

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Bahan Organik

Bahan organik merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik demikian berada dalam pelapukan aktif dan menjadi mangsa serangan jasad mikro. Sebagai akibatnya bahan tersebut berubah terus dan tidak mantap sehingga harus selalu diperbaharui melalui penambahan sisa-sisa tanaman atau binatang (Anas, 1989).

Bahan organik berperan penting untuk menciptakan kesuburan tanah. Peranan bahan organik bagi tanah adalah dalam kaitannya dengan perubahan sifat-sifat tanah, yaitu sifat fisik, biologis, dan sifat kimia tanah. Bahan organik merupakan pembentuk granulasi dalam tanah dan sangat penting dalam pembentukan agregat tanah yang stabil. Bahan organik adalah bahan pemantap agregat tanah yang tiada taranya. Melalui penambahan bahan organik, tanah yang tadinya berat menjadi berstruktur remah yang relatif lebih ringan. Pergerakan air secara vertikal atau infiltrasi dapat diperbaiki dan tanah dapat menyerap air lebih cepat sehingga aliran permukaan dan erosi diperkecil. Demikian pula dengan aerasi tanah yang menjadi lebih baik karena ruang pori tanah (porositas) bertambah akibat terbentuknya agregat (Anas, 1989).

### 2.2. Jenis-jenis Pupuk Organik dan Anorganik

Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah, biasanya berupa pupuk. Pupuk merupakan bahan alami yang ditambahkan pada tanah supaya kesuburan tanah dapat meningkat. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari alam yaitu dari sisa-sisa organisme hidup baik sisa tanaman maupun sisa hewan yang mengandung unsur-unsur hara baik makro maupun mikro yang yang dibutuhkan oleh tumbuhan supaya dapat tumbuh dengan subur. Pupuk organik terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, diombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur-unsur yang dapat digunakan oleh tanaman, tanpa mencemari tanah dan air (Anonymous, 2008).

### 2.2.1. Kulit Buah Kopi

Kulit buah kopi merupakan limbah pengolahan buah kopi yang mempunyai banyak kegunaan. Dalam bidang pertanian banyak digunakan untuk kegiatan yang berkaitan dengan pertanaman, seperti untuk kompos, mulsa dan persemaian sedang sisanya belum dipakai secara produktif sehingga mempunyai potensi sebagai pencemar lingkungan. Menurut Sutrisno dan Zaman (2007), bahwa kulit buah kopi sebagai hasil dari pengomposan dan merupakan salah satu pupuk organik yang memiliki fungsi penting terutama dalam bidang pertanian antara lain memperbaiki struktur tanah, meningkatkan daya serap tanah terhadap air, meningkatkan kondisi kehidupan dalam tanah dan mengandung nutrisi bagi tanaman.

Limbah kulit buah kopi merupakan sumber bahan organik yang tersedia cukup melimpah di sentra produksi kopi (Yatim, 2010). Menurut Desmayanti dan Muladi (1995), luas area perkebunan kopi di seluruh Indonesia sekitar 1.158.369 ha dengan produksi 497.491 ton. Potensi ketersediaan limbah kulit buah kopi cukup besar. Rasio kandungan kulit buah kopi dan biji kopi adalah 48:52. Dari 48% kandungan kulit buah kopi, 42% berupa kulit buah dan 6% kulit biji (Tabel 1).

**Tabel 1.** Komposisi Fisik, Kandungan Nutrisi dan Kecernaan Protein Kulit Biji dan Kulit Buah Kopi (Desmayanti dan Muladi, 1995)

Zat Nutrisi (%)	Kulit Biji Kopi	Kulit Buah Kopi
Komposisi (% dari buah kopi)	42	6
Bahan kering	95,45	94,30
Energi Bruto (Mj/kg)	19,90	18,76
Protein kasar	10,40	4,61
Lemak	2,13	0,46
Serat kasar	16,42	65,20
Abu	7,35	2,20
Kalsium	0,48	0,34
Posfor	0,04	0,01
Kecernaan protein	65,04	51,43

Seperti halnya kayu, secara kimiawi kulit buah kopi mengandung bahan organik seperti karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) yang terikat dalam senyawa selulosa (45%), hemi-selulosa (25%), lignin (25%), resin (4,5%) dan abu

(0,5%) (Mulato dan Yusianto, 1996). Reaksi pembakaran senyawa organik yang terkandung dalam 1 kg kulit kopi kering dengan oksigen akan melepaskan energi panas antara 3.100-3.300 kkal. Sehingga, selain dapat dijadikan sebagai kompos, limbah kulit buah kopi juga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kayu bakar atau minyak sebagai sumber panas pabrik pengeringan.

Pemanfaatan kulit buah kopi menjadi kompos dapat dicampur dengan bahan organik lain seperti sekam padi dan sisa tanaman lainnya. Dapat juga ditambahkan pupuk kandang dan mikroba pengurai sebagai pemacu, serta bahan lain seperti mikoriza arbuskula, kapur, urea dan abu dapur untuk memperkaya kandungan hara kompos. Limbah kulit buah kopi yang telah hancur menjadi bubuk mengandung 1,88% N; 2,04% K, 0,5% Ca dan 0,39% Mg (Tabel 2). (Trisilawati dan Gusmaini, 2004).

**Tabel 2.** Kadar Hara Pupuk Kandang, Sekam dan Limbah Kopi yang Sudah Hancur (Trisilawati dan Gusmaini, 2004)

Jenis Bahan Organik	C-org (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	C/N (%)
Kotoran sapi	15,06	1,52	0,28	0,86	1,29	0,56	12
Sekam	27,12	0,86	0,04	0,18	0,23	0,06	10
Limbah kopi	-	1,88	-	2,04	0,23	0,39	16

### 2.2.2. Pupuk Kandang Sapi

Hartatik dan Widowati (2006), menyatakan bahwa diantara jenis pupuk kandang, pupuk kandang sapi lah yang mempunyai kadar serat yang tinggi, hal ini terbukti dari hasil pengukuran parameter C/N rasio yang cukup tinggi >40. Tinggi kadar C dalam pupuk kandang sapi menghambat penggunaan langsung ke lahan pertanian karena akan menekan pertumbuhan tanaman utama. Penekanan pertumbuhan terjadi karena mikroba dekomposer akan menggunakan N tersedia untuk mendekomposisi bahan organik tersebut sehingga tanaman utama akan kekurangan N. Pupuk kandang sapi mempunyai beberapa sifat yang lebih baik daripada pupuk buatan maupun pupuk alami lainnya, sifat baik itu antara lain : (1) merupakan humus yang dapat memperbaiki struktur tanah; (2) sebagai sumber hara nitrogen, posfor dan kalium yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman; (3) meningkatkan daya menahan air; (4) banyak mengandung mikroorganisme. Berdasarkan hasil penelitian Syukur (2005),

pemberian pupuk kandang sapi 20 ton/ha<sup>-1</sup> mampu memperbaiki kualitas tanah yaitu meningkatkan kemampuan mengikat air serta ketersediaan NH<sub>4</sub> dan NO<sub>3</sub> sehingga meningkatkan pertumbuhan dan hasil caisim pada pasir pantai.

Menurut Sutedjo (2002), pupuk kandang sapi merupakan pupuk padat yang banyak mengandung air dan lendir. Bagi pupuk padat yang keadaannya demikian bila terpengaruh oleh udara maka cepat akan terjadi pergerakan-pergerakan sehingga keadaannya menjadi keras, selanjutnya air tanah dan udara yang akan melapukkan pupuk itu akan menjadi sukar menembus atau merembes ke dalamnya. Dalam keadaan demikian, peranan jasad renik untuk mengubah bahan yang terkandung dalam pupuk menjadi zat-zat hara yang tersedia dalam tanah untuk mencukupi keperluan pertumbuhan tanaman mengalami hambatan-hambatan, perubahan berlangsung secara perlahan-lahan. Pada perubahan ini kurang sekali terjadi panas. Keadaan demikian mencirikan bahwa pupuk kandang sapi adalah pupuk dingin. Karena pupuk ini merupakan pupuk dingin, sebaiknya pemakaian digunakan 3 atau 4 minggu sebelum tanam. Kadar unsur K pada pupuk sapi cukup tinggi dibandingkan unsur lain.

### 2.2.3. Vermikompos

Secara sederhana, vermicompos didefinisikan sebagai perubahan limbah organik menjadi bahan organik stabil dalam bentuk kascing melalui bantuan cacing tanah. Cacing tanah dapat menetralkan berbagai racun dalam bahan organik yang digunakan kembali, menghemat biaya transportasi, koleksi dan terpusat, menciptakan lapangan kerja baru, polusi air, dan udara berkurang, mengurangi buruknya kesehatan lingkungan (Yuliprianto, 2010).

Syarat-syarat cacing tanah yang digunakan dalam proses *vermicomposting* terdiri atas: tingkat produksi kokon yang tinggi, waktu perkembangan kokon yang pendek, keberhasilan penetasan kokon yang tinggi, dan memiliki laju reproduksi yang tinggi (Bhattacharjee and Chaudhuri, 2002). Selain itu, tingkat konsumsi bahan organik yang tinggi pada cacing tanah dan toleran terhadap perubahan lingkungan yang luas juga merupakan sebagian syarat biologi cacing tanah yang dapat dimanfaatkan untuk mendekomposisi bahan organik (Edward, 1998).

Vermikompos adalah tanah bekas pemeliharaan cacing yang merupakan produk samping dari budidaya cacing tanah yang berupa pupuk organik, cocok

untuk pertumbuhan tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah. Vermikompos mengandung berbagai bahan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yaitu zat pengatur tumbuh seperti giberellin, sitokinin dan auksin, serta mengandung unsur hara N, P, K, Mg dan Ca serta *Azotobacter* sp yang merupakan bakteri penambat N non-simbiotik yang akan membantu memperkaya unsur N yang dibutuhkan oleh tanaman (Zahid, 1994).

Beberapa keunggulan vermikompos adalah menyediakan hara N, P, K, Ca, Mg dalam jumlah yang seimbang dan tersedia, meningkatkan kandungan bahan organik, meningkatkan kemampuan tanah mengikat lengas, menyediakan hormon pertumbuhan tanaman, menekan risiko akibat infeksi patogen, sinergis dengan organisme lain yang menguntungkan tanaman serta sebagai penyangga pengaruh negatif tanah (Sutanto, 2002).

Pemberian vermikompos pada tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah memperbaiki struktur tanah, porositas, permeabilitas, meningkatkan kemampuan untuk menahan air. Di samping itu kascing dapat memperbaiki kimia tanah seperti meningkatkan kemampuan untuk menyerap kation sebagai sumber hara makro dan mikro serta meningkatkan pH pada tanah asam (Kartini, 2005).

#### **2.2.4. Pupuk Anorganik**

Pupuk NPK merupakan pupuk anorganik majemuk karena mengandung lebih dari satu macam unsur (Hardjowigeno, 1987). Kandungan unsur hara dalam pupuk NPK dinyatakan dalam tiga angka yang berturut-turut menunjukkan kadar N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan K<sub>2</sub>O (Hardjowigeno, 2003).

Nitrogen (N) merupakan unsur hara utama untuk meningkatkan berkembangbiaknya mikroorganisme di dalam tanah. Mikroorganisme tanah dapat mengubah amonium menjadi nitrat yang hampir seluruh tanaman dapat menyerap Nitrogen dalam bentuk nitrat (NO<sup>-3</sup>) atau amonium (NH<sup>+4</sup>), sehingga Nitrogen dalam nitrat lebih cepat tersedia bagi tanaman (Novizan, 2002).

Fosfor (P) tergolong unsur hara yang utama, fosfor dalam tanah terdiri dari fosfor organik (fitin, asam nukleat, dan fosfolipida) dan fosfor anorganik (dalam bentuk senyawa Ca atau Fe dan Al), kedua-duanya merupakan sumber fosfor penting bagi tanaman. Fosfor organik di dalam tanah terdapat sekitar 50% dari P total tanah dan bervariasi sekitar 15-80% pada kebanyakan tanah (Elfiati, 2005).

Menurut Hardjowigeno (1987), unsur P di dalam tanah berasal dari bahan organik, pupuk buatan, dan mineral-mineral dalam tanah. Bentuk-bentuk ion fosfat di dalam tanah tergantung pada pH tanah, fosfor paling mudah diserap oleh tanaman pada pH netral (6-7) (Tan, 1991). Selain tergantung pada pH, penyerapan unsur fosfor anorganik dipengaruhi oleh besi, aluminium, mangan, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik serta kegiatan jasad mikro (Soepardi, 1983).

Kalium (K) ditambahkan ke dalam tanah dalam bentuk garam-garam mudah larut seperti KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, dan KMgSO<sub>4</sub>. Secara fisiologis fungsi penting dari kalium adalah berperan dalam metabolisme karbohidrat, nitrogen, dan sintesa protein (Nyakpa, 1988).

Pupuk NPK adalah pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara. Penggunaan pupuk ini lebih praktis, karena dengan hanya sekali penyebaran, beberapa jenis unsur hara dapat diberikan. Namun dari sisi harga, pupuk ini lebih mahal, contoh pupuk majemuk antara lain diamonium Phospat mengandung unsur hara Nitrogen dan Posphor, serta pupuk NPK mutiara yang mengandung unsur hara Nitrogen, Posphor dan Kalium. Pemberian unsur hara dalam pupuk majemuk tidak bisa sesuai dengan kebutuhan tanaman, karena unsur hara majemuk sudah tergabung. (Novizan, 2002).

### **2.3. Pengaruh Bahan Organik terhadap Sifat Fisik Tanah**

Menurut Syarief (1988) bahan organik merupakan bahan yang tersusun dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan, jasad-jasad hidup baik makro maupun mikro organisme dan humus. Bahan organik umumnya ditemukan dipermukaan tanah, jumlahnya tidak besar hanya sekitar 3-5% tetapi pengaruhnya terhadap tanah besar sekali (Hardjowigeno, 1992). Bahan organik merupakan sumber dari 90-95% nitrogen dalam tanah, sumber utama posfor, sulfur serta boron dan molybdenum pada tanah yang tidak dipupuk (Donahue *et al.*, 1987).

Menurut Hanafiah (2005), sumber primer bahan organik tanah adalah jaringan organik tanaman baik berupa daun, batang, ranting, buah maupun akar sedangkan sumber sekunder berupa jaringan organik fauna termasuk kotorannya serta mikroflora. Dalam pengelolaan bahan organik tanah, sumbernya juga berasal dari pemberian pupuk organik, terutama pupuk kandang, pupuk hijau, kompos

serta pupuk hayati (inokulan). Untuk mempertahankan kandungan bahan organik agar tidak menurun, diperlukan minimal 8-9 ton/ha bahan organik tiap tahun.

Menurut Islami dan Utomo (1995), adanya penambahan bahan organik berupa kompos dapat menurunkan bobot isi, ketahanan penetrasi, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan meningkatkan agregasi. Ada dua mekanisme bahan organik dapat berperan sebagai pemantap agregat yaitu : (1) bahan organik berpengaruh secara langsung terhadap kemantapan agregat, karena bahan organik merupakan bahan semen dalam proses agregat, (2) secara tidak langsung bahan organik merupakan sumber energi bagi tanah. Beberapa mikroba dan aktivitasnya mengeluarkan bahan sekresi berupa *gum* polisakarida atau hifa yang merupakan hifa bahan semen agregat tanah.

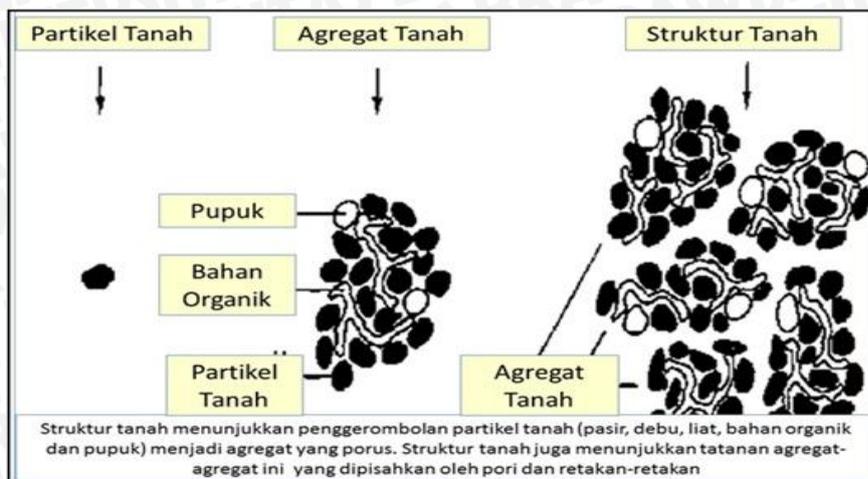
Forth (1994), menyatakan bahwa ada tiga kelompok penting yang berperan sebagai perekat dalam pembentukan agregat tanah yaitu mineral tanah klei, oksida-oksida koloid dari besi dan mangan serta yang terakhir adalah materi organik. Bahan organik ini mempunyai pengaruh mengikat, kerap kali mengubah bentuk asal sampai batas tertentu menjadi agregat yang lemah. Sehingga tanah-tanah permukaan yang mengandung humus biasanya mempunyai tingkat perkembangan yang kuat. Pengaruh bahan organik terhadap struktur tanah disebabkan oleh suatu gabungan pengikatan hasil dekomposisi residu tanaman, ikatan mekanis oleh struktur tubuh mikroorganisme tanah seperti miselia jamur, massa sel bakteri dan bahan semen hasil sekresi mikroorganisme tanah seperti *mucous*, *slime* dan *gum*.

Soepardi (1983), mengemukakan bahwa bahan organik berpengaruh terhadap hampir semua sifat fisik tanah, kecuali tekstur. Pengaruh-pengaruh tersebut antara lain terhadap porositas tanah sehingga aerasi dapat diperbaiki dan dapat meningkatkan air tersedia bagi tanaman. Menurut Darmawijaya (1961), menyatakan bahwa peranan bahan organik dalam mengendalikan tata air antara lain melalui : (1) memperbaiki peresapan air ke dalam tanah, (2) mengurangi run-off, (3) mengurangi perbedaan air dari dalam tanah antara musim penghujan dan musim kemarau. Peningkatan kandungan air juga disebabkan oleh meningkatnya porositas total tanah akibat terjadinya peningkatan agregasi tanah karena penambahan bahan organik.

#### 2.4. Peran Bahan Organik terhadap Kemantapan Agregat Tanah

Bahan organik dan humus adalah istilah yang mendeskripsikan hal-hal yang agak berbeda namun masih berkaitan. Bahan organik mengacu pada fraksi organik tanah yang terdiri dari organisme hidup dan residu bangkai organik dalam berbagai tahap dekomposisi. Humus adalah hanya sebagian kecil dari bahan organik tanah. Humus ini merupakan produk akhir dari proses dekomposisi bahan organik dan relatif stabil. Dekomposisi humus lebih lanjut hanya terjadi sangat lambat dalam ekosistem pertanian maupun ekosistem alami. Dalam sistem alam, keseimbangan terjadi antara jumlah pembentukan humus dan jumlah kehilangan humus (Jackson, 1993). Dalam tanah-tanah pertanian, keseimbangan ini juga terjadi, tetapi pada tingkat kandungan humus yang jauh lebih rendah. Humus berkontribusi memperbaiki struktur tanah, pada gilirannya, menghasilkan kualitas tanaman yang bagus. Hal ini jelas bahwa manajemen bahan organik dan humus sangat penting untuk mempertahankan ekosistem tanah (Sumarno, 2013).

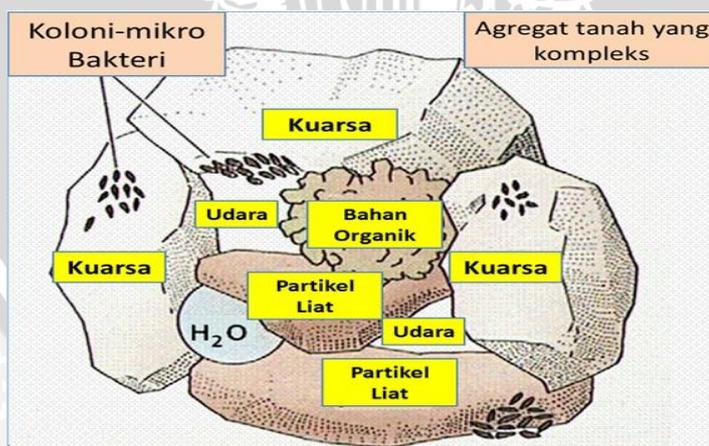
Manfaat dari tanah yang kaya bahan organik dan humus ternyata sangat beragam dan banyak. Manfaat ini termasuk dekomposisi bahan-bahan sisa tanaman berlangsung cepat, granulasi tanah menjadi agregat yang stabil dan tahan air, penurunan kerak dan bongkahan, meningkatkan drainase internal, lebih baik infiltrasi airnya, dan peningkatan kemampuan tanah menahan dan menyimpan air dan hara tersedia. Perbaikan struktur fisik tanah memudahkan pengolahan tanah, meningkatkan kapasitas penyimpanan lengas-tanah, mengurangi erosi, pembentukan umbi dan pemanenan tanaman ubi-ubian lebih baik, dan sistem akar tanaman lebih luas dan lebih dalam. Perbaikan siklus hara juga dapat mengurangi biaya pupuk (Sumarno, 2013).



Sumber: FAO (2015).

**Gambar 2.** Struktur Tanah Menunjukkan Penggerombolan Partikel Tanah (Pasir, Debu, Liat, Bahan Organik dan Pupuk) menjadi Agregat yang Porous

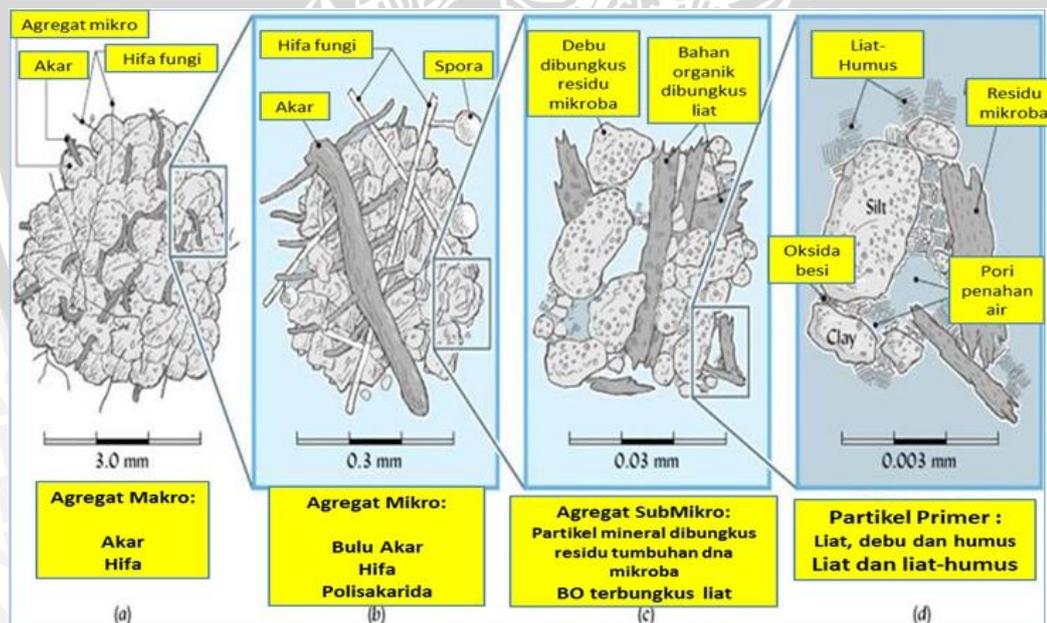
Stabilitas agregat tanah diperkuat oleh hifa jamur, terutama hifa mikoriza. Polisakarida dari mikroba berfungsi sebagai perekat untuk memegang partikel-partikel primer menjadi agregat. Humus juga memainkan peran penting dalam menstabilkan agregat. Kation polivalent juga membantu proses flokulasi dan pembentukan kompleks liat dengan bahan organik. Kerak tanah keras yang terbentuk ketika struktur tanah permukaan rusak dapat menyebabkan masalah serius, yaitu berkurangnya infiltrasi air dan gangguan perkecambahan benih (Sumarno, 2013). Agregat tanah dapat diabstraksikan seperti Gambar 3.



Sumber: Purves (2015).

**Gambar 3.** Struktur Tanah Menyatakan Adanya Bakteri, Senyawa Anorganik, Senyawa Bahan Organik, Air dan Udara

Agregat lebih besar ukurannya seringkali terdiri atas aglomerasi agregat-agregat yang ukurannya lebih kecil. Ilustrasi pada Gambar 4 menunjukkan empat tingkat dalam hirarki agregat tanah. Ada berbagai faktor penting pada setiap tahapan agregasi. (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 (Sumarno, 2013).



Sumber : Sumarno (2013).

**Gambar 4.** Proses Agregasi Tanah: Pembentukan Agregat dari Partikel-Partikel Primer Tanah

Menurut Madjid (2007), menyatakan bahwa bahan organik tanah sangat berperan sebagai faktor pengendali (*regulating factor*) dalam proses-proses penyediaan unsur hara bagi tanaman dan mempertahankan struktur tanah melalui pembentukan agregat tanah yang stabil.

Agregat tanah yang stabil tergantung pada ketahanan tanah dalam melawan daya dispersi air seperti benturan tetes air hujan atau penggenangan air dan kekuatan sementasi atau pengikatan yang disebut kemantapan agregat tanah. Faktor-faktor yang berpengaruh yaitu bahan-bahan penyemen agregat tanah, bentuk dan ukuran agregat, serta tingkat agregasi. Stabilitas agregat yang terbentuk tergantung pada ketahanan tanah permukaan agregat pada saat rehidrasi dan kekuatan ikatan antar koloid-partikel di dalam agregat pada saat basah (Stevenson, 1982). Adapun tabel kemantapan agregat sebagai berikut.

**Tabel 3.** Harkat Kemantapan Agregat (Stevenson, 1982)

Kemantapan Agregat	Harkat (%)
Sangat mantap sekali	>2.00
Sangat mantap	0.80 – 2.00
Mantap	0.60 – 0.80
Agak mantap	0.50 - 0.60
Kurang mantap	0.40 - 0.50
Tidak mantap	<0.40

Kemantapan agregat dapat ditentukan melalui beberapa cara, seperti pembasahan, pemberian bahan kimia, perlakuan pemberian tekanan, dengan benturan antar agregat (dikocok), atau kombinasi diantaranya (Widiyanto dan Ngadirin, 2012).