melaporkan bahwa diinokulasi mikoriza di daerah perakaran dapat mempercepat pertumbuhan bibit kakao. Hal ini sejalan dengan pernyataan Matsubara *et al.* (1996) bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza memiliki tinggi tanaman, diameter batang, bobot kering akar dan tajuk, konsentrasi P pada bagian akar maupun tajuk lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa mikoriza.

Pemanfaatan Mikroorganisme Pemantap Agregat Tanah

Agregasi tanah menciptakan lingkungan fisik yang baik untuk perkembangan akar tanaman melalui pengaruhnya terhadap porositas, aerasi, dan daya menahan air. Melalui agregat yang mantap dan baik, maka efisiensi pemupukan dapat terjadi karena kemampuan partikel tanah dalam memegang unsur hara lebih tinggi (KTK tanah lebih tinggi).

Agregat tanah yang mantap dan stabil penting bagi lahan pertanian dan perkebunan. Faktor yang mempengaruhi kemantapan agregat adalah pengolahan tanah, aktivitas mikroorganisme tanah, dan penutupan tajuk tanaman pada permukaan tanah yang dapat menghindari *splash erosion* akibat curah hujan yang tinggi. Adapun agensia organik yang dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah ialah produk dekomposisi biomas, eksopolisakarida (EPS) asal bakteri, miselium fungi, dan produk hasil sintesis tanaman.

Di dalam tanah, aktivitas mikroorganisme seperti *Azospirillum brasilense* menghasilkan eksopolisakarida dalam bentuk arabinosa yang berkorelasi membentuk agregat (Burdman *et al.*, 2000). Pada penelitian Santi *et al.* (2008) yang menggunakan bakteri penghasil eksopolisakarida, perlakuan dengan inokulan tunggal maupun campuran ke dalam tanah beragregasi tidak stabil mengindikasikan adanya peningkatan kemantapan agregat dalam 30 hari inkubasi (Tabel 5).

Flavobacterium sp. PG7II.2 mampu meningkatkan *Index Stabilitas Agregat (ASI)* dari 31,95 (sangat tidak stabil) menjadi 41,34 (tidak stabil) dan ASI meningkat seiring dengan lamanya waktu 60 hari inkubasi.

Perkebunan karet umumnya diusahakan pada tanah yang miskin hara, telah mengalami pelapukan lanjut dan berasal dari bahan induk yang sangat masam, mengandung bahan organik rendah, dan agregasi yang tidak mantap. Sehingga penelitian lain yang juga telah dilakukan pada tanah tropika di Indonesia oleh Goenadi *et al.* (1995) dengan aplikasi beberapa mikroorganisme pelarut

hara dan pemantap agregat pada tanah ultisol (Tabel 6). Tanah yang diinokulasikan dengan kombinasi inokulum *Azotobacter* sp., *Aeromonas* sp., dan *Penicillium* sp. mampu meningkatkan kemandapan agregat tanah terbesar mencapai 86%. Mekanisme menghasilkan agregat yang stabil berkaitan dengan kemampuan mikroorganisme tersebut dalam memproduksi polisakarida ekstraseluler. Kemampuan mikroorganisme tanah untuk memproduksi zat tersebut berfungsi sebagai mekanisme perlindungan terhadap virulensi atau predasi (Lynch dan Bragg, 1985).

Tabel 5. Indeks stabilitas agregat bahan tanah mineral yang diinokulasi bakteri penghasil eksopolisakarida dengan masa inkubasi

Perlakuan	Index Stabilitas Agregat		
	30 hari inkubasi	60 hari inkubasi	90 hari inkubasi
<i>P. fluorescens</i> PG7II.1	30,81	39,50	58,22
<i>Flavobacterium</i> sp. PG7II.2	41,34	70,50	68,07
<i>P. diminuta</i> PG7II.9	40,57	85,50	56,55
<i>P. fluorescens</i> PG7II.1+ <i>Flavobacterium</i> sp. PG7II.2+ <i>P. diminuta</i> PG7II.9	37,79	114,00	57,80
<i>P. fluorescens</i> PG7II.1+ <i>Flavobacterium</i> sp. PG7II.2+ <i>P. diminuta</i> PG7II.9+ <i>A. niger</i>	40,41	110,00	51,73
Blanko (tanpa inokulan)	31,95	36,15	36,15

Sumber: Santi *et al.* (2008)

Tabel 6. Kemandapan agregat dari partikel tanah yang diakibatkan oleh beberapa isolat pemantap agregat pada tanah ultisol Rajamandala 14 hari setelah inkubasi

Perlakuan	Kemandapan agregat (%)
Tanpa perlakuan inokulasi	68
Inokulum <i>Azotobacter</i> sp.	68
Inokulum <i>Aeromonas</i> sp.	78
Inokulum <i>Penicillium</i> sp.	66
Inokulum <i>Azotobacter</i> sp. + <i>Aeromonas</i> sp.	78
Inokulum <i>Azotobacter</i> sp. + <i>Penicillium</i> sp.	81
Inokulum <i>Aeromonas</i> sp. + <i>Penicillium</i> sp.	75
Inokulum <i>Azotobacter</i> sp. + <i>Aeromonas</i> sp. + <i>Penicillium</i> sp.	86

Sumber: Goenadi *et al.* (1995)

Populasi dan aktivitas mikroorganisme yang meningkat menyebabkan agregasi partikel-partikel penyusun tanah makin mantap. Mikroba dan miselia, yang berupa benang-benang, berfungsi sebagai perekat antar partikel tanah. Hal ini menyebabkan struktur tanah menjadi lebih baik karena

ketahanan menghadapi tekanan erodibilitas lebih tinggi. Kemampuan aktivitas mikroorganisme yang mengubah sifat biologi tanah menjadi lebih baik memberi dampak positif terhadap minimalisir penggunaan pupuk anorganik.

Kesimpulan

Penggunaan pupuk kimia yang meningkat setiap tahun mengindikasikan penurunan efisiensi pemupukan. Salah satu langkah teknologi yang dapat diterapkan dalam pemenuhan hara adalah melalui pemanfaatan mikroorganisme. Mikroorganisme penambat nitrogen dan pelarut fosfat memiliki pengaruh positif dalam meningkatkan produksi, diameter, dan tinggi tanaman. Sedangkan mikroorganisme pemantap agregat tanah efektif meningkatkan agregasi tanah perkebunan. Efisiensi pemupukan kimia melalui pemanfaatan mikroorganisme ini dapat dikemas dalam satu pilar nutrisi dalam bentuk teknologi pupuk hayati yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Afnaini. 1987. Pengaruh beberapa sumber inokulan bakteri *rhizobium* terhadap pembentukan bintil akar, pertumbuhan, dan produksi tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr.). Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil microbiology. 2nd Ed. John Wiley and Sons, New York.
- Bandara, W. M., M. S. Seneviratne, Gammi, and S. A. Kulasoonya. 2006. Interactions among endophytic bacteria and fungi: effects and potentials. J. Biosci. 31 (5), December 2006. Indian Academy of Sciences, <http://www.ias.ac.in/jbiosci>. Didownload 31 Agustus 2012.
- BBP2TP Ambon. 2012. Potensi dan manfaat jamur mikoriza di pembibitan tanaman kakao. <http://ditjenbun.deptan.go.id>. Didownload 18 Februari 2013.
- Buckman and N. C. Brady. 1982. The nature and properties of soil. Terjemahan. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Budi, S. W., J. P. Caussanel, A. Trouvelot, and A. Gianiazzi. 1998. The biotechnology of mycorrhizas. In N. S. Subba and Y. R. Dommergues. Eds. Microbial interaction in agricultural and forestry science Publishers, Inc., USA.
- Burdman, S., E. Jurkevitch, M. E. Soria-Diaz, A. M. G. Serrano, and Y. Okon. 2000. Extracellular polysaccharide composition of *Azospirillum brasilense* and its relation with cell aggregation. Microbiol. Lett., 189, 259-264.
- Firmansah, R. 2008. Effectiveness of endophyte and phylloplen bacteria of *Mucuna pruriens* Linn leaves in promoting plant growth and suppressing leaf spot disease (*Cercospora* sp.) on peanut (*Arachis hypogaea* L.). <http://www.docstoc.com/docs/232453>. Didownload 31 Agustus 2012.
- Fox, T. R., N. B. Comeford, and W. W. McFee. 1990. Kinetics phosphorus release from spodosols: effects of oxalate and formate. Soil Science Society American Journal, 54: 1441-1447.
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. Canadian Journal Microbiology, 41: 109-117.
- Goenadi, D. H., R. Saraswati, N. N. Nganro, dan J. A. S. Adiningsih. 1995. Mikrobi pelarut hara dan pemantap agregat dari beberapa tanah tropika basah. Menara Perkebunan, 63(2): 60-66.
- Handayanto, E. dan K. Hairiah. 2007. Biologi tanah: landasan pengelolaan tanah sehat. Pustaka Adipura, Yogyakarta.
- Hasanudin dan M. B. Gonggo. 2004. Pemanfaatan mikrobi pelarut fosfat dan mikoriza untuk perbaikan fosfor tersedia, serapan fosfor tanah (ultisol) dan hasil jagung (pada ultisol). Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, 6(1): 8-13.
- Hidayati, U. 2005. Peranan mikroorganisme tanah dalam meningkatkan serapan nitrogen pada berbagai tingkatan ketersediaan air tanah. Jurnal Penelitian Karet, 23(2): 156-166.
- Hidayati, U dan T. Wijaya. 2009. Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman karet. Jurnal Penelitian Karet. 27(1): 42-48.
- Holt, J. G., N. R. Krieg, P. H. A. Sneath, J. T. Staley, and S. T Williams. 1994. Bergey's manual of determinative bacteriology. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.

- Istianto. 1993. Pengaruh mikoriza vesikula arbuskula dan bantuan fosfat alam terhadap pertumbuhan dan serapan posfor bibit karet (*Hevea brasiliensis* Muel Arg.). Tesis Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- James, E. and F. L. Olivares. 1997. Infection and colonization of sugarcane and other graminaceous plants by endophytic diazotrophs. *Plant Science*. 17: 77-119.
- Joseph, K. T. G., Vimalakumari, J. Mathew, and R. Kothandaraman. 1997. Effect of *Azotobacter* inoculation on rubber seedling. *Indian J. Nat. Rub. Res.* 10(1): 34-38.
- Khan, Z. and S. L. Doty. 2009. Characterization of bacterial endophytes of sweet potato plants. *Plant Soil* DOI 10.1007/s11104-009-9908-1.
- Matsubara, Y., T. Karikomi, M. Ikuta, H. Hori, S. Ishikawa, and T. Harada. 1996. Effect of arbuscular mycorrhiza fungus inoculation on growth of apple seedling. *J. Japan, Soc. Hort. Sci.* 65(2):297-302.
- Mosse, B. 1981. Vesicular arbuscular mycorrhizal research for tropical agriculture. *Res. Bull.* 82p.
- Rao, N. S. S. 1994. Mikroorganisme tanah dan pertumbuhan tanaman. Terjemahan: Susilo, H. Edisi ke-2. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Rusmana, I. dan D. D. Hadijaya. 1994. Aktivitas nitrogenase *Azospirillum* sp. dan efektivitas simbiotiknya dengan jagung. *Jurnal hayati*. 1(2): 51-54.
- Santi, L. P., A. Dariah, dan D. H. Goenadi. 2008. Peningkatan kemantapan agregat tanah mineral oleh bakteri penghasil eksopolisakarida. *Menara Perkebunan*. 76(2): 93-103.
- Saraswati, R. 1999. Teknologi pupuk mikroba multiguna menunjang keberlanjutan sistem produksi kedelai. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 4(1): 1-9.
- Susilowati D. N., R. Saraswati, Elsanti, dan E. Yuniarti. 2003. Isolasi dan seleksi mikroba diazotrof endofitik dan penghasil zat pemacu tumbuh pada tanaman padi dan jagung. http://biogen.litbang.deptan.go.id/terbitan/prosiding/fulltext_pdf/prosiding2003_128-144_susilowati_isolasi.pdf. Didownload 28 November 2012.
- Talanca, A. H. dan A. M. Adnan. 2005. Mikoriza dan manfaatnya pada tanaman. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sulawesi Selatan*.
- Tambunan, D., H. Sihombing, dan T. Adiwiganda. 1993. Pengaruh cara pemupukan dan dosis pupuk P terhadap pertumbuhan dan produksi awal tanaman karet muda. *Buletin Perkaretan*, 11(1-3): 18-24.
- Widawati, S. S. 2005. Populasi bakteri pelarut fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta kemampuannya melarutkan P terikat di media Pikovskaya padat. *Biodiversitas*, 7(2): 109-113.
- Widyastuti, H., Siswanto, dan Suharyanto. 2010. Karakterisasi dan seleksi beberapa isolat *Azotobacter* sp. untuk meningkatkan perkecambahan benih dan pertumbuhan tanaman. *Buletin Plasma Nutfah*, 16(2): 160-167.