

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sifat Fisik Tanah

Tanah adalah suatu benda alami heterogen yang terdiri atas komponen-komponen padat, cair dan gas, dan mempunyai sifat serta perilaku yang dinamik. Benda alami ini terbentuk oleh hasil interaksi antara iklim dan jasad hidup terhadap bahan induk yang dipengaruhi oleh relief tempatnya terbentuk dan waktu (Arsyad, 2006). Tanah memiliki sifat-sifat kimia, biologi dan fisika. Fisika tanah adalah penerapan konsep dan hukum-hukum fisika pada kontinum tanah-tanaman-atmosfer. Sifat fisik tanah berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Sifat fisik tanah, seperti kerapatan isi dan kekuatan tanah sudah lama dikenal sebagai parameter utama dalam menilai keberhasilan teknik pengolahan tanah (Afandi, 2005).

Sifat fisik tanah juga sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah yang lain dalam hubungannya dengan kemampuannya untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan kemampuan tanah untuk menyimpan air. Walaupun sifat fisika tanah telah lama dan secara luas dipahami sebagai salah satu faktor yang sangat menentukan keberhasilan tanaman, sampai dewasa ini perhatian terhadap kepentingan menjaga dan memperbaiki sifat fisik tanah masih sangat terbatas (Utomo, 1994, *dalam* Damayani 2008).

Sifat fisik tanah berhubungan dengan kondisi dan pergerakan benda serta aliran energi dalam tanah. Sifat fisika tanah dibentuk oleh empat komponen utama tanah yaitu: partikel-partikel mineral, bahan organik, air dan udara. Perbandingan keempat komponen tersebut sangat bervariasi berdasarkan jenis tanah, lokasi, dan kedalaman.

Sifat fisik tanah terbentuk akibat proses degradasi mineral batuan oleh asam-asam organik-anorganik. Degradasi mineral batuan merupakan proses perubahan permukaan bumi karena terjadi penyingkiran mineral batuan oleh proses fisika, kimia, dan biologi. Proses ini termasuk dalam proses eksogenik yang terdiri dari pelapukan, erosi, dan pergerakan massa. Pelapukan berperan menyediakan bahan mentah tanah. Erosi berpengaruh dominan menghilangkan tanah yang telah terbentuk, serta pergerakan massa mampu menjalankan fungsi pelapukan dan erosi.

Mineral yang paling banyak menyusun batuan di kerak bumi adalah mineral primer (pembentuk batuan). Mineral-mineral tersebut terdiri dari mineral yang termasuk dalam grup silikat, yang mempunyai satuan dasar yang sama yaitu silikat tetrahedon, tetapi berbeda pada pola penyusunan satuan dasar tersebut (struktur). Perbedaan struktur yang menyebabkan perbedaan rumus dan komposisi kimia, ikatan kimia, dan ketahanan terhadap pelapukan. Mineral silikat kecuali kuarsa memiliki sifat seperti senyawa basa karena memiliki pH diatas 7,0. Asam-asam organik yang berperan dalam pelapukan bagian dari bahan organik, merupakan hasil kegiatan jasad hidup yang terdapat di dalam maupun permukaan batuan. Senyawa ini umumnya merupakan hasil transformasi (sekresi, eksudat,

dan dekomposisi). Senyawa ini umumnya merupakan hasil transformasi dapat mengalami disosiasi yang melepaskan proton (H^+) sehingga dapat menyerang mineral batuan. Sisa asamnya (anion organik) dapat membentuk senyawa kompleks dengan kation-kation pada tepi mineral atau kation yang terlepas dari mineral.

Pelapukan kimia di alam hanya dapat berlangsung apabila ada air, tetapi keberadaan asam-asam mampu mempercepat pelapukan mineral batuan. Pada tanah atau batuan paling atas yang merupakan lingkungan biologi, peranan asam organik dalam pelapukan daripada asam-asam anorganiknya.

Pengaruh asam-asam organik dalam pelapukan mineral batuan berupa reaksi pelarutan. Proses pelarutan ini merupakan reaksi terbaginya zat padat, mineral ke dalam air atau larutan asam organik. Reaksi kimia yang utama pada pelarutan adalah hidrolisis, kemudian hidrolisis yang dipacu dengan adanya asam yaitu asidolisis dan kompleksolisis. Reaksi asidolisis lebih menekankan pada peran ion H^+ yang berasal dari pemprotonan asam dan kompleksolisis menekankan peran sisa asam atau anion organik.

Pelapukan dan genesis tanah menyebabkan batuan lapuk, mineral yang terdapat dalam batuan hancur. Mineral tersebut hancur membentuk zarah yang ukurannya beragam, mulai dari pasir (2,00-0,05 mm), debu (0,05-0,002 mm), sampai lempung ($< 0,002$ mm). Ketiga partikel tersebut mempengaruhi sifat fisik tanah, seperti: tekstur, struktur, agregat tanah, permeabilitas, aerasi, dan sifat fisik tanah lainnya (Ismangil dan Hanudin, 2005).

B. Struktur dan Agregat Tanah

Menurut Utomo (1985), struktur merupakan susunan partikel-partikel dalam tanah yang membentuk agregat-agregat serta agregat satu dengan yang lainnya dibatasi oleh bidang alami yang lemah. Struktur tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim, aktivitas biologi, dan proses pengolahan tanah dan sangat pekat terhadap gaya-gaya perusak mekanis dan fisika-kimia.

Syarief (1989) berpendapat bahwa struktur tanah merupakan suatu sifat fisik yang penting, karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, memengaruhi sifat dan keadaan tanah seperti: gerakan air dan aerasi, tata air, pernafasan akar tanaman serta penetrasi akar tanaman ditentukan oleh struktur tanah. Tanah yang berstruktur baik akan mampu membantu berfungsinya faktor-faktor pertumbuhan tanaman secara optimal, sedangkan tanah yang bertekstur tidak baik menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman.

Notohadiprawiro (1999) mengemukakan bahwa struktur tanah merupakan susunan keruangan yang membentuk pola keruangan. Menurut Hillel (1980), struktur tanah merupakan penyusunan dan organisasi partikel dalam tanah. Tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam struktur, yaitu : partikel tanah, ruang pori, dan bahan penyemen.

Buol dkk., (1980) menyatakan bahwa struktur tanah memiliki sembilan bentuk, yaitu bentuk tunggal (*loose*), pejal (*massive*), lempeng (*platy*), prisma (*prismatic*), tiang (*columnar*), gumpal bersudut (*angular blocky*), gumpal (*sub angular blocky*), granular (*granular*), dan remah (*crumb*). Sedangkan Hillel (1980)

membagi struktur tanah menjadi tiga bentuk, yaitu: butir tunggal jika partikel tanah tidak saling terikat atau lepas; masif jika partikel tanah terikat kuat pada suatu massa tanah kohesif yang besar; dan agregat (*ped*) jika partikel tanah terikat tidak terlalu kuat satu sama lain. Struktur agregat merupakan struktur terbaik untuk tanah-tanah pertanian. Pengolahan tanah dilakukan untuk mendapatkan kondisi struktur tanah dengan tipe agregat.

Struktur tanah berpengaruh terhadap kapasitas menahan air, lalu lintas air dan udara di dalam tanah, serta erosi. Struktur tanah yang mantap dengan agregat yang stabil dapat menciptakan aerasi tanah yang baik, mempermudah air meresap, meningkatkan kapasitas infiltrasi, perkolasi, dan menurunkan aliran permukaan sehingga dapat menurunkan nilai erodibilitas tanah (Sinukaban dan Rahman, 1983)

Tanah-tanah yang memiliki struktur yang mantap tidak mudah hancur oleh pukulan-pukulan air hujan sehingga tahan terhadap erosi. Sebaliknya tstruktur tanah yang tidak mantap sangat mudah hancur oleh pukulan air hujan menjadi buturan-butiran halus sehingga menutupi pori-pori tanah dan menyebabkan infiltrasi terhambat. Struktur tanah merupakan sifat fisik tanah yang dipengaruhi oleh tekstur, bahan organik, dan zat kimia seperti karbonat di dalam tanah.

C. Faktor yang mempengaruhi Kemantapan Agregat

Kemantapan agregat menggambarkan kemampuan agregat untuk dapat bertahan terhadap faktor-faktor perusak. Kemantapan agregat terbagi dua menurut faktor perusak yaitu kemantapan agregat kering adalah kemampuan agregat bertahan terhadap daya perusak yang berasal dari gaya-gaya mekanis sedangkan kemantapan agregat basah (*Agregat Water Stability*) merupakan manifestasi ketahanan agregat terhadap daya rusak air (Utomo, 1985). Nedler dkk., (1996) mendefinisikan kemantapan agregat sebagai kemampuan agregat untuk tidak rusak ketika dipengaruhi oleh kekuatan pengganggu, memelihara keutuhan ukuran dengan kekuatan ikatan antar agregat.

Kemantapan agregat dapat berbeda-beda pada setiap jenis tanah. Perbedaan dalam kemantapan agregat menurut Buckman dan Brady (1982) berhubungan dengan ada tidaknya zat pengikat tertentu. Senyawa organik merupakan salah satu yang memiliki sifat-sifat pemantap. Senyawa organik yang memiliki efek merekat atau mengikat sehingga dapat meningkatkan kemantapan butir-butir tanah yaitu oksida besi. Bayer dkk., (1976) mengemukakan bahwa tanah dalam bentuk koloid lebih banyak berperan dalam pembentukan agregat yang mantap.

Faktor yang mempengaruhi pembentukan agregat

1. Bahan Induk

Variasi penyusun tanah tersebut mempengaruhi pembentukan agregat-agregat tanah serta kemantapan yang terbentuk. Kandungan liat menentukan dalam pembentukan agregat, karena liat berfungsi sebagai pengikat yang diabsorpsi

pada permukaan butiran pasir dan setelah dihidrasi tingkat reversibilitasnya sangat lambat. Kandungan liat $> 30\%$ akan berpengaruh terhadap agregasi, sedangkan kandungan liat $< 30\%$ tidak berpengaruh terhadap agregasi.

2. Bahan organik tanah

Bahan organik tanah merupakan bahan pengikat setelah mengalami pencucian. Pencucian tersebut dipercepat dengan adanya organisme tanah. Sehingga bahan organik dan organisme di dalam tanah saling berhubungan erat.

3. Tanaman

Tanaman pada suatu wilayah dapat membantu pembentukan agregat yang mantap. Akar tanaman dapat menembus tanah dan membentuk celah-celah. Disamping itu dengan adanya tekanan akar, maka butir-butir tanah semakin melekat dan padat. Selain itu celah-celah tersebut dapat terbentuk dari air yang diserap oleh tanaman tersebut.

4. Organisme tanah

Organisme tanah dapat mempercepat terbentuknya agregat. Selain itu juga mampu berperan langsung dengan membuat lubang dan menggemburkan tanaman. Secara tidak langsung merombak sisa-sisa tanaman yang setelah dipergunakan akan dikeluarkan lagi menjadi bahan pengikat tanah.

5. Waktu

Waktu menentukan semua faktor pembentuk tanah berjalan. Semakin lama waktu berjalan, maka agregat yang terbentuk pada tanah tersebut semakin mantap.

6. Iklim

Iklim berpengaruh terhadap proses pengeringan, pembasahan, pembekuan, pencairan. Iklim merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan agregat tanah.

D. Proses Agregasi oleh Bahan Organik

Aktivitas mikroorganisme merombak sisa-sisa tanaman dan penyusunan beberapa campuran menyebabkan tanah berisi sejumlah besar campuran bahan organik dalam berbagai tahap perombakan. Humus adalah bahan organik yang telah mengalami perombakan secara ekstensif dan tanah sehingga terjadi perubahan (Foth, 1998).

Bahan organik merupakan bahan pemantap agregat tanah, sumber hara tanaman, serta sumber energi bagi organisme tanah. Sekitar setengah dari kapasitas kation berasal dari bahan organik. Bahan organik berasal dari dua sumber yaitu sumber primer yang berasal dari jaringan tanaman yang mengalami dekomposisi dan terangkut ke lapisan bawah serta diinkorporasikan dengan tanah, sedangkan sumber sekunder berasal dari binatang yang terlebih dahulu menggunakan bahan organik tanaman kemudian menyumbangkan bahan organik. Sumber dan komposisi bahan organik sangat menentukan kecepatan dekomposisi dan senyawa yang dihasilkan. Bahan organik dapat berpengaruh terhadap ciri fisik tanah,

antara lain: meningkatkan kemampuan menahan air, warna tanah menjadi coklat hingga hitam, merangsang granulasi agregat, memantapkan agregat, menurunkan plastisitas, serta menurunkan kohesi dan sifat negatif dari liat (Hakim dkk, 1986).

Bahan organik merupakan fraksi yang terdapat di dalam tanah, meliputi sisa-sisa tanaman, hewan, dan residu jasad renik pada semua tingkat dekomposisi. Humus merupakan produk akhir sementara dari pembusukan sisa-sisa tanaman dan hewan. Humus terdiri dari variasi rantai-rantai dan lingkungan dari atom-atom karbon yang saling berhubungan (Donahue dkk., 1986, *dalam* Ratnasari, 2005).

Humus yang aktif dan bersifat menyerupai liat mempunyai muatan negatif. Liat yang kebanyakan kristalin sedangkan humus selalu amorf (tidak teratur bentuknya) (Indranada, 1989, *dalam* Ratnasari, 2005). Humus dapat mengasorpsi sejumlah besar air sehingga dapat memiliki kemampuan mengembang dan menyusut tetapi tidak menunjukkan sifat-sifat nyata adhesi dan kohesi seperti yang dilakukan koloid mineral, kurang stabil, serta merupakan substrat yang dirombah mikrobia. Humus tanah merupakan faktor penting dalam pembentukan struktur tanah (Foth, 1998).

Bahan organik yang aktif dapat berpengaruh secara efektif dalam menaikkan granulasi tanah. Keaktifan bahan organik dipengaruhi oleh aktivitas organisme tanah, terutama mikrobia yang terdapat banyak di dalam tanah. Agregat-agregat tanah terbentuk pada saat organisme sangat aktif menghancurkan dan mengubah asal bahan organik (Soedarmono, 1984, *dalam* Ratnasari 2005). Tanah-tanah yang cukup mengandung bahan organik umumnya memiliki struktur tanah yang mantap sehingga tahan erosi. Tanah yang mengandung bahan organik kurang dari

2% umumnya peka terhadap erosi. Tingkat kematapan agregat tanah dapat ditunjukkan oleh indeks stabilitas agregat. Semakin besar nilai indeks stabilitas agregat maka agregat tanah semakin mantap (Soedarmono dan Djojoprawiro, 1988, *dalam* Ratnasari 2005).

E. Kerapatan isi

Kerapatan isi adalah bobot kering suatu isi tanah dalam keadaan utuh yang dinyatakan dalam g/cm^3 . Isi tanah terdiri dari isi bahan padatan dan isi ruangan di antaranya. Bagian isi tanah yang tidak terisi oleh padatan, baik bahan mineral maupun bahan organik disebut ruang pori tanah. Ruang pori tanah total adalah isi seluruh pori-pori dalam suatu isi tanah utuh yang dinyatakan dalam persen, yang terdiri atas ruang diantara partikel pasir, debu liat serta ruang diantara agregat-agregat tanah. (Tim DDIT, 2007)

F. Limbah Padat Pabrik Gula sebagai Sumber Bahan Organik Tanah

Pabrik gula dapat menghasilkan tiga macam limbah padat selama proses produksi yaitu: bagas, blotong, dan abu. Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik gula termasuk limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik tanah. Menurut Kurniawan dkk., (2000), limbah pabrik gula yang berupa bagas, blotong dan abu ketel mengandung sebagian unsur hara yang diserap tanaman tebu dari tanah. Limbah tersebut berpotensi digunakan kembali sebagai sumber bahan organik tanah melalui proses sehingga dapat dikembalikan ke lahan pertanian dengan aman.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan PT Gunung Madu Plantations tahun 2010, limbah bagas mengandung 43.59% C-organik, kadar air 59.65%, pH 5.85, N-Total 0.51%, dan 86 C/N. Limbah BBA (bagas, blotong, dan abu) mengandung 35.87% C-organik, 64.88% kadar air, pH 7.09, 0.86% N-Total, dan 42 C/N (Divisi R&D, 2010). Hal tersebut membuktikan bahwa limbah padat berupa bagas dan blotong merupakan limbah organik. Aplikasi secara *broad cast* dapat mempercepat stabilitas di permukaan tanah (Budijono dan Mulyadi, 1995).

Ketiga limbah padat pabrik gula dapat didaur ulang menjadi kompos dengan cara mencampurkan ketiganya. Menurut Kurniawan dkk., (2000) mutu kompos yang baik memiliki tekstur yang remah dan mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Mutu kompos dapat bervariasi tergantung dengan bahan baku dan cara membuatnya. Kompos juga mampu memperbaiki struktur tanah sehingga aerasi menjadi besar dan menampung air di dalam butiran-butirannya. Pemberian blotong atau bahan yang mengandung C-organik tinggi akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah.