

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Abu Vulkanik

Abu vulkanik merupakan bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara pada saat terjadi letusan. Menurut Anda dan Wahdini (2010), secara umum komposisi abu vulkanik terdiri atas silika dan kuarsa. Material vulkanik yang dikeluarkan oleh gunung berapi salah satunya adalah abu vulkanik, sering disebut dengan pasir vulkanik. Umumnya abu vulkanik didominasi oleh fraksi pasir yang menjadikan abu vulkanik memiliki sifat yang lepas, tidak berstruktur, serta kemampuan menahan air yang rendah. Dengan kandungan Si, Al, Fe yang tinggi maka material vulkanik memberikan dampak yang sangat merugikan bagi pertumbuhan tanaman dan kesehatan tanah, hal ini dikarenakan material vulkanik belum dapat menyumbangkan unsur hara bagi tanaman, karena merupakan bahan baru (*recent material*) yang belum mengalami pelapukan sempurna. Selain itu dengan kandungan mineral yang dibutuhkan oleh tanah dan tanaman dengan komposisi total unsur tertinggi yaitu Ca, Na, K dan Mg, unsur makro lain berupa P dan S, sedangkan unsur mikro terdiri dari Fe, Mn, Zn, Cu (Anda dan Wahdini, 2010). Mineral tersebut berpotensi sebagai penambah cadangan mineral tanah, memperkaya susunan kimia dan memperbaiki sifat fisik tanah sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki tanah-tanah miskin hara atau tanah yang sudah mengalami pelapukan lanjut (Sedyarso dan Suping, 1987).

2.2. Konsep Umum Infiltrasi

Infiltrasi dimaksudkan sebagai proses masuknya air ke bawah permukaan tanah. Ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur hidrologi maupun dalam proses pengolahan air hujan menjadi aliran sungai. Pada saat air hujan jatuh ke permukaan tanah, sebagian air tersebut tertahan di cekungan-cekungan, sebagian air mengalir sebagai aliran permukaan (*surface run off*) dan sebagian lainnya meresap ke dalam tanah. Saat hujan mencapai permukaan lahan maka akan terdapat bagian hujan yang mengisi ruang kosong (*void*) dalam tanah yang terisi udara sampai mencapai kapasitas lapang (*field capacity*) dan berikutnya bergerak ke bawah secara gravitasi akibat berat sendiri dan bergerak terus ke bawah

(*percolation*) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah (Rusli, 2008).

Asdak (2002), menyatakan bahwa siklus hidrologi adalah perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer, yang selanjutnya ke permukaan tanah dan sampai kembali lagi ke laut. Siklus air/siklus hidrologi adalah suatu rangkaian peristiwa yang terjadi pada air saat jatuh ke bumi hingga menguap kembali ke udara untuk kemudian jatuh kembali ke bumi (Arsyad, 2000).

Laju infiltrasi adalah kecepatan masuknya air ke dalam tanah selama waktu tertentu, sedangkan kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum atau laju infiltrasi konstan gerakan air dalam tanah. Laju infiltrasi air ke dalam tanah ditentukan oleh besarnya kapasitas infiltrasi dan laju penyediaan air atau intensitas hujan. Selama intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan intensitas hujan. Jika intensitas hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka terjadilah genangan air di atas permukaan tanah yang kemudian menjadi aliran permukaan. Menurut Arsyad (2000), sifat-sifat tanah yang membatasi kapasitas infiltrasi adalah ukuran pori yang halus, ketidaktahanan agregat, kandungan air dan lapisan tanah.

Kohnke (1968) mengklasifikasikan laju infiltrasi tanah menjadi tujuh kategori seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Laju Infiltrasi Tanah (Kohnke, 1968)

Kategori	Laju infiltrasi (mm/jam)
Sangat lambat	1
Lambat	1-5
Sedang-lambat	5-20
Sedang	20-65
Sedang-cepat	65-125
Cepat	125-250
Sangat cepat	>250

Sumber: Kohnke (1968)

Menurut Arsyad (2000) Tanah-tanah yang berstruktur granular lebih terbuka dan lebih jarang, sehingga akan menyerap dan melewatkan air lebih cepat daripada tanah dengan susunan partikel-partikel yang lebih rapat. Sedangkan menurut Hardjowigeno (2007) semakin stabil (mantap) struktur tanah maka kapasitas infiltrasi semakin tinggi.

2.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi

Menurut Asdak, (2004) beberapa faktor yang mempengaruhi proses infiltrasi adalah kondisi kadar air awal (kelembaban awal), kegiatan biologi, jenis-jenis vegetasi, selain itu bahan organik tanah juga berpengaruh (Lipiec, *dkk.* 2006), tekstur, stabilitas agregat distribusi pori, dan kontinuitas pori tanah (Kutilek 2004). Keterkaitan sifat-sifat tanah dan infiltrasi sangat besar karena keduanya saling mempengaruhi. Sifat fisik tanah menurut Hardjowigeno (2007) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu batuan induk, iklim, vegetasi, topografi, dan waktu. Ada beberapa sifat fisik yang mempengaruhi proses infiltrasi diantaranya tekstur, permeabilitas, berat isi, porositas, distribusi pori, kadar air tanah dan kadar bahan organik tanah.

2.3.1. Berat Isi Tanah (*Bulk density*)

Berat isi tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang paling sering ditentukan, karena keterkaitannya erat dengan kemudahan penetrasi akar di dalam tanah, drainase dan aerasi tanah, serta sifat fisik tanah lainnya. Seperti sifat fisik tanah lainnya, berat isi tanah memiliki variabilitas spasial (ruang) dan temporal (waktu). Nilai berat isi tanah bervariasi antara satu titik dengan titik yang lain. Hal ini disebabkan oleh variasi bahan organik, tekstur tanah, kedalaman perakaran, struktur tanah, jenis fauna dan lain-lain. Komposisi mineral tanah seperti dominannya mineral dengan berat jenis partikel tinggi di dalam tanah, menyebabkan berat isi tanah menjadi lebih tinggi pula (Goossman dan Reinsch, 2002).

Tanah yang memiliki bahan organik tinggi mempunyai berat isi tanah yang relatif rendah. Tanah dengan ruang pori total tinggi, seperti klei (*clay*), cenderung mempunyai berat isi tanah yang lebih rendah. Sebaliknya, tanah dengan tekstur kasar walaupun ukuran porinya lebih besar, namun total ruang porinya lebih kecil mempunyai berat isi tanah yang lebih tinggi. Komposisi mineral tanah seperti dominannya mineral dengan berat jenis partikel tinggi di dalam tanah, menyebabkan berat isi tanah menjadi lebih tinggi pula (Gossman dan Reinsch, 2002). Kriteria Berat Isi Tanah dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Berat Isi Tanah

Nilai Berat isi (g/cm ³)	Kriteria Berat Isi	Kategori
<0.90	Rendah	Ringan
0.90-1.2	Sedang	Sedang
1.2-1.4	Tinggi	Berat
>1.4	Sangat tinggi	Sangat berat

Sumber : Hardyanto dan Christiady, (1992).

Berat isi g/cm³ pada tanah mineral berkisar antara 0,6-1,4 g/cm³, sedangkan Andisols mempunyai berat isi tanah rendah antara 0,6-0,9 g/cm³, sedangkan tanah mineral lainnya mempunyai berat isi tanah antara 0,8-1,4 g/cm³. Tanah gambut mempunyai berat isi tanah yang rendah antara 0,4-0,6 g/cm³. Pada umumnya berat isi tanah yang semakin sulit ditembus oleh akar tanaman, yang memiliki nilai berkisar antara 1,1-1,6 g/cm³ (Fahmudin, Dewi dan Haryati, 2002).

2.3.2. Ruang Pori Total (RPT)

Porositas tanah menunjukkan proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volum tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah (Hanafiah, 2007). Porositas tanah berperan terhadap tata udara, tata air, berat isi tanah, struktur tanah, tekstur tanah dan laju infiltrasi tanah. Ali (2009), berpendapat pori total tanah akan terisi dengan air dan udara, apabila memiliki kandungan airnya yang tinggi sehingga kandungan udaranya menjadi rendah, begitupun sebaliknya. Sifat-sifat air yang mengisi pori-pori tanah sangat berbeda menurut jumlah kandungannya. Pada kondisi jenuh, seluruh pori tanah terisi air, geraknya cepat, sebagian didrainasekan dan sebagian tersedia bagi tumbuhan. Sedangkan pada kondisi kering, air berupa lapisan tipis yang menyelimuti partikel tanah, memiliki pergerakan yang sangat lambat, dan sama sekali tidak tersedia bagi tumbuhan.

Porositas tanah akan menentukan kapasitas penampungan infiltrasi, juga menahan terhadap aliran. Semakin besar porositas maka kapasitas menampung air infiltrasi semakin besar. Tanah dengan tekstur pasir mempunyai porositas pori makro yang lebih besar, sedangkan tanah-tanah bertekstur liat didominasi oleh pori-pori mikro. Menurut Hidayat dkk., (2001) bahwa adanya tanaman dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti pemebentukan struktur, dan peningkatan

porositas. Nilai porositas berbanding lurus dengan nilai laju infiltrasi, hal ini sesuai dengan pernyataan Jaunda dkk (2003) bahwa poroistas yang kecil akan menyebabkan nilai laju infiltrasi yang kecil.

Menurut Agus dkk. (2005), tanah yang ideal untuk penyediaan air adalah yang selisih pori pada kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen (pori air tersedia) cukup besar (18 – 23%). Daya hisap maksimum akar tanaman untuk mengambil air dari dalam tanah adalah 15 atm. Jika pada suatu saat dalam tanah terdapat dalam pori-pori berdiameter $<0,2$ mikron, maka tanaman akan layu dan akhirnya mati. Kandungan air pada tekanan 15 atm atau pF 4,2 disebut titik layu permanen (*permanent wilting point*) (Haryati, 2014).

Pori tanah yang ukuran diameternya >0.2 mikron disebut pori berguna, dan secara umum pori-pori terbagi atas 3 kelompok, terdiri atas (Sudirman dkk., 2006):

1. Pori pemegang air, yaitu pori yang berdiameter antara 0,2 – 8,6 mikron (pF 4,2 – 2,54).
2. Pori drainase lambat, yaitu pori yang berdiameter antara 8,6 – 28,8 mikron (pF 2,54 – 2,0).
3. Pori drainase cepat, yaitu pori yang berdiameter $>28,8$ mikron (pF 2,0).

Air yang berada dalam pori pemegang air disebut air tersedia bagi tanaman, berada antara titik layu (pF 4,2) dan kapasitas lapang (pF 2,54). Pada umumnya kapasitas lapang ditetapkan pada tekanan 0,33 atm atau pF 2,54, jika air tanah lebih dalam dari 1 m. Jika air tanah <1 m, maka kapasitas lapang ditetapkan pada tekanan 100 cm kolom air atau pF 2,0. Jumlah air yang melebihi kapasitas lapang, yaitu pada pF 2,54 atau pF 2,0 (jika air tanah dalamnya <1 m), maka air akan turun ke lapisan tanah lebih dalam karena gaya gravitasi. Untuk pertumbuhan yang baik, tanaman memerlukan oksigen dan aerasi yang cukup, sehingga pori drainase lambat jangan terlalu lama diisi oleh air. Kelas porositas disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Kelas Porositas

Porositas (%)	Kriteria Porositas Tanah
100	Sangat Porous
60-80	Porous
50-60	Baik
40-50	Kurang baik
30-40	Jelek
<30	Sangat jelek

Sumber: Hardyanto dan Christiady, (1992)

Menurut pendapat Assa'ad, Juanda dan Warsana, (2003), porositas tanah tinggi jika bahan organik tanah tinggi. Tanah dengan struktur ganuler atau remah, mempunyai porositas yang lebih tinggi dari pada tanah-tanah dengan struktur massive (pejal). Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air. Sebaliknya, pada tanah lapisan atas atau top soil bertekstur halus seperti klei (*clay*), memiliki lebih banyak ruang pori total yang sebagian besar terdiri dari pori-pori kecil. Hasilnya adalah tanah dengan kapasitas memegang air yang besar, (Hardjowigeno, 2003). Kriteria Kelas Porositas dapat disajikan pada Tabel 3.

Kerapatan porositas tanah dapat menentukan kemudahan air dalam bersirkulasi dengan udara (drainase dan aerasi). Fungsi porositas tanah adalah tempat penyimpanan dan aliran larutan dan udara tanah. Akar tanaman dapat tumbuh dan berkembang pada pori-pori tanah, semakin besar tingkat porositas tanah maka semakin baik untuk pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2007).

2.3.3. Kemantapan Agregat Tanah

Kemantapan agregat tanah didefinisikan sebagai ketahanan agregat tanah melawan perceraian oleh pukulan butir air hujan atau penggenangan air. Menurut Notohadiprawiro (1998), kemantapan agregat tanah bergantung pada ketahanan jonjot tanah melawan daya dispersi dan kekuatan sementasi atau pengikatan.

Menurut Lal dan Shukla (2004) terdapat berbagai metode yang digunakan untuk menentukan kemantapan struktur dan agregat tanah. Berbagai cara dapat digunakan untuk mengekspresikan hasil analisis agregat tanah menggunakan teknik ini. Indeks yang paling sering digunakan diantaranya adalah indeks rata-raa bobot diameter (*mean weight diameter*). Rata-rata bobot diameter pada metode pengayakan kering dan basah dapat digunakan untuk menentukan kemantapan

agregat yang dinyatakan ke dalam indeks stabilitas agregat. Indeks stabilitas agregat merupakan selisih antara rata-rata bobot diameter agregat tanah pada pengayakan kering dengan rata-rata bobot diameter pada pengayakan basah (Sitorus *dkk.*, 1983). Semakin besar indeks stabilitas agregat maka tanah semakin stabil, demikian sebaliknya.

2.3.4. Bahan Organik

Bahan organik merupakan bahan-bahan yang didaur ulang, dirombak oleh mikroorganisme tanah menjadi unsur yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tanpa adanya pencemaran pada tanah dan air. Bahan organik tanah berasal dari penimbunan sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan. Sumber primer bahan organik adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, daun dan buah.

Tingginya kandungan bahan organik dapat memepertahankan kualitas sifat fisik tanah sehingga membantu perkembangan akar tanaman dan kelancaran siklus air tanah antara lain melalui pembentukan pori tanah dan kemantapan agregat tanah. Menurut Brady dan Weil (2000) penurunan masukan bahan organik akan berdampak terhadap penurunan kualitas tanah. Lingkungan fisik tanah berpengaruh terhadap sifat kimia dan biologi tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman secara optimum (Sharma dan Bhusman, 2001).

Bahan organik merupakan komponen tanah yang penting untuk memperbaiki sifat fisik tanah (Barzegar, youeseffi, dan Daryashenas, 2002). Menurut Erfandi, Kurnia dan Juarsah, (2004) menyatakan bahwa pemberian bahan organik pada ultisols dapat memperbaiki berat isi, pori aerasi, air tersedia, dan stabilitas agregat tanah lapisan 0-20 cm. selain itu bahan organik tanah juga memberikan manfaat secara biologi melalui penyediaan energi bagi berlangsungnya aktivitas organisme sehingga akan meningkatkan kegiatan mikro maupun makroorganisme di dalam tanah (Hairiah *dkk.*, 2000).

2.3.5.1. Pupuk kandang

Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari kandang ternak baik berupa kotoran padat yang bercampur dengan sisa makanan maupun air kencing (*urine*) seperti sapi, kambing, ayam dan jangkrik. Pupuk kandang mengandung unsur hara

makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman dalam memelihara keseimbangan hara dalam tanah, karena pupuk kandang berpengaruh untuk jangka waktu yang lama dan merupakan sumber makanan bagi tanaman (Andayani, 2013). Menurut Widowati (2004) bahwa semakin lama waktu dekomposisi pupuk kandang semakin baik sehingga pupuk kandang menjadi halus dan dapat menyuburkan tanah sehingga tanah tersebut mampu untuk membantu pertumbuhan tanaman dan memberikan hasil produksi buah yang baik.

Penambahan pupuk kandang sapi pada tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti kemampuan mengikat air, porositas dan berat isi tanah. Interaksi antara pupuk kandang sapi dan mikroorganisme tanah dapat memperbaiki agregat dan struktur tanah. Hal ini dapat terjadi karena hasil dekomposisi oleh mikroorganisme tanah seperti polisakrida dapat berfungsi sebagai lem atau perekat antar partikel tanah. Keadaan ini berpengaruh langsung terhadap porositas tanah. Pada tanah berpasir, pupuk kandang sapi dapat berperan sebagai pemantap agregat yang lebih besar dari pada klei (*clay*) (Hartatik, Suriadikarta dan Prihati, 2002).

Pupuk kandang sapi sebagai sumber bahan organik memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan pupuk anorganik seperti (1) dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah. (2) meningkatkan nilai tukar kation. (3) memperbaiki struktur tanah. (4) meningkatkan aerasi dan kemampuan tanah dalam memegang air. (5) menyediakan lebih banyak macam unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium dan unsur hara mikro lainnya (Tisdale dan Nelson, 1991) serta. (6) dalam penggunaannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Donahue, Miller dan Shickluna, 1997).

2.3.5.2. Vegetasi

Penutupan tanah dengan vegetasi dapat meningkatkan infiltrasi karena perakaran tanaman akan memperbesar granulasi dan porositas tanah, selain itu juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang berakibat pada peningkatan porositas tanah (Asdak, 1995). Dengan seresah yang dijatuhkannya akan terbentuk humus yang berguna untuk menaikkan kapasitas infiltrasi tanah seperti yang disebutkan oleh Hidayat dkk., (2001) yang menyebutkan bahwa dengan adanya tanaman dapat memperbesar kapasitas infiltrasi tanah karena adanya perbaikan sifat fisik tanah.

Suhara (2003) menyatakan bahwa penutupan tajuk yang semakin rapat mendorong peningkatan kegiatan biologi di permukaan tanah karena ketersediaan bahan organik dan perbaikan lingkungan (iklim mikro dan kelembaban), sehingga dapat meningkatkan laju infiltrasi.

2.3.5.2.1. Paitan (*Tithonia diversifolia*)

Paitan merupakan jenis tumbuhan berbunga famili Asteraceae yang dikenal di Meksiko sebagai bunga matahari, bercabang sangat banyak, berbatang lembut dan agak kecil, dalam waktu yang singkat dapat membentuk semak yang lebat (Jama dkk., 2000). Tumbuhan Kembang bulan (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray) umumnya tumbuhan liar di tempat-tempat curam, misalnya di tebing-tebing, tepi sungai dan selokan. Sekarang banyak ditanam sebagai tanaman hias karena warna bunganya yang kuning indah dan sebagai pagar untuk mencegah kelongsoran tanah. Juga merupakan tumbuhan tahunan yang kerap tumbuh di tempat terang dan banyak sinar matahari langsung. Tumbuh dengan mudah di tempat atau di daerah berketinggian 5-1500 m di atas permukaan laut (Didik dan Sulistijowati, 2001). Paitan jarang dibudidayakan secara sengaja sehingga sering dikategorikan sebagai gulma paitan. Tanaman ini telah dikembangkan sebagai sumber bahan organik untuk meningkatkan ketersediaan hara (Wongso, 2003).

2.4. Hubungan Mulsa dengan laju infiltrasi

Mulsa merupakan bahan atau material yang sengaja dihamparkan di permukaan tanah atau lahan pertanian. Berdasarkan sumber bahan dan cara pembuatannya, bahan mulsa dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok yaitu mulsa organik, mulsa anorganik dan mulsa kimia sintetis. Selain itu mulsa dapat mempengaruhi kestabilan agregat tanah yaitu mengurangi daya tumbuk langsung butir-butir hujan, mengurangi aliran permukaan dan erosi. Kemudian mulsa juga berperan dalam mempertahankan kelembaban tanah dan suhu tanah serta mengurangi evaporasi (Baharudin, 2010).

Mulsa dapat mengurangi penguapan air dari tanah, sehingga meningkatkan kandungan air tanah. Mulsa organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan merupakan sumber energi yang dapat meningkatkan kegiatan biologi tanah dan

dalam proses perombakaanya akan terbentuk senyawa-senyawa organik yang berperan dalam pembentukan struktur tanah yang mantap.

Selain itu mulsa yang telah menjadi bahan organik merupakan sumber energi yang menyebabkan aktivitas dan populasi mikroorganismen tanah meningkat (Soedarsono, 1982). Menurut Suwardjo (1981) dalam Boanerges 2010 menyatakan bahwa peningkatan aktivitas biologi memungkinkan terbentuknya pori makro yang lebih banyak. Aktivitas biologi tanah dapat memperbaiki kemantapan agregat tanah, memperbaiki aerasi dan mempertahankan permeabilitas tanah tetap baik.

