

PERAN BIOTEKNOLOGI DALAM PEMBUATAN PUPUK HAYATI

Putu Sriwahyuni¹, Putu Parmila¹

email: sri.wahyuni@unipas.ac.id

¹Staf edukatif Fakultas Pertanian Universitas Panji Sakti Singaraja
Jl. Bisma, No 22, Singaraja 81116, Bali, Indonesia

Abstract. *The progress of biotechnology not only facilitates the process of inoculation and preparation of biological fertilizer formulations but also makes it easier to identify and characterize the types of microorganisms that show high effectiveness as biological fertilizers. Selected collection of microorganisms increases the effectiveness of certain nutrient tethering and facilitates its supply to plants. Making biofertilizers can be done simply by taking soil that has been turned into biofertilizers, for example, legin in peanut plants, then applied to new crop land for planting legumes or with sophisticated technology to identify, isolate certain superior microorganisms and make a formulation a mixture of various types of microorganisms that are able to produce nutrients directly or indirectly for plant growth. Various studies have shown that biological fertilizer is beneficial in improving soil fertility, improving soil health, spurring plant growth and production. However, the use of biological fertilizers by farmers is still far behind compared to non-biological fertilizers. Therefore, research, development, and innovation of biological fertilizer products need to be carried out continuously.*

Keywords: *biofertilizer, microbial fertilizer, biotechnology, soil fertility*

Abstrak. Kemajuan bioteknologi tidak hanya memudahkan dalam proses inokulasi dan penyusunan formulasi pupuk hayati, tetapi juga memudahkan dalam identifikasi dan karakterisasi jenis-jenis mikroorganisme yang menunjukkan efektivitas tinggi sebagai pupuk hayati. Kumpulan mikroorganisme terpilih meningkatkan efektivitas penambatan hara tertentu dan memfasilitasi penyediaannya bagi tanaman. Pembuatan pupuk hayati dapat dilakukan secara sederhana hanya dengan mengambil tanah yang pernah dipalikasi pupuk hayati, misalnya legin pada tanaman kacang tanah, kemudian diaplikasikan pada lahan pertanaman baru untuk pertanaman kacang-kacangan atau dengan teknologi canggih untuk mengidentifikasi, mengisolasi mikroorganisme unggulan tertentu dan membuat suatu formulasi campuran berbagai jenis mikroorganisme yang mampu menghasilkan nutrisi secara langsung ataupun tidak langsung untuk pertumbuhan tanaman. Berbagai penelitian menunjukkan, pupuk hayati bermanfaat dalam memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan kesehatan tanah, memacu pertumbuhan dan produksi tanaman. Namun demikian, penggunaan pupuk hayati oleh petani masih tertinggal jauh dibandingkan pupuk non hayati. Oleh karena itu, penelitian, pengembangan, dan inovasi produk pupuk hayati perlu terus dilakukan.

Kata kunci : *biofertilizer, microbial fertilizer, bioteknologi, kesuburan tanah*

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki andil dan tanggungjawab yang besar dalam penyediaan pangan yang cukup bagi penduduk. Tantangan sektor ini kedepan akan semakin berat karena tidak hanya dituntut mampu menyediakan bahan pangan yang cukup secara kuantitas, namun memenuhi persyaratan mutu dan kesehatan yang standarnya terus meningkat. Peningkatan standar mutu antara lain disebabkan oleh peningkatan daya beli masyarakat yang dibarengi dengan semakin

tingginya tingkat pendidikan dan kesadaran akan kesehatan.

Perubahan cara bercocok tanam dari cara tradisional ke cara modern yang diterapkan pada masa revolusi hijau berhasil meningkatkan produksi pertanian secara spektakuler. Penggunaan bibit unggul, perluasan daerah irigasi, penerapan mekanisasi pertanian, penggunaan pupuk dan pestisida sintesis mampu mendongkrak produksi pertanian menjadi berlipat-lipat. Beberapa Negara, termasuk Indonesia yang sebelumnya

merupakan pengimpor beras berhasil berswasembada beras.

Khusus untuk penggunaan pupuk, secara prinsip dilakukan karena kebutuhan hara tanaman tidak lagi mampu dipenuhi dari ketersediaan unsur hara di alam. Hal ini dilakukan untuk menyuplai hara yang dibutuhkan tanaman selama pertumbuhannya serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik.

Teknologi yang juga terus dikembangkan dan disempurnakan adalah pupuk hayati. Pupuk hayati telah sejak lama dikenal dan digunakan oleh petani di beberapa Negara. Pupuk hayati pertama yang dikomersialkan adalah rhizobia. Inokulan ini dipasarkan dengan nama Nitragin. Macdonald, 1989 melaporkan, pada periode tahun 1930-an dan 1940-an, Uni Sovyet telah menanam berbagai jenis tanaman yang diinokulasi dengan *Azotobacter*. Bakteri ini diformulasikan dengan berbagai cara dan disebut sebagai pupuk bakteri Azotobakterin. Pupuk bakteri lain yang juga telah digunakan secara luas di Eropa Timur adalah fosfobakterin yang mengandung bakteri *Bacillus megaterium*. Mulai tahun 1970-an, penggunaan pupuk hayati kembali serius dilakukan. Perhatian pertama kali ditujukan pada penggunaan rhizobia yaitu prosuk pupuk hayati yang mengandung bakteri penambat nitrogen.

Saat ini, teknologi produksi pupuk hayati telah berkembang semakin maju sejalan dengan perkembangan penelitian dibidang biologi molekuler. Kemajuan bioteknologi tidak hanya memudahkan dalam proses inokulasi

dan penyusunan formulasi pupuk hayati, tetapi juga memudahkan dalam identifikasi dan karakterisasi jenis-jenis mikroorganisme yang menunjukkan efektivitas tinggi sebagai pupuk hayati. Bagaimana peran bioteknologi dalam proses pembuatan pupuk hayati akan dibahas lebih lanjut dalam makalah ini. Telaah pustaka dilakukan untuk mengumpulkan fakta-fakta bahwa bioteknologi telah memberikan andil yang besar dalam pembuatan pupuk hayati.

Konsepsi Pupuk Hayati

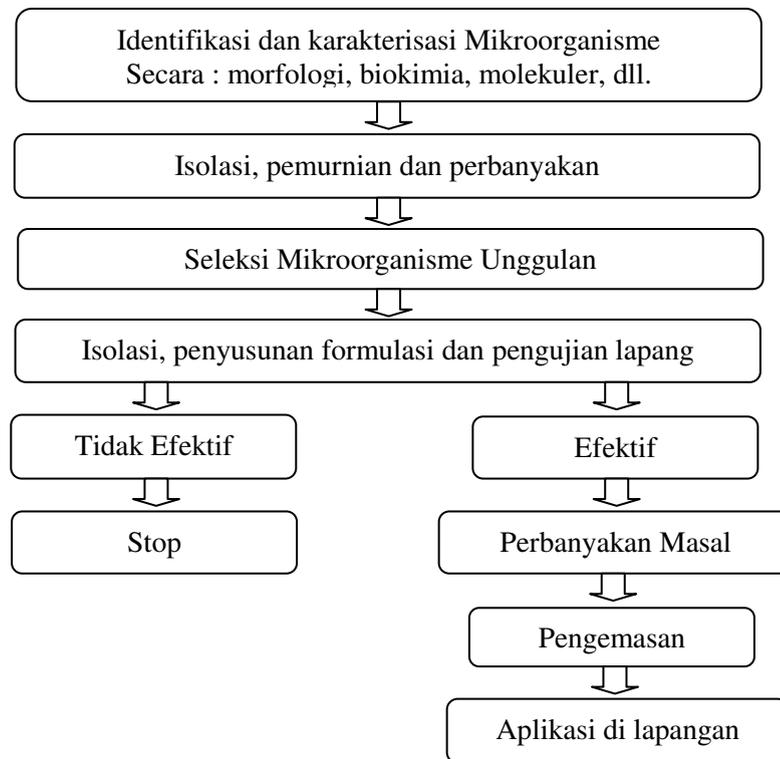
Pupuk hayati merupakan istilah yang relatif baru dikenal di bidang pertanian, meskipun substansi yang dimaksud dalam pupuk hayati telah dikenal dan diterapkan sejak lama di bidang pertanian. Misalnya, penggunaan inokulan *Rhizobium* sudah dilakukan lebih dari 100 tahun yang lalu.

Secara konseptual terdapat beragam makna pupuk hayati. Menurut Rao (1982), pemakaian istilah inokulan mikroba lebih tepat dibanding pupuk hayati. Lebih lanjut Rao mendefinisikan pupuk hayati sebagai preparasi yang mengandung sel-sel dari strain-strain efektif mikroba penambat nitrogen, pelarut fosfat atau selulolitik yang digunakan pada biji, tanah atau tempat pengomposan dengan tujuan meningkatkan jumlah mikroba tersebut dan mempercepat proses mikrobial tertentu untuk menambah banyak ketersediaan hara dalam bentuk tersedia yang dapat diasimilasi tanaman.

Pupuk hayati, menurut FNCA Biofertilizer Project Group (2006) merupakan substansi yang mengandung mikroorganisme hidup yang mengkolonisasi rizosfir atau

bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer dan/atau stimulus pertumbuhan tanaman target, bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, atau tanah. Mereka hanya membatasi istilah pupuk hayati pada mikroba. Simanungkalit *et al.* (2006) memberikan konsep pupuk hayati tidak hanya sebatas melibatkan mikroba tetapi juga melibatkan makrofauna seperti cacing tanah. Bila inokulan hanya mengandung pupuk hayati mikroba, inokulan tersebut dapat juga disebut pupuk mikroba (*microbial fertilizer*). Secara tegas Simanungkalit *et al.* (2006)

mendefinisikan pupuk hayati sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Memfasilitasi tersedianya hara ini dapat berlangsung melalui peningkatan akses tanaman terhadap hara misalnya oleh cendawan mikoriza arbuskuler, pelarutan oleh mikroba pelarut fosfat, maupun perombakan oleh fungi, aktinomiset atau cacing tanah. Penyediaan hara ini berlangsung melalui hubungan simbiotis atau nonsimbiotis.



Gambar 1. Alur proses pembuatan pupuk hayati

Proses Pembuatan Pupuk Hayati dan Peran Bioteknologi dalam Proses Pembuatannya

Teknologi pembuatan pupuk hayati menunjukkan perkembangan

yang cukup pesat sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang biologi, statistika, kimia dan ilmu terkait lainnya. Pembuatan pupuk hayati dapat dilakukan secara sederhana

hanya dengan mengambil tanah yang pernah dipalikasi pupuk hayati, misalnya legum pada tanaman kacang tanah, kemudian diaplikasikan pada lahan pertanaman baru untuk pertanaman kacang-kacangan atau dengan teknologi canggih untuk mengidentifikasi, mengisolasi mikroorganisme unggulan tertentu dan membuat suatu formulasi campuran berbagai jenis mikroorganisme yang mampu menghasilkan nutrisi secara langsung ataupun tidak langsung untuk pertumbuhan tanaman.

Secara ringkas proses pembuatan pupuk hayati adalah seperti diagram pada Gambar 1.

Pada diagram di atas terlihat bahwa, kunci sukses pembuatan pupuk hayati terletak pada kemampuan identifikasi dan karakterisasi mikroorganisme unggulan dan komitibel jika diformulasikan sebagai pupuk hayati. Dengan kemajuan dibidang bioteknologi, identifikasi dan karakterisasi dapat dilakukan hingga ke tingkat molekuler sehingga akurasi informasi yang diperoleh terjamin. Sebagaimana diketahui, kajian pada tingkat molekuler menyebabkan bias data dan informasi dari pengamatan secara fenotipa dapat dihindari karena pengaruh lingkungan sangat kecil. Jenis yang teridentifikasi dapat dibuktikan keunggulannya secara meyakinkan.

Dengan bioteknologi juga dapat diketahui hubungan kekerabatan masing-masing jenis yang ditemukan dan tingkat kompatibilitas berbagai jenis mikroorganisme yang ada sehingga bila dikombinasikan dalam suatu formulasi tertentu akan

menghasilkan efek kinerjanya yang optimal.

Bentuk-bentuk inokulan pupuk mikroba yang biasa digunakan adalah biakan agar, biakan cair, biakan kering, biakan kering beku, dan tepung. Inokulan yang digunakan secara luas di lapangan adalah yang berbentuk biakan cair dan tepung. Untuk memudahkan aplikasi dilapangan diperlukan bahan pembawa (*carrier*). Sebagai bahan pembawa inokulan tepung, dapat digunakan bahan organik seperti gambut, arang, sekam, dan kompos. Untuk bahan pembawa anorganik digunakan bentonit, vermikulit, atau zeolit.

Mikroorganisme dalam pupuk hayati yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu atau monostain tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain atau multistain. Strain-strain pada inokulan multistain dapat berasal dari satu kelompok inokulasi silang (*cross-inoculation*) atau lebih. Pada mulanya hanya dikenal inokulan yang hanya mengandung satu kelompok fungsional mikroba (pupuk hayati tunggal), tetapi perkembangan teknologi inokulan telah memungkinkan memproduksi inokulan yang mengandung lebih dari satu kelompok fungsional mikroba. Inokulan-inokulan komersial saat ini mengandung lebih dari satu spesies atau lebih dari satu kelompok fungsional mikroba. Karena itu Simanungkalit dan Saraswati (1993) memperkenalkan istilah pupuk hayati majemuk untuk pertama kali bagi pupuk hayati yang mengandung lebih dari satu kelompok fungsional.

Terdapat beberapa jenis mikroba yang berpotensi untuk

digunakan sebagai pupuk hayati. Bakteri tersebut antara lain Actinoplanes, Agrobacterium, Alcaligenes, Amorphosporangium, Arthrobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Cellulomonas, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Gluconacetobacter, Microbacterium, Micromonospora, Pseudomonas, Rhizobia, Serratia, Streptomyces, Xanthomonas. Bakteri ini hidup baik di daerah sekitar perakaran tanaman (rhizosfer), sehingga sering juga disebut sebagai rhizobakteri (Aeron *et al.*, 2011). Berikut contoh beberapa mikroorganisme yang banyak digunakan dalam berbagai formulasi pupuk hayati dan cara pembuatannya.

Azospirillum

Azospirillum adalah bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman. Bakteri ini berkembang biak terutama pada daerah perpanjangan akar dan pangkal bulu akar. Sumber energi yang mereka sukai adalah asam organik seperti malat, suksinat, laktat, dan piruvat (Hanafiah *et al.*, 2009).

Genus Azospirillum

Azospirillum adalah bakteri gram negatif, termasuk dalam phylum alphaproteobacteria. Bakteri ini hidup pada lingkungan dan tanaman yang beraneka ragam, tidak hanya tanaman agronomi yang penting, seperti sereal, tebu, rumput, tetapi juga pada tanaman lain seperti kopi, buah-buahan dan bunga-bunga. *Azospirillum* adalah bakteri aerobik kemoorganotrop non-fermentatif, vibroid dan memproduksi fitohormon, terutama auksin (Reis *et al.*, 2011).

Satu spesies baru berhasil diisolasi dari tanah yang terkontaminasi minyak oleh peneliti Taiwan yang menggunakan nutrisi agar. Spesies tersebut diberi nama *A. rugosum*. Pada tahun 2009, dua spesies baru berhasil ditemukan lagi, yaitu *A. palatum* dan *A. picis*. *A. palatum* diisolasi dari tanah di China dan *A. picis* di Taiwan. Terakhir, spesies baru *A. thiophilum* diisolasi dari Rusia. Walaupun spesies ini memiliki hubungan yang erat dengan spesies *Azospirillum* lainnya, tetapi spesies ini mampu tumbuh sebagai mikсотropik pada kondisi yang mikroaerobik.

Menurut Eckert *et al.* (2001) isolasi *Azospirillum* spp. dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut. Akar tanaman tertentu dan tanah rhizosfer diambil dari lapangan di mana tanaman tersebut telah tumbuh lama di sana. Akar-akar tanaman dicuci dengan air steril dan kemudian digerus dalam larutan sukrosa 4% dengan menggunakan mortar dan pastel. Wadah kecil (sekitar 10 ml) yang mengandung 5 ml medium NFb semi-solid bebas nitrogen diinokulasi dengan larutan berseri dari gerusan akar atau suspensi tanah rhizosfer.

Komposisi medium NFb adalah sebagai berikut (L-1): malat (5,0 g), K₂HPO₄ (0,5 g), MgSO₄·7H₂O (0,2 g), NaCl (0,1 g), CaCl₂·2H₂O (0,02 g), bromothymol blue 0,5% dalam KOH 0,2 M (2 mL), larutan vitamin filter steril (1 mL), larutan hara mikro filter steril (2 mL), 1,64 % larutan FeEDTA (4 mL), KOH (4,5 g). Keasaman (pH) disesuaikan menjadi 6,5 dan 1,8 g/L-1 agar ditambahkan.

Larutan vitamin (dalam 100 mL) mengandung biotin (10 mg) dan pyridoxol-HCl (20 mg) dilarutkan

pada 100 °C dalam water bath. Larutan hara mikro terdiri dari bahan-bahan sebagai berikut (L-1): CuSO₄.5H₂O (40 mg), ZnSO₄.7H₂O (0,12 g), H₂BO₃ (1,4 g), Na₂MO₄.2H₂O (1,0 g), MnSO₄.H₂O (1,175 g).

Setelah inkubasi 3 – 5 hari pada suhu 30 °C, satu lup kultur ditransfer ke dalam medium semi-solid segar. Pemurnian lebih lanjut dilakukan pada NFb (diberi suplemen 50 mg ekstrak ragi per liter) dan medium DYGS setengah konsentrasi pada media agar. Kultur ini dipelihara pada medium DYGS setengah konsentrasi yang mengandung bahan-bahan sebagai berikut (L-1): glukosa (1,0 g), malat (1,0 g), ekstrak ragi (2,0 g), pepton (1,5 g), MgSO₄.7H₂O (0,5 g), L-asam glutamat (1,5 g) dan pH disesuaikan menjadi 6,0.

Mekanisme Kerja Pupuk Hayati

Petani menggunakan pupuk mikroba dengan harapan dapat meningkatkan hasil dan mutu tanaman pada tingkat biaya yang rendah melalui penghematan tenaga kerja dan pupuk kimia. Namun, sering dijumpai bahwa pupuk mikroba yang dijual tidak menunjukkan sifat mikrobiologis, artinya mikroorganisme yang terdapat dalam produk tersebut tidak dapat diidentifikasi dan komposisinya tidak sesuai dengan yang tertera pada label kemasan. Banyak produk tersebut diiklankan seolah-olah dapat menyelesaikan semua masalah yang dihadapi petani.

Pupuk mikrobiologis bukanlah pupuk biasa yang secara langsung meningkatkan kesuburan tanah dengan menambahkan nutrisi ke dalam tanah. Pupuk mikrobiologis menambahkan nutrisi melalui proses

alami, yaitu fiksasi nitrogen atmosfer, menjadikan fosfor bahan yang terlarut, dan merangsang pertumbuhan tanaman melalui sintesis zat-zat yang mendukung pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme dalam pupuk mikrobiologis mengembalikan siklus nutrisi alami tanah dan membentuk material organik tanah. Melalui penggunaan pupuk mikrobiologis, tanaman yang sehat dapat ditumbuhkan sambil meningkatkan keberlanjutan dan kesehatan tanah. Secara prinsip, mekanisme kerja pupuk hayati dalam meningkatkan produktivitas tanaman sebagai berikut.

1. Mengikat Nitrogen (N) yang melimpah di udara (74%), sehingga N tersedia bagi tanaman.
2. Mengikat Pospor (P) dan Kalium (K) yang banyak terdapat di tanah, sehingga P dan K tersedia bagi tanaman.
3. Mengeluarkan zat Pengatur Tumbuh (Z.P.T) yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.
4. Menguraikan sisa-sisa limbah organik tanah untuk dijadikan sumber nutrisi tanaman.
5. Mengendalikan penyakit tanaman karena berisi mikroorganisme antagonis terhadap tanaman.

Sejumlah bakteri penyedia hara yang hidup pada rhizosfir akar (rhizobakteri) disebut sebagai rhizobakteri pemacu tanaman (*plant growthpromoting rhizobacteria* atau PGPR). Kelompok ini mempunyai peranan ganda, yaitu menambat N₂, menghasilkan hormon tumbuh (seperti IAA, giberelin, sitokinin, etilen, dan lain-lain), menekan penyakit tanaman asal tanah dengan

memproduksi siderofor glukonase, kitinase dan sianida, dan melarutkan P dan hara lainnya. Sebenarnya tidak hanya kelompok ini yang memiliki peranan ganda tetapi juga kelompok mikroba lain seperti cendawan mikoriza. Cendawan ini selain dapat meningkatkan serapan hara, juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit terbawa tanah, meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan, menstabilkan agregat tanah, dan sebagainya, tetapi berdasarkan hasil-hasil penelitian yang ada peranan sebagai penyedia hara lebih menonjol daripada peranan-peranan lain. Pertanyaan yang mungkin timbul ialah apakah multifungsi suatu mikroba tertentu apabila digunakan sebagai inokulan dapat terjadi secara bersamaan.

Penggunaan Pupuk Hayati dalam Pertanian

Pada prinsipnya, kesuburan tanah lokal merupakan kunci keberhasilan sistem pertanian, baik kesuburan fisik, kimia maupun biologi. Bila kesuburan tanah telah baik, maka akan terciptakan kondisi lingkungan sekitar tanaman yang baik pula. Hara makro dan mikro tersedia secara cukup, serta aktivitas jasad renik dalam menjaga kesuburan tanah berlangsung dengan baik.

Peran Pupuk Hayati dalam Peningkatan Produktivitas Tanaman

Pupuk hayati memiliki peran penting dalam memperbaiki kesuburan tanah, dapat meningkatkan kesehatan tanah, memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi tanaman. Selain itu, residu pupuk hayati pada

tanah dan hasil tanaman aman bagi kesehatan manusia. Beberapa keunggulan umum penggunaan pupuk hayati dalam kegiatan budidaya tanaman adalah sebagai berikut.

1. Meyuburkan tanah
Pupuk hayati mengandung mikroorganisme yang dapat mendegradasi bahan organik sehingga mampu menyediakan unsur hara yang dapat diserap tanaman dan menghasilkan enzim alami dan vitamin yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah.
2. Meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah
Pupuk hayati mengandung mikroorganisme lokal (indigenous) unggul. Setiap aplikasi pupuk hayati akan meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme yang menguntungkan di dalam tanah. Mikroorganisme aktif yang terkandung dalam pupuk hayati mampu memasok Nitrogen untuk tanaman, melarutkan senyawa Fosfat (P) dan melepaskan senyawa Kalium (K) dari ikatan koloid tanah, mengurai residu kimia dan mengikat logam berat, menghasilkan zat pemacu tumbuh alami (Giberelin, Sitokinin, Asam Indol Asetat), menghasilkan asam amino, enzim alami dan vitamin serta menghasilkan zat patogen sebagai pestisida hayati. Mikroorganisme yang ditambahkan dalam tanah dapat membantu proses pengemburan tanah dan mengubah zat menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

- Penggunaan pupuk hayati dapat meningkatkan simbiosis mutualisme antara tanaman dan mikroorganisme yang menguntungkan. Semakin sering mengaplikasikan pupuk hayati ke tanah menyebabkan tanah makin subur dan menyebabkan pemupukan menjadi hemat.
3. Meningkatkan daya serap tanah terhadap air
Penggunaan pupuk hayati secara tepat akan menyebabkan tanah menjadi gembur. Tanah yang gembur akan memiliki pori-pori lebih banyak guna menyalur dan menyimpan air tanah untuk kebutuhan tanaman. Pada saat musim kemarau, tanah mampu menyediakan air. Sementara pada musim hujan, tanah mampu menahan air sehingga resiko erosi dan banjir dapat dikurangi.
 4. Menyediakan hara mineral bagi tanaman
Pupuk hayati mengandung unsur hara alami berimbang yang dibutuhkan oleh mikroba tanah dan tanaman. Pupuk hayati mengandung mikroorganisme unggul yang memiliki kemampuan untuk mengubah unsur hara yang tidak dapat diserap tanaman menjadi unsur hara yang tersedia untuk tanaman.
 5. Meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pertanian
Penggunaan pupuk hayati dengan segala kemampuan dan kelebihan yang dimiliki oleh mikroorganisme yang dikandungnya dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi tanaman pertanian sekaligus menghemat biaya produksi.
 6. Meningkatkan daya tahan tanaman
Kandungan hormon tumbuh alami dalam pupuk hayati dapat meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit dan hama. Kehadiran jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus* mampu mengatasi beberapa jenis serangga hama dan patogen penyebab busuk akar.
 7. Menghasilkan produk sehat dan ramah lingkungan
Pupuk hayati diproduksi menggunakan bahan baku alami yang diproses secara modern sehingga tidak meninggalkan residu kimia pada tanaman dan aman untuk dikonsumsi. Produk yang dihasilkan dari lahan yang diaplikasikan dengan pupuk hayati lebih sehat, enak dan segar karena bebas residu kimia dan tidak berbahaya buat dikonsumsi. Aplikasi pupuk hayati secara kontinu tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan aman buat petani yang mengaplikasikannya.
 8. Menghemat Biaya
Penggunaan pupuk dan pestisida kimia pada lahan pertanian bukan saja menyebabkan kerusakan pada tanah, tapi dapat menambah beban produksi, karena mahalnya pupuk dan pestisida kimia. Penggunaan pupuk hayati dan memadukannya dengan pupuk dasar kompos/ pupuk organik membuat biaya yang dikeluarkan petani lebih kecil. Penggunaan pupuk hayati dapat mengurangi bahkan menghilangkan penggunaan pupuk kimia (Urea, NPK, TSP dan

lain-lain). Pada aplikasi pertanian organik, pupuk kimia tidak digunakan sama sekali, sehingga dapat menghemat biaya. Di samping itu penggunaan pestisida kimia harus ditiadakan, sehingga beban petani untuk pengadaan pupuk dan pestisida kimia dapat dikurangi hingga 100%.

Secara umum penggunaan pupuk hayati mempunyai 2 (dua) fungsi, yaitu:

- a) *Soil Regenerator* yaitu Pembangkit kembali kehidupan tanah atau memulihkan daya dukung lahan.
- b) *Feeding the soil that feed the plant*, yaitu memberikan makanan pada tanah selanjutnya tanah akan memberi makanan pada tanaman. Pemberian unsure hara terjadi secara langsung dari aktivitas simbiosis antara mikroorganisme tertentu dengan tanaman atau secara langsung dari produk turunan yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut.

Peran Pupuk Hayati dalam Peningkatan Produktivitas Tanaman

Pada dasarnya pupuk hayati berbeda dengan pupuk anorganik, seperti Urea, SP 36, atau MOP sehingga dalam aplikasinya tidak dapat menggantikan seluruh hara yang dibutuhkan tanaman. Produk tersebut memiliki bahan aktif yang mampu menghasilkan senyawa yang berperan dalam proses pelarutan hara dalam tanah. Fungsi senyawa tersebut yaitu membantu penyediaan hara dari udara dan mematahkan ikatan-ikatan yang menyebabkan unsur hara tertentu tidak tersedia bagi tanaman. Melalui mekanisme

tersebut penyediaan unsur hara bagi tanaman akan meningkat.

Penggunaan pupuk hayati pernah terdata dengan baik beberapa waktu, yaitu ketika pupuk hayati (inokulan rhizobia) merupakan salah satu komponen paket produksi untuk proyek intensifikasi kedelai pemerintah. Pemerintah mengadakan kontrak pesanan inokulan untuk seluruh areal intensifikasi kedelai. Karena adanya sistem kontrak ini beberapa pabrik inokulan berdiri karena dengan sistem ini produksi inokulan mereka terjamin pembelinya.

Sebayang dan Sihombing (1987) menyatakan, pada periode 1983-1986, inokulan (legin) sebanyak 68.034,67 kg telah digunakan untuk menginokulasi tanaman kedelai seluas 453.564 ha pada 25 provinsi di Indonesia. Kemudian menurut Saraswati et al. (1998), jenis inokulan lain yaitu berupa pupuk hayati majemuk *Rhizoplus* sebanyak 41.348,75 kg digunakan untuk menginokulasi 330.790 ha kedelai di 26 provinsi pada musim tanam 1997/1998.

Perkembangan penggunaan inokulan Legin tiap tahun sejak tahun 1981-1995 tidak menunjukkan tendensi meningkat. Pencanangan Go Organic 2010 oleh Departemen Pertanian diharapkan akan menunjang perkembangan pupuk organik dan hayati di Indonesia. Selain itu juga mulai dilaksanakannya sistem pertanian padi SRI oleh para petani mendorong mulai diproduksi kompos *in situ* oleh para petani.

Pupuk hayati adalah mikrobia yang diberikan ke dalam tanah untuk meningkatkan pengambilan hara oleh tanaman dari dalam tanah atau udara. Umumnya digunakan mikrobia yang

mampu hidup bersama (simbiosis) dengan tanaman inangnya. Keuntungan diperoleh oleh kedua pihak, tanaman inang mendapatkan tambahan unsur hara yang diperlukan, sedangkan mikrobia mendapatkan bahan organik untuk aktivitas dan pertumbuhannya.

Mikrobia yang digunakan sebagai pupuk hayati (biofertilizer) dapat diberikan langsung ke dalam tanah, disertakan dalam pupuk organik atau disalutkan pada benih yang akan ditanam. Penggunaan yang menonjol dewasa ini adalah mikrobia penambat N, dan mikrobia untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah.

Produktivitas pertanian saat ini sebagian besar didukung oleh penggunaan bahan kimia yang intensif. Sayangnya, penggunaan bahan kimia ini tidak dilakukan dengan bijaksana. Pestisida digunakan tanpa aturan dan pupuk anorganik digunakan secara berlebihan. Akibatnya, lingkungan menjadi rusak. Banyak ekosistem di sekitar daerah pertanian telah menjadi mati akibat terjadinya ketidakseimbangan pada rantai makanan. Pada suatu titik, bila tidak ada perubahan paradigma, maka produk pertanian akan bermasalah, kuantitas dan mutunya akan terus semakin menurun.

Dewasa ini pupuk anorganik menjadi andalan utama dalam mempertahankan dan meningkatkan produktivitas pertanian. Namun, penggunaannya sudah sangat berlebihan dari yang sebenarnya diperlukan oleh tanaman. Dari seluruh jenis pupuk anorganik yang digunakan sebagai input pada pertanian, maka pupuk nitrogen (N) merupakan yang paling banyak dan intensif digunakan petani. Oleh

karenanya, pupuk N anorganik inilah yang paling banyak disalahgunakan.

Mekanisme Azospirillum dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman

Mekanisme pertama yang diusulkan terhadap pemacuan pertumbuhan tanaman oleh *Azospirillum* hampir sepenuhnya terkait dengan status nitrogen dalam tanaman, melalui fiksasi biologi atau aktivitas enzim reduktase nitrat. Akan tetapi, mekanisme ini kenyataannya kurang berarti dari sisi agronomi dari yang pernah diharapkan. Dengan demikian, mekanisme lain telah dipelajari dan diusulkan untuk genus mikroba ini, antara lain produksi siderophore, pelarutan fosfat, biokontrol fitopatogen, dan proteksi tanaman terhadap cekaman, seperti salinitas tanah, atau senyawa beracun.

Namun demikian, salah satu mekanisme yang paling penting adalah kemampuan *Azospirillum* menghasilkan fitohormon dan ZPT lainnya. Salah satu mekanisme utama yang diusulkan untuk menjelaskan "hipotesis aditif" adalah terkait dengan kemampuan *Azospirillum* sp. menghasilkan senyawa-senyawa seperti fitohormon. Telah dikenal bahwa sekitar 80% bakteri yang diisolasi dari rhizosfer tanaman mampu memproduksi senyawa IAA. Kemudian, diusulkan bahwa *Azospirillum* sp. dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui ekskresi fitohormon. Saat ini, kita tahu bahwa bakteri ini mampu menghasilkan senyawa-senyawa kimia seperti auksin, sitokinin, giberelin, etilen, dan ZPT lainnya seperti ABA, poliamin (spermidin, spermin, dan cadaverin) dan nitrat oksida.

Aplikasi Azospirillum Di Bidang Pertanian

Aplikasi Azospirillum dibidang pertanian masih sangat terbatas. Di banyak Negara aplikasi Azospirillum masih dalam skala kecil. Namun demikian, di beberapa negara di Amerika Latin, Azospirillum telah mulai digunakan secara komersial dan dalam skala yang luas.

Inokulum Azospirillum generasi pertama dalam skala kecil diintroduksi secara perlahan kepada pasar pertanian. Faktor utama yang menghalangi introduksi Azospirillum dalam skala besar adalah hasil yang tidak konsisten dan tidak dapat diprediksi. Kelemahan ini telah diketahui sejak awal dari aplikasi Azospirillum dan menyurutkan minat dari pengguna komersial. Dua puluh tahun evaluasi dari data percobaan lapangan menunjukkan bahwa 60 – 70 % dari seluruh percobaan berhasil dengan peningkatan hasil yang nyata, berkisar antara 5 sampai 30%. Faktor keberhasilan utama adalah aplikasi sel hidup secara hati-hati dan perawatan percobaan dengan benar. Sel-sel bakteri haruslah diambil dari fase eksponen, bukan dari inokulum pada fase stasioner. Walaupun, inokulasi lapangan belum menjadi area utama dari penelitian Azospirillum saat ini, beberapa percobaan lapangan dan rumah kaca akhir-akhir ini, khususnya pada sereal, sekali lagi menunjukkan potensial yang menjanjikan.

Teknologi ini juga didasarkan pada produk Rhizobium yang diaplikasikan pada penyelubung benih dalam campuran dengan peat atau menggunakan bermacam formulasi larutan yang berbeda. Pada mulanya, hanya A.

brasilense dipilih sebagai inokulan. Di Amerika Serikat, satu produk yang disebut Azo-Green™, yang diproduksi oleh perusahaan yang bernama Genesis Turfs Forages, direkomendasikan diberikan pada benih untuk meningkatkan perkecambahan, sistem akar, tahan kekeringan, dan kesehatan tanaman. Di Italia, Jerman, dan Belgia, produk lain yang mengandung campuran A. brasilense (strain Cd) dan A. lipoferum (strain Br17) diformulasikan dalam campuran vermikulit atau formula larutan. Nama komersialnya adalah Zea-Nit™ dan diproduksi oleh Heligenetics dan mereka merekomendasikan pengurangan 30 – 40 % pupuk N bagi tanaman. Di Prancis, AzoGreen™ lain digunakan pada jagung dengan kenaikan hasil 100%.

Walaupun keuntungan dari inokulasi dengan Azospirillum sp. telah dijelaskan panjang lebar, upaya untuk mengisolasi strain baru dan mengevaluasi karakteristik terhadap pemacu pertumbuhan tanaman dalam lingkungan yang alami haruslah terus dilakukan untuk mendukung penggunaannya di bidang pertanian sebagai inokulan atau pupuk hayati.

PENUTUP

Kemajuan di bidang bioteknologi menyebabkan identifikasi dan karakterisasi mikroorganisme unggulan, hubungan kekerabatan dan tingkat komitibel mikroorganisme dapat dilakukan secara molekuler sehingga diperoleh informasi yang lebih akurat. Produk mikroorganisme yang terformulasi dapat terdiri dari beragam jenis mikroorganisme yang kompetibel sehingga memberikan pupuk hayati yang lebih optimal. Pupuk hayati

memiliki peran penting dalam memperbaiki kesuburan tanah, dapat meningkatkan kesehatan tanah, memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi tanaman. Residu pupuk hayati pada tanah dan hasil tanaman aman bagi kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- FNCA Biofertilizer Project Group. 2006. Biofertilizer Manual. Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA). Japan Atomic Industrial Forum, Tokyo.
- Macdonald, 1989. An overview of crop inoculation, p. 1-9. *In* R.Campbell and R.M. Macdonald (Eds.). Microbial Inoculation of Crop Plants. IRL Press, Oxford.
- Sebayang, K. dan D.A. Sihombing 1987. The technology impact on soybean yield in Indonesia. pp. 37-48. *In* J.W.T. Bottema, F. Dauphin, and G. Gijsbers (Eds.). Soybean Research and Development in Indonesia. CGPRT Centre, Bogor.
- Simanungkalit, R.D.M and R. Saraswati 1993. Application of biotechnology on biofertilizer production in Indonesia. pp. 45-57. *In* S. Manuwoto, S. Sularso, and K. Syamsu (Eds.). Proc. Seminar on Biotechnology: Sustainable Agriculture and Alternative Solution for Food Crisis. PAU-Bioteknologi IPB, Bogor.
- Simanungkalit, R.D.M., D. A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Subba Rao, N.S. 1982. Biofertilizer in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.