

STUDI LAJU INFILTRASI DI KAWASAN RAWAN BENCANA DAS PABELAN PASCA ERUPSI GUNUNG MERAPI TAHUN 2010

Jazaul Ikhsan¹, Ade Prima Rivanto²

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta^{1,2}
E-mail : jazaul.ikhsan@umy.ac.id¹, adeprima.thegunners@gmail.com²

ABSTRAK

Sedimen dari material vulkanik Gunung Merapi yang mencapai 150 juta m³ dapat mempengaruhi kapasitas infiltrasi tanah yang menentukan besarnya limpasan permukaan (*surface run off*), sehingga perlu adanya penelitian untuk mengetahui nilai kapasitas infiltrasi tanah dan faktor-faktor yang mempengaruhinya pasca erupsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air tanah dan nilai kepadatan tanah lapangan serta mengetahui nilai kapasitas infiltrasi tanah dan volume total air infiltrasi di kawasan rawan bencana (KRB) DAS Pabelan pasca erupsi tahun 2010. Pemeriksaan kepadatan tanah lapangan menggunakan alat kerucut pasir (*sand cone*) dan untuk pengambilan sampel tanah menggunakan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 30 cm. Untuk pengukuran laju infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer* dengan ukuran diameter ring 55 cm dan 30 cm, dengan tinggi 27 cm. Titik-titik pengujian terbagi menjadi tiga lokasi yaitu KRB I, KRB II, dan KRB III. Hasil nilai kadar air tanah pada lokasi KRB I sebesar 52,37 %, lokasi KRB II sebesar 28,05 % dan lokasi KRB III sebesar 36,49 %. Nilai kepadatan tanah lapangan pada lokasi KRB I sebesar 11,05 KN/m³, lokasi KRB II sebesar 9,70 KN/m³ dan lokasi KRB III sebesar 8,45 KN/m³. Nilai kapasitas infiltrasi pada lokasi KRB I sebesar 7,285 cm/jam, lokasi KRB II sebesar 7,859 cm/jam dan lokasi KRB III sebesar 26,227 cm/jam. Volume total air infiltrasi seluas area 1 m² pada lokasi KRB I sebesar 0,08369 m³, lokasi KRB II sebesar 0,0966 m³ dan lokasi KRB III sebesar 0,28573 m³.

Kata Kunci : KRB, Kadar Air Tanah, Kepadatan Tanah Lapangan, Kapasitas Infiltrasi, Volume Air Infiltrasi.

PENDAHULUAN

Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 yang lalu adalah letusan terbesar jika dibandingkan dengan erupsi terbesar Gunung Merapi yang pernah ada dalam sejarah yaitu tahun 1872 (Aminudin et al., 2021). Letusan Gunung Merapi tahun tersebut yang menyebabkan 1.705 jiwa luka-luka, 332 jiwa meninggal, dan 4.874 jiwa mengalami gangguan psikologis (Qoidah, Widowati, 2020). Jumlah material vulkanik yang telah dimuntahkan Gunung Merapi sejak erupsi pada Oktober 2010 hingga sekarang diperkirakan telah mencapai sekitar 150 juta m³. Erupsi tersebut terjadi beberapa kali selama 3

hari dan memuntahkan sekitar 140 juta m³ material piroklastik berupa pasir dan batu yang tersebar di seluruh sungai yang berhulu di Merapi. Suplai material vulkanis terbanyak terjadi di Sungai Gendol, yaitu sekitar 33,60 juta m³ dan tersebar sejauh 14 Km² (Ainia & Jiarzanah, 2021).

Kejadian ini memiliki dua dampak terhadap lingkungan dan masyarakat yang dibedakan menjadi dua jenis yaitu dampak primer (letusan, awan panas, lava, dsb) dan dampak sekunder (bencana banjir lahar) (Munir, 2019). Hingga saat ini material vulkanik yang hanyut terbawa banjir lahar dingin mencapai hampir 50 juta m³, sisanya 100 juta m³ menjadi

ancaman setiap hujan deras. Material yang dikeluarkan Gunung Merapi mengalir melalui sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi antara lain Sungai Pabelan, Sungai Putih, Sungai Blongkeng dan Sungai Krasak yang bermuara di Sungai Progo dan sungai-sungai lainnya yang berhulu di Gunung Merapi.

Salah satu material yang paling dominan adalah abu vulkanik. Material ini memiliki sifat yang cepat mengeras dan sulit ditembus oleh air, baik dari atas maupun dari bawah permukaan, sehingga menyebabkan peresapan air ke dalam tanah (infiltrasi) menjadi terganggu (Suriadikarta et al., 2010). Perasan air yang terjadi atau infiltrasi adalah proses penting dalam siklus hidrologi karena infiltrasi menentukan besarnya air hujan yang masuk ke dalam tanah secara langsung (Dipa et al., 2021).

Aliran permukaan (*surface run off*) sebagai sub komponen terbesar dalam aliran langsung berasal dari air hujan yang mencapai sungai melalui permukaan tanah. Besar kecilnya aliran permukaan, dipengaruhi oleh curah hujan, infiltrasi, intersepsi, evapotranspirasi dan *storage* (Rohmat & Soekarno, 2006). Kapasitas peresapan air ke dalam tanah (kapasitas infiltrasi) menentukan besarnya limpasan permukaan (*surface run off*), sehingga perlu adanya penelitian untuk mengetahui nilai kapasitas infiltrasi tanah setelah terjadinya erupsi (pasca erupsi) Gunung Merapi 2010.

Keseimbangan air dapat dilakukan dengan menyerap air ke dalam tanah melalui resapan buatan sehingga kapasitas air tanah tercukupi dan limpasan permukaan menjadi normal (Barid et al., 2007). Nilai infiltrasi dipengaruhi oleh adanya volume air hujan atau tampungan, keadaan permukaan tanahnya, jenis dan karakteristik tanahnya dan unsur-unsur lainnya. Laju infiltrasi dan kemampuan maksimum infiltrasi akan berbeda untuk karakteristik dan kondisi tanah yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air tanah dan nilai kepadatan tanah lapangan serta mengetahui nilai kapasitas infiltrasi tanah dan volume total air infiltrasi di kawasan rawan bencana (KRB) DAS Pabelan pasca erupsi Gunung Merapi 2010.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh (Ningsih & Purnama, 2012) tentang “Kajian Laju Infiltrasi Tanah dan Imbuhan Air Tanah Lokal Sub DAS Gendol Pasca Erupsi Merapi 2010”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perilaku peresapan air dengan infiltrasi, serta perhitungan terhadap imbuhan air tanah lokal di Sub DAS Gendol.

Penelitian lain yang berkaitan adalah “Kajian Nilai Infiltrasi Jenis Penutup Lahan di Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) dalam Upaya Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan” yang diteliti oleh (Pratama, 2015), dari Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun 2015 melakukan penelitian tentang model infiltrasi menggunakan desain model saluran dengan resapan buatan dalam menurunkan debit limpasan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kapasitas infiltrasi di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada jenis penutup lahan tanah, mengetahui volume total air infiltrasi di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk jenis penutup lahan tanah, nilai kepadatan tanah lapangan, dan koefisien permeabilitas (K) di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada jenis penutup lahan tanah.

Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu tentang kehadiran dan gerakan air di bumi, meliputi bentuk air, termasuk perubahan antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan

tanah (Soemarto, 1999). Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini. Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah, dan akhirnya mengalir ke laut kembali.

Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau, masuk ke sungai, dan akhirnya mengalir kelaut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung secara terus-menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008).

Sedimentasi DAS

Sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material *fragmentasi* oleh air (Soemarto, 1999). Sedimentasi merupakan akibat adanya erosi, dan memberi dampak banyak disungai, saluran, waduk, bendungan atau pintu-pintu air, dan disepanjang sungai. Sedimen akan mengendap pada bagian tertentu di sepanjang aliran sungai yang tidak mampu terangkut bersama dengan aliran sungai (Cahyani et al., 2021).

Penghasil sedimen terbesar adalah erosi permukaan lereng pegunungan, erosi sungai (dasar dan tebing alur sungai) dan

bahan-bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif (Asdak dalam Nurjanah, 2016). Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi total di DAS dan tergantung pada *transport* partikel-partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dari daerah tangkapan air DAS.

Daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh kontur tertinggi atau punggung-punggungan gunung. Daratan tersebut berfungsi untuk menampung dan menyimpan air hujan dan kemudian dialirkan ke laut melalui sungai utama. DAS memiliki karakteristik dan parameter DAS masing-masing tergantung dari tata guna lahan dan kondisi geologi DAS (Triatmodjo, 2008).

Infiltrasi

Infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah, umumnya (tetapi tidak pasti), melalui permukaan dan secara vertikal. Setelah beberapa waktu kemudian, air yang infiltrasikan setelah dikurangi sejumlah air untuk mengisi rongga tanah akan mengalami perkolasi. Perkolasi gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah) (Soemarto, 1999).

Menurut (Triatmodjo, 2008) laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh.
2. Kelembaban tanah.
3. Pemampatan oleh hujan.
4. Penyumbatan oleh butir halus.
5. Tanam penutup.
6. Topografi.
7. Intensitas hujan.

Menurut Knapp (dalam Pratama, 2015) untuk mengumpulkan data infiltrasi dapat dilakukan dengan tiga cara:

1. *Inflow-outflow*.
2. Analisis data hujan dan hidrograf.

3. Menggunakan *double ring infiltrometer*.

Perhitungan model persamaan kurva kapasitas infiltrasi (*Infiltration Capacity Curve/IC-Curve*) yang dikemukakan oleh Horton adalah:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt}$$

Keterangan:

- f = Kapasitas infiltrasi (cm/jam)
- f_0 = Laju infiltrasi (cm/jam)
- f_c = Laju infiltrasi konstan (cm/jam)
- K = Konstanta
- t = waktu (jam)
- e = 2,718

Untuk memperoleh nilai konstanta K untuk melengkapi persamaan kurva kapasitas infiltrasi, maka persamaan Horton diolah sebagai berikut:

$$f - f_c = (f_0 - f_c)e^{-Kt}$$

$$\begin{aligned} \text{Dilogaritmakan sisi kiri dan kanan,} \\ \log(f - f_c) &= \log(f_0 - f_c)e^{-Kt} \\ \log(f - f_c) &= \log(f_0 - f_c) - Kt \log e \\ \log(f - f_c) - \log(f_0 - f_c) &= -Kt \log e \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} t &= \left(\frac{-1}{K \log e} \right) [\log(f - f_c) - \log(f_0 - f_c)] \\ t &= \left(\frac{-1}{K \log e} \right) \log(f - f_c) + \\ &\left(\frac{-1}{K \log e} \right) \log(f_0 - f_c) \end{aligned}$$

Menggunakan persamaan umum linier,
 $y = mX + C$

Sehingga:

$$\begin{aligned} y &= t \\ m &= \frac{-1}{K \log e} \\ X &= \log(f - f_c) \\ C &= \left(\frac{-1}{K \log e} \right) \log(f_0 - f_c) \end{aligned}$$

Mengambil persamaan (m), maka

$$\begin{aligned} K &= \frac{-1}{(m \log e)} \\ K &= \frac{-1}{(m \log 2,718)} \\ K &= \frac{-1}{0,434 m} \end{aligned}$$

Dimana, m = gradien

Jumlah total air yang terinfiltrasi

pada suatu periode tergantung pada laju infiltrasi dan fungsi waktu. Apabila laju infiltrasi pada suatu saat adalah $f(t)$, maka infiltrasi kumulatif atau jumlah air yang terinfiltrasi adalah $F(t)$. Laju infiltrasi dan jumlah air yang terinfiltrasi adalah:

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{dF(t)}{dt} \\ f(t) &= \int_0^t f(t) dt \end{aligned}$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa jumlah air yang terinfiltrasi $F(t)$ merupakan integral dari laju infiltrasi, dengan kata lain sama dengan luasan dibawah kurva $f(t)$. Jumlah air yang terinfiltrasi tersebut adalah sama dengan volume total air yang dituang dalam infiltrometer. Persamaan (7) adalah persamaan diferensial yang menunjukkan laju infiltrasi $f(t)$. Laju infiltrasi merupakan turunan dari infiltrasi kumulatif $F(t)$. Dengan kata lain, laju infiltrasi $f(t)$ adalah sama dengan kemiringan kurva $F(t)$ pada waktu t .

$$\begin{aligned} F(t) &= \int_0^t f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt} dt \\ F(t) &= f_c t + \frac{1}{K} (f_0 - f_c) (1 - e^{-Kt}) \end{aligned}$$

Kadar Air Tanah

Tanah merupakan faktor yang sangat penting dalam setiap pekerjaan teknik sipil, akan tetapi memiliki masalah pada penentuan sifat fisis dan mekanis tanah. yang mempengaruhi kapasitas dukung kadar air tanah (Sir et al., 2018). Air tanah merupakan fase cair tanah yang mengisi sebagian atau keseluruhan ruang pori tanah. Persediaan air dalam tanah tergantung dari banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi, dan tingginya muka air tanah. Kadar air tanah dapat dinyatakan sebagai perbandingan berat air tanah terhadap berat tanah basah, perbandingan berat air tanah terhadap berat tanah kering, dan perbandingan volume air tanah terhadap volume tanah.

Tanah basah adalah tanah yang mempunyai kandungan air diatas

kapasitas lapang dimana kandungan air tanah dalam kondisi pori makro tanah terisi oleh udara, sedangkan pori mikro diisi seluruhnya atau sebagian oleh air. Besarnya berat volume dipengaruhi oleh banyaknya pori-pori tanah dan kadar air. Semakin besar air, maka berat volume semakin kecil (Safitri & Ubaidi, 2022).

Tanah kering adalah tanah yang mempunyai kandungan air kurang dari titik layu permanen dimana kandungan air yang tertinggal di dalam tanah berada dalam pori mikro yang terkecil dan di sekitar butir-butir tanah, sedangkan tanah lembab adalah tanah yang mempunyai kandungan air diantara kapasitas lapang dan titik layu permanen dimana pada keadaan ini, air akan tersedia bagi tanaman (Sarief dalam Saribun, 2007).

Limpasan

Limpasan adalah ketika intensitas jumlah curah hujan melampaui di suatu DAS laju infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Besaran koefisien limpasan tergantung pada kondisi permukaan tanah, kemiringan medan, jenis tanah, dan lamanya hujan di daerah pengaliran (Fardila et al., 2022). Terdapat dua kelompok faktor-faktor yang berhubungan dengan limpasan, antara lain:

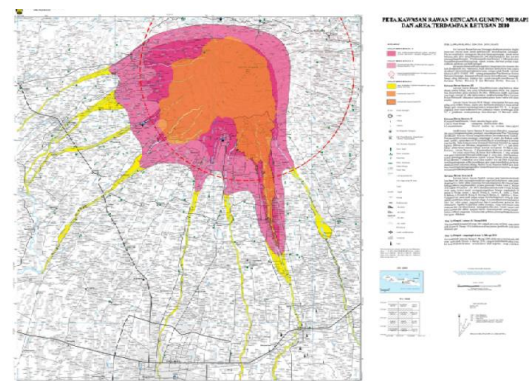
1. Elemen-elemen meterologi
 - a. Jenis presipitasi.
 - b. Intensitas curah hujan.
 - c. Lamanya curah hujan.
 - d. Arah pergerakan curah hujan.
 - e. Curah hujan terdahului dan kelembaban tanah.
2. Elemen daerah pengaliran
 - a. Kondisi penggunaan tanah (*landuse*).
 - b. Daerah pengaliran.
 - c. Kondisi topografi dalam daerah pengaliran.
 - d. Jenis tanah.

METODE PENELITIAN

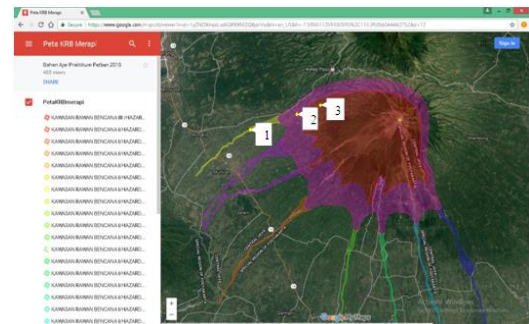
Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Merapi di DAS Pabelan. Pemilihan lokasi DAS Pabelan karena merupakan salah satu jalur yang terkena lahar dingin dan material piroklastik. Titik-titik pengujian terbagi menjadi tiga lokasi yaitu KRB I, KRB II, dan KRB III, dalam satu titik dilakukan dua sampai tiga kali pengujian untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Pelaksanaan Penelitian dilakukan selama empat hari dan dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama yaitu pengujian kepadatan tanah, pengambilan sampel tanah, dan laju infiltrasi yang dilakukan di lapangan pada Hari Senin, 6 Maret 2017 dan Hari Selasa 7 Maret 2017. Tahap kedua yaitu pengujian kadar air yang dilakukan di laboratorium yaitu pada Hari Senin 13 Maret 2017.



Gambar 1. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi (Sumber : BPPTK ESDM, 2010)



Gambar 2. Titik Lokasi Penelitian (Sumber : Google Maps, 2017)

Tabel 1. Detail Lokasi Penelitian

Lokasi 1 : KRB I]	
Jenis penutup lahan : Tanah	
Koordinat : -7,5511330, 110,3005290	
Desa Gondosuli, Kec. Muntlan, Magelang, Jawa Tengah	
Lokasi 2 : KRB II	
Jenis penutup lahan : Rumput	
Koordinat : -7,5369560, 110,3508800	
Desa Mangunsoko, Kec. Dukun, Magelang, Jawa Tengah	
Lokasi 3 : KRB III	
Jenis penutup lahan : Rumput	
Koordinat : -7,5317380, 110,3629390	
Alamat : Desa Sewukan, Kec. Dukun, Magelang, Jawa Tengah	

(Dokumentasi penelitian, 2017)

Alat

Alat yang dipakai dalam penelitian ini, antara lain:

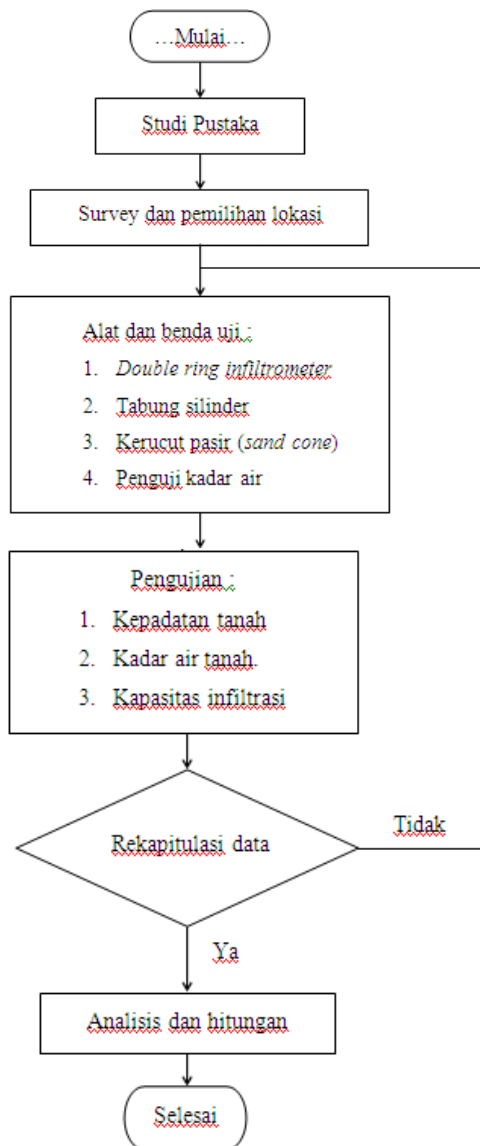
1. *Double ring infiltrometer*
 - a. *Double ring infiltrometer* (silinder besi dengan diameter 55 cm dan 30 cm, dengan tinggi 27 cm).
 - b. Ember.
 - c. Gayung.
 - d. Air.
 - e. Penggaris 30 dan 60 cm.
 - f. *Stopwatch*.
 - g. Alat tulis.
 - h. Palu bodem.
 - i. Balok kayu.
 - j. Gayung.

2. Pengambil sampel tanah
 - a. Tabung silinder berdiameter 10 cm.
 - b. Palu bodem.
 - c. Balok kayu.
 - d. Plastik.
 - e. Kepala tabung silinder.
3. Uji kepadatan tanah (*sand cone*)
 - a. Botol (dari gelas atau plastik) kapasitas 4 liter yang akan diisi pasir.
 - b. Kran yang dapat dibuka-tutup dengan lubang 1,27 cm ($1/2$ inch).
 - c. Corong berupa kerucut tinggi 135,50 cm ($5\frac{3}{8}$ inch) dan diameter dasar 16,51 cm ($6\frac{1}{2}$ inch).
 - d. Plat dasar berukuran 30,48 cm \times 38,48 cm (12 inch²).
 - e. Pasir bersih, kering, tanpa bahan ikat, sehingga dapat mengalir bebas dengan ukuran butir lewat saringan No. 10 (2,00 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,075). Pasir ini perlu ditentukan/diketahui berat volumenya sebelum dipakai pada percobaan.
 - f. Timbangan.
 - g. Ember.
 - h. Sendok.
 - i. Palu.
4. Uji kadar air
 - a. Cawan.
 - b. Timbangan.
 - c. Oven dengan suhu konstan 105 - 110°C.
 - d. Desikator.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah air dan sampel tanah dari lokasi penelitian.

Bagan Alir



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Penjelasan tahap penelitian dari bagan alir yaitu sebagai berikut:

1. Memeriksa atau menentukan kepadatan tanah lapangan dengan metode kerucut pasir (*sand cone*).
 - a. Sebelum pelaksanaan pemeriksaan, ada beberapa hal yang perlu diketahui yaitu berat volume pasir (γ_p) dalam g/cm^3 dan volume pasir yang akan mengisi kerucut dan lubang pelat dasar (V_{jar}) dalam cm^3 .
 - b. Menentukan berat volume

pasir pada setiap pengujian.

- 1) Menentukan volume botol (termasuk lubang sebelum katup).
- 2) Menentukan berat volume pasir yang akan dipakai.
- 3) Mengukur berat pasir yang akan mengisi kerucut.
- 4) Memeriksa kepadatan tanah lapangan.
- 5) Kepadatan tanah di lapangan dinyatakan dengan berat volume kering tanah.

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma_p}{(1+w)} \right) \left(\frac{W_9 - W_8}{W_6 - W_7 - W_{PC}} \right)$$

Keterangan:

γ_d = Kepadatan tanah lapangan (kN/m^3)

γ_p = Berat volume pasir (g)

W = Kadar air (%)

W_9 = Berat kaleng + tanah (g)

W_8 = Berat kaleng (g)

W_6 = Berat botol + pasir (g)

W_7 = Botol + sisa pasir (g)

W_{PC} = Berat pasir pengisi kerucut (g)

2. Mengambil sampel tanah pada titik/tempat pengukuran nilai kapasitas/laju infiltrasi untuk mengetahui kadar air sebelum pengujian, dengan menggunakan alat tabung silinder berdiameter 10 cm.
3. Mengukur nilai kapasitas/laju infiltrasi dengan metode *double ring infiltrometer*, menggunakan alat berupa dua buah ring (silinder besi) berdiameter (55 cm dan 30 cm, dengan tinggi yang sama, yaitu 27 cm). Pengukuran dilakukan sampai laju infiltrasi mencapai konstan.

- a. *Double ring* dipasang pada tempat yang telah ditentukan dengan cara ditanamkan ke dalam tanah sedalam 5 – 10 cm.
 - b. Penggaris diletakkan secara vertikal di dalam ring tegak lurus permukaan tanah, tempat menempel di dinding ring bagian dalam.
 - c. Isikan air di dalam silinder luar sampai penuh namun jangan sampai melimpas, ketinggian air di silinder luar selalu dijaga pada ketinggian yang sama.
 - d. Catat waktu dan ukur selisih tinggi muka air dimulai jika air pada silinder dalam sudah mulai keluar.
 - e. Pencatatan waktu dan pengukuran selisih tinggi muka air dilakukan setiap 10 menit sekali secara terus menerus sampai laju infiltrasi mencapai konstan.
 - f. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas/laju infiltrasi adalah dengan menggunakan metode Horton.
4. Periksa/menentukan kadar air tanah dari sampel tanah yang sudah diambil.
- a. Bersihkan dan keringkan cawan kemudian timbang dan catat beratnya (W_1).
 - b. Masukkan contoh tanah ke dalam cawan, kemudian timbang kembali (W_2).
 - c. Masukkan cawan yang sudah diisi tanah ke dalam oven selama 16/24 jam pada suhu $105^\circ - 110^\circ$ C. Setiap cawan diberi kode atau nomor untuk memudahkan pemeriksaan.
 - d. Setelah selama 16/24 jam, keluarkan cawan dari oven dan letakkan pada suhu ruang hingga suhu berkurang, kemudian masukkan cawan ke

dalam desikator.

- e. Setelah cawan dingin timbang kembali berat cawan berisi tanah (W_3).
- f. Hitung kadar air tanah dalam satuan persen (%).
- g. Pehitungan kadar air (w).

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$$

$$w = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \right) \times 100 \%$$

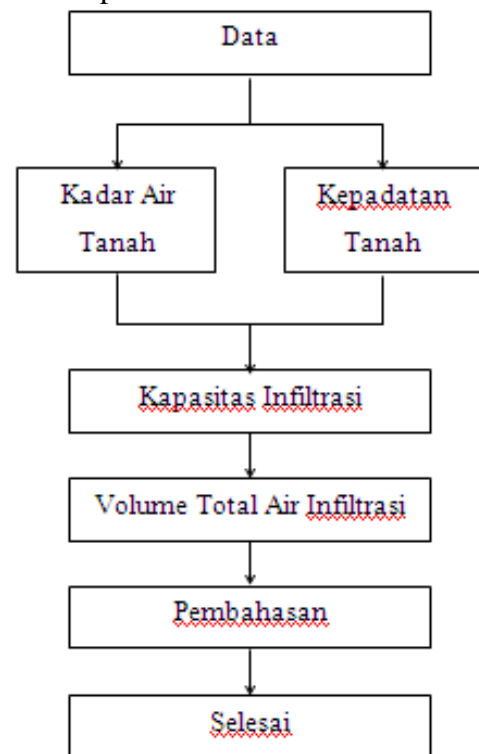
Dengan:

W_1 = Berat cawan (g)

W_2 = Berat cawan + tanah basah (g)

W_3 = Berat cawan + tanah kering (g)

5. Tahapan Analisis



Gambar 4. Skema Analisis Perhitungan

HASIL PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan perhitungan kapasitas infiltrasi dari tiga lokasi pengujian lapangan yang terdiri dari wilayah KRB I, KRB II dan KRB III. Selain menghitung kapasitas infiltrasi,

dilakukan juga perhitungan kadar air tanah dan kepadatan tanah lapangan.

Di bawah ini adalah tabel waktu penelitian kajian infiltrasi pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III.

Tabel 2. Waktu Penelitian

Uraian	Jenis Penutup Lahan		
	Rumput	Rumput	Tanah
Lokasi	KRB III	KRB II	KRB I
Hari	Senin	Senin	Selasa
Tanggal	6 Maret 2017	6 Maret 2017	7 Maret 2017
Waktu	10.30 WIB	13.00 WIB	14.30 WIB
Cuaca	Mendung	Mendung	Hujan Gerimis

(Jazaul Ikhsan, 2017)

Pemeriksaan Kadar Air Tanah

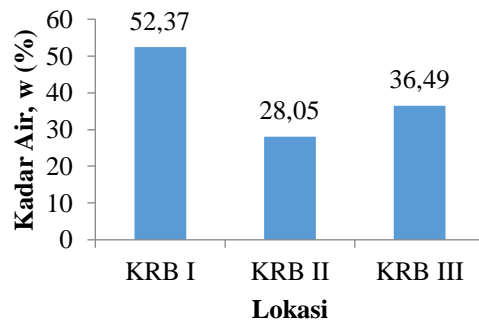
Pengambilan sampel tanah untuk pemeriksaan kadar air ini dilakukan sebelum pengujian pada kedalaman tanah ± 20 cm dari permukaan tanah. Berikut adalah hasil perhitungan kadar air tanah pada lokasi KRB I:

w (cawan 1) = 51,79%
 w (cawan 2) = 51,33%
 w (cawan 3) = 53,99%
 Kadar air (\bar{w}) = 52,37%

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kadar Air Tanah pada Lokasi KRB I

Item	Sat	KRB I		
		Tanah Lempung		
		1	2	3
W1	g	9,58	10,31	12,16
W2	g	59,58	60,31	62,16
W3	g	42,52	43,35	44,63
Ww	g	17,06	16,96	17,53
Ws	g	32,94	33,04	32,47
w	%	51,79	51,33	53,99
\bar{w}	%	52,37		

(Jazaul Ikhsan, 2017)



Gambar 5. Grafik kadar air tanah lokasi KRB I, KRB II dan KRB III (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Berdasarkan hasil pemeriksaan air tanah pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa lokasi KRB I memiliki kadar air tanah yang paling tinggi. Pengujian kadar air ini menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi pada lokasi tersebut, semakin tinggi nilai kadar air maka laju infiltrasi akan semakin lambat.

Kepadatan Tanah Lapangan

Pada pengujian ini menggunakan alat kerucut pasir (*sand cone*). Berikut hasil perhitungan nilai kepadatan tanah lapangan (γ_d) pada lokasi KRB I.

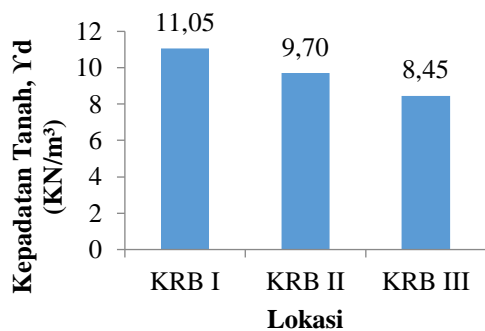
$$\gamma_d = 11,05 \text{ KN/m}^3$$

Hasil dari pemeriksaan kepadatan tanah lapangan pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III dapat dilihat pada tabel dan grafik di berikut ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kepadatan Tanah Lapangan

Lokasi	KRB I	KRB II	KRB III
W6 (g)	6350	6350	6350
W7 (g)	3850	3850	3500
W8 (g)	200	200	200
W9 (g)	2300	1750	2000
Ws = W9 - W8 (g)	2100	1550	1800
γ_p (KN/m ³)	11,17	11,17	11,17
Wpc (g)	1106	1106	1106
w (%)	52,37	28,05	36,49
γ_d (KN/m ³)	11,05	9,70	8,45

(Jazaul Ikhsan, 2017)



Gambar 6. Grafik nilai kepadatan tanah pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari hasil pemeriksaan kepadatan tanah di atas dapat dijelaskan bahwa untuk lokasi KRB I mempunyai nilai kepadatan tanah lapangan paling tinggi. Kepadatan tanah ini juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi, karena semakin tinggi nilai kepadatan tanah, maka laju infiltrasi akan semakin lambat.

Nilai Kapasitas Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi pada penelitian ini menggunakan alat *double ring infiltrometer* yang dimasukkan ke dalam tanah ± 5 sampai 10 cm. Pengujian ini dilakukan pada tiga lokasi yang terdiri dari lokasi KRB I, KRB II dan KRB III. Pada setiap lokasi KRB, pengujian dilakukan sebanyak dua kali. Di bawah ini adalah hasil dari pengukuran laju infiltrasi menggunakan alat *double ring infiltrometer* pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III.

Tabel 5. Data hasil pengujian *double ring infiltrometer* lokasi KRB I

Waktu, t (menit)	Lokasi : KRB I		
	Selisih Tinggi Muka Air, Δh (cm)		
	Titik 1	Titik 2	Rata-rata
10	0,3	2	1,15
20	0,2	1,7	0,95
30	0,1	1,5	0,8
40	0,1	1,5	0,8
50	0,1	1,5	0,8

(Jazaul Ikhsan, 2017)

Tabel 6. Data hasil pengujian *double ring infiltrometer* lokasi KRB II

Waktu, t (menit)	Lokasi : KRB II		
	Selisih Tinggi Muka Air, Δh (cm)		
	Titik 1	Titik 2	Rata-rata
10	1,5	1,2	1,35
20	1,1	1	1,05
30	0,7	0,8	0,75
40	0,7	0,8	0,75
50	0,7	0,8	0,75

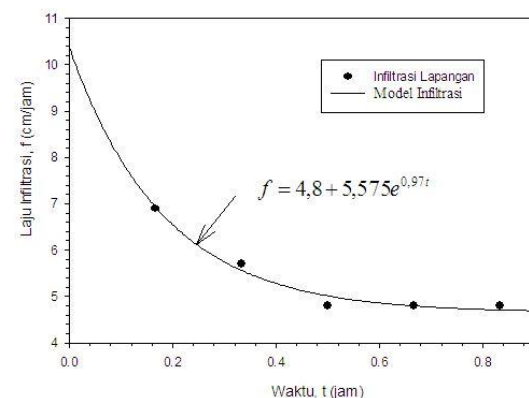
(Jazaul Ikhsan, 2017)

Tabel 7. Data hasil pengujian *double ring infiltrometer* lokasi KRB III

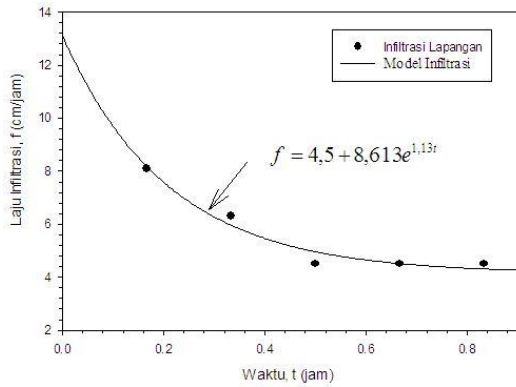
Waktu, t (menit)	Lokasi : KRB III		
	Selisih Tinggi Muka Air, Δh (cm)		
	Titik 1	Titik 2	Rata-rata
10	6	3	4,5
20	5,5	2,7	4,1
30	5	2,3	3,65
40	5	2,3	3,65
50	5	2,3	3,65

(Jazaul Ikhsan, 2017)

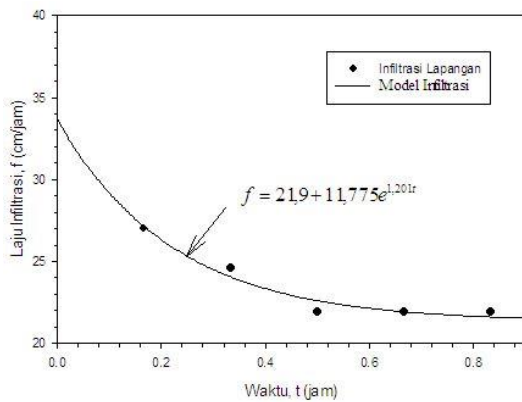
Untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi awal (f_0) adalah dengan membuat kurva *fitting* infiltrasi dari data waktu (t) dan laju infiltrasi (f). Pembuatan kurva *fitting* infiltrasi ini menggunakan aplikasi yang bernama Sigmaplot. Berikut adalah hasil dari kurva *fitting* infiltrasi pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III.



Gambar 7. Kurva *fitting* infiltrasi persamaan metode Horton pada lokasi KRB I (Sumber: JAZaul Ikhsan, 2017)



Gambar 8. Kurva *fitting* infiltrasi persamaan metode Horton pada lokasi KRB II (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)



Gambar 9. Kurva *fitting* infiltrasi persamaan metode Horton pada lokasi KRB III (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari ketiga kurva *fitting* infiltrasi seperti pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9, dapat dijelaskan bahwa laju infiltrasi pada awalnya bergerak dengan cepat dan semakin lama maka laju infiltrasi akan semakin kecil, ini memperlihatkan bahwa model Horton yang digunakan dapat menduga nilai pengamatan lapangan. Jadi, model Horton ini sangat tepat digunakan untuk pengamatan di lapangan.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5, diperoleh perhitungan parameter infiltrasi dengan metode Horton, berikut adalah hasil perhitungan parameter infiltrasi lokasi KRB I pada waktu (t) 10 menit atau 0,167 jam :

$$f = 6,9 \text{ cm/jam}$$

$$f_c = 4,8 \text{ cm/jam}$$

$$f - f_c = 2,1 \text{ cm/jam}$$

$$\log(f - f_c) = 0,322$$

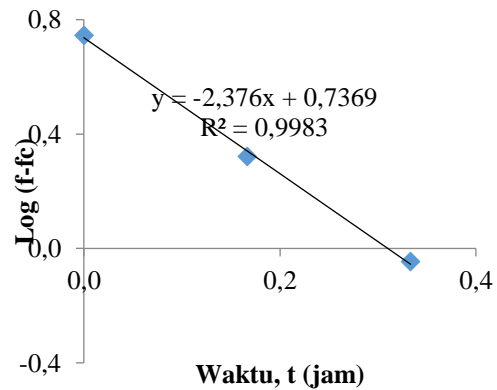
Hasil perhitungan parameter infiltrasi pada lokasi KRB I dapat dilihat pada Tabel 8 di berikut ini.

Tabel 8. Hasil perhitungan parameter infiltrasi lokasi KRB I

Lokasi : KRB I					
Waktu, t (jam)	Δh (cm)	f (cm/jam)	f_c (cm/jam)	$f-f_c$ (cm/jam)	Log (f-f _c)
0	0	10,375	4,8	5,575	0,746
0,167	1,15	6,9	4,8	2,1	0,322
0,333	0,95	5,7	4,8	0,9	-0,046
0,5	0,8	4,8	4,8	0	
0,667	0,8	4,8	4,8	0	
0,833	0,8	4,8	4,8	0	

(Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari hasil perhitungan parameter infiltrasi pada Tabel 6, kemudian dibuat grafik hubungan waktu (t) dan log (f-f_c) untuk mencari persamaan linier dan nilai gradien (m).



Gambar 10. Grafik hubungan waktu (t) dan log (f-f_c) (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari persamaan linier pada grafik tersebut diperoleh nilai gradien (m = -2,376), maka:

$$K = 0,97$$

Dengan diketahuinya nilai parameter infiltrasi pada Tabel 5.5, maka diperoleh nilai sebagai berikut:

$$f_c = 4,8 \text{ cm/jam}$$

$$K = 0,97$$

$$f_0 = 10,375 \text{ cm/jam}$$

Maka persamaan nilai kapasitas infiltrasinya adalah:

$$f = 4,8 + 5,575e^{-0,97t}$$

Dengan hasil persamaan Horton di atas, maka nilai kapasitas infiltrasi (f) pada waktu konstan, $t = 0,833$ jam adalah sebesar:

$$f = 7,285 \text{ cm/jam}$$

Jadi, nilai kapasitas infiltrasi (f) pada lokasi KRB I adalah sebesar 7,285 cm/jam.

Berikut adalah hasil dari perhitungan kapasitas infiltrasi pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III.

Tabel 9. Hasil perhitungan kapasitas infiltrasi pada lokasi KRB I

Uraian	Satuan	KRB I
m	-	-2,376
R ²	-	0,998
f_c	cm/jam	4,8
K	-	0,97
f_0	cm/jam	10,375
f (Horton)	cm/jam	$4,8 + 5,575e^{-0,97t}$
f (Kapasitas Infiltrasi)	cm/jam	7,285

(Jazaul Ikhsan, 2017)

Tabel 11. Hasil perhitungan kapasitas infiltrasi pada lokasi KRB II

Uraian	Satuan	KRB II
m	-	-2,039
R ²	-	0,995
f_c	cm/jam	4,5
K	-	1,13
f_0	cm/jam	13,113
f (Horton)	cm/jam	$4,5 + 8,6138e^{-1,13t}$
f (Kapasitas Infiltrasi)	cm/jam	7,859

(Jazaul Ikhsan, 2017)

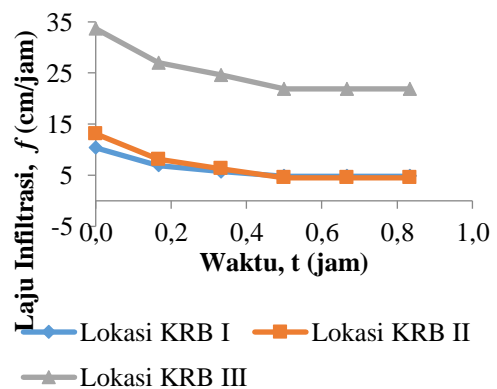
Tabel 10. Hasil perhitungan kapasitas infiltrasi pada lokasi KRB III

Uraian	Satuan	KRB III
m	-	-1,918
R ²	-	0,993
f_c	cm/jam	21,9

K	-	1,201
f_0	cm/jam	33,675
f (Horton)	cm/jam	$21,9 + 11,775e^{-1,201t}$
f	cm/jam	26,227
(Kapasitas Infiltrasi)	cm/jam	26,227

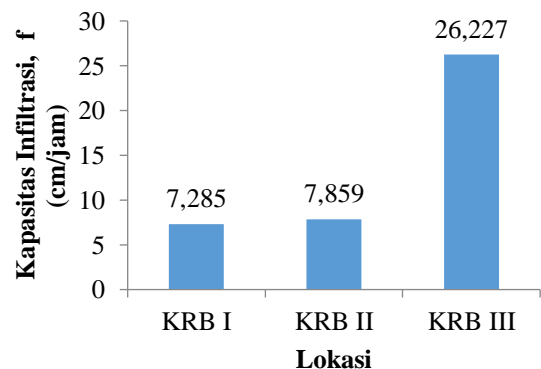
(Jazaul Ikhsan, 2017)

Di bawah ini adalah grafik laju infiltrasi dari ketiga lokasi, yaitu pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III:



Gambar 11. Grafik laju infiltrasi lokasi KRB I, KRB II dan KRB III (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari Gambar 11 dapat dijelaskan bahwa laju infiltrasi awal bergerak dengan cepat dan semakin lama, laju infiltrasi menjadi semakin kecil dan lambat.



Gambar 12. Grafik kapasitas infiltrasi lokasi KRB I, KRB II dan KRB III (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari hasil grafik maupun perhitungan nilai kapasitas infiltrasi yang sudah dilakukan dari lokasi KRB I, KRB II dan KRB III dapat dijelaskan bahwa untuk lokasi KRB III memiliki kapasitas infiltrasi yang paling besar dari pada lokasi KRB I dan lokasi KRB II, sedangkan pada lokasi KRB I memiliki kapasitas infiltrasi yang paling kecil.

Volume Total Air Infiltrasi

Pada perhitungan volume total air infiltrasi ini diasumsikan pada area seluas 1 m² selama 1 jam. Berikut adalah hasil perhitungan volume total air infiltrasi pada lokasi KRB I.

$$F(t) = 0,08369 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas area } 1 \text{ m}^2$$

$$V_t = 0,08369 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas area } 1 \text{ ha}$$

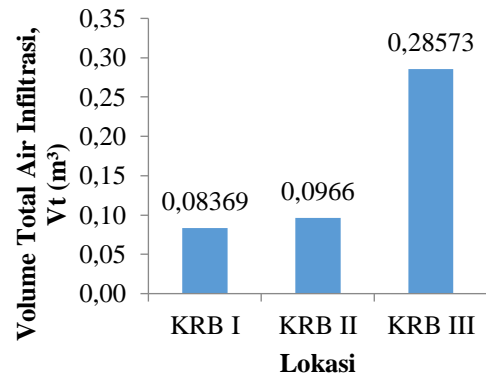
$$V_t = 836,9 \text{ m}^3$$

Dibawah ini adalah hasil perhitungan volume total air infiltrasi lokasi KRB I, KRB II dan KRB III.

Tabel 12. Hasil perhitungan volume total air infiltrasi lokasi 1 sampai 3

Parameter	Janis Penutup Lahan		
	Tanah	Rumput	Rumput
Lokasi	KRB I	KRB II	KRB III
Kapasitas infiltrasi, f (cm/jam)	7,285	7,859	26,227
Volume air infiltrasi area 1 m ² , V_t (m ³)	0,08369	0,0966	0,28573
Volume air infiltrasi area 1 ha, V_t (m ³)	836,9	966	2857,3

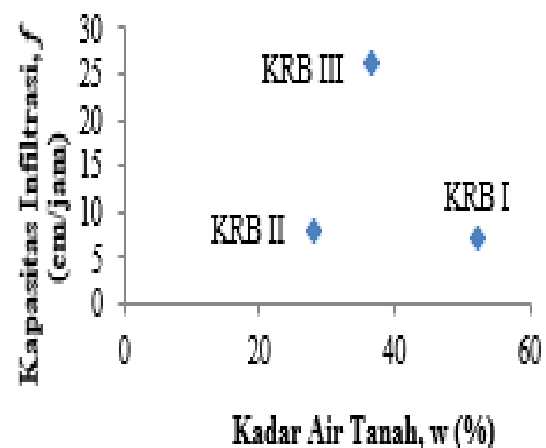
(Jazaul Ikhsan, 2017)



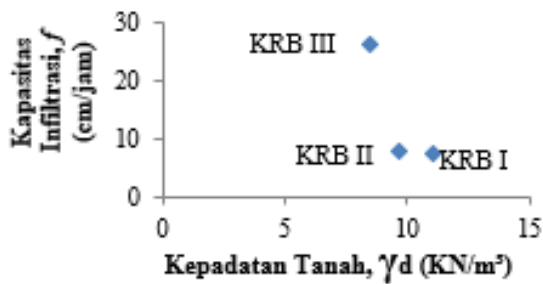
Gambar 13. Grafik volume air total infiltrasi area 1 m² selama 1 jam (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari hasil perhitungan volume air total infiltrasi pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III dapat dijelaskan bahwa pada pengujian ini, lokasi KRB III mempunyai nilai volume air infiltrasi paling besar daripada lokasi KRB II dan KRB I, sedangkan lokasi KRB I mempunyai nilai volume air infiltrasi yang paling kecil. Jadi, semakin cepat laju infiltrasinya, maka semakin besar volume total air infiltrasi.

Kapasitas infiltrasi merupakan nilai laju infiltrasi yang maksimum. Dari nilai kapasitas infiltrasi pada penelitian ini dapat dibahas tentang hubungan kadar air tanah dengan besarnya kapasitas infiltrasi.



Gambar 14. Kurva hubungan kadar air tanah dan kapasitas infiltrasi (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)



Gambar 15. Kurva hubungan kepadatan tanah dan kapasitas infiltrasi (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

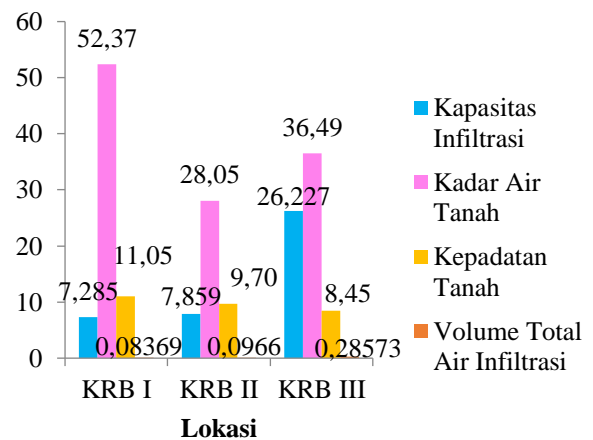
Dari kurva hubungan kadar air tanah dan kepadatan tanah terhadap besarnya kapasitas infiltrasi di lokasi KRB I, KRB II dan KRB III seperti pada Gambar 14 dan Gambar 15, maka dapat dijelaskan bahwa semakin besar kadar air tanah dan kepadatan tanah, maka kapasitas infiltrasinya akan semakin kecil. Pada lokasi KRB II memiliki kadar air yang paling kecil, tetapi memiliki kepadatan tanah yang lebih tinggi daripada lokasi KRB III, sehingga memungkinkan kapasitas infiltrasinya lebih kecil daripada lokasi KRB III.

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah diuraikan, maka hasil perhitungan nilai kapasitas infiltrasi, volume total air infiltrasi, nilai kadar air dan nilai kepadatan tanah lapangan di DAS Pabelan sesuai kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Merapi dapat dilihat pada Tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13. Hasil analisa kapasitas infiltrasi

Lokasi	KRB I	KRB II	KRB III
Kapasitas infiltrasi Horton, f (cm/jam)	7,285	7,859	26,227
Volume air infiltrasi area 1 m^2 , V_t (m^3)	0,08369	0,0966	0,28573
Volume air infiltrasi area 1 ha, V_t (ha)	836,9	966	2857,3
Kadar air (%)	52,37	28,05	36,49
Kepadatan tanah lapangan, γ_d (KN/m^3)	11,05	9,70	8,45

Jenis tanah Tanah Lempung Tanah Berpasir Tanah Berpasir
(Jazaul Ikhsan, 2017)



Gambar 16. Grafik hasil nilai kapasitas infiltrasi, kadar air tanah, kepadatan tanah dan volume total air infiltrasi lokasi KRB I, KRB II dan KRB III (Sumber: Jazaul Ikhsan, 2017)

Dari hasil perhitungan maupun grafik yang sudah dilakukan pada lokasi KRB I, KRB II dan KRB III, bahwa lokasi KRB III memiliki nilai kapasitas infiltrasi dan volume total air infiltrasi yang paling besar dibandingkan lokasi KRB I dan KRB II. Hal ini karena lokasi III memiliki nilai kepadatan tanah lapangan yang paling rendah. Pada lokasi KRB III ini seharusnya memiliki nilai kadar air yang paling kecil, tetapi kemungkinan karena dipengaruhi oleh faktor lain, yaitu rongga atau pori-pori tanah yang besar, sehingga memungkinkan laju infiltrasi yang lebih cepat. Walaupun nilai kadar airnya besar, bila rongga atau pori-pori tanahnya juga besar, maka laju infiltrasinya juga cepat. Pada lokasi KRB II memiliki kadar air yang paling kecil, tetapi memiliki nilai kepadatan tanah yang lebih tinggi daripada lokasi KRB III. Selain itu, pada lokasi KRB II ini kemungkinan juga dipengaruhi oleh rongga atau pori-pori tanah yang kecil, sehingga memungkinkan laju infiltrasinya lebih

lambat daripada lokasi KRB III.

Pada lokasi KRB I memiliki nilai kapasitas infiltrasi dan volume total air infiltrasi yang paling kecil, hal ini karena lokasi KRB I memiliki nilai kepadatan tanah dan kadar air tanah yang paling tinggi, sehingga laju infiltrasinya menjadi semakin lambat.

Jadi, dari hasil kapasitas infiltrasi dan volume total air infiltrasi ini dapat diperkirakan apabila terjadi hujan, maka limpasan permukaan yang paling besar kemungkinan terjadi pada lokasi KRB I, karena pada lokasi ini memiliki nilai kapasitas infiltrasi dan volume total air infiltrasi yang paling kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka didapat kesimpulan bahwa hasil perhitungan nilai kapasitas infiltrasi, volume total air infiltrasi, kadar air tanah dan nilai kepadatan tanah lapangan di DAS Pabelan adalah sebagai berikut:

1. Nilai kadar air tanah pada lokasi KRB I sebesar 52,37 %, pada lokasi KRB II sebesar 28,05 % dan pada lokasi KRB III sebesar 36,49 %. Semakin tinggi nilai kadar air tanah, semakin lambat laju infiltrasinya.
2. Nilai kepadatan tanah lapangan pada lokasi KRB I sebesar 11,05 KN/m³, pada lokasi KRB II sebesar 9,70 KN/m³ dan pada lokasi KRB III sebesar 8,45 KN/m³. Semakin tinggi nilai kepadatan tanah, semakin lambat laju infiltrasinya.
3. Nilai kapasitas infiltrasi pada lokasi KRB I sebesar 7,285 cm/jam, pada lokasi KRB II sebesar 7,859 cm/jam dan pada lokasi KRB III dengan sebesar 26,227 cm/jam. Semakin cepat laju infiltrasi, semakin besar nilai kapasitas infiltrasinya.

Volume total air infiltrasi seluas area 1 m² pada lokasi KRB I sebesar

0,08369 m³ atau 836,9 m³ seluas area 1 ha, pada lokasi KRB II sebesar 0,0966 m³ atau 966 m³ seluas area 1 ha dan pada lokasi KRB III sebesar 0,28573 m³ atau 2857,3 m³ seluas area 1 ha. Semakin cepat laju infiltrasi, semakin besar nilai volume total air infiltrasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainia, D. K., & Jiarzanah, J. (2021). Analisis Deep Ecology Arne Naess terhadap Aktivitas Penambangan Pasir (Studi Kasus: Penambangan Pasir Merapi di Sekitar Sungai Gendol Cangkringan Sleman Yogyakarta). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 98–106. <https://doi.org/10.14710/jil.19.1.98-106>
- Aminudin, Y., Lestari, P., Prasetyo, E., & Utomo, S. (2021). Kelimpahan Makrofauna Tanah pada Lahan Pasca Erupsi Gunung Merapi di Kawasan Nasional Gunung Merapi. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 4(2), 98–112. <https://doi.org/10.32662/gjfr.v4i2.1658>
- Barid, B., Ilhami, T., & Fadli, F. (2007). Kajian Unit Resapan Dengan Lapisan Tanah dan Tanaman dalam Menurunkan Limpasan Permukaan. *Berkala Ilmiah Teknik Keairan*, 13(4), 248–255.
- BPPTK ESDM. (2010). *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi dan Area Terdampak Letusan 2010*.
- Burdiono, M. (2012). *Pemanfaatan Serasah Tebu sebagai Mulsa terhadap Pemadatan Tanah Akibat Lintasan Roda Traktor pada PG. Takalar*. Universitas Hassanudin. Cahyani, H. C., Hidayah, E., Wiyono, R. U. A., Halik, G., & Widiarti, W. Y. (2021). Prediksi Laju Sedimentasi Pada Sungai Jatiroto. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 17(1).

- <https://doi.org/10.25077/jrs.17.1.64-71.2021>
- Dipa, H., Fauzi, M., & Lilis Handayani, Y. (2021). Analisis Tingkat Laju Infiltrasi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sail. *JURNAL TEKNIK*, 15(1).
<https://doi.org/10.31849/teknik.v15i2.5011>
- Fardila, D., Setiya Utami, S. T., & Tasyah, A. Y. (2022). Tinjauan Kinerja Inlet Jalan untuk Mengurangi Genangan Akibat Limpasan Hujan. *Teknika*, 17(1), 1–11.
<https://doi.org/10.26623/teknika.v17i1.3127>
- Munir, Moh. D. (2019). Bangunan Sabodam, Fungsi dan Potensinya sebagai Bagian dari Geowisata Gunung Api Merapi. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 10(2).
<https://doi.org/10.34126/jlbg.v10i2.202>
- Ningsih, S., & Purnama, S. (2012). Kajian Laju Infiltrasi Tanah dan Imbuhan Air Tanah Lokal Sun DAS Gendol Pasca Erupsi Merapi 2010. *Fakultas Geografi UGM*, 218–226.
- Nurjanah, T. (2016). *Analisis Erosi dan Sedimentasi pada Sungai Progo setelah Erupsi Gunung Merapi Tahun 2010 Menggunakan Aplikasi Hec-RAS 4.1.0*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Pratama, A. I. (2015). *Kajian Nilai Infiltrasi Jenis Penutup Lahan di UMY dalam Upaya Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Qoidah, Widowati, E. (2020). Manajemen Bencana Gunung Merapi Berbasis Masyarakat. *Higeiajournal of Public Health Research and Development*, 4(1).
- Rohmat, D., & Soekarno, I. (2006). Formulasi Efek Sifat Fisik Tanah terhadap Permeabilitas dan Suction Head Tanah (Kajian Empirik untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi). *Jurnal Bionatura*, 8(1), 1–9.
- Safitri, D., & Ubaidi, B. (2022). Perbandingan Berat Tanah Basah dengan Volume Tanah (Uji Berat Volume). *Ilmuteknik.Org*, 2(1).
- Saribun, D. S. (2007). *Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng terhadap Bobot Isi, Poporitas Total dan Kadar Air Tanah pada Sub-DAS Cikapundung Hulu*. Universitas Padjadjaran.
- Sir, T. M. W., Udiana, I. M., & Isu, S. R. (2018). Perbandingan Pengukuran Kadar Air Tanah Lempung Menggunakan Metode Gravimetry dan Metode Gypsum. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).
- Soemarto, C. (1999). *Hidrolika Teknik*. Erlangga.
- Suriadikarta, Abbas, A., Sutono, Erfandi, D., Santoso, E., & Kasno, A. (2010). Identifikasi Sifat Kimia Abu Volkan, Tanah dan Air di Lokasi Dampak Letusan Gunung Merapi. *Balai Penelitian Tanah*, 1–14.
www.carazone.net/2010/11/jumlah-korban-merapi-terbaru-hari-ini.html
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset.