

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dampak Erupsi Gunung Kelud

Erupsi Gunung Kelud pada tahun 2014 berdampak pada kerusakan sarana dan prasarana seperti jalan raya maupun jalan yang menghubungkan antar desa, jaringan listrik, jaringan air bersih, serta rusaknya lahan pertanian warga sekitar.

Sebagian besar pepohonan dan tanaman mati karena terkena bahan erupsi Gunung Kelud (Dinas Komunikasi dan Informatika Jawa Timur, 2014). Lahan-lahan pertanian yang terkena dampak erupsi Gunung Kelud mengalami kerusakan dan para petani mengalami kerugian. Erupsi gunung berapi menyebabkan tanah yang tertimbun material vulkanik akan terhambat perkembangannya.

Ketebalan material vulkanik yang menimbun lahan-lahan pertanian bervariasi. Ketebalan yang bervariasi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kekuatan erupsi, arah angin dan kecepatan angin. Hal tersebut akan berdampak langsung pada lahan pertanian. Perkembangan tanah pada lahan pertanian akan terhambat akibat tertimbun material vulkanik. Dampak lain dari erupsi gunung berapi adalah lahar dingin. Material piroklastik yang terkena hujan akan menyebabkan lahar dingin yang menggerus lahan di sisi kiri dan kanan sungai. Lahar dingin ini sangat berbahaya dan bersifat merusak (Rahayu *et al.*, 2014). Aktifitas dari kawah Gunung Kelud menghasilkan endapan freatik, freatomagmatik dan endapan piroklastik yang tersebar hampir ke segala arah kecuali ke arah timur (Zaenudi *et al.*, 2013)

2.2. Karakteristik Bahan Letusan

Penelitian Zaenudi *et al.* (2013) mengatakan tubuh Gunung Kelud sebagian besar tersusun oleh endapan-endapan jatuhan dan aliran piroklastik. Endapan tersebut merupakan material lepas yang sangat mudah tererosi dan tertransportasi oleh air hujan untuk membentuk endapan lahar di daerah yang lebih rendah. Salah satu material piroklastik yaitu abu vulkanik, memiliki sifat yang cepat mengeras dan sulit ditembus oleh air, baik dari atas maupun dari bawah permukaan (Suriadikarta *et al.*, 2010). Abu vulkanik atau pasir vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Abu maupun pasir vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran

halus, yang berukuran besar biasanya jatuh hingga radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan hingga ribuan kilometer (Sudaryo dan Sucipto, 2009). Abu vulkanik akan melapuk menjadi bahan induk tanah dan selanjutnya akan mempengaruhi sifat dan ciri tanah yang akan terbentuk.

Sifat-sifat tanah yang dipengaruhi yaitu sifat fisik, kimia serta biologi tanah.

Tanah yang terkena abu vulkanik akan mempengaruhi respirasi mikroorganisme tanah, karena semakin tebalnya abu akan membuat tanah menjadi padat dan akan mengganggu aerasi tanah. (Sinaga *et al.*, 2015).

2.3. Pengaruh Abu Vulkanik Terhadap Infiltrasi Tanah

Maro'ah (2011) menyatakan bahwa infiltrasi merupakan peristiwa atau proses masuknya air ke dalam tanah, umumnya (tidak mesti) melalui permukaan tanah dan secara vertikal. Di dalam tanah air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) menuju mata air, danau, sungai, atau secara vertikal yang dikenal dengan perkolasi menuju air tanah. Gerak air didalam tanah melalui pori-pori tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler (Triatmodjo, 2008).

Dari partikel vulkanik yang masih baru pori tanahnya masih besar sehingga air yang masuk ke dalam tanah akan semakin cepat dan dipengaruhi juga oleh gaya gravitasi yang membuat aliran air semakin cepat sehingga membuat penurunan laju infiltrasi. Menurut penelitian Ningsih dan Setyawan (2010) Infiltrasi pada lahan tertutup abu jauh lebih kecil dibandingkan lahan lainnya. Penyebabnya adalah ukuran butir abu yang sangat halus, memiliki gaya kapiler yang tinggi. Juga sifat lapisan abu yang akan cepat mengeras pada kondisi basah. Lapisan yang keras tersebut disebut *crust* yang terjadi karena abu memiliki gaya kohesi yang tinggi saat basah. Lapisan ini menjadikan air sulit terinfiltrasi, dan laju infiltrasi menjadi cepat konstan.

2.4. Faktor yang Mempengaruhi Laju Infiltrasi

2.4.1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir ($2\text{ mm} - 50\ \mu$), debu ($50-2\mu$), dan liat ($<2\ \mu$) di dalam tanah. Kelas tekstur tanah dibagi dalam 12 kelas yaitu: pasir, pasir berlempung, lempung berpasir, lempung, lempung berdebu, debu, lempung liat, lempung liat berpasir, lempung liat berdebu, liat

berpasir, liat berdebu, liat (Hardjowigeno, 2003) Berdasarkan ukurannya, bahan padatan tanah digolongkan menjadi tiga partikel atau juga disebut sebagai separat penyusun tanah yaitu pasir, debu, dan liat. Tanah berpasir yaitu tanah dengan kandungan pasir $> 70 \%$, porositasnya rendah ($< 40 \%$), sebagian besar ruang pori berukuran besar, sehingga aerasinya baik, daya hantar air cepat tetapi kemampuan menahan air dan zat hara rendah. Tanah remah memberikan kapasitas infiltrasi yang lebih besar dari tanah liat (Asdak, 2004). Kadar liat merupakan kriteria penting sebab liat mempunyai kemampuan menahan air yang tinggi. Tanah yang mengandung liat dalam jumlah yang tinggi dapat tersuspensi oleh butir-butir hujan yang jatuh menyimpannya dan pori-pori lapisan permukaan akan tersumbat oleh butir-butir liat, semakin tinggi nisbah liat maka laju infiltrasi semakin kecil.

2.4.2. Berat Isi Tanah

Kerapatan massa adalah suatu ukuran berat yang memperhitungkan seluruh volume tanah. Kerapatan massa ditentukan baik oleh banyaknya pori, maupun oleh butir-butir tanah padat. Kepadatan tanah mengendalikan kesarangan tanah dan kapasitas sekap air. Bobot isi (*bulk density*) merupakan petunjuk tidak langsung atas kepadatan tanahnya, udara dan air, dan penerobosan akar tumbuhan ke dalam tubuh tanah. Keadaan tanah yang padat dapat mengganggu pertumbuhan tumbuhan karena akar-akarnya tidak berkembang dengan baik (Purwowidodo, 2005).

Kepadatan tanah dapat disebabkan oleh adanya pengaruh benturan-benturan hujan pada permukaan tanah. Tanah yang ditutupi oleh tanaman biasanya mempunyai laju infiltrasi lebih besar dari pada permukaan tanah yang terbuka. Tanah yang mempunyai bobot besar akan sulit meneruskan air atau sukar ditembus akar tanaman, sebaliknya tanah dengan berat isi rendah, akar tanaman lebih mudah berkembang (Hardjowigeno, 2003).

2.4.3. Total Ruang Pori Tanah

Kemampuan tanah menyimpan air tergantung dari porositas tanah. Pada porositas yang tinggi, maka tanah akan 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). Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat

dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh udara dan air, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah.

Tanah porous merupakan tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara masuk keluar tanah secara leluasa dan sebaliknya jika tanah tidak porous (Hanafiah, 2005). Ketika porositas tinggi maka laju infiltrasi akan semakin cepat sedangkan ketika porositas rendah maka aliran permukaan tinggi membuat laju infiltrasi menjadi lambat.

2.4.4. Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah merupakan penimbunan, terdiri sebagian dari sisa dan sebagian dari pembentukan dari sisa tumbuhan dan hewan. Bahan organik yang dikandung oleh tanah hanya sedikit, kurang lebih hanya 3 % sampai 5 % dari berat tanah dari *topsoil* tanah mineral yang mewakili. Bahan organik berperan sebagai pembentuk butir (granulator) dari butir-butir mineral yang menyebabkan terjadinya keadaan gembur pada tanah produktif. Kumalasari, (2011) menyatakan bahwa dengan adanya berbagai komposisi tegakan tanaman yang berbeda-beda akan mempengaruhi kondisi tanah baik pada sifat fisik maupun kimia tanah.

Masing-masing komposisi tegakan tanaman tersebut mempunyai jenis vegetasi yang beragam, dominasi tegakan tanaman maupun penutupan oleh tajuk tanaman yang semuanya akan mempengaruhi kondisi tanah di bawahnya terutama pada sifat fisika dan kimia tanah. Semakin tinggi bahan organik suatu lahan dimana banyak seresah yang menutupi permukaan tanah dan terdapatnya tumbuhan penutup tanah akan meningkatkan aktifitas mikroorganisme dalam mendekomposisikan bahan organik akan menjaga struktur tanah, sedangkan daerah yang tanpa seresah kemungkinan akan mengeras dan membentuk lapisan kerak akibat tingginya aliran permukaan (Budianto, 2012). Bahan organik tanah dapat berpengaruh terhadap porositas dan ruang pori tanah karena bahan organik membantu memperbaiki sifat fisik tanah. Ketika bahan organik tanah banyak, sifat fisik tanah akan semakin baik dan mendukung dari ruang pori tanah menjadi lebih besar dan infiltrasi akan semakin cepat.

2.4.5. Kadar Air Tanah

Menurut Andayani (2009) daerah atau wilayah dimana air yang berada di permukaan tanah baik air hujan ataupun air permukaan mengalami proses

penyusupan (infiltrasi) secara gravitasi melalui lubang pori tanah/batuan atau celah/rekahan pada tanah/batuan. Proses penyusupan air ini kemudian berakumulasi pada satu titik dimana air tersebut menemui suatu lapisan atau struktur batuan yang bersifat kedap air (*impermeable*). Titik akumulasi ini akan membentuk suatu zona jenuh air (*saturated zone*) yang seringkali disebut sebagai daerah luhan air tanah (*discharge zone*).

Perbedaan kondisi fisik secara alami akan mengakibatkan air dalam zonasi ini akan mengalir secara gravitasi karena perbedaan tekanan, kontrol struktur batuan dan parameter lainnya. Kondisi inilah yang disebut sebagai aliran air tanah.

Daerah aliran air tanah ini selanjutnya disebut sebagai daerah aliran (*flow zone*).

Dalam perjalanannya aliran air tanah ini seringkali melewati suatu lapisan akuifer yang di atasnya memiliki lapisan penutup yang bersifat kedap air (*impermeable*).

Hal ini mengakibatkan perubahan tekanan antara air tanah yang berada di bawah lapisan penutup dan air tanah yang berada di atasnya. Perubahan tekanan inilah yang didefinisikan sebagai air tanah tertekan (*confined aquifer*) dan air tanah bebas (*unconfined aquifer*). Dalam kehidupan sehari-hari pola pemanfaatan air tanah bebas sering kita lihat dalam penggunaan sumur gali oleh penduduk, sedangkan air tanah tertekan dalam sumur bor yang sebelumnya telah menembus lapisan penutupnya. Air tanah bebas (*water table*) memiliki karakter berfluktuasi yang berbeda terhadap iklim sekitar, mudah tercemar dan cenderung memiliki kesamaan karakter kimia dengan air hujan. Pori tanah dapat dibedakan atas pori kasar dan pori halus. Pori kasar berisi udara atau air gravitasi, sedangkan pori halus terdiri dari air kapiler dan udara (Hardjowigeno 2003). Berkurangnya laju infiltrasi karena bertambahnya kadar air dan kelembaban dari tanah, sehingga menyebabkan butiran tanah berkembang, dengan demikian menutup pori-pori tanah (Asdak, 2004).

2.5. Metode Infiltrasi Kostiakov

Kostiakov memperkenalkan persamaan nilai infiltrasi sederhana secara empiris. Persamaan infiltrasi Kostiakov dapat dituliskan sebagai:

$$f_p = Kn \cdot T^{(1-n)} \quad (1)$$

Keterangan : F_p = Kapasitas Infiltrasi (cm/m)

T = Waktu setelah infiltrasi terjadi
 K & n = Konstanta yang didapat dari pengukuran infiltrasi di lapang dan tergantung pada jenis tanah yang diukur.

Persamaan ini digunakan untuk mengukur infiltrasi pada tanah yang sama dan memiliki kadar air yang sama (Turner, 2006). Infiltrasi kumulatifnya merupakan bentuk integral dari persamaan (1) yaitu sebagai berikut: (Dhalhar, 1972)

$$F = K t^{-n} dt = \left(\frac{K}{(n+1)} \right) \cdot t^{-(n+1)} \dots \dots \dots (2)$$

dimana F = infiltrasi Kumulatif (cm)

Untuk mengevaluasi konstanta yang dibutuhkan, maka digunakan formula logaritma pada kedua sisi persamaan, sehingga:

$$\text{Log } F = \text{Log} \left(\frac{K}{(n+1)} \right) + (n+1) \text{Log } t \dots \dots \dots (3)$$

Pada kertas log berganda, persamaan ini digambarkan sebagai garis lurus (linear) dengan $(n+1)$ sebagai sudut kemiringannya. Dengan regresi linear sederhana maka konstanta dapat ditentukan (Abidin, 1999).

2.6. Perbaikan Infiltrasi dengan Menggunakan Tanaman *Tithonia diversifolia*

Paitan merupakan 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 *et al.*, 2000). Batang memiliki kandungan lignin yang cukup tinggi sering dipergunakan sebagai kayu bakar. Tinggi tumbuhan antara 2-3 m dengan diameter batang berkisar 0,5-1,5 cm dan berongga (Jama *et al.*, 2000). Paitan tumbuh cepat dan toleran terhadap kerapatan tajuk yang tinggi dengan perakaran yang dalam, dijadikan sebagai penahan erosi dan sumber bahan organik.

Tumbuhan ini disebut juga bunga pahit (Sumatera Barat) atau bunga paitan (Jawa Timur) yang dapat tumbuh pada ketinggian 20 m sampai 900 m dpl (Hakim *et al.*, 2012). Paitan memiliki akar tunggang yang dalam, bercabang banyak dan berasosiasi dengan jamur dan bakteri pelarut fosfat, bakteri penambat N seperti azotobakter, serta bakteri penghasil fitohormon (Agustian *et al.*, 2010 dalam

Simatupang, 2014). Batang paitan tergolong lembut, berkayu, tumbuh tegak, tetapi jika berbunga lebat maka batang akan rebah dan merunduk bahkan bisa mencapai tanah. Ketika bunga sudah rontok dan biji sudah mengering pada musim panas, batang yang rebah tadi seakan-akan mati, tetapi begitu musim hujan turun, tunas-tunas baru akan muncul hampir diseluruh gugurnya daun tua (Hakim *et al* 2012). Dalam pertumbuhannya tanaman paitan sangat cepat berkembang. Dari hasil biomassa yang dapat dihasilkan oleh tanaman paitan dapat dikembalikan ke tanah untuk menambah biomassa tanah dan memperbaiki sifat fisik dari tanah yang terkena dampak dari abu vulkanik letusan Gunung Kelud. Di Indonesia, paitan belum banyak dimanfaatkan, padahal merupakan sumber pupuk hijau atau bahan organik tanah melalui teknik pertanaman lorong ataupun tanaman pembatas kebun (Hartatik, 2007).

Akar dari *Tithonia diversifolia* dapat membantu meningkatkan makroporositas tanah karena kemampuan akar tersebut dalam menembus tanah akan menimbulkan rongga yang dapat dilewati oleh air. Sehingga semakin tumbuh dengan baik tanaman tersebut di atas tanah maka akarnya akan berkembang dengan baik di dalam tanah. Pergerakan akar pada lapisan bawah tanah akan membentuk rongga sehingga terciptalah celah yang dapat dilewati oleh air. Semakin banyak celah yang terbentuk maka akan menyebabkan laju infiltrasi semakin tinggi (Suprayogo *et al.*, 2004 dalam Muttaqin, 2013).