

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Berpasir dan Permasalahannya

Tanah berpasir merupakan tanah dengan ukuran partikel yang tergolong besar dibandingkan dengan partikel debu dan liat yang memiliki diameter sebesar 0,05 mm-2,0 mm. Tanah yang terdiri atas partikel besar kurang dapat menahan air. Air dalam tanah akan mengalami infiltrasi, bergerak ke bawah melalui rongga tanah. Akibatnya tanaman menjadi kekurangan air sehingga menjadi layu. Apabila kondisi seperti ini terus menerus berlangsung akan dapat mematikan tanaman (Dwidjoseputro, 1978).

Tanah berpasir memiliki tekstur pasir, struktur berbutir, konsistensi lepas, sangat porous, sehingga daya menahan air dan pupuk sangat rendah (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1994). Menurut Bulmer dan Simpson (2005) tanah pasir merupakan tanah yang miskin hara dan kurang mendukung pertumbuhan tanaman. Tekstur tanah pasir ini sangat mempengaruhi status dan distribusi air yang berpengaruh pula pada sistem perakaran, kedalaman akar, hara dan pH.

2.2 Sifat Fisik tanah

Sifat fisik tanah ditentukan oleh ukuran partikel-partikelnya. Partikel dengan ukuran diatas 2,0 mm dikelompokkan sebagai kerikil, 0,05 mm-2,0 mm dikelompokkan sebagai pasir, debu atau *silt* antara 0,002 sampai 0,05 mm dan lempung atau *clay* kurang dari 0,002 mm (Rao, 1994). Berdasarkan ukuran bahan padatan tersebut, partikel tanah digolongkan menjadi 3 yaitu pasir, debu, dan liat. Jumlah ketiga partikel tersebut bersama-sama menjadi penyusun tanah yang dinyatakan dalam % kemudian disebut dengan tekstur tanah. Sedangkan tekstur tanah berpengaruh pada kemampuan tanah dalam menyimpan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman (Islami dan Utomo,1995).

2.2.1 Porositas Tanah

Porositas adalah proporsi ruang pori tanah (ruang kosong) yang ditempati oleh air dan udara dalam suatu volume tanah, sehingga dijadikan sebagai indikator

dari kondisi drainase dan aerasi tanah. Tanah yang porous berarti tanah yang mempunyai cukup ruang pori untuk pergerakan air dan udara masuk dan keluar tanah secara leluasa, jika sebaliknya maka disebut sebagai tanah yang tidak porous (Hakim *et al*,1986). Sedangkan menurut Pairunan *et al.* (1997) pori tanah adalah ruang antara butiran padat tanah berbentuk pori kasar dan pori kecil yang pada umumnya ditempati udara dan air.

Menurut Hanafiah (2005) pori-pori tanah dikelompokkan menjadi tiga kelas berdasarkan ukuran diameter ruangnya, yaitu: (1) makropori (pori-pori makro) apabila diameternya lebih besar dari 90 μm , (2) mesopori apabila diameternya 30 μm sampai 90 μm , dan (3) mikropori apabila diameternya lebih kecil dari 30 μm .

Sedangkan berdasarkan pengaruhnya terhadap air, pori-pori tanah dibagi menjadi lima kelas yaitu: (1) pori pengikat jika berdiameter kurang dari 0,005 μm , (2) pori residual jika berdiameter 0,005 – 0,1 μm , (3) pori penyimpan jika berdiameter 0,1 – 50 μm , (4) pori transmisi jika berdiameter 50 – 500 μm , dan (5) celah jika berdiameter lebih besar dari 500 μm .

Dalam keadaan basah seluruhnya, pori tanah akan terisi oleh air, baik pori mikro, pori meso maupun pori makro. Sebaliknya pada keadaan kering, pori makro dan sebagian pori meso terisi oleh udara. Tanah yang strukturnya gembur atau remah dengan tekstur lempung, umumnya akan menghasilkan porositas yang besar jika diolah secara intensif. Porositas perlu diketahui karena merupakan gambaran dari kondisi aerasi dan drainase tanah (Foth, 1994).

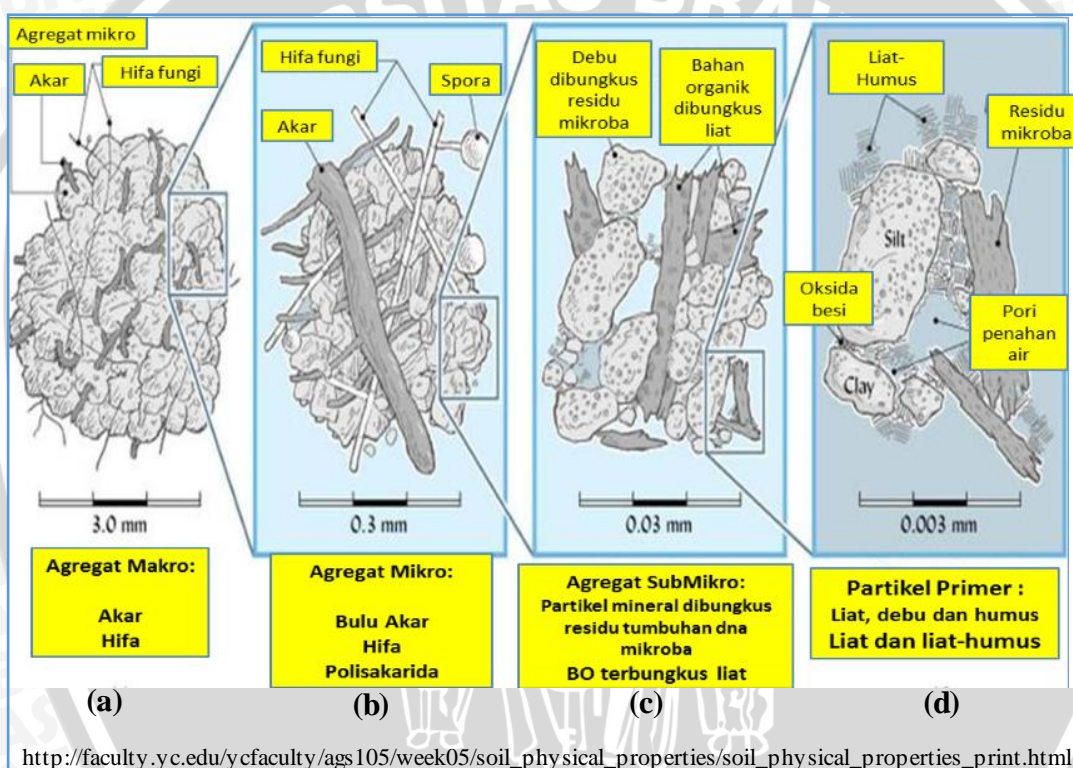
Menurut Soepardi (1983) faktor porositas tanah dikendalikan oleh tekstur tanah, struktur, dan kandungan bahan organik. Pada tanah berpasir, porositas tanah didominasi oleh pori makro yang berfungsi sebagai lalu lintas air sehingga infiltrasi meningkat. Sedangkan pada tanah berliat, porositas tanah didominasi oleh pori mikro sehingga daya hantar airnya rendah yang menyebabkan infiltrasi menurun.

Porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah. Porositas tanah tinggi jika bahan organik tinggi. Tanah-tanah dengan struktur granular atau remah, mempunyai porositas yang lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan struktur *massive* (pejal). Tanah dengan tekstur pasir

banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air (Hardjowigeno, 2003).

2.2.2 Agregat Tanah

Agregat tanah adalah kumpulan dari partikel-partikel tanah yang diikat bersama oleh bahan organik. Agregasi tanah sangat penting untuk meningkatkan dan mempertahankan porositas yang baik (Oktaviano, 2008). Menurut Sumarno (2013) terdapat berbagai faktor penting pada setiap tahapan agregasi dan empat tingkat dalam hirarki agregat tanah diilustrasikan melalui gambar 2.



Gambar 2. Proses agregasi tanah: Pembentukan agregat dari partikel-partikel primer tanah (Sumarno, 2013).

(a) Suatu agregat-makro terdiri atas banyak agregat-mikro yang diikat bersama oleh semacam jaringan-penjerat yang terbentuk dari hifa jamur dan akar-akar rambut yang halus. (b) Suatu agregat-mikro yang terdiri atas butir-pasir-halus dan “gerombolan” debu, liat dan serpihan bahan-organik yang diikat bersama oleh bulu-bulu akar, hifa jamur, dan perekat hasil sekresi mikroba. (c) Suatu agregat sub-mikro yang ukurannya sangat kecil, terdiri atas partikel-partikel debu halus yang dibungkus bahan organik, dan serpihan bahan organik sisa-sisa tanaman dan

mikroba (disebut partikulat organik) yang dibungkus oleh liat, humus dan oksida Fe atau Al. (d) Gerombolan partikel liat yang berinteraksi dengan oksida-oksida Fe atau Al dan polimer organik pada skala terkecil. Gerombolan Liat-organik ini menunjukkan adanya ikatan antara permukaan partikel humus dengan partikel mineral yang ukurannya kecil.

2.2.3 Kadar Air Tanah

Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah yang biasanya dinyatakan dengan % berat kering. Kadar air pada kapasitas lapang adalah jumlah air yang ada dalam tanah sesudah kelebihan air gravitasi mengalir keluar secara nyata, biasanya dinyatakan dengan persentase berat. Kadar air pada titik layu permanen adalah yang dinyatakan dengan persentase berat kering pada saat daun tumbuhan yang tumbuh pada tanah tersebut mengalami pengurangan kadar air secara permanen sebagai akibat pengurangan persediaan kelembaban tanah (Buckman dan Brady, 1982)

Kadar air yang tersedia dalam tanah didasarkan pada kenyataan bahwa jumlah air maksimum yang dapat disimpan dalam tanah adalah air yang ditahan pada saat kapasitas lapang dan tanaman hanya dapat menyerap air tanah sampai batas titik layu permanen. Atas dasar itu maka jumlah air yang dapat ditahan antar kapasitas lapang dan titik layu permanen serta kelebihan air yang terikat pada kapasitas lapang tidak menguntungkan lagi bagi tanaman tingkat tinggi (Pairunan *et al.*, 1997).

Air dalam tanah mengalir ke bawah dengan gaya perkolasi sesuai dengan gravitasi bumi. Hal ini disebabkan oleh sifat air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah (Syarif, 1989).

2.2.3.1 Kapasitas Lapang

Kapasitas lapang adalah persentase kelembaban yang ditahan oleh tanah sesudah terjadinya drainase dan kecepatan gerakan air ke bawah menjadi sangat lambat. Keadaan ini terjadi pada 2 - 3 hari sesudah hujan, yaitu bila tanah cukup mudah ditembus oleh air, tekstur dan struktur tanahnya seragam dan pori-pori tanah belum semua terisi oleh air serta pada temperatur yang cukup tinggi.

Kelembaban pada saat ini berada di antara 5 - 40%. Selama air di dalam tanah masih lebih tinggi daripada kapasitas lapang maka tanah akan tetap lembab, ini disebabkan air kapiler selalu dapat mengganti kehilangan air karena proses evaporasi. Bila kelembaban tanah turun sampai di bawah kapasitas lapang maka air menjadi tidak *mobile*. Akar-akar akan membentuk cabang-cabang lebih banyak, pemanjangan lebih cepat untuk mendapatkan air sebagai konsumsinya. Oleh karena itu akar-akar tanaman yang tumbuh pada tanah-tanah yang kandungan air di bawah kapasitas lapang akan selalu bercabang-cabang dengan sangat lebat (Hardjowigeno, 1995). Lebih lanjut Hanafiah (2005) mengatakan bahwa kapasitas lapang adalah kondisi dimana tebal lapisan air dalam pori-pori tanah mulai menipis, sehingga tegangan antara air-udara meningkat hingga lebih besar dari gaya gravitasi, air gravitasi (pori-pori makro) habis dan air tersedia (pada pori-pori meso dan makro) bagi tanaman dalam keadaan optimum, kondisi ini terjadi pada tegangan permukaan lapisan air sekitar $1/3$ atm atau pF 2,54.

2.2.3.2 Titik Layu Permanen

Titik layu permanen terjadi dimana kadar air tanah menyebabkan tanaman yang tumbuh di atasnya mengalami layu tetap (tidak bisa segar kembali meskipun kedalaman lensa tanah diperdalam atau tidak bisa segar kembali meskipun tanaman ditempatkan ke dalam ruangan yang jenuh uap air). Karena plasmolisis yang terjadi pada sel tanaman sudah lanjut dan sel terlanjur mati, meskipun tanaman disiram deplasmolisis tidak akan terjadi, tanaman tetap akan mati. Pada tingkat kelembaban titik layu ini tanaman tidak mampu lagi menyerap air dari dalam tanah. Jumlah air yang tertampung di daerah perakaran merupakan faktor penting untuk menentukan nilai suatu tanah dalam bidang pertanian maupun kehutanan. Bila tanaman tumbuh pada keadaan air yang cukup maka tanaman tersebut akan mengambil air kapiler dari dalam tanah. Bila sampai batas maksimum, air kapiler dapat diambil dan mendekati habis maka tanaman akan menjadi layu. Meskipun pada titik layu ini tanah menunjukkan tekanan osmose yang sangat nyata, tetapi tanaman tidak mampu untuk melakukan absorpsi terhadap air (Hakim *et al.*, 1986).

2.2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Kadar Air Tanah

Persediaan air dalam tanah tergantung dari banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi (penguapan langsung melalui tanah dan melalui vegetasi), dan tingginya muka air tanah. Banyaknya kandungan air dalam tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (*moisture tension*) dalam tanah tersebut. Besarnya tegangan air menunjukkan besarnya tenaga yang diperlukan untuk menahan air di dalam tanah. Kemampuan tanah menahan air, salah satunya dipengaruhi oleh tekstur tanah. Tanah-tanah bertekstur kasar mempunyai daya menahan air lebih kecil daripada tanah bertekstur halus. Oleh karena itu, tanaman yang ditanam pada tanah yang demikian umumnya lebih mudah kekeringan daripada jika ditanam pada tanah-tanah bertekstur lempung atau liat (Hardjowigeno, 2003).

Menurut Hakim *et al.* (1986) tanah bertekstur halus menahan air lebih banyak pada seluruh selang energi dibandingkan dengan tanah bertekstur kasar. Hal ini diduga karena tanah bertekstur halus mempunyai bahan koloidal, ruang pori dan permukaan adsorptif yang lebih banyak.

2.2.4 Permeabilitas

Menurut Dariah *et al.*, (2006) pergerakan air di dalam tanah adalah aspek penting dalam bidang pertanian yang terdiri dari masuknya air ke dalam tanah, pergerakan air ke zona perakaran, keluarnya air lebih (*excess water*) atau drainase, aliran permukaan, dan evaporasi, semuanya dipengaruhi oleh kemampuan tanah dalam melewatkan air. Lebih lanjut Klute dan Dirksen (1986) mengatakan bahwa parameter atau ukuran yang dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam melewatkan air disebut dengan konduktivitas hidrolis (*hydraulic conductivity*).

Konduktivitas hidrolis (permeabilitas) tanah didefinisikan oleh hukum Darcy untuk satu dimensi yaitu aliran secara vertikal. Sifat ini sangat dipengaruhi oleh ruang pori dan sifat cairan yang mengalir didalamnya. Rendah tingginya permeabilitas ditentukan oleh ukuran pori. Tanah yang memiliki pori-pori besar dapat mengalirkan air dengan baik serta memiliki hubungan pori yang baik. Sedangkan pori-pori yang kecil akan menyebabkan permeabilitas tanah yang rendah sebab air yang mengalir melalui tanah lebih lambat (Dariah *et al.*, 2006).

Permeabilitas tanah juga sangat dipengaruhi oleh struktur dan tekstur. Pori yang besar ditambah dengan adanya retakan dan beragregat akan meningkatkan permeabilitas tanah. Permeabilitas tidak hanya dipengaruhi oleh porositas total akan tetapi juga oleh ukuran pori, sebagai contoh tanah berpasir yang memiliki ukuran pori-pori besar, memiliki konduktivitas yang lebih besar dibanding tanah berliat dengan ukuran pori yang kecil, walaupun porositas total tanah berliat lebih besar dibanding tanah berpasir. Retakan, lubang cacing dan saluran akar yang membusuk pada tanah berdampak terhadap aliran air dengan cara yang berbeda, tergantung arah dan kondisi proses aliran. Konduktivitas hidrolik bukan satu-satunya kekhasan tanah, lebih dari itu tergantung oleh gabungan sifat tanah dan cairannya (Hillel, 1998).

2.3 Ketahanan Penetrasi dan Perakaran Tanaman

Menurut Kurnia *et al.* (2006) penetrasi merupakan daya yang dibutuhkan oleh suatu benda untuk dapat masuk ke dalam tanah. Dalam bidang pertanian, pengukuran penetrasi tanah digunakan untuk mengetahui ketahanan suatu tanah dalam kaitannya terhadap perkembangan akar dalam tanah dan sifat-sifat tanah lainnya dalam mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman. Ketahanan penetrasi merupakan gambaran dari kemampuan akar tanaman untuk dapat menembus tanah. Kemampuan akar dalam menembus tanah tersebut selain dipengaruhi oleh kemampuan akar tanaman itu sendiri juga dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah seperti struktur, tekstur dan kepadatan tanah, rongga-rongga dalam tanah, kandungan bahan organik tanah serta kelembaban tanah.

2.4 Kapasitas Tukar Kation dan Bahan Organik Tanah

Kapasitas Tukar Kation merupakan sifat kimia tanah yang terkait erat dengan ketersediaan hara bagi tanaman dan menjadi indikator kesuburan tanah. KTK merupakan jumlah total kation yang dapat dipertukarkan (*exchangeable cation*) pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. Satuan hasil pengukuran KTK adalah milliequivalen kation dalam 100 gram tanah atau me kation per 100 g tanah (Madjid, 2009). Kaitannya dengan bahan organik tanah ialah KTK dan ketersediaan hara dapat meningkat seiring dengan meningkatnya bahan organik

tanah. Asam yang yang dikandung humus akan membantu meningkatkan proses pelapukan bahan mineral (Sutanto, 2002).

Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, bersumber dari sisa tanaman atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia (Kononova, 1961). Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus.

2.5 Biochar dan Bahan Pembenh Tanah Lain serta Mekanismenya dalam Perbaikan Sifat Fisik Tanah

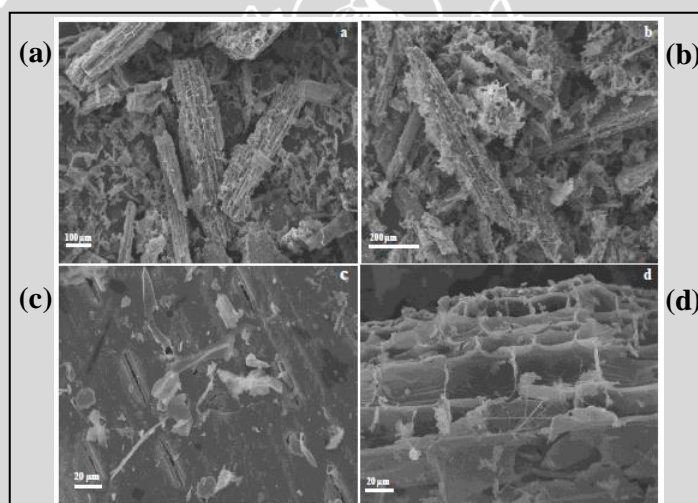
2.5.1 Biochar

Biochar adalah arang hasil pembakaran tanpa oksigen atau dengan O_2 rendah pada suhu $<700^\circ C$ (Lehmann dan Joseph, 2009). Menurut Brown (2009) biochar berasal dari residu pertanian, perkebunan, peternakan dan kehutanan. Penggunaan istilah biochar ini untuk menghindari pemahaman arang yang berasal dari batubara, fungsi arang sebagai bahan bakar, penggunaan arang sebagai adsorben pada industri makanan dan farmasi, penggunaan arang untuk mengatasi limbah pada larutan atau air yang tercemar, dan lain sebagainya. Terdapat banyak teknologi untuk membuat biochar. Diantaranya pirolisis lambat atau cepat, karbonasi, dan gasifikasi. Pirolisis lambat biasanya menggunakan *kiln* (tempat pembakaran) yang dipanaskan secara eksternal untuk mencapai suhu sekitar $500^\circ C$ selama 30 menit dan menghasilkan dua produk utama yaitu biochar dan *syngas* yang merupakan senyawa yang mudah terbakar terdiri dari metana, hidrogen, dan karbon monoksida. Senyawa tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan biomassa (Quirk *et al.*, 2010).

Dalam bidang pertanian biochar digunakan sebagai bahan pembenah tanah yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas tanah. Berbagai macam penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa biochar bermanfaat untuk memperbaiki

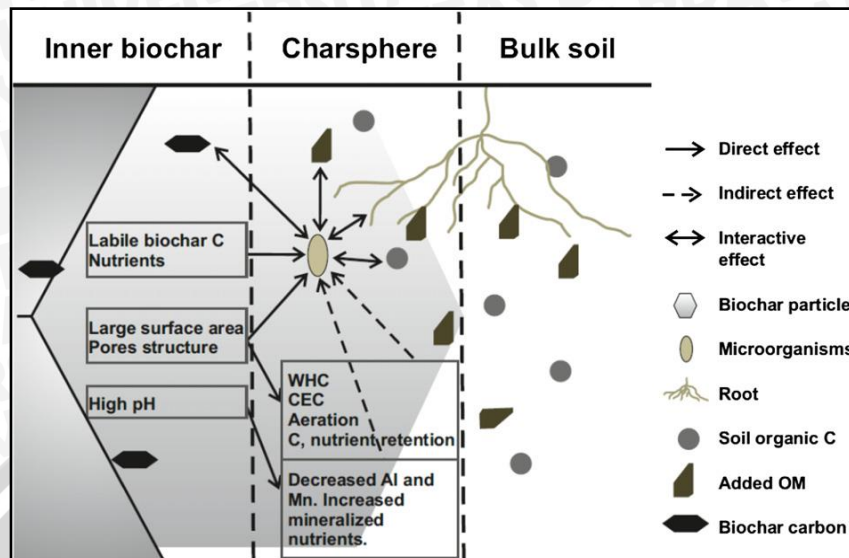
kualitas tanah secara fisik dengan meningkatkan kapasitas menahan air dan memperbaiki berat isi tanah (Laird *et al.*, 2010), memperbaiki stabilitas agregat dan menurunkan ketahanan tanah (Busscher *et al.*, 2010). Secara kimia dapat meningkatkan pH tanah dan kapasitas tukar kation (KTK) (Chan *et al.*, 2008). Secara biologi dapat meningkatkan fiksasi N, koloni jamur mikoriza dan serapan CH_4 (Rondon *et al.*, 2007; Karhu *et al.*, 2011).

Melo *et al.* (2013) menyatakan secara umum biochar yang diproduksi dari serasah tebu memiliki bentuk permukaan yang tidak beraturan dengan struktur berpori (Gambar 3). Oleh karena itu daya serap air dari biochar tinggi dan tahan terhadap dekomposisi mikroorganisme. Sifat-sifat tersebut menyebabkan bahan ini memiliki daya retensi hara tinggi sehingga mengurangi pelindian hara (Laird *et al.*, 2010).



Gambar 3. Scanning electron microscope biochar serasah tebu pada pembesaran 200x (a; b) dan pembesaran 1000x (c; d) (Melo *et al.*, 2013)

Menurut Luo *et al.* (2013) biochar memicu perkembangan mikrobial yang mengarah pada terjadinya interaksi antara mikrobial dalam tanah dengan partikel-partikel tanah membentuk agregat (gambar 4). Perubahan sifat mikrobial setelah penambahan biochar sebagian besar dijelaskan oleh perubahan berbagai sifat fisiko-kimia tanah seperti pH, Kemampuan menahan air tanah, KTK, dan Ketersediaan hara (Warnock *et al.*, 2007). Namun perubahan-perubahan yang terjadi hanya pada sekitar biochar saja dan perubahan kondisi dalam tanah secara massal kemungkinan masih kecil.



Gambar 4. Interaksi biochar dengan partikel tanah dan bahan organik (Luo *et al.*, 2013)

2.5.2 Abu Ketel

Abu ketel merupakan salah satu limbah yang diperoleh dari industri gula pada saat proses pembuatan gula. Tebu yang telah dihancurkan untuk diambil niranya menyisakan ampas yang kemudian dijadikan bahan bakar untuk memanaskan nira tersebut menuju pada proses selanjutnya. Sisa pembakaran ampas tebu itulah yang disebut dengan abu ketel yang cenderung tidak berguna dan jika dibiarkan dapat menyebabkan masalah lingkungan (Khan dan Qasim, 2008).

Hasil penelitian Chirenje dan Lena (2002) menunjukkan bahwa pemanfaatan abu ketel sebagai bahan pembenah tanah mampu meningkatkan sifat fisik tanah antara lain meningkatnya ketersediaan air bagi tanaman, menurunkan permeabilitas dan berat isi tanah pada tanah berpasir. Selain itu juga secara nyata meningkatkan total unsur hara makro tersedia (Ca, Mg, K, P) dan unsur hara mikro (Fe, Mn, Cu, Zn) yang mendukung peningkatan pertumbuhan tanaman.

Chirenje dan Lena (2002) menambahkan, peningkatan ketersediaan air bagi tanaman tersebut disebabkan oleh meningkatnya kadar air kapasitas lapang dan titik layu permanen sebagai akibat dari tekstur halus abu ketel yang merubah distribusi pori tanah yang didominasi pasir sehingga memungkinkan untuk lebih dapat mempertahankan kelembaban. Di sisi lain, penurunan permeabilitas

disebabkan oleh pengaruh langsung dari pengurangan ukuran pori yang disebabkan oleh penambahan abu ketel sehingga air dapat bertahan lebih lama pada zona perakaran tanaman. Kondisi demikian menyebabkan daya dukung tanah terhadap pertumbuhan tanaman meningkatkan sehingga akar dapat berkembang dengan baik dan menurunkan berat isi tanah.

2.5.3 Kompos

Kompos merupakan bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi, batang jagung, sulur, carang-carang serta kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah (Setyorini *et al.*, 2006). Secara ilmiah, kompos dapat diartikan sebagai partikel tanah yang bermuatan negatif sehingga terjadi interaksi dengan kation kemudian terjadi proses penggumpalan partikel koloid tanah membentuk granula tanah. Pemberian kompos mengakibatkan tanah yang berat (liat) menjadi lebih optimal dalam mengikat air, sedangkan pada tanah yang strukturnya ringan (berpasir atau remah) menjadi lebih baik dan meningkatkan daya ikat air (Djuarnani *et al.*, 2005)

Menurut Setyorini *et al.* (2006) pemberian kompos dapat meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah dibutuhkan tanaman. Bahan organik tersebut terus menerus mengalami perubahan bentuk di dalam tanah seiring dengan proses dekomposisi yang terjadi. Perbaikan struktur tanah oleh kompos mengakibatkan tanah yang semula padat menjadi gembur dan pada tanah berpasir menjadi lebih kompak karena senyawa-senyawa polisakarida (molekul gula yang terhubung dalam rantai panjang) yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai serta miselium atau hifa dalam kompos berfungsi sebagai perekat partikel tanah.

2.5.4 Blotong

Blotong adalah hasil endapan dari nira kotor (sebelum dimasak dan dikristalkan menjadi gula pasir) yang disaring di *rotary vacuum filter*. Blotong merupakan limbah pabrik gula berbentuk padat seperti tanah berpasir berwarna hitam, mengandung air, dan memiliki bau tak sedap jika masih basah. Bila tidak segera kering akan menimbulkan bau busuk yang menyengat. Blotong masih

banyak mengandung bahan organik, mineral, serat kasar, protein kasar, dan gula yang masih terserap di dalam kotoran tersebut (Purwaningsih, 2011).

Menurut Leovici (2012) blotong yang dihasilkan dalam proses pemurnian nira memiliki kandungan karbon yang tinggi hingga mencapai 22,5% disamping memiliki kandungan hara makro dan mikro yang diperlukan tanaman. Oleh karena itu, pemberian blotong ke dalam tanah dapat memicu aktivitas mikroorganisme tanah yang dapat berinteraksi dengan partikel tanah bersama dengan bahan organik tanah menjalankan proses agregasi sehingga dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Rachmawati, 2011).

Hasil riset menunjukkan sifat blotong yang cepat mengalami pengomposan dapat memperbaiki fisik tanah di areal perkebunan tebu, khususnya meningkatkan kapasitas menahan air, menurunkan laju pencucian hara, memperbaiki drainase tanah, dan menetralkan pengaruh Al_{dd} sehingga P dalam tanah lebih tersedia. Selain itu pemberian blotong ke tanaman tebu sebanyak 100 ton atau komposnya per hektar dapat meningkatkan berat dan rendemen tebu secara signifikan (Nahdodin *et al.*, 2008).

2.5.5 Pupuk Kandang

Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari ekskreta padat dan kotoran hewan, urine, dan sisa-sisa tanaman (pakan ternak) yang membusuk dengan bantuan mikroorganisme tanah. Pupuk kandang memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda tergantung jenis, umur, kesehatan dan produksi ternak, serta tingkat kematangannya (Syahrudin dan Nuraini, 1999).

Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari kotoran ternak baik padat maupun cair sehingga kualitas pupuk kandang beragam tergantung pada jenis, umur dan kesehatan ternak, jenis dan jumlah dan hara kandungan hara pada pakannya. Proses perombakan bahan organik pada tahap awal bersifat hidrolisis karena proses ini berlangsung dengan adanya air dan enzim hidrolisa ekstra selular yang menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan mudah larut dalam air sehingga mikroorganisme dapat memanfaatkannya. Selain itu, hasil perombakan lainnya adalah bahan yang dapat menyebabkan partikel-partikel tanah menyatu dan membentuk agregat. Agregat terbentuk sebagai akibat dari

adanya interaksi antara partikel tanah, mikroorganisme, dan bahan senyawa yang dihasilkan pupuk kandang yang berfungsi sebagai perekat. Sebagai hasilnya gerakan air ke dalam dan di dalam tanah terperbaiki dan menjadi tersedia bagi tanaman (Jamilah, 2003).

2.6 Tanaman Tebu

2.6.1 Syarat Tumbuh Tanaman Tebu

Tanaman tebu biasanya tumbuh baik pada daerah yang beriklim panas dengan kelembaban untuk pertumbuhan adalah $> 70\%$. Suhu udara berkisar antara $28-34^{\circ}\text{C}$. Tanah yang terbaik adalah tanah subur dan cukup air tetapi tidak tergenang. Tanaman tebu toleran pada kisaran kemasaman tanah (pH) 5-8. Jika pH tanah kurang dari 4,5 maka kemasaman tanah menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman, yang dalam beberapa kasus disebabkan oleh pengaruh toksik unsur aluminium (Al) bebas. Hasil tebu yang optimum dapat dicapai apabila ketersediaan hara makro primer (N, P, K), hara makro sekunder (Ca, Mg, S) dan hara mikro (Si, Cu, Zn) dalam tanah lebih tinggi dari batas kritisnya (Farid, 2003).

Tebu merupakan tanaman yang tergolong mesophit, tanaman ini mempunyai kepekaan terhadap kekurangan atau kelebihan air selama periode tertentu. Terdapat hubungan linier yang positif antara tinggi muka air tanah selama periode pertumbuhan dan periode pemasakan terhadap produksi tebu, yaitu semakin dalam tinggi muka air tanah selama periode ini maka hasil tebu yang akan dipanen semakin besar (Koto, 1984).

Menurut Sudiatso (1982) di samping kesuburan tanah, tanaman tebu memerlukan sifat fisik tanah yang baik. Oleh sebab itu penanaman tebu pada tanah yang sebelumnya ditanami padi sawah (struktur lumpur) memerlukan pengolahan tanah khusus dengan saluran drainase yang cukup memadai. Tanaman tebu dapat tumbuh baik pada berbagai macam tanah, yang terbaik pada tanah *clay-loam* dengan solum yang dalam, *sandy-loam* dan *silty-loam*. Pada tanah berat pun dapat ditanami tebu, yaitu dengan menggunakan cara pengolahan tanah khusus. Di Jawa tebu banyak ditanam pada ordo tanah Entisol dan Inceptisol. Dengan pengairan yang baik, tanah yang ringan dapat dipergunakan untuk tanaman tebu.

Buruknya drainase tanah mengakibatkan berlimpahnya kation tereduksi dan gas metan dapat merupakan racun bagi tanaman tebu.

2.6.2 Pertumbuhan dan Perkembangan Tebu

Dalam pertumbuhannya, tebu dibagi menjadi empat fase yaitu : 1) fase perkecambahan, 2) fase pertumbuhan anakan, 3) fase batang memanjang dan 4) fase pemasakan tebu. Dari keempat fase tersebut, fase 1, 2 dan 3 berlangsung selama kurang lebih 9 bulan merupakan fase yang menentukan besar kecilnya berat tebu ketika dipanen, fase keempat merupakan fase yang menentukan besar kecilnya kadar sukrosa dalam tebu (Sudiatso, 1982).

Dalam masa pertumbuhan tanaman tebu membutuhkan banyak air. Sedangkan menjelang tebu masak untuk dipanen, dikehendaki keadaan kering tidak ada hujan, sehingga pertumbuhannya terhenti. Apabila hujan terus menerus turun, mengakibatkan kesempatan masak terus tertunda sehingga rendemen menjadi rendah. Pertumbuhan tebu menghendaki adanya perbedaan nyata antara musim hujan dan musim kemarau (Sudiatso, 1982).

2.6.3 Rendemen Tebu

Rendemen tanaman tebu adalah kadar kandungan gula di dalam batang tebu yang dinyatakan dengan persen (Gubernur Jatim, 2012). Rendemen tebu dicerminkan oleh hablur yang dihasilkan dimana hablur adalah sukrosa yang telah dikristalkan. Dalam sistem produksi gula, pembentukan gula terjadi dalam sistem metabolisme tanaman yang merupakan bagian dari proses *on farm* (Purwono, 2003).

Supriadi (1992) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa rendemen tebu yang dihasilkan ditentukan oleh (1) teknik budidaya antara lain cara pengolahan lahan, cara tanam, pemupukan dan cara penebangan, (2) waktu tanam, (3) jenis tebu yang ditanam apakah sesuai dengan keadaan lahan, (4) keadaan irigasi dan drainase, (5) keadaan instalasi pabrik serta pelaksanaan teknologi, dan (6) iklim.

2.6.4 Tebu Varietas Bululawang

Tebu varietas Bululawang (BL) lebih cocok untuk lahan-lahan ringan (geluh atau liat berpasir) dengan sistem drainase yang baik dan cukup N, sedangkan pada lahan berat dengan drainase terganggu pertumbuhan tampak tertekan. Varietas BL memiliki pertumbuhan yang khas yaitu dengan selalu diikuti oleh munculnya tunas-tunas baru atau yang disebut dengan sogolan. Oleh karena itu, potensi bobot tebu akan sangat tinggi jika sogolan ikut dipanen karena akan menambah bobot tebu secara nyata. Selain itu, perilaku khas tersebut menyebabkan BL masuk dalam kategori tebu dengan tingkat kemasakan tengah-lambat atau baru masak setelah memasuki akhir bulan Juli. Dalam pengembangannya, varietas BL cocok dikembangkan untuk tanah bertekstur kasar (pasir geluhan) dan dapat juga dikembangkan pada tanah bertekstur halus dengan sistem drainase yang baik. Varietas BL memiliki penampilan tumbuh tegak (P3GI, 2004).



Gambar 5. Morfologi tebu varietas Bululawang (P3GI, 2004)

2.7 Pengaruh Biochar dan Bahan Pembenah Tanah terhadap Sifat Fisik Tanah dan Dampaknya terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu

Zulkarnain *et al.* (2013) melalui hasil penelitiannya menyatakan bahwa pemberian bahan pembenah tanah meningkatkan kemantapan agregat, porositas tanah dan kadar air tanah pada pF 4,2. Hal ini dikarenakan bahan organik yang digunakan sebagai pembenah tanah mengalami proses dekomposisi dan menghasilkan substansi organik yang berperan sebagai perekat dalam proses terbentuknya agregat tanah. Gugus fungsional humus bermuatan negatif mampu berikatan dengan partikel tanah yang bermuatan positif, sehingga membentuk agregat tanah dan menjadikan agregat tanah menjadi semakin mantap.

Kehadiran biochar dalam tanah menambah kandungan karbon organik dalam tanah dalam jangka panjang. Karbon organik merupakan sumber energi bagi kehidupan mikroorganisme sehingga aktivitas mikroba dalam tanah meningkat. Adanya bahan organik sebagai agen perekat utama dan mikroba yang bertindak sebagai agen ikatan sementara meningkatkan stabilitas agregat tanah sehingga struktur tanah menjadi lebih baik (Ouyang, 2013). Ruang-ruang yang berada diantara agregat-agregat tanah yang terbentuk inilah yang menjadi ruang dan saluran bagi air, udara, dan transportasi zat terlarut yang dibutuhkan oleh tanaman (Inogamova, 2013). Adanya perbaikan struktur tanah ditandai oleh terbentuknya agregat-agregat tanah sebagai dampak pemberian bahan organik tanah. Agregat dapat menciptakan lingkungan fisik yang baik bagi perakaran tanaman sehingga pertumbuhan tanaman dapat berjalan dengan baik

Selain itu, Stevenson (1994) menyatakan bahan organik mempunyai kapasitas menyimpan air yang tinggi sehingga dapat mempertahankan kadar air dalam tanah. Kondisi demikian dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang membutuhkan air yang cukup untuk digunakan sebagai komponen penyusun jaringan, menjamin kelangsungan proses fisiologis dan metabolisme serta berpengaruh pada hasil produksinya.