

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung Manis

Jagung manis (*Zea mays var. saccharata*) atau *sweet corn* adalah salah satu tanaman sayuran yang mempunyai prospek penting di Indonesia. Tanaman jagung manis termasuk keluarga *poaceae* dari suku *maydeae* yang pada mulanya berkembang dari jagung tipe *dent* dan *flint*. Dari kedua tipe jagung tersebut jagung manis berkembang kemudian terjadi mutasi menjadi tipe gula resesif. Hal tersebut menyebabkan jagung manis memiliki rasa yang lebih manis dibandingkan dengan jagung biasa, sehingga jagung manis banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Rasa manis pada biji jagung manis disebabkan oleh tingginya kadar gula pada endosperm biji jagung manis yang berkisar 13–14% sedangkan kadar gula jagung biasa hanya 2–3% (Palungkun dan Budiarti, 1991). Selain itu, umur jagung manis lebih singkat sehingga lebih menguntungkan bila diusahakan.

Jagung manis merupakan komoditas sayur berupa tongkol yang dibutuhkan segera setelah panen, agar kandungan gulanya tidak menurun. Jagung manis dikonsumsi oleh masyarakat pada fase *immature* sebagai sayuran yang penyajiannya dilakukan dengan cara direbus, dikukus atau dibakar. Pada waktu panen jagung manis yang tepat, kandungan gula pada jagung berkisar 5-6 %, kandungan tepung sebesar 10-11%, 3% polisakarida terlarut, 70% air, kandungan protein yang cukup, vitamin A dan K (Oktem, 2005). Rasa yang manis dan kandungan gizi yang tinggi, menyebabkan permintaan terhadap komoditas ini cukup tinggi. Hasil jagung manis di Indonesia juga masih tergolong rendah yaitu 3 ton ha⁻¹ berupa tongkol segar, dibandingkan dengan hasil jagung manis di lembah Australia yang dapat mencapai 7–10 ton ha⁻¹ berupa tongkol segar (Lubach, 1980).

Bagian-bagian tanaman jagung manis ialah akar, batang, daun, bunga dan buah. Tanaman jagung manis mempunyai perakaran dangkal, berakar serabut terutama untuk varietas yang berumur pendek. Daunnya berkisar 10-20 helai dan berada pada setiap ruas batang dengan kedudukan yang berlawanan. Tinggi jagung manis tidak banyak berbeda dengan jagung biasa. Tinggi tanaman jagung manis 1,5-2,5 m dan terbungkus oleh pelepah daun yang berselang – selang yang

berasal dari setiap buku. Tanaman jagung manis ialah tanaman berumah satu dengan bunga jantan tumbuh sebagai pembungaan ujung pada batang utama dan pada bunga betina tumbuh sebagai pembungaan samping yang berkembang pada ketiak daun (Subagio, 2000).

Tanaman jagung manis sesuai ditanam di daerah sejuk dan cukup dingin. Tanaman ini tumbuh dengan baik mulai dari 50° LU- 40° LS dengan ketinggian tempat 300 m dpl. Tanaman jagung manis dapat tumbuh pada semua jenis tanah dengan drainase baik, serta persediaan humus dan pupuk tercukupi. Selain itu, tanaman jagung manis menghendaki penyinaran matahari yang penuh. Produktifitas tanaman sangat dipengaruhi kandungan hara tanah. Kekurangan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman jagung manis dapat diberikan melalui pemupukan. Takaran dan cara waktu pemupukan disertai oleh pengolahan tanah yang sesuai dapat meningkatkan ketersediaan hara yang diperlukan sehingga produksi jagung dapat meningkat (Nihayati dan Damhuri, 1996).

pH tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman jagung manis berkisar antara 5,6-7,2. Faktor-faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman jagung manis adalah curah hujan dan suhu. Jumlah dan sebaran curah hujan merupakan dua faktor lingkungan yang memberikan pengaruh besar terhadap kualitas jagung manis. Secara umum, tanaman jagung manis memerlukan air sebanyak 200-300 mm/bulan dalam tiap fase pertumbuhan. Jika terjadi kekeringan akibat kelembaban rendah dan cuaca yang panas, maka pembentukan fotosintat akan berkurang dan hasilnya rendah serta tanaman akan terganggu pertumbuhannya. Keadaan suhu yang baik untuk pertumbuhan tanaman jagung manis berkisar antara 21° C - 30° C. Namun pada suhu rendah sampai 16° C dan suhu tinggi sampai 35° C, tanaman jagung manis masih dapat tumbuh. Suhu optimal untuk perkecambahan benih berkisar antara 21° C- 27° C.

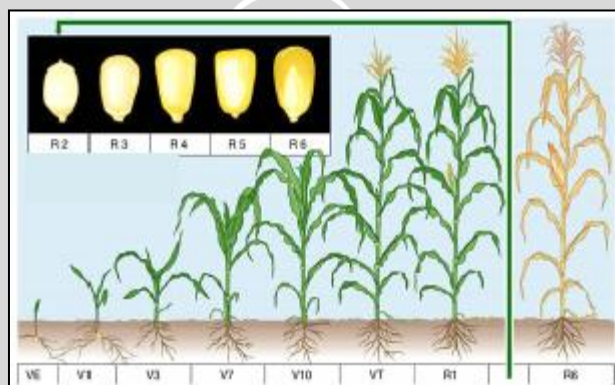
Jagung manis mempunyai pola pertumbuhan yang sama dengan jagung pada umumnya, namun interval waktu antara tahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang berbeda. Secara prinsip pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung manis terbagi dalam 5 periode pertumbuhan, yaitu: periode tanam sampai tumbuh, pada periode ini biji jagung akan berkecambah 4-5 hari setelah tanam jika tanah dalam kondisi cukup air, selain itu, suhu, mineral dan keadaan

fisik permukaan tanah merupakan faktor yang sangat penting dalam periode ini. Selain itu Tritoutomo *et al.*, (1991) menyatakan bahwa sampai umur 15 HST jagung hanya dapat mengambil 0,81-1,47% N yang diberikan pada saat tanam, dan belum mampu memanfaatkannya secara maksimal, karena daun dan perakarannya baru terbentuk dan berkembang. Perkembangan akar pada awal pertumbuhan mendatar karena respon terhadap suhu, kemudian akan bergerak ke bawah.

Periode kedua ialah periode pertumbuhan tanaman hingga malai keluar. Periode ini adalah pertumbuhan vegetatif, dimana proses fotosintesis tanaman berjalan dengan kapasitas yang tinggi. Adanya kekurangan unsur hara menghambat pertumbuhan dan potensi hasil. Penyerapan unsur hara nitrogen sesungguhnya dikendalikan oleh kapasitas daya serap akar dan kemampuan menyimpan hasil serapan tersebut pada tunas atas selama pertumbuhan tanaman (Zotarelli, 2008). Menurunnya serapan nitrogen pada fase pertumbuhan yang penting secara langsung dapat menurunkan tingkat sintesis protein sehingga juga berpengaruh terhadap asimilasi CO₂ (Lawlor *et al.*, 1989). Keadaan tertekan selama periode ini dapat mempengaruhi jumlah pembentukan biji dan tongkol. Periode ke tiga ialah periode dari malai keluar hingga bunga betina terbentuk. Periode ini paling kritis dalam pertumbuhan. Keadaan tertekan yang disebabkan oleh kekeringan atau kekurangan cahaya dapat menyebabkan banyak tongkol yang tidak berbiji (Arifin, 2006). Periode terbentuk bunga betina sampai masak adalah saat pembentukan biji. Tangkai tongkol, janggol dan kelobot sudah terbentuk lengkap pada kurang lebih 2 minggu setelah keluar bunga betina. Akumulasi bahan kering berhenti kira-kira 50 hari sesudah keluar bunga betina. Pertumbuhan dapat tertunda akibat kekeringan atau suhu diatas 30⁰C.

Periode pengisian biji berlangsung 40-50 hari dari polinasi sampai masak fisiologis. Fase kritis pada penyediaan unsur hara N yaitu ketika mencapai fase pembentukan biji atau ketika penyerapan unsur hara N mulai menurun (penuaan) (Christensel *et al.*, 1981). Pada fase tersebut juga terjadi proses retranslokasi N dari daun dan batang menuju ke bagian calon terbentuknya tongkol jagung (Planet dan Lemaire, 1999). Periode pengeringan, pada periode ini ditandai oleh terbentuknya lapisan hitam pada bagian placenta biji yang menutup aliran asimilat

ke dalam biji. Setelah itu tanaman mulai mengering, cepatnya proses pengeringan sangat bervariasi tergantung varietas dan lingkungan. Pada proses ini akan hilang kurang lebih 1,5% air setiap hari pada biji setelah masak fisiologis (Arifin, 2006). Tongkol jagung manis dapat dipanen bilamana klobot dikupas terdapat biji jagung yang mengkilap dan jika ditusuk dengan kuku ibu jari tidak nampak bekasnya, kandungan air biji yang tertinggi adalah pada saat biji mulai mengembang (*bistar stage*), yaitu kurang lebih 80%. Pada saat embrio dan endosperm terbentuk, kandungan air terus berkurang sampai 30-40% pada masak fisiologis. Kandungan air biji berkurang dapat dilihat pada saat garis susu (*milk line*). Nampak sekitar 40 hari sesudah penyerbukan dan bergerak dari bagian atas biji ke ujung biji. Pada saat biji mendekati berat maksimum, lapisan hitam (*black layer*) terbentuknya ada bagian ujung biji.



Gambar 1. Pola pertumbuhan tanaman jagung manis

Tanaman jagung manis dapat mencapai pertumbuhan yang baik dikarenakan oleh suplai nutrisi yang cukup. Daigger dan Fox (1971) mengemukakan bahwa serapan unsur hara N minimum oleh tanaman jagung sehingga menghasilkan produksi yang optimum sebesar 2,7 % per bobot kering tanaman jagung manis. Suplai nutrisi tanaman dapat berasal dari aplikasi bahan organik, pupuk anorganik ataupun kombinasi dari keduanya. Isrun (2009) menyatakan bahwa hasil jagung manis tertinggi sebesar 3,9 ton ha⁻¹ dicapai melalui pemberian dosis 15 cc l⁻¹ pupuk organik cair dengan waktu aplikasi 3, 6 dan 9 MST (minggu setelah tanam). Donatus *et al.*, (2011) menyatakan bahwa kombinasi pupuk kandang sebesar 10 ton ha⁻¹ dengan pupuk N anorganik sebesar 80 kg ha⁻¹ menunjukkan hasil maksimum pada bobot kering total tanaman, jumlah tongkol per hektar dan total hasil biji tanaman. Namun penggunaan pupuk organik

juga harus memperhatikan kualitas pupuk. Marvelia *et al* (2006) menyatakan bahwa aplikasi kompos kascing sebagai bahan organik pada beberapa dosis menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa aplikasi), hal tersebut dikarenakan penggunaan pupuk organik yang memiliki C/N rasio yang tinggi kandungan unsur haranya menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Penjabaran diatas menunjukkan bahwa pengaplikasian pupuk organik dapat menjadi alternatif untuk mencapai efisiensi penggunaan pupuk anorganik tanpa menurunkan kualitas dan kuantitas produksi jagung manis.

2.2 Pupuk Nitrogen

Nitrogen adalah komponen penting pada genetik dan metabolisme pada sel tanaman. Nitrogen adalah komponen penting pada khlorofil yang mana merupakan komponen yang digunakan oleh tanaman dalam menangkap energi cahaya matahari untuk memproduksi gula dengan bahan air dan karbondioksida. Nitrogen juga merupakan komponen penting pada asam amino yang mana asam amino sebagai bahan pembuat protein. Beberapa protein berkerja sebagai unit struktural pada sel tanaman seperti bertindak sebagai enzim. Nitrogen sebagai penyediaan energi pada metabolisme sel berupa ATP (adenosin triphosphate).

Nitrogen dalam tanah tersedia dalam bentuk nitrogen organik. Nitrogen organik tersebut berasal dari sisa tanaman atau hewan. Nitrogen organik tidak secara langsung tersedia bagi tanaman, tetapi dapat dikonversi menjadi tersedia oleh mikroorganisme. Secara umum pada tanaman, ketersediaan nitrogen dipenuhi dalam bentuk anorganik atau yang disebut mineral nitrogen (NH_4^+ dan NO_3^-). Amonium berikatan dengan ion negatif pada partikel tanah. Sedangkan nitrat tidak berikatan dengan tanah karena mempunyai ion negatif, tetapi keberadaannya terlarut dalam air atau terlarut dalam garam ketika tanah dalam kondisi kering.

Nitrogen atmosferik adalah sumber utama nitrogen dalam tanah. Nitrogen di udara masih dalam bentuk N_2 sehingga perlu dikonversi agar berfungsi di dalam tanah. Konversi tersebut melalui dua jalur yaitu, pertama N_2 teroksidasi menjadi NO_3^- selama terjadi petir di awan, lalu NO_3^- tersebut terlarut pada air hujan yang jatuh ke tanah. Bentuk nitrat sangat mudah larut dalam air sehingga mudah juga

tercuci ketika keberadaan air berlebih dalam tanah. Faktor kehilangan nitrat yang utama pada tanah yaitu tekstur tanah pasir yang mana terjadi perkolasi secara bebas.

Keberadaan mikroorganisme sebagai agen dekomposer harus terpelihara dalam tanah yang lembab namun keadaan tersebut masih memungkinkan mikroorganisme mendapatkan oksigen secara bebas dalam mendekomposisi NO_3^- . Proses tersebut dinamakan denitrifikasi, sehingga nitrogen menjadi tersedia bagi tanaman. Kehilangan amonium jarang terjadi, tetapi hal tersebut terjadi dalam proses yang disebut volatisasi. Ion amonium sebenarnya berupa amonium yang memiliki ekstra ion hidrogen yang terikat. Ketika ekstra hidrogen tersebut berpindah pada ion lain seperti ion hidroksil maka molekul amonia mengalami evaporasi (volatisasi). Mekanisme tersebut terjadi ketika pH tanah yang tinggi sehingga memunculkan banyak ion hidroksil yang mengikat ion hidrogen. Pupuk N menjadi hilang dalam proses emisi gas tanaman, nitrifikasi dan denitrifikasi tanah, volatisasi, *runoff* dan pencucian. Nitrogen hilang teremisi dalam bentuk N_2O , NO dan amonia ke udara. Keberadaan N_2O dapat meningkatkan terjadinya *global warming*.

Petani sering mengaplikasikan pupuk nitrogen dalam bentuk urea. Input nitrogen sangat penting dalam mencapai tingkat produksi yang tinggi. Tetapi dengan pengaplikasian secara berlebih pupuk nitrogen tidak menjamin secara substansial meningkatkan produktifitas tanaman. Tilman *et al.*, (2002) menyatakan bahwa dengan pengaplikasian nitrogen secara berlebih maka akan menghasilkan penurunan tingkat kenaikan produktifitas tanaman. Bukan hanya berdampak pada tanaman saja, dengan jumlah aplikasi secara berlebih tersebut Matson *et al* (1998) dan Liu (2005) menyatakan hal tersebut dapat menurunkan kualitas lingkungan dan kehidupan manusia. Dev (1998) menyatakan bahwa ketidakseimbangan nutrisi hara pada pemupukan dapat menghasilkan produksi yang rendah, efisiensi penggunaan pupuk yang rendah, dan menurunnya keuntungan yang didapat oleh petani. Hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan ketersediaan nutrisi yang terkandung di dalam tanah. Aplikasi nitrogen sintetik dapat meningkatkan deposisi nitrogen ke udara lebih tinggi dan pencucian nitrogen dalam proses *runoff*. Denitrifikasi dan pencucian terjadi ketika kondisis tanah yang lembab.

Volatilisasi sering terjadi ketika tanah pada keadaan kering. Namun, beberapa tanaman menunjukkan pertumbuhan yang sangat cepat ketika diberikan pupuk nitrogen berlebih karena perkembangan protoplasma sangat cepat dan selanjutnya mendukung pembentukan dinding sel. Ketika kekurangan unsur hara nitrogen, tanaman menunjukkan gejala pada batang yang rapuh dan mudah roboh. Sehingga pengaplikasian pupuk nitrogen kepada tanaman harus tetap terpenuhi. Menurut Sarief (1986), bahwa ketersediaan nutrisi yang cukup yang dapat diserap untuk pertumbuhan tanaman, merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil.

Sebenarnya potensi penyediaan unsur hara N bukan hanya dengan cara mengaplikasikan pupuk sintesis nitrogen. Dengan penambahan bahan organik kedalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara N bagi tanaman. ketika bahan organik ditambahkan kedalam tanah, maka bahan organik tersebut akan dimakan oleh mikroorganisme atau yang dikenal dengan proses dekomposisi. Semua makhluk hidup membutuhkan nitrogen untuk membentuk protein. Andrews (1998) menyatakan bahwa ketika bahan organik yang diaplikasikan mengandung banyak nitrogen maka mikroorganisme tersebut menggunakan nitrogen untuk hidup. Terkadang mikroorganisme melepaskan nitrogen yang berlebih kedalam tanah dalam bentuk amonia. Pada lahan pertanian yang mengandung rendah bahan organik maka mikroorganisme dalam tanah menggunakan atau mengkonsumsi nitrogen untuk memenuhi kehidupannya tanpa melepaskan nitrogen ke dalam tanah yang sangat berfungsi bagi tanaman.

Tanaman bila mendapatkan pupuk N yang cukup maka daun akan tumbuh besar dan memperluas permukaannya. Permukaan daun yang lebih luas memungkinkan untuk menyerap cahaya matahari yang banyak sehingga proses fotosintesis juga berlangsung lebih cepat, akibatnya fotosintat yang terbentuk akan terakumulasi pada bobot kering tanaman yang lebih bobot. Meskipun penambahan luas daun akan berkurang atau berhenti pada saat tanaman memasuki fase pembungaan, tetapi bobot tanaman akan mengalami peningkatan bobot kering seiring dengan bertambahnya umur (Gardner *et al.*, 1991). Selanjutnya Purwowododo (1992), Shekhfani(1997), dan Novizan (2002) menyatakan bahwa N merupakan unsur yang berpengaruh cepat terhadap pertumbuhan vegetatif

tanaman, dan bila kecukupan N maka daun tanaman akan tumbuh besar dan memperluas permukaannya.

2.3 Pupuk Organik Azolla

Tanah sebagai tempat tumbuh tanaman harus mempunyai kandungan hara yang cukup untuk menunjang proses pertumbuhan tanaman sampai berproduksi, artinya tanah yang digunakan harus subur. Ketersediaan hara dalam tanah sangat dipengaruhi oleh adanya bahan organik. Hakim *et al* (1986) menyatakan bahwa bahan organik merupakan bahan penting dalam menciptakan kesuburan tanah. Secara garis besar, bahan organik memperbaiki sifat-sifat tanah meliputi sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Bahan organik memperbaiki sifat fisika tanah dengan cara membuat tanah menjadi gembur dan lepas sehingga aerasi menjadi lebih baik merata mudah ditembus perakaran tanaman. bahan organik pada tanah yang bertekstur pasir akan meningkatkan pengikatan antar partikel dan meningkatkan kapasitas mengikat air. Sifat kimia tanah diperbaiki dengan meningkatnya kapasitas tukar kation dan ketersediaan hara, sedangkan pengaruh bahan organik pada biologi tanah adalah menambah energi yang diperlukan kehidupan mikroorganisme tanah (Sutanto, 2002).

Kandungan hara pada tanah semakin lama biasanya semakin berkurang karena seringnya digunakan oleh tanaman yang hidup diatas tanah tersebut, bila keadaan seperti itu terus dibiarkan maka tanaman biasanya kekurangan unsur hara sehingga pertumbuhan dan produksi menjadi terganggu. Kekurangan hara yang diperlukan oleh tanaman dapat diatasi dengan pemupukan. Murbandono (1990) menyatakan pemupukan adalah pemberian bahan-bahan pada tanah agar dapat menambah unsur-unsur atau zat makanan yang diperlukan tanah secara langsung atau tidak langsung. Pemupukan pada umumnya bertujuan untuk memelihara atau memperbaiki kesuburan tanah sehingga tanaman dapat tumbuh lebih cepat, subur dan sehat. Sutejo (1995), Roesmarkam dan Yuwono (2002) menyatakan bahwa pemupukan dimaksudkan untuk mengganti kehilangan unsur hara pada media tanah dan merupakan salah satu usaha yang penting untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

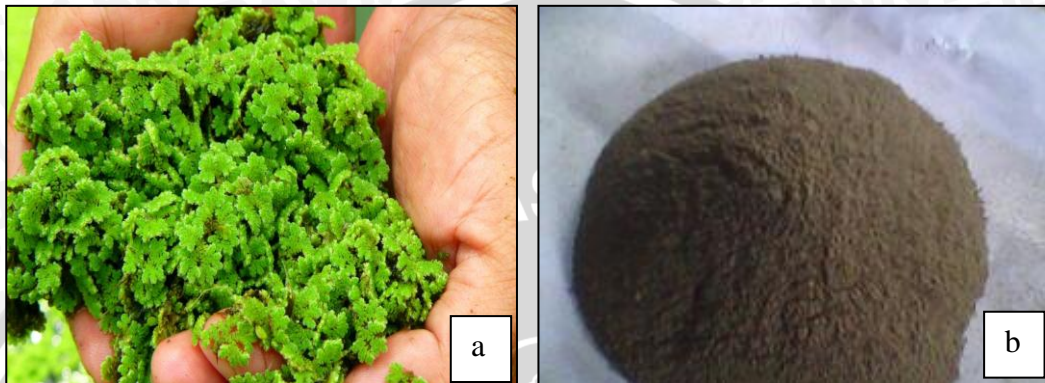
Pupuk yang sudah dikenal ada 2 jenis yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk anorganik adalah pupuk sintetis yang dibuat oleh industri atau pabrik, sedangkan pupuk organik adalah yang berasal dari bahan-bahan alam yaitu sisa-sisa hewan (Murbandono, 1990). Pemberian pupuk organik ke dalam tanah, mempunyai beberapa kendala yang harus diperhatikan dalam meningkatkan produksi suatu tanaman, selain dipengaruhi oleh jumlah, kualitas, cara pemberian dan keadaan lingkungan, keberhasilan juga dipengaruhi oleh waktu atau saat pemberian, karena berhubungan dengan tingkat sinkronisasinya (Handayanto, 1999). Oleh karena itu, pemberian pupuk organik selain harus diberikan dalam jumlah yang cukup besar, karena kandungan haranya yang rendah, juga waktu pemberian harus diberikan sebelum tanam, agar pupuk organik tersebut mengalami proses dekomposisi dan mineralisasi sehingga tersedia bagi tanaman. penentuan lamanya waktu yang diberikan harus melihat kualitas dari pupuk organik, yaitu berkualitas tinggi, sedang atau rendah, dimana kualitas yang tinggi, segera mengalami mineralisasi setelah diberikan ke dalam tanah. Waktu pemberian pupuk juga harus melihat siklus hidup tanaman yang akan dipupuk, sehingga sinkronisasi dapat tercapai.

Tidak efisiennya pemberian pupuk organik, karena rendahnya tingkat sinkronisasi antara waktu pelepasan unsur hara dari pupuk organik dengan kebutuhan tanaman akan unsur hara, dan akibatnya produksi tanaman yang dihasilkan masih kurang optimal. Sinkronisasi ditentukan oleh kecepatan dekomposisi dan mineralisasi pupuk organik, berupa kualitas sisa tanaman atau pupuk organik yang digunakan (Handayanto, 1999). Hairiah *et al* (2000) menyatakan komponen kualitas bahan organik yang penting adalah rasio C/N, kandungan lignin dan polifenolnya. Bahan organik yang telah siap digunakan sebagai pupuk bila rasio C:N antara 10-12, lignin < 15% dan polifenol < 4%. Handayanto (1998) menambahkan keunggulan pemberian pupuk organik adalah meningkatkan kandungan bahan organik, nitrogen organik, P, K, Ca dan Mg, juga dilepaskan beberapa unsur hara mikro, asam-asam organik yang berfungsi dalam perbaikan KTK, pH, sifat fisik, dan biologi tanah, sedikit vitamin dan zat pengatur tumbuh, yang semuanya ini sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Salah satu potensi sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai pupuk organik adalah Azolla. Azolla adalah tumbuhan air yang tumbuh segar berasamaan dengan mikrosimbion *Anabaena* dalam menambat N_2 di udara. Tanaman Azolla memiliki kandungan nitrogen yang tinggi, memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat dan dapat beradaptasi pada lingkungan dengan air yang bersih dan segar. Diantara berbagai sistem yang mampu menambat N_2 di udara yang dapat digunakan sebagai sumber N pada padi sawah, nampaknya simbiosis Azolla dengan *Anabaena* merupakan sistem yang memberikan harapan (Sisworo, 1990). Disamping itu pula dengan mengaplikasikan Azolla dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan jalan meningkatkan ketersediaan nitrogen, karbon organik, ketersediaan unsur P dan K (Mandel *et al*, 1999). Nitrogen dari pupuk organik Azolla baru akan tersedia untuk tanaman padi setelah mengalami mineralisasi dalam tanah.

Salah satu peneliti pada pusat bioteknologi pertanian Universitas Muahamadiyah Malang mengembangkan beberapa produk Azolla dalam berbagai bentuk yaitu Azolla segar, Azolla kering dan kompos Azolla. Pengomposan Azolla dilakukan pada suatu wadah kecil selama 1 bulan. Karena memiliki kandungan air yang tinggi maka dalam pengomposan tersebut terjadi reduksi bobot Azolla sebesar 95 % (Wahyono dan Sahwan, 1998). Hacler dan Downson (1995) melakukan kuantifikasi efek dari pengeringan Azolla. Mereka menemukan bahwa aktifitas nitrogenase pada *Azolla caroliniana* mencapai maksimum ketika kelembaban jaringan sebesar 88-95% pada Azolla segar, ketika kelembabannya menurun sebesar 80% maka aktifitas nitrogenase menurun menjadi kurang dari seperlima pada posisi maksimum. Takaran optimum yang dapat dicapai Azolla bila menggantikan sebagian N berasal dari pupuk buatan adalah berkisar 30-40 kg ha^{-1} nitrogen. Walaupun Azolla hanya dapat menggantikan sebagian dari pupuk N buatan, Azolla mempunyai suatu kelebihan, yaitu dapat mengurangi hilangnya N urea karena penguapan, bila Azolla dibiarkan menutupi permukaan sawah (Crawsell, 1990). Pengaplikasian Azolla dapat meningkatkan status ekonomi dengan jalan meminimalisir biaya produksi. Azolla memiliki harga yang ekonomis dan ramah lingkungan yang memberikan pengkayaan karbon dan nitrogen kedalam tanah sehingga memperbaiki status kesuburan tanah dan hasil

tanaman. Azolla memberikan keuntungan pada beberapa jenis tanaman bukan hanya pada tanaman padi. Pupuk Azolla secara efektif dapat digunakan pada tanaman bawang merah, asparagus, kentang dan bawang putih (Wahyono dan Sahwan, 1998). Pupuk Azolla juga bisa digunakan sebagai media aklimatisasi pada tanaman anggrek hasil pengembangan invitro (Wahyono dan Sahwan, 1998).



Gambar 2. Bentuk Azolla. a) azolla segar dan b) azolla kering

Jika dibandingkan dengan pengaplikasian pupuk anorganik nitrogen, keuntungan dari pengaplikasian pupuk hijau seperti Azolla dapat dirasakan hasilnya dalam jangka waktu panjang. Sekarang ini, banyak diminati pengaplikasian Azolla, karena dapat memperbaiki efisiensi penggunaan urea (Maria dan Paul, 2004). Singh (1990) menyatakan bahwa dengan pengaplikasian Azolla dapat memperbaiki kesuburan tanah melalui peningkatan total nitrogen, karbon dan ketersediaan unsur hara fosfor di tanah. Van hove (1989) juga menyatakan bahwa dengan pengaplikasian Azolla dapat memperbaiki struktur tanah ketika dicampurkan, karena memiliki produktifitas yang tinggi yang mana memberikan penyediaan bahan organik dalam jumlah besar.

Dibandingkan dengan pengaplikasian pupuk N anorganik, keuntungan yang didapatkan dengan pengaplikasian Azolla sebagai pupuk hijau bisa berlaku dalam jangka panjang. Hasil penelitian pada 10 varietas padi bahwa aplikasi Azolla sebagai pupuk secara intercropping dapat meningkat hasil biji sebesar 1,8-3,9 ton/ha di atas perlakuan kontrol, atau menunjukkan hasil yang sama pada perlakuan 60 kg N/ha urea (Ventura dan Watanabe, 1993)

Pengaplikasian pupuk organik ke dalam tanah yang memiliki C/N *ratio* berkisar 7-19 merupakan rentanan yang cocok untuk dapat terjadinya proses mineralisasi (Singh, 1981). Hal tersebut terbukti bahwa C/N *ratio* kompos Azolla senilai 10. Setelah Azolla mengalami proses dekomposisi maka humus akan terbentuk sehingga dapat meningkatkan kapasitas cekaman air pada tanah pada memperbaiki draenase dan airasi dalam tanah (Kotpal dan Bali, 2003). Watanabe *et al.*, (1977) menyatakan bahwa dengan pengaplikasian Azolla kering ke dalam tanah selama 6-8 minggu maka akan terjadi proses mineralisasi sebesar 75% dari jumlah N yang terkandung dan pengaplikasian Azolla segar kedalam tanah maka akan terjadi mineralisasi sebesar 80% dalam bentuk NH_4^+ setelah 3 minggu. Watanabe *et al* (1984) juga menyatakan bahwa Azolla dimineralisasikan dengan sangat cepat pada minggu pertama dan kedua, dan kemudian proses mineralisasi terjadi secara lebih perlahan. Sebagian besar, fiksasi nitrogen menjadi tersedia setelah Azolla tersebut mengalami proses dekomposisi, namun dalam jumlah yang kecil amonium juga tersedia pada air selama masa pertumbuhan Azolla (Watanabe *et al.*, 1984).

Selain digunakan sebagai *biofertilizer* pada beberapa tanaman, Azolla juga digunakan sebagai bahan pakan ternak, obat, dan penjernih air. Wagner (1997) meyakini bahwa Azolla digunakan sebagai bahan bakar hidrogen, produksi biogas, pengendalian gulma, pengendalin nyamuk dan mengurangi volatiasi amonia yang dapat diaplikasikan bersamaan dengan pupuk nitrogen kimia. Dengan berbagai banyak keuntungan atau kelebihan dari pengaplikasian pupuk berbahan dasar Azolla, maka pupuk tersebut dapat menjadi alternatif untuk mengefisiensikan penggunaan pupuk urea ketika ketersediaannya menipis atau harganya yang tidak dapat dijangkau oleh petani tanpa menurunkan kualitas dan kuantitas produksi suatu tanaman.