

PENGUNAAN AZOLLA UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN

Oleh : Briljan Sudjana
Agroteknologi Fakultas Pertanian Unsika
Email :bliyans@gmail.com

Abstrak

Azolla merupakan salah satu jenis tanaman ganggang yang dapat digunakan sebagai pupuk organik khususnya untuk kegiatan budidaya tanaman padi. Azolla dapat digunakan sebagai pupuk organik yang mampu memenuhi kebutuhan hara terutama N bagi tanaman. Kemampuan Azolla menyediakan N bagi tanaman adalah karena pada Azolla terdapat Cyanobacteria yang kemudian keduanya melakukan simbiosis mutualisme. Simbiosis keduanya kemudian di namakan *Anabaena azollae*. *Anabaena azollae* dapat memfiksasi N₂ bebas diudara sehingga dapat meyumbang kebutuhan N bagi tanaman didalam tanah.

Kata Kunci : *Azolla*, *Cyanobacteria*, *Anabaena azollae*, pupuk N

1. Pendahuluan

Upaya pengembangan pertanian berbasis sistem pertanian berkelanjutan saat ini semakin marak dilakukan. Tujuan peningkatan hasil dan pelestarian lingkungan menjadi dasar dari pelaksanaan pertanian berkelanjutan. Dewasa ini sistem pertanian yang dilakukan oleh petani hanya berorientasi pada hasil, terkadang upaya yang dilakukan oleh petani justru berdampak pada penurunan hasil bahkan kerusakan lingkungan, khususnya sekitar area perakaran.

Pengolahan tanah yang selama ini dilakukan oleh petani konvensional merupakan sistem tradisi leluhur yang telah turun temurun dilakukan. Penggunaan bibit yang dengan jumlah yang banyak dalam satu lubang tanaman dan penengan merupakan ciri dari sistem pertanian ini. Kemajuan teknologi yang semakin berkembang telah banyak membawa inovasi-inovasi di dunia pertanian. Penggunaan pupuk anorganik merupakan salah satu temuan di bidang pertanian yang cukup menggembirakan, karena dapat memberikan dampak kenaikan hasil yang signifikan pada saat itu. Fenomena yang terjadi saat ini adalah hal sebaliknya, penggunaan pupuk anorganik dengan dosis yang diluar anjuran dan dilakukan selama terus menerus dalam jangka waktu yang panjang telah memberikan dampak yang buruk terhadap lahan dan hasil tanaman. Selain itu penggunaan pupuk anorganik selama ini telah memakan banyak biaya produksi yang semestinya dapat dikendalikan dan hal tersebut tentunya berdampak pada penurunan laba hasil produksi.

Perbaikan lingkungan perakaran khususnya untuk lingkungan sawah sedang gencar dilakukan. Penggunaan sistem tanam konvensional (pengenganan) yang telah berlangsung lama telah banyak memberikan pengaruh buruk bagi kelestarian hayati tanah. Penggunaan pupuk anorganik dan pestisida telah banyak meninggalkan residu dalam tanah. Teknik-teknik pengolahan tanah yang berlangsung di sawah cenderung telah mengakibatkan pemadatan tanah terutama penggunaan alat berat. Secara langsung kegiatan tersebut telah mengganggu ekosistem mikroba dalam tanah. Oleh sebab itulah fokus perbaikan tidak hanya tertuju pada kandungan hara saja, melainkan juga terhadap sifat fisik dan biologi tanah.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam rangka perbaikan kualitas sifat fisik, kimia dan biologi tanah adalah dengan cara penggunaan pupuk organik. Pupuk organik tidak seperti halnya pupuk anorganik yang dapat menyediakan kebutuhan hara tanaman secara cepat. Pupuk organik memerlukan waktu untuk dapat memenuhi kandungan hara dalam tanah. Waktu yang diperlukan oleh bahan organik sehingga menjadi pupuk organik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman dikarenakan diperlukan waktu oleh mikroba untuk melakukan proses dekomposisi bahan organik. Banyak bahan organik yang tersedia di alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik, setiap sisa-sisa tubuh makhluk hidup dapat dimanfaatkan untuk bahan pembuatan pupuk organik.

Bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik adalah Azolla. Azolla sering ditemukan di lingkungan lahan pertanian terutama pada sawah sawah yang biasa digenangi. Pertumbuhan Azolla di lahan sawah pada masa produksi tanaman padi lebih dianggap sebagai tanaman pengganggu (gulma), sehingga penanganan Azolla dilakukan sebagaimana terhadap gulma lainnya. Pengendalian Azolla di lahan sawah biasanya dilakukan dengan cara teknis mekanik, yaitu mengeluarkan Azolla dari dalam lahan secara mekanik baik dengan menggunakan alat ataupun secara manual.

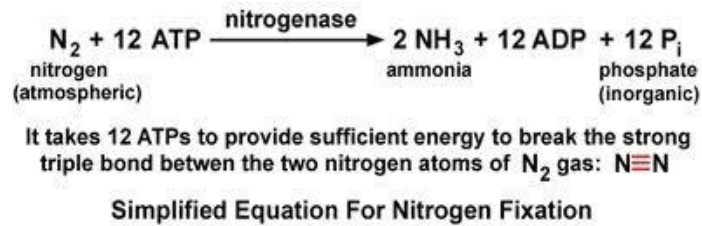


Gambar 1. Penanganan *Azolla pinnata* di lahan padi sawah secara mekanik

2. *Azolla pinnata*

Bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi dapat digunakan sebagai pupuk. Pupuk yang terbuat dari bahan organik disebut pupuk organik atau kompos. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan kompos adalah *Azolla pinnata*. Ganggang dari kelompok ini dapat berfungsi sebagai salah satu sumber N alternatif bagi tumbuhan. Azolla merupakan tanaman jenis paku air yang hidupnya bersimbiosis dengan *Cyanobacteria* yang dapat memfiksasi N_2 . Tanaman ini secara tidak langsung mampu mengikat nitrogen bebas yang ada di udara dan dengan bantuan mikroorganisme *Anabaena azollae*, nitrogen bebas yang diikat dari udara akan diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tumbuhan. Simbiosis ini menyebabkan Azolla mempunyai kualitas nutrisi yang baik. Spesies ini relatif banyak pada areal persawahan di Indonesia. Dengan memanfaatkan Azolla sebagai pupuk organik yang memiliki kemampuan untuk menyediakan kebutuhan hara bagi tanaman, khususnya kebutuhan unsur N, maka kebutuhan N bagi tanaman dapat terpenuhi tidak hanya dari pupuk anorganik dan pada akhirnya diharapkan dapat mengurangi konsumsi terhadap pupuk anorganik. Penggunaan Azolla sebagai bahan pembuatan pupuk organik telah dilakukan untuk budi daya tanaman padi di Vietnam utara. Kelebihan dari pembuatan pupuk organik ini adalah bahwa tanaman ini cepat berkembangbiak dan memberikan hasil panen

kompos hijau yang lebih tinggi (200-300 t ha/tahun) dibandingkan tanaman pupuk hijau seperti *Sesbania*, *Crotalaria*, dan *Tephrosia* yang diketahui menghasilkan 30-50 t ha/tahun (Rao, 2007)



Gambar 2. Proses Nitrifikasi N₂ di udara

a. Morfologi dan klasifikasi *Azolla pinnata*

Azolla pinnata merupakan tumbuhan dengan ukuran yang relative kecil, memiliki panjang 1,5–2,5 cm. Tipe akar yang dimiliki yaitu akar lateral dimana bentuk akar adalah runcing atau tajam terlihat seperti rambut atau bulu di atas air. Bentuk daun kecil dengan ukuran panjang sekitar 1–2 mm dengan posisi daun yang saling menindih. Permukaan atas daun berwarna hijau, coklat atau kemerah-merahan dan permukaan bawah berwarna coklat transparan. Daun sering menampilkan warna merah marun dan air tampak tertutup olehnya. Ketika tumbuh di bawah sinar matahari penuh, terutama di akhir musim panas dan musim semi, *Azolla* dapat memproduksi antosianin kemerahmerahan di dalam daunnya (Dewi, 2007).

Para ahli taksonomi menggolongkan *Azolla pinnata* sebagai berikut :

Regnum	: <u>Plantae</u>
Divisio	: Pteridophyta
Classis	: Pteridopsida
Ordo	: Salviniiales
Familia	: Salviniaceae
Genus	: <i>Azolla</i>
Species	: <i>Azolla pinnata</i>

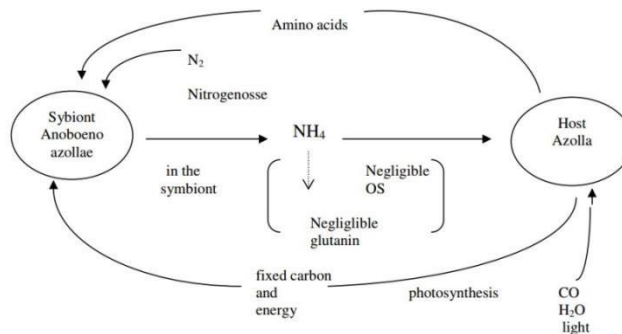


Gambar 3. *Azolla pinnata*

b. Fisiologi

Pada kelangsungan hidupnya, *Azolla* bersimbiosis dengan endofitik *Cyanobacteria* yang dikenal dengan nama *Anabaena azollae*, simbiosis tersebut terdapat di dalam rongga daun *Azolla*. Di dalam rongga daun *Azolla* terdapat rambut-rambut epidermal yang berperan dalam kegiatan metabolisme *Azolla* dengan *Anabaena azollae*. *Anabaena* berada pada posisi ventral lobus dorsal setiap daun vegetatif. Endofit mengfiksasi nitrogen atmosfer dan terdapat disebelah dalam jaringan dari paku air tersebut. *Anabaena azollae* mempunyai dua macam sel, yaitu sel vegetatif dan heterosis. Di dalam sel heterosis yang mengandung enzim nitrogenase *Anabaena azollae* akan memfiksasi N₂

udara melalui ATP yang berasal dari peredaran fosforilasi, dengan enzim ini maka *Anabaena azollae* dapat mengubah nitrogen menjadi ammonia (NH_4^+) yang selanjutnya diangkut ke inang (Azolla). Inang menginkorporasikan hasil fiksasi N_2 menjadi asam-asam amino. Jika pada daun Azolla tidak terdapat *Anabaena* maka unsur N yang diserap dari air sawah bersama fosfat tidak bisa diubah menjadi ammonia, sehingga dalam tubuh Azolla terjadi penumpukan N. Apabila terjadi akumulasi N dalam tubuh Azolla yang melewati batas kemampuan daya tampung N dalam tubuhnya, maka sel-sel tubuh Azolla akan mengalami lisis akibat keracunan N, dengan adanya simbiosis antara *Anabaena* dengan Azolla sehingga akan menghasilkan *Anabaena azolla* yang mempunyai enzim nitrogenase sehingga mampu mengubah N_2 dari udara bebas menjadi ammonia. (Suarsana, 2011)



Gambar 4. Laju nitrifikasi N_2 diudara oleh *Anabaena azollae*

Anabaena azollae

Hubungan yang terjadi antara Azolla dengan *Anabaena* telah menciptakan suatu simbiosis yang bersifat mutualisme. Simbiosis yang terjadi antara Azolla dan *Anabaena* dapat memberikan keuntungan, yakni dapat melakukan fiksasi N_2 di udara. Pada asosiasi Azolla-*Anabaena*, proses fiksasi N_2 terjadi pada simbion *Anabaena azollae*, dengan sebagian besar energi berasal dari *Azolla pinnata*. Nitrogen diikat oleh mikrosimbion dan diberikan kepada tanaman inang, selanjutnya tanaman inang mengubah N tersebut dalam bentuk asam amino, hal tersebut diduga sebagian asam amino tersebut dimanfaatkan kembali oleh simbiionnya (Maftuchah dan Winaya, 2000)

Manfaat dari terjadinya simbiosis mutualisme antara Azolla dengan *Anabaena* tidak hanya memberikan keuntungan terhadap keduanya. Menurut Arifin (1985) bentuk simbiosis antara *Anabaena* dengan Azolla mempunyai beberapa keunggulan, yaitu:

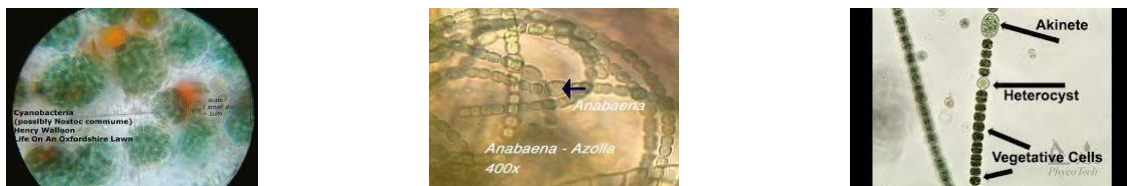
- (1) Distribusi Azolla yang luas terutama pada daerah tropis dan sedang
- (2) Waktu untuk tumbuh yang relatif singkat
- (3) Beradaptasi baik dengan keadaan sawah dan dapat tumbuh bersamaan dengan padi
- (4) Cara dan waktu perkembangbiakan yang relatif mudah dan cepat
- (5) Hanya memerlukan energy yang sedikit (lebih efisien)

Anabaena azollae dikelompokkan berdasarkan sistem klasifikasinya. Menurut para ahli taksonomi, *Anabaena azollae* diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Monera
Filum	: Cyanobacteria
Classis	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Familia	: Curculionoidea

Subfamilia : Anabaenoideae
Genus : Anabaena
Species : *Anabaena azollae*

Sumber nitrogen utama bagi kehidupan sebagian besar tanaman berasal dari gas N₂ yang terkandung dalam jumlah besar di atmosfer. Agar nitrogen dapat dipergunakan secara langsung oleh tumbuhan harus diubah terlebih dahulu menjadi senyawa nitrat maupun amonium (NH₄⁺). Penambatan N₂ udara secara biologi dapat dilakukan secara simbiosis antara alga hijau biru (*Anabaena*) dengan tumbuhan paku air (*Azolla*). Kemampuan simbiosis *Azolla*-*Anabaena* dalam mereduksi N dari atmosfer menjadi ammonia melalui enzim nitrogenase lebih efektif dibandingkan dengan simbiosis lain pada kadar N lingkungan perairan yang rendah (Maftuchah dan Winaya, 2000)



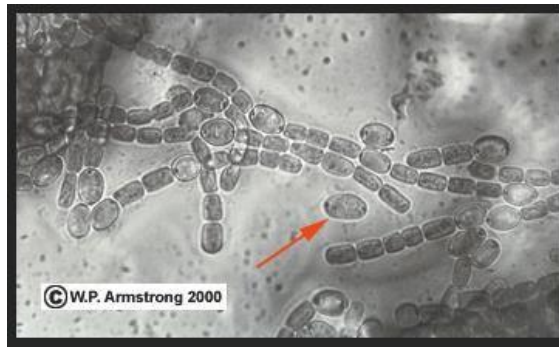
Gambar 5. Penampakan *Anabaena azollae* di bawah mikroskop

Fiksasi Nitrogen oleh *Anabaena azollae*

Mekanisme proses fiksasi N₂ yang terjadi akibat simbiosis *Anabaena* dengan *Azolla* berbeda seperti yang dilakukan bakteri pada akar tanaman legume. Pada simbiosis mutualisme antara *Anabaena* dan *Azolla* tidak terjadi interaksi dengan tanaman dalam rangka fiksasi N₂. *Anabaena* masuk ke dalam jaringan sel *Azolla* melalui ujung titik tumbuh. Fiksasi nitrogen berlangsung dalam sel khusus yang bernama heterocysts. Sel penetrasi *Anabaena* sangat kecil hal tersebut karena heterocysts tidak akan berkembang sebelum *Anabaena* melakukan kolonisasi dalam jaringan *Azolla* dan mendiami sistem intraseluler (Hill, 1977).

Simbiosis antara *Anabaena* yang bersifat free living dengan *Azolla* juga dipengaruhi oleh jumlah oksigen disekitarnya. *Anabaena* bersifat anaerob namun demikian *Azolla* justru memerlukan lingkungan air untuk media tumbuhnya. Proses metabolisme fiksasi N₂ diawali dengan proses pengambilan surplus oksigen yang ada disekitar *Azolla* melalui heterocysts yang telah dikelilingi *Anabaena*. Berbeda dengan sel vegetatif, heterocysts aktif tertutup oleh lapisan polisakarida yang dapat menyediakan nutrisi bagi *Anabaena*. Aktivitas metabolisme *Anabaena* yaitu mengkonsumsi oksigen yang berada di heterocysts, hingga taraf terendah oksigen disekitar heterocysts.

Didalam kondisi yang terbatas, sel vegetatif berdiferensiasi menjadi heterocysts. Heterocysts merupakan sel yang berada di bagian ujung (terminal) yang memiliki fungsi khusus dalam proses fiksasi nitrogen. Penyusun dari sel ini berupa mikrooxic sebagai akibat dari peningkatan respirasi dan tidak aktifnya pembentukan O₂ dalam proses fotosintesis, hal tersebut menyebabkan terjadinya penebalan diluar dinding sel. Nitrogenase mengubah dinitrogen menjadi ammonium pada pengeluaran ATP dan keduanya merupakan reduktan yang dihasilkan melalui metabolisme karbohidrat sebagai produk samping dalam pemanfaatan cahaya melalui aktivitas fotosintesis. Sebagai gantinya, nitrogen difiksasi dalam heterocysts bergerak ke dalam sel vegetative yang merupakan rangkaian akhir dalam pembentukan asam amino.



Gambar 6. Filamentous cyanobacteria (*Anabaena azollae*) dari rongga dalam daun paku air ubiquitous (*Azolla filiculoides*).

Sel berbentuk oval adalah *heterocysts* (panah merah) yang merupakan tempat/lokasi fiksasi nitrogen dimana nitrogen atmosfer (N_2) dikonversi ke dalam ammonia (NH_3). Nodula yang berhubungan dengan kutub (nodula polar) dapat dilihat dalam beberapa heterocysts.

Azolla bermanfaat bagi *Anabaena* karena dapat berperan sebagai inang melalui suplai oksigen dan nitrogen yang dapat digunakan. . Fiksasi nitrogen yang dilakukan oleh *Anabaena azollae* adalah gas nitrogen atmosfer (N_2) diubah kedalam bentuk ammonia (NH_3). Proses penting ini mendekati proses nitrifikasi (pembentukan amonia dari pemecahan protein) menjadikan nitrogen tersedia untuk tanaman dan bermanfaat bagi ekosistem. Meskipun Azolla dapat menyerap nitrat dari air, Azolla juga dapat memanfaatkan ammonia yang dikeluarkan *Anabaena* dalam lubang/rongga daun Azolla.

Studi terkini menunjukkan tempat sebenarnya terjadi fiksasi nitrogen dalam dinding tebal heterocysts. Setelah heterocysts dewasa, membran fotosintetik (membran thylakoid) mengalami perubahan bentuk atau *reticulate* dengan sel fotosintetik dari *Anabaena* kemudian menjadi non fotosintetik (tidak memproduksi oksigen). Hal tersebut menjadi penting terutama fiksasi nitrogen memerlukan enzim esensial nitrogenase, dan aktivitas nitrogenase menghambat kehadiran oksigen.

3. *Anabaena Azollae* sebagai pupuk organik pada budidaya tanaman padi sawah

Peranan dan fungsi mikroba dalam tanah dapat menentukan keberhasilan kegiatan budidaya tanaman padi disawah. Mikroba dalam tanah sangat memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan hara untuk tanaman. Mikroba berperan dalam kesuburan tanah, kesehatan tanah dan perbaikan area perakaran sehingga dapat digunakan sebagai upaya pelaksanaan sistem pertanian berkelanjutan (Kennedy dan Pependick, 1995). Mikroba penyubur tanah berasosiasi dengan akar tanaman sehingga

dapat memenuhi kebutuhan hara, sebagai pengontrol kesedian hara, memacu pertumbuhan dengan pembentukan ZPT, mengontrol pathogen tanah melalui pembentukan fitohormon, antimikroba, toksin dan enzim yang dihasilkan.

Pada tanah sawah yang umumnya mengalami penggenangan, hal tersebut sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroba tanah. Genangan air merupakan habitat yang cocok bagi komunitas perairan seperti eukaryotic, gulma air, mikroflora heterofik dan fauna. Genangan air berpengaruh terhadap kegiatan metabolisme mikroba, tanaman padi (akar) dan rhizosfer merupakan tempat hidup mikroba. Aktivitas mikroba dalam tanah telah menyebabkan perubahan fungsi biokimia dalam tanah seperti pelarutan (solubilitas), pengikatan (fiksasi), mineralisasi, imobilisasi, oksidasi dan reduksi hal tersebut menyebabkan

banyak mikroba yang digunakan untuk memperbaiki sifat fisik tanah dan kesuburan tanah melalui perombakan bahan organik untuk pemenuhan hara tanaman.

Pertanian padi saeah sangat tergantung pada ketersediaan unsur hara N dalam tanah. Sepanjang periode pertumbuhan tanaman padi membutuhkan N, periode yang paling membutuhkan banyak N adalah masa awal pertumbuhan hingga memasuki pembentukan malai. Kebutuhan suplai nitrogen pada masa generative diperuntukan menjaga kekuatan daun agar tidak gugur sehingga dapat menjadi keberlangsungan proses fotosintesis dan meningkatkan kadar protein dalam biji (Dobermann dan Fairhurst, 2000)

Kebutuhan unsur N untuk padi sawah biasanya dipenuhi melalui proses pemupukan anorganik, potensi kandungan N tanah itu sendiri dan air irigasi. Penggunaan urea sebagai upaya pemenuhan kebutuhan hara tanaman hanya 29 – 45 % yang ditemukan kembali ke tanaman, sedangkan sekitar 50-70 % yang diberikan hilang yang disebabkan oleh pencucian (leaching) dan aliran permukaan, denitrifikasi dan volatilisasi ammonia yang kemudian menghasilkan NO_2 , fiksasi oleh mineral sehingga tidak termnfatkan oleh tanaman (Stoltzfus, 1997) hal tersebut memperlihatkan bahwa rendahnya tingkat efisiensi pemupukan yang selama ini telah berjalan.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menutupi kebutuhan N dan menurunkan ketergantungan pada pupuk anorganik adalah peningkatan efisiensi N yang terkandung dalam tanah melalui penambatan N_2 , baik secara langsung maupun interaksi dengan bakteri penambat N_2 . Pemanfaatan bakteri penambat N_2 baik yang secara langsung diaplikasikan pada tanah maupun penyemprotan pada tanaman dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N (Reddy et al, 1997).

Dalam rangka penyampaian strategi pertanian jangka panjang, penggunaan bakteri penambat N_2 berpotensi meningkatkan hasil produksi tanaman padi dan pendapatan usaha tani. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang telah dipublikasikan, telah banyak yang menyatakan bahwa bakteri penambat N_2 dapat berdampak positif terhadap hasil pertanian. Menurut Quispel (1974) jumlah total N yang ditambat pada lahan sawah sedunia bisa mencapai 4 jt ton/tahun yang mana 30 kg/ha merupakan hasil dari penambatan N_2 yang kurang lebih setara dengan 11% dari pupuk N yang diaplikasikan setiap tahunnya pada budidaya pertanian pada saat itu. Berdasarkan penelitian analisa N pada permukaan tanah, penambatan N_2 pada lahan sawah mencapai 25-35% kg N per hektar/tahun (Ono dan Koga, 1984) sedangkan menurut Ito (1977) study kesetimbangan N selama lebih dari 70 tahun diperoleh pengkayaan N pada permukaan tanah rata-rata 38,5 kg N per hektar/tahun pada plot tanpa pemupukan dan 39,6% kg N per hektar/tahun pada plot yang dilakukan pengapuran didalamnya. Rogger dan Ladha (1992) mengemukakan bahwa kandungan N pada lahan sawah irigasi 80-110% kg N per hektar yang diperoleh dari penambatan N_2 , air irigasi dan presipitasi, sedangkan sisanya sekitar 10-20 kg N per hektar tertinggal di akar, biji dan jerami.

Upaya penambatan N_2 diudara bergantung pada bakteri penambat N, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan cara penggunaan pupuk organik sebagai inang bagi bakteri penambat N_2 salah satunya adalah dari jenis gangganng yaitu *Azolla pinnata* yang merupakan penyumbang N tertinggi pada lahan padi sawah (Ladha dan Reddy, 1995). Teknologi pengelolaan sawah dengan menggunakan *Azolla Pinnata* dilakukan dengan 3 tahapan, yaitu (1) mempertahankan tersedianya inoculum diantara dua musim tanam, (2) penanaman untuk memperoleh jumlah yang diharapkan dilapangan (3) penggunaan agronimis sebagai pupuk organik. Ketiga tahap tersebut tentunya telah melewati tahap seleksi terhadap tanaman *Azolla* itu sendiri. Terdapat 3 sistem cara bertaman *Azolla*, yaitu:

1. Penanaman secara tunggal yang kemudian ditanamkan kedalam sawah sebelum taam. Variasi dari metode ini adalah menanam *Azolla* kemudian membenamkannya

dalam kondisi kering. Metode ini kurang memberikan dampak yang maksimal karena proses mineralisasi berjalan lambat dan input N hanya setengah dari Azolla segar

2. Penanaman Azolla sebagai tanaman penutup tanah, pada proses ini Azolla dibiarkan mati dan membusuk dengan sendirinya.
3. Kombinasi antara system monocropping dan intercropping, dengan sistem ini ketersediaan N dalam tanah untuk tanaman padi akan senantiasa terjaga. Kelemahan pada system ini adalah membutuhkan tenaga kerja yang banyak.

Laju pembusukan Azolla dapat secara nyata memperngaruhi tanaman padi. Ketebalan dari Azolla harus dipertimbangkan karena berkaitan dengan suhu dan C/N ratio dalam tanah. Waktu dan metode aplikasi pembenaman Azolla kedalam tanah berpengaruh terhadap efektifitas Azolla sebagai pupuk organik.

Pemeliharaan Azolla diantara musim tanaman merupakan masalah yang penting bagi petani, sehingga biasanya dilakukan pembibitan dikolam atau bak-bak terlebih dahulu. Azolla segar yang dipelihara tergantung pada musim dan sistem bertanam petani setempat. Masalah yang dihadapi untuk tetap memelihara Azolla sebagai bibit dalam bentuk vegetative dapat teratasi bila jumlah spora dapat dihasilkan. Perkecambahan spora Azolla terhitung lambat dan hal ini berkaitan dengan jadwal waktu tanam. Pada umumnya untuk mempercepat pertumbuhan Azolla diperlukan tambahan hara P. pemeliharaan Azolla memerlukan pengelolaan yang terkoordinasi untuk memperoleh inoculum yang cepat di tanah sawah. Kerapatan yang rendah dapat merangsang tumbuhnya tanaman pengganggu. Jumlah inoculum yang diperlukan bervariasi mulai dari 300-500 kg per ha sampai 2-5 ton per ha berat basah. Di China perkecambahan dan pematangan spora memerlukan waktu sedikitnya 1 bulan sedangkan di Philipina spora yang ditinggal dilapangan memerlukan waktu 40-40 hari untuk dapat bertunas (Rogger dan Ladha, 1992). Di Vietnam petani menggunakan metode *half saturation* dimana Azolla ditanam pada satu areal yang terbagi atas beberapa bagian, bila satu bagian telah tertutupi penuh oleh Azolla, maka setengah dari biomassa tersebut akan dipindahkan ke bagian lain yang baru. Proses tersebut terus diulangulang hingga seluruh area tertutupi oleh Azolla.

Alternatif lain yang dapat dilakukan adalah dengan cara membenamkan setengah dari Azolla yang dipanen (Rogger dan Ladha, 1992). Jumlah Azolla segar sebanyak 20 ton/ha yang dibenamkan setara dengan pemberian 60 kg N dari pupuk urea (Prihatin et al, 1980). Jumlah 20 ton/ha Azolla yang diperlukan untuk budidaya tanaman padi tentunya memberatkan petani hal tersebut dikarenakan keterbatasan lahan dan waktu yang dimiliki, oleh sebab itu cara yang lebih mudah adalah dengan menanam Azolla bersamaan dengan penanaman padi di sawah. Azolla yang dihasilkan dengan cara ini bisa mencapai 1,25 ton/ha. Azolla dapat mensubstitusi sebagian besar kebutuhan N tanaman, meningkatkan KTK dan kandungan bahan organik tanah (table 1).

Tabel 1. Pengaruh *Azolla pinnata* sp terhadap hasil tanaman padi, KTK dan kandungan bahan organik pada tanah inseptisol Jawa Barat (Prihatin dan Komariah, 1988)

Perlakuan	Hasil Tan Padi Ton/ha	KTK Me Tanah (100 gr ⁻¹)	C Organik (%)
N Ure (150 kg/ha)	4,3	13,3	2,8
<i>Azolla microphylla</i>	3	27,3	5,6
<i>Azolla pinnata</i>	3,8	24,4	5,7
<i>Azolla microphylla</i> + <i>Azolla pinnata</i>	3,3	22,5	5,5

4. Simpulan

Azolla merupakan salah satu jenis tanaman ganggang yang dapat digunakan sebagai pupuk organik khususnya untuk kegiatan budidaya tanaman padi. Azolla dapat digunakan sebagai pupuk organik yang mampu memenuhi kebutuhan hara terutama N bagi tanaman. Kemampuan Azolla menyediakan N bagi tanaman adalah karena pada Azolla terdapat Cyanobacteria yang kemudian keduanya melakukan simbiosis mutualisme. Simbiosis keduanya kemudian di namakan *Anabaena azollae*. *Anabaena azollae* dapat memfiksasi N₂ bebas diudara sehingga dapat menyumbang kebutuhan N bagi tanaman didalam tanah.

Pertimbangan Azolla sebagai bahan pupuk organik sedianya dipersiapkan secara matang. Kebutuhan hara P sangat menentukan keberhasilan pemanfaatan Azolla. Perlu juga pertimbangan tenaga kerja danantisipasi serangan hama penyakit. Lahan sawah yang memiliki kandungan hara P dalam jumlah yang cukup dapat dijadikan tempat yang kondusif untuk pemanfaatan Azolla sebagai sumber N. Perhitungan secara ekonomis perlu dipertimbangkan terhadap keuntungan jangka panjang penggunaan Azolla sebagai pupuk organik mengingat seiring dengan manfaat dari bahan organik dan kesuburan tanah jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk anorganik.

Penggunaan Azolla sebagai pupuk organik dapat memberikan banyak keuntungan dari berbagai sudut. Dengan mengguankan Azolla, kebutuhan hara N yang selama ini disuplai oleh urea dapat dikurangi, hal tersebut dapat berdampak pada penurunan biaya produksi padi sehingga dapat meningkatkan keuntungan. Dari segi perbaikan kualitas lahan pertanian, pupuk organik dapat memberikan efek positif terhadap sifat fisik, kima dan biologi tanah. Efek negative terhadap tanah akibat dari penggunaan pupuk anorganik dapat berkurang. Dengan perbaikan area rhizosfer tanah sawah, maka di harapkan system pertanian berkelanjutan yang merupakan target dunia pertanian dapat tercapai.

Para peneliti di China, Thailand, Philipina telah menemukan jenis hibrida yang baru serta memahami proses induksi pembentukan spora. Inovasi baru diperlukan untuk memperoleh varietas baru yang lebih toleran terhadap cekaman, baik untuk tanaman Azolla sebagai inangnya maupun *Anabaena* sebagai simbion (Rogger dan Ladha, 1992)

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. 2005. *Mikrobiologi Dasar Jilid II*. Badan Penerbit UNM. Makassar.
- Arifin, Z. 1985. *Keefisienan Nitrogen dari Azolla pinnata dan Urea Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (Oryza sativa) Varietas IR-36*. Fakultas Tanah IPB.
- .Bastian F., Colum, D. Piccoli, V. Lunas, R. Baraldi, Bottini. 1998. *Production of Indole-3-acetic Acid and Gibberelins A1 and A3 by Azotobacter diazotrophicus and Herbaspirillum seropedicae in Chemically Defined Culture Media*. *Plant Grow Regulation*. 24:7-11.
- Dewi, A. I. R. 2007. *Fiksasi N Biologis Pada Ekosistem Tropis*. Program Pasca Sarjana Universitas Padjadjaran Bandung. Hlm 37-38.
- Dobereiner., J and F.O. Pedrosa. 1987. *Nitrogen-Fixing Bacteria in Leguminous Crop Plant*. Spirenger. Berlin. 168 pp.
- Dobermenn., A and P. F. White. 1999. *Strategic for Nutrient Management for Irrigation and Rainfed Lowland Rice System*. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*. 18. S
- Ito., J. 1977. *Behavior and Fixation of Nitrogen in Paddy Field*. *Niigata Agronomy*. 13: 51-61.
- Kennedy, A.C. and R.I Pependick. 1995. *Microbial Character of Soil Quality*. *J. Soil Water Conservation*. 50: 243-248.
- Kyuma, Kazutake. 2004. *Paddy Soil Science*. Kyoto University. Press and Trans Pacific Press.
- Ladha, J.K, F.J de Bruijn and K.A Malik. 1997. *Introduction Assesing Oportunitiesfor Nitrogen Fixation in Rice*: In Frontier Project. Plant and Soil. 194:1-10.

- Ladha, J.K., A. Tirol-Padre, C.K. Reddy. And W. Ventura. 1993. *Prospect and Problem of Biological Nitrogen. In Rice Production: a critical assessment. In Pallacios. R., Mora J., Newton W.E editors. New Horizon in Nitrogen Fixation. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic Publisher. p.677-682*
- Ladha, J.K and P.M. Reddy. 1995. *Extention of Nitrogen Fixation of Rice: Necessity and Possibilities. Geojurnal. 35:363-372*
- Maftuchah dan Winaya, A. 2000. *Komposisi Media Tumbuh Untuk Asosiasi Azolla-Anabaena azollae. Vol.7, No.1, Hal 1-5. Pusat Bioteknologi Pertanian, Universitas Muhammadiyah Malang.*
- Okon, J., Sarig, S., and Blum A. 1989. *Promotor of Roots Growth on Sorghum bicolor Inoculated with Azospirillum braziliens. P. 196-200.*
- Prihatin T., S. Brotonegoro., S. Abdulkadir, dan Harmastini. 1980. *Pengaruh Pemberian Azolla pinnata Terhadap Produksi Tanaman Padi IR-36 Pada Tanah Latosol Cibinong. hal 75-82. dalam Pross. No.1/pen. Tanah Cipayung 7-10 Oktober, Pusat Penelitian Tanah. Bogor.*
- Prihatin, T dan S. Komariah. 1988. *Pemanfaatan Azolla spp. dalam budidaya Padi Sawah. hlm 217227 dalam Prossiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Pusat Penelitian Tanah dan Agrokloimat. Bogor.*
- Quispel, A. 1974. General Introduction. pp. 1-8 in *The Biology of Nitrogen Fixation, Nort-Holland. Res, Monographs. Vol. 33 (Cited from Kawaguci. K. ED). 1987. Paddy Soil Science. Kodansha. Tokyo in Japaness.*
- Rao, S. 2007. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.*
- Roger, P.A and S.A. Kulasaooriya. 1980. *Blue-Green Algae and Rice. International Research Rice od Institute. Los Banos.*
- Roger, P.A and I. Watanabe. 1986. *Technologies for Utilizing Biological Nitrogen Fixation in Wetland Rice: potentialities, current usage, & limiting factors. Fertilizer Research.9:39-77.*
- Roger, P.A and J.K Ladha. 1992. *Biological N₂ Fixation in Wetland Rice Field: estimation and contribution to Nitrogen Balance. Plant Soil 141: 41-55.*
- Suarsana, M. 2011. *Habitat dan Niche Paku Air Tawar (Azolla pinnata Linn.) (Suatu Kajian Komponen Penyusun Ekosistem). Vol.11, No. 2. Fakultas Pertanian UNIPAS Singaraja. Medan.*