

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman semusim (annual). Tanaman jagung termasuk tanaman tropis yang tergolong dalam family *Gramineae*. Tanaman jagung dapat tumbuh pada suhu 21°C - 34°C dengan ketinggian tempat 1000 – 1800 m dpl. Jagung membutuhkan tanah gembur, subur, berdrainase baik agar dapat tumbuh dengan baik. Tanah yang akan ditanami jagung memiliki pH 5,6-7,2. Untuk lahan yang tidak beririgasi, pertumbuhan tanaman jagung memerlukan curah hujan sekitar 8-200 mm/bulan secara merata (Lee, 2007). Secara umum tanaman jagung memiliki pola pertumbuhan yang sama, namun interval waktu antar tahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang dapat berbeda.

Secara prinsip pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung terbagi dalam 5 periode yaitu periode tanam hingga tumbuh, biji jagung akan berkecambah saat 4-5 hari setelah tanam apabila kebutuhan air tercukupi, suhu, mineral dan keadaan fisik permukaan tanah telah sesuai. Perkembangan akar pada awal pertumbuhan mendatar kemudian akan bergerak ke bawah. Periode kedua adalah pertumbuhan vegetatif yakni pertumbuhan tanaman hingga malai keluar. Keadaan kekurangan unsur hara dapat menghambat pertumbuhan dan potensi hasil serta mempengaruhi jumlah pembentukan biji dan tongkol. Periode ketiga adalah proses dari keluar malai hingga terbentuknya bunga betina. Apabila dalam periode ini terjadi kekeringan atau kekurangan cahaya dapat menyebabkan banyak tongkol yang tidak berbiji (Arifin, 2006).

Periode terbentuk bunga betina hingga masak merupakan waktu pembentukan biji. Pada saat 2 minggu setelah keluar bunga betina tangkai tongkol, janggal dan klobot sudah terbentuk sempurna. Akumulasi bahan kering berhenti saat 50 hari sesudah keluar bunga betina. Untuk periode pengisian biji berlangsung pada 40 – 50 hari dari polinasi hingga masak fisiologis. Pada periode pengeringan ditandai oleh terbentuknya lapisan hitam pada bagian placenta biji yang menutup aliran asimilat ke biji. Kemudian tanaman mulai mengering, cepat atau lambatnya proses pengeringan tergantung pada varietas dan lingkungan

sekitar dari tanaman jagung. Pada proses ini akan hilang 1,5% air setiap hari pada saat biji telah masak fisiologis (Arifin, 2006).

Tongkol jagung dapat dipanen bila klobot dikupas lalu terdapat biji jagung yang mengkilap dan jika ditusuk dengan kuku ibu jari tidak nampak bekasnya. Kandungan air biji yang tertinggi pada saat biji mulai mengembang (*bistar stage*), yaitu kurang dari 80%. Saat embrio dan endosperm terbentuk, kandungan air an terus berkurang hingga 30 – 40% pada saat masak fisiologis. Kandungan air biji berkurang dapat dilihat pada saat garis susu (*milk line*) yang 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*) terbentuk pada bagian ujung biji.

2.2 Biochar

Biochar ialah bahan organik berupa arang yang diproduksi menggunakan suhu tinggi dengan bahan baku limbah, kotoran hewan ataupun berbagai limbah pertanian lainnya. Biochar merupakan bahan berwarna hitam yang kaya karbon dengan kepadatan sekitar 467 kg/m^3 , rasio H/C 0,47 serta O/C kurang dari 0,30 dan nilai pemanasan 25,3 MJ/kg (O'zeimen dan Karaosmanog'lu, 2004). Biochar digunakan sebagai pembenah tanah-tanah pertanian. Menurut Lehmann and Rondon (2006), pembakaran biomassa organik pada kondisi tertentu digunakan untuk menghasilkan biochar yang mempunyai luas permukaan yang tinggi dan kemampuannya untuk bertahan di dalam tanah dengan tingkat pelapukan biologi yang rendah. Biochar dibuat pada kondisi yang dapat mengoptimalkan karakter yang berguna untuk tanah pertanian, seperti mempunyai luas permukaan yang tinggi dalam satu unit volume, dan kandungan residu yang rendah.

Bahan baku pembuatan biochar umumnya adalah residu biomassa pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi atau kulit buah kacang-kacangan, kulit-kulit kayu, sisa-sisa usaha perkayuan, serta bahan organik yang berasal dari sampah kertas dan kotoran hewan. Bila limbah tersebut mengalami pembakaran dalam keadaan oksigen yang rendah atau tanpa oksigen akan dihasilkan 3 substansi, yaitu metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, bio-oil yang dapat diperbaharui

dan arang hayati (biochar) yang mempunyai sifat stabil dan kaya karbon (>50%) (Bambang, 2012).

Tabel 1. Bioenergi yang Tersedia di Sektor Pertanian (Prastowo, 2007)

Komoditas Utama	Hasil Pokok (Juta)	Residu Biomassa (Juta)
Kelapa sawit	170	69,7
Kelapa	130	-
Karet	-	144,8
Padi	-	158,6
Tebu	2,66	78
Sagu	58	-
Ternak Besar	0,33	-
Jumlah	360,99	441,1

Dibandingkan dengan arang tradisional, biochar lebih banyak mengandung karbon yang sangat stabil. Oleh karena itu, biochar yang ditambahkan ke tanah dapat berperan sebagai pengikat dan dapat menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah pemanasan global melalui penurunan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dalam atmosfer. Selain berperan sebagai pengikat karbon, biochar mempunyai berbagai pengaruh menguntungkan pada sifat tanah, seperti meningkatkan kapasitas menahan air, meningkatkan KTK, maupun menambahkan unsur hara untuk memperbaiki serapan hara oleh tanaman (Lehmann dan Joseph., 2009).

2.2.1 Manfaat Biochar pada Tanah

Biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan efisiensi penggunaan hara dengan menggunakan bahan lokal yang tersedia dan terbarukan dengan cara berkelanjutan. Di banyak daerah, penurunan produktivitas tanah terjadi meskipun menggunakan masukan agrokimia yang intensif, bersamaan pula dengan dampak yang merugikan bagi lingkungan sumberdaya tanah dan air (Robertson *et al.*, 2000).

Dibandingkan dengan bahan pembenah tanah lainnya, tingginya luas permukaan dan porositas biochar menyebabkan biochar mampu menyerap unsur hara dan air, dan juga berperan sebagai habitat untuk pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat (Warnock *et al.*, 2007). Biochar ditambahkan

ke dalam tanah untuk meningkatkan fungsi tanah dan mengurangi emisi dari biomassa yang secara alami terurai menjadi gas rumah kaca. Selain itu fungsi lain dari biochar adalah untuk mengikat karbon cukup besar.

Manfaat biochar bagi tanah adalah mampu meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah. Selain itu biochar mampu memperbaiki kemampuan tanah dalam menyerap air serta menambah jumlah mikroba dan jasad renik dalam tanah (Lehmann *et al.*, 2003). Selain mengurangi emisi dan menambah pengikatan gas rumah kaca, biochar dapat memperbaiki kondisi tanah terutama pada tanah-tanah yang kurang subur (Robertson *et al.*, 2000). Sedangkan manfaat biochar bagi tanaman adalah mampu memperbaiki dan mengoptimalkan pertumbuhan serta produksi tanaman, mengurangi penggunaan pupuk, mengurangi jumlah nutrisi yang akan diserap tanaman yang hilang akibat tercuci (Chan *et al.*, 2007).

2.2.2 Pengaruh Biochar terhadap Sifat Fisika, Kimia, dan Biologi Tanah

Pengaruh biochar terhadap sifat kimia tanah yakni biochar yang terbuat dari limbah pertanian selama satu musim tanam mampu meningkatkan kualitas sifat kimia yakni C-Organik, P-tersedia, KTK dan fisika tanah pada tanah kering masam terdegradasi (Nurida, 2009). Limbah pertanian yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang adalah limbah pertanian dengan rasio C/N yang tinggi (>20). Limbah pertanian dengan rasio C/N tinggi tersebut kurang potensial untuk dijadikan kompos, namun sangat potensial untuk dijadikan arang (biochar) yang mampu berfungsi memperbaiki sifat kimia tanah sebagai pembenah tanah (Nurida, 2008).

Pengaruh biochar terhadap sifat fisika tanah yakni C-organik tanah memperbaiki fungsi agroekosistem dan mempengaruhi kesuburan tanah dan sifat fisik, seperti kestabilan agregat, kemampuan menahan air dan kapasitas tukar kation (Milne *et al.*, 2007). Menurut Lehmann (2007), biochar mampu meningkatkan kemampuan tanah menahan unsur hara sehingga kation dapat tersedia bagi tanaman. Biochar yang diproduksi dengan suhu yang lebih tinggi (700-800°C) mampu meningkatkan KTK namun kehilangan karbon sebanyak 5%. Namun, biochar yang diproduksi dengan suhu dibawah 400°C tidak dapat meningkatkan kualitas tanah pertanian.

Sedangkan pengaruh biochar terhadap sifat biologi tanah yakni meningkatkan aktivitas biologi tanah. Beberapa penelitian telah membuktikan bahan aktivitas mikroba dalam tanah meningkat pada tanah yang diberi biochar (Steiner *et al.*, 2003). Mencampurkan biochar kedalam lapisan atas dapat meningkatkan aktivitas biologi tanah, kemampuan menahan air dan ketersediaan unsur hara (Blackwell *et al.*, 2008).

2.2.3 Pembuatan Biochar

Terdapat berbagai cara untuk memproduksi biochar. Faktor kualitas biochar yang paling penting adalah kapasitas jerapan dan pertukaran kation yang tinggi, serta kandungan bahan bergerak (tar, resin) yang rendah (Glaser *et al.*, 2002). Faktor utama yang menentukan kualitas biochar adalah jenis bahan organik yang digunakan dan kondisi (suhu) produksi biochar (Gaskin *et al.*, 2008).

Biochar adalah produk dari destilasi kering (pirolisis) dengan menggunakan bahan baku biomasa organik (Lehmann, 2007). Pirolisis merupakan proses termokimia dimana biomassa dibakar dalam kondisi oksigen terbatas, atau bahkan tanpa oksigen untuk menghasilkan bentuk karbon stabil (Gambar 1). Proses pirolisis dilakukan di dalam suatu tungku yang terbuat dari bata, logam, atau tanah liat.

Menurut Lehmann and Joseph (2009), biochar yang diproduksi pada kondisi suhu rendah (<300-400°C) memiliki luas permukaan yang rendah dan hanya sebagian terkarbonisasi, sedangkan suhu yang lebih tinggi (400-600°C) meningkatkan porositas. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi sifat biochar adalah laju pemanasan, transfer panas dalam tabung dan tekanan selama produksi.

2.2.4 Biochar Sekam Padi

Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dari hasil penggilingan padi, selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran batu merah, pembakaran untuk memasak atau dibuang begitu saja. Penanganan sekam padi yang kurang tepat akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Sekam padi mengandung 78-80% bahan organik yang mudah menguap (lignin, selulosa, gula) jika sekam dibakar dan dihasilkan sisa pembakaran 20-22% abu sekam padi.

Sekam padi dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuat biochar dengan menggunakan proses pirolisis. Hasil penelitian Masulili *et al.* (2010), biochar sekam padi mengandung berbagai unsur hara dalam jumlah yang berbeda pada setiap unsurnya (Tabel 2). Biochar sekam padi berfungsi untuk menggemburkan tanah sehingga dapat mempermudah akar tanaman dalam menyerap unsur hara.

2.3 Pupuk NPK

Pupuk kimia sintesis atau sering disebut pupuk anorganik mengandung unsur hara yang tinggi. Keuntungan penggunaan pupuk anorganik adalah jumlah unsur hara yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman, mudah larut dalam air sehingga unsur yang dikandungnya mudah tersedia bagi tanaman. Namun, kekurangan dari pupuk anorganik adalah sedikit atau hampir tidak mengandung unsur hara mikro dan penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dapat mengurangi bahan organik tanah bila tidak diimbangi dengan penggunaan pupuk organik. Pupuk majemuk adalah pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur. Penggunaan pupuk ini lebih praktis karena hanya dengan satu kali pemberian pupuk, beberapa unsur hara dapat diberikan (Novizan, 2002). Nitrogen merupakan unsur hara esensial bagi tanaman. Nitrogen berperan juga bagi pertumbuhan tanaman, yang sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar (Sutejo, 2002).

Bagi tanaman, unsur fosfor (P) berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Selain itu fosfor berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu dalam proses asimilasi, dan mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah (Novizan, 2002).

Kalium merupakan unsur yang berperan dalam proses fotosintesis. Selain itu kalium juga membantu dalam pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium juga berperan dalam memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga dan buah tidak mudah gugur. Selain itu kalium dapat membantu tanaman dalam menghadapi kekeringan (Lingga, 2002). Menurut Bakrie (2008) tanaman jagung manis membutuhkan kalium pada taraf dosis yang bervariasi tergantung dari kondisi tanah dan tanaman. Tanaman jagung manis membutuhkan kalium pada kisaran 60 kg – 250 kg ha⁻¹.

Tidak semua pupuk yang diberikan ke dalam tanah dapat diserap oleh tanaman. Nitrogen yang dapat diserap hanya 50 – 60%, Fosfor sekitar 20%, dan Kalium antara 50 - 70%. Tanggapan tanaman terhadap pupuk yang diberikan tergantung pada jenis pupuk dan tingkat kesuburan tanah (Syafudin *et al.*, 2010).

2.4 Pengaruh Aplikasi Biochar dan Pupuk NPK pada Tanaman Jagung

Aplikasi biochar pada tanah mampu memperbaiki sifat-sifat fisik tanah sehingga kesuburan tanah dapat diperbaiki. Menurut Lehman *et al.* (2003) mengungkapkan bahwa dengan penggunaan biochar maka terjadi adanya perbaikan kesuburan tanah baik dalam kimia, fisika dan biologi tanah. Dengan adanya perbaikan kesuburan tanah maka dapat memperbaiki pula pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil tanaman.

Penggunaan biochar pada tanah dapat memperbaiki sifat tanah sehingga pertumbuhan tanaman juga dapat diperbaiki. Penggunaan biochar dari sekam padi dapat memperbaiki sifat tanah masam. Biochar berperan sebagai pengikat karbon, biochar mempunyai berbagai pengaruh menguntungkan pada sifat tanah, seperti meningkatkan kapasitas menahan air, meningkatkan KTK, maupun menambahkan unsur hara untuk memperbaiki serapan hara oleh tanaman (Lehmann dan Joseph, 2009). Biochar sekam padi berfungsi untuk menggemburkan tanah sehingga akar dapat dengan mudah menggemburkan tanah.

Menurut Steiner *et al.*, (2007) peningkatan efisiensi pemupukan terjadi sebagai akibat adanya KTK yang tinggi pada biochar sehingga mampu menyerap unsur hara pada pupuk, dan selanjutnya memperkecil kehilangan hara karena pencucian. Sehingga dengan aplikasi biochar maka serapan tanaman terhadap pupuk NPK juga akan semakin besar. Dengan serapan tanaman terhadap pupuk NPK semakin besar maka pemupukan NPK pada tanaman dapat dikurangi dari dosis pemupukan awal sebelum menggunakan biochar.