

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Erupsi Gunung Berapi

Erupsi gunung berapi menghasilkan material padat, cair dan gas bersuhu tinggi dan volume yang sangat besar. Dalam suatu aktivitas vulkanisme, material-material yang dikeluarkan berupa gas, cair, dan padat (Hairunisa, 2011). Material erupsi gunung berapi memiliki bentuk dan juga ukuran berbeda-beda. Semburan material mempunyai ukuran bervariasi dari batuan, kerikil, pasir sampai debu halus (Anda, 2011).

Material vulkanik hasil erupsi gunung mampu tersebar di area yang luas karena sifat abu vulkanik yang ringan dan mengikuti aliran angin. Abu dan pasir vulkanik adalah bahan material vulkanik yang disebarkan ke udara saat terjadi letusan kawah sampai jarak radius 5-7 km dari kawah dan berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan kilometer (km) sampai ribuan kilometer (km) (Nandi, 2006).

Material vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhnya yang disebarkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Material vulkanik merupakan mineral batuan vulkanik termasuk material gelas yang memiliki ukuran sebesar pasir dan kerikil dengan diameter < 2 mm yang merupakan hasil erupsi gunung berapi. Material vulkanik memiliki sifat sangat keras dan tidak larut dalam air sehingga seringkali sangat *abrasive* dan sedikit korosif serta mampu menghantarkan listrik ketika dalam keadaan basa. Material vulkanik juga dikatakan bersifat *Pozzolan* yaitu suatu material dengan kandungan utama *silica* dan alumina tinggi yang dapat bereaksi dengan kapur pada suhu rendah dan dengan kehadiran air untuk menghasilkan suatu hidrat yang mempunyai sifat mengikat (*binding*) atau sementasi (Adamiec *et al.*, 2008).

Fiantis (2006) menyatakan bahwa dengan adanya debu dan pasir vulkanik yang masih segar, akan melapisi permukaan tanah sehingga tanah mengalami proses peremajaan (*rejuvenate soils*). Debu yang menutupi lapisan atas tanah secara lambat akan melapuk dan dimulai proses pembentukan (genesis) tanah yang baru. Proses pelapukan debu vulkanik menghabiskan waktu yang lama dan dapat mencapai ribuan bahkan jutaan tahun bila terjadi secara alamiah di alam.

2.2. Dampak Letusan Gunung Kelud terhadap Infiltrasi dan Sifat Fisik

Akibat letusan Gunung Kelud berdampak pada kerusakan lahan pertanian sekitarnya. Kerusakan lahan pertanian tersebut disebabkan oleh semakin menebalnya lapisan material vulkanik yang menutupi lahan pertanian. Hal ini berdampak pada kondisi sifat fisik tanah yang semakin menurun seperti tingkat porositas yang semakin menurun akibat berkurangnya distribusi ruang pori dari timbunan material vulkanik yang semakin menebal, serta menurunnya kandungan bahan organik dalam tanah dan tingkat kemantapan agregat tanah yang semakin menurun.

Pemanfaatan material hasil vulkanik dalam bidang pertanian lainnya sering dilakukannya penambahan material vulkanik ke dalam lahan pertanian. Pencampuran endapan abu dengan tanah akan memberikan penambahan pada tanah tertimbun melalui peningkatan pH tanah dan pelarutan hara dari mineral abu letusan ke dalam tanah (Anda, 2011).

Penambahan abu vulkanik merupakan cara yang mudah dan efektif pada lokasi yang berdekatan dengan lokasi yang terkena erupsi gunung berapi. Menurut Nelson (2012), salah satu pemanfaatan hasil erupsi gunung berapi dengan menambahkan material vulkan ke dalam lahan pertanian.

2.3. Pengertian Infiltrasi Tanah

Infiltrasi adalah masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah secara vertikal. Sedangkan banyaknya air persatuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah dikenal sebagai laju infiltrasi (*infiltration rate*). Nilai laju infiltrasi sangat bergantung pada kapasitas infiltrasi tanah. Kapasitas infiltrasi tanah adalah kemampuan suatu tanah untuk melalukan air dari permukaan ke dalam tanah secara vertikal. Infiltrasi ke dalam tanah pada mulanya tidak jenuh, karena pengaruh tarikan hisapan matrik dan gravitasi. Infiltrasi yang efektif akan menurunkan *run-off*, sebaliknya infiltrasi yang tidak efektif akan memperbesar (Arsyad, 2006).

Erupsi Gunung Kelud menyebabkan lahan pertanian tertimbun material vulkan dan berdampak pada perubahan sifat fisik serta menurunnya laju infiltrasi tanah. Menurut Suriadikarta (2010), Material piroklastik meluncur dan

mengendap. Salah satu akibatnya adalah rusaknya tegakan hutan dan perubahan tutupan lahan oleh material piroklastik. Material piroklastik akan mengalami sementasi kemudian kondisi tanah semakin padat dan sulit ditembus air sehingga terjadi perubahan sifat fisik tanah dan berpengaruh terhadap penurunan laju infiltrasi tanah.

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

Tabel 1. Klasifikasi Laju Infiltrasi Tanah

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).

Perbaikan infiltrasi tanah pada tanah tertimbun material abu vulkan dapat dilakukan dengan cara pemberian bahan organik. Menurut Siti (2011), Pengaruh bahan organik terhadap tanah sangat besar yaitu sifat-sifat tanah yang berhubungan dengan laju infiltrasi. Bahan organik dapat memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut sehingga nantinya akan meningkatkan laju infiltrasi pada tanah. Bahan organik akan mendorong agregasi dan memantapkan pori tanah karena membentuk koloid yang berperan sebagai perekat. Tanah tersebut akan menjadi lebih mantap dan stabil. Sehingga laju infiltrasi akan tetap terjaga.

Perbaikan laju infiltrasi tanah dapat juga dilakukan dengan teknik pengolahan. Menurut Pramudita *et al.*, (2014), Pengelolaan lahan seperti pengolahan tanah serta pemupukan dapat meningkatkan porositas tanah serta meningkatkan kemantapan agregat tanah melalui mekanisme pengikatan partikel tanah sehingga dapat memperbaiki laju infiltrasi tanah

2.4. Hubungan Bahan Organik Terhadap Infiltrasi Tanah

Bahan organik berperan dalam perbaikan struktur tanah dan keseimbangan distribusi ukuran partikel tanah pada *top soil* sehingga tersedia kapasitas ruang pori mikro yang cukup bagi air tersedia dalam tanah (Suharto, 2006). Hal yang sama dinyatakan dalam penelitian Ermawati (2015) bahwa bahan organik akan membantu dalam proses agregasi tanah, serta berfungsi sebagai bahan makanan mikroorganisme di dalam tanah, sehingga aktivitas tersebut dapat membentuk pori-pori di dalam tanah yang dapat memperbaiki laju infiltrasi dalam tanah. Menurut Hasibuan (2014), penambahan bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah (kelengasan tanah, porositas tanah, dan berat volume tanah).

Bahan organik dapat meningkatkan laju infiltrasi tanah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Reicosky (2005), yaitu bahan organik dan aktivitas biologi tanah sangat mempengaruhi sifat fisik tanah. Agregasi tanah dan stabilitas struktur tanah akan meningkat seiring dengan peningkatan C-organik tanah yang nantinya juga akan meningkatkan laju infiltrasi dan ketersediaan air bagi tanaman.

Salah satu sumber bahan organik adalah pupuk kandang. Aplikasi pupuk kandang memberikan dampak terhadap perubahan sifat fisik tanah yaitu dapat menurunkan berat isi dan berat jenis, dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah serta porositas tanah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rasool *et al.*, (2007) menunjukkan bahwa pemberian bahan organik berpengaruh nyata meningkatkan kadar air dan pori penyimpanan air dalam tanah. Sejalan dengan penelitian Ubaidillah (2016) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik cenderung menurunkan berat isi, meningkatkan porositas dan kemantapan agregat tanah sehingga air dapat masuk ke dalam tanah dengan baik.

2.5. Hubungan Tanaman Pionir Terhadap Infiltrasi Tanah

2.5.1. Hubungan Tanaman *Tithonia diversifolia* terhadap Infiltrasi

Tanaman paitan (*Tithonia diversifolia*) merupakan salah satu tumbuhan liar yang memiliki kerapatan tajuk dan perakaran cukup dalam. Tanaman ini disebut juga bunga pahit (Sumatera Barat) atau bunga paitan (Jawa Timur) yang dapat tumbuh pada ketinggian 20 m sampai 900 m dpl (Hakim dan Agustian,

2012). Tanaman paitan merupakan merupakan jenis tumbuhan berbunga famili Asteraceae yang dikenal di Meksiko sebagai bunga matahari, bercabang sangat banyak, berbatang agak kecil, dalam waktu yang singkat dapat membentuk semak yang lebat sehingga dapat memperbaiki laju infiltrasi tanah (Jama *et al.*, 2000).

2.5.2. Hubungan *Arachis pintoii* terhadap Infiltrasi

Tanaman yang dapat digunakan untuk memperbaiki laju infiltrasi tanah selanjutnya adalah kacang hias (*Arachis pintoii*). Kacang pintoii (*Arachis pintoii*). Kacang pintoii merupakan tanaman hias, sekaligus berfungsi sebagai tanaman konservasi tanah (Balai Penelitian Tanah, 2004). Menurut Suroso (2004), tanaman *Arachis pintoii* dapat digunakan sebagai tanaman penutup tanah. Tanaman penutup tanah berperan sebagai menahan atau mengurangi kerusakan tanah yang disebabkan jatuhnya butiran air hujan di atas permukaan tanah. Tanaman penutup tanah tersebut menyebabkan berkurangnya kekuatan pukulan air hujan, mengurangi jumlah serta kecepatan aliran permukaan dan memperbesar laju infiltrasi ke dalam tanah.

2.6. Hubungan Teknik Pengolahan terhadap Infiltrasi

Perbaikan infiltrasi tanah dapat dilakukan dengan cara pengolahan tanah. Pengolahan tanah dilakukan bertujuan untuk memperbaiki struktur tanah dan menciptakan porositas mikro dan makro yang seimbang sehingga laju infiltrasi dapat diperbaiki (Utomo, 1990). Perbaikan infiltrasi tanah dapat juga dilakukan dengan cara pencampuran bahan letusan dengan tanah. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian Arsyad (2006) bahwa teknik pencampuran tanah dan bahan letusan dapat membuat kondisi tanah menjadi gembur sehingga air dapat masuk ke dalam tanah dan dapat mengurangi aliran permukaan tanah.

2.7. Faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi

2.7.1. Tekstur Tanah

Setiap jenis tanah mempunyai sifat fisik yang khas, diantaranya sifat fisik yang erat hubungannya dengan tekstur. Sifat ini menentukan proporsi pori makro dan pori mikro. Tanah berpasir memberikan kapasitas infiltrasi yang lebih besar dari tanah liat (Asdak, 2010). Infiltrasi lebih tinggi pada tanah bertekstur kasar

dari pada tanah bertekstur halus. Tanah dengan persentase fragmen kasar yang tinggi cenderung memiliki tingkat infiltrasi yang tinggi (Scott, 2000).

Partikel liat mempunyai kemampuan menahan air yang tinggi. Tanah yang mengandung liat dalam jumlah tinggi dapat tersuspensi oleh butir-butir hujan yang jatuh menyimpannya dan pori-pori lapisan permukaan akan tersumbat oleh butir-butir liat. Semakin tinggi kandungan liat maka laju infiltrasi semakin kecil. Tanah bertekstur pasir halus mempunyai laju infiltrasi yang cukup tinggi (Arsyad, 2006).

2.7.2. Struktur / Agregat Tanah

Agregat dan kemantapan agregat tanah mempunyai peran yang sangat penting pada berbagai macam proses yang terjadi dalam tanah seperti infiltrasi, erosi, penetrasi akar, aerasi dan ketahanan mekanik. Agregasi tanah adalah penyatuan partikel tanah menjadi suatu bentuk yang lebih besar dengan berbagai bentuk dan kekuatan, sedangkan kemantapan agregat adalah ketahanan agregat tanah terhadap pengaruh hancuran yang berasal dari air dan manipulasi mekanik yang bekerja pada agregat tersebut.

Menurut Lal dan Shukla (2004), terdapat berbagai metode yang digunakan untuk menentukan kemantapan struktur dan agregat tanah. Metode tersebut diantaranya adalah metode stabilitas terhadap air atau dengan teknik pengayakan kering dan basa. Tanah yang mempunyai struktur mantap mampu memelihara kemantapan pori yang ada, sedangkan tanah yang mempunyai sifat mengembang dan mengkerut mempunyai kapasitas infiltrasi rendah, karena tidak mampu memelihara kemantapan pori-porinya (Midiyaningrum, 2012).

Struktur tanah memegang peranan penting terhadap pertumbuhan tanaman baik secara langsung ataupun tidak langsung. Bila tanah padat, maka air susah untuk menembus tanah tersebut. Daya infiltrasi dan ukuran butir-butir tanah akan menentukan mudah atau tidaknya tanah terangkut air. Tanah dengan agregat lemah akan mudah didispersikan oleh air, sehingga daya infiltrasinya terhadap ukuran butir-butir tanah halus akan kecil dan peka terhadap erosi atau erodibilitasnya besar (Suplirahim, 2007).

2.7.3. Berat Isi Tanah

Berat isi merupakan suatu sifat tanah yang menggambarkan taraf kepadatan tanah. Menurut Hanafiah (2010), tanah dengan kepadatan yang tinggi memiliki pori makro yang sedikit sehingga dapat menghambat air masuk ke dalam tanah. Komposisi mineral tanah seperti dominannya mineral dengan berat jenis partikel tinggi di dalam tanah, menyebabkan berat isi tanah menjadi lebih tinggi (Goossman dan Reinsch, 2002). Menurut Hardyanto dan Christiady (1992), Berat isi mempunyai beberapa kriteria, Berikut kriteria berat isi yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Berat Isi

Nilai Berat isi (g/cm^3)	Kriteria Berat Isi
<0,90	Rendah
0,90-1,2	Sedang
1,2-1,4	Tinggi
>1,4	Sangat tinggi

Sumber : Hardyanto dan Christiady, (1992).

Hasil penelitian Wirosoedarmo *et al.*, (2009) menunjukkan bahwa berat isi mempengaruhi laju infiltrasi karena adanya ruang pori yang besar dan kandungan bahan organik dalam tanah yang tinggi. Hal ini akan menyebabkan perubahan laju infiltrasi ke dalam tanah sehingga laju infiltrasi akan meningkat.

2.7.4. Ruang Pori

Ruang pori maka tanah dapat menyimpan air dalam jumlah yang besar, sehingga air hujan yang datang akan dapat meresap atau mengalami infiltrasi dengan cepat tanpa terjadinya aliran permukaan (Suryatmojo, 2006). Hal yang sama dinyatakan dalam hasil penelitian Wirosoedarmo *et al.*, (2009) bahwa besarnya nilai ruang pori menyebabkan air yang masuk ke dalam tanah lebih cepat sehingga dapat meningkatkan infiltrasi konstan. Hubungan yang terjadi antara laju infiltrasi konstan dengan porositas tanah yaitu berbanding lurus. Pada umumnya tanah yang memiliki lebih banyak pori makro mempunyai laju infiltrasi yang tinggi. Pori-pori yang dapat dilihat dengan mata telanjang, yakni berdiameter >60 mm, disebut pori-pori makro, sedangkan pori-pori yang berukuran <60 mm disebut pori-pori mikro (Handayanto, 1998).

2.8. Metode Pengukuran Infiltrasi

2.8.1. Infiltrometer

Pengukuran infiltrasi dilakukan menggunakan alat yang disebut infiltrometer. Infiltrometer merupakan suatu tabung baja silindris pendek, berdiameter besar (suatu batas kedap air lainnya) yang mengitari suatu daerah dalam tanah. Infiltrometer konsentrik yang merupakan tipe biasa, terdiri dari dua cincin konsentrik yang ditekan kedalam permukaan tanah. Kedua ring tersebut digenangi, karena itu disebut infiltrometer tipe genang secara terus-menerus untuk mempertahankan tinggi yang konstan. Masing-masing penambahan air untuk mempertahankan tinggi yang konstan ini hanya diukur (waktu dan jumlah) pada cincin bagian dalam. Bagian luar digunakan untuk mengurangi pengaruh batas dari tanah sekitarnya yang lebih kering. Jika tidak air yang berinfiltrasi yang dapat menyebar secara lateral dibawah permukaan tanah (Subagyo, 2000).

Alat infiltrometer terdapat 2 macam, diantaranya adalah *Single ring infiltrometer* merupakan silinder baja atau bahan lain yang memiliki diameter 25-30 cm dengan tinggi alat kurang lebih 50 cm. *Double ring infiltrometer* pada dasarnya sama dengan *single ring infiltrometer* namun diameternya lebih besar dari diameter *single ring infiltrometer*. Alat infiltrometer yang biasanya digunakan adalah jenis infiltrometer ganda (*double ring infiltrometer*) yaitu suatu infiltrometer silinder lain yang lebih besar. Infiltrometer silinder yang lebih kecil mempunyai ukuran diameter sekitar 30 cm dan infiltrometer yang besar mempunyai ukuran diameter hingga 50 cm. Namun pengukuran infiltrasi hanya dilakukan terhadap silinder yang kecil (Asdak, 2010).

2.8.2. Metode Kostiakov

Persamaan infiltrasi ini biasa disebut dengan persamaan Kostiakov yang secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$f = k t^n \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

f = laju infiltrasi (cm/menit)

t = waktu

k, n = tetapan

Persamaan infiltrasi diatas terlihat bahwa sebelum mensubstitusikan data hasil pengukuran infiltrasi di lapangan, terlebih dahulu harus dicari nilai-nilai tetapannya. Data infiltrasi yang diperoleh merupakan laju infiltrasi kumulatif yang mempunyai interval waktu tertentu (misal dari $t = 0$ sampai $t = 1$). Selanjutnya untuk penentuan nilai-nilai tetapan k dan n dievaluasi melalui persamaan integral tertentu. Bentuk integral tertentu pada laju infiltrasi kumulatif ini adalah sebagai berikut.

$$F = \int_0^1 kt^n dt = k/(n + 1). t^{n+1} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

F = laju infiltrasi kumulatif (cm)

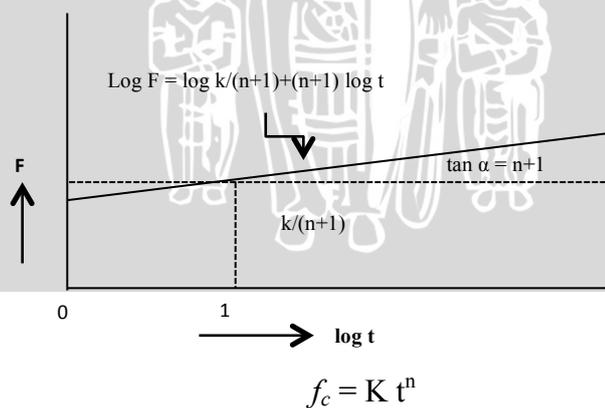
T = waktu

K, n = tetapan

Selanjutnya penentuan nilai-nilai tetapan ini dilakukan dengan cara merajah data infiltrasi kumulatif dengan menggunakan logaritma ganda (log-log), sehingga bentuk persamaan logaritmanya adalah

$$\text{Log } F = \log k/(n+1) + (n+1)\log t \dots\dots\dots(3)$$

Pada log-log, persamaan (3) ini merupakan garis lurus dengan $(n+1)$ sebagai sudut kemiringan. Gambaran garis persamaan tersebut disajikan pada gambar 1 berikut di bawah.



Keterangan :

f_c = kapasitas infiltrasi (cm menit)

t = waktu (menit)

K, n = tetapan