

PENENTUAN KAPASITAS INFILTRASI TANAH RESIDU DI KULON PROGO

Rehni Setiati^a, Agus Setyo Muntohar^{a*}

^a Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Kampus UMY Jl. Lingkar Selatan Taman Tirto, Yogyakarta

Article history

Received

1 February 2015

Received in revised form

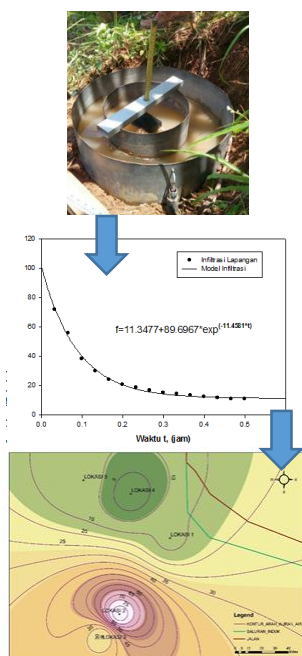
24 March 2015

Accepted

1 August 2015

*Corresponding author
muntohar@umy.ac.id

Graphical abstract



Abstrak

Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan diteruskan ke dua arah, yaitu air limpasan yang bergerak secara horizontal (*run-off*) dan air yang bergerak masuk ke dalam tanah secara vertikal yang disebut air infiltrasi. Pemahaman mengenai infiltrasi dan laju infiltrasi yang terjadi serta faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi di lapangan pada wilayah dengan curah hujan tinggi sangat penting dilakukan guna menentukan laju dan kedalaman infiltrasi selama hujan. Infiltrasi hujan ke dalam tanah dapat menyebabkan tanah menjadi jenuh dan memicu terjadinya gerakan tanah karena erosi dan peningkatan tekanan air pori. Dalam penelitian ini laju dan kedalaman infiltrasi ditentukan dengan pengujian *double ring infiltrometer*.

Salah satu metode perhitungan laju infiltrasi yang dapat digunakan adalah metode Horton. Metode infiltrasi Horton mempunyai tiga parameter yang menentukan proses infiltrasi dalam tanah yaitu parameter k (konstanta), infiltrasi awal (f_0) dan infiltrasi konstan (f_c). Hasil perhitungan laju infiltrasi kemudian dipetakan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Peta persebaran laju infiltrasi menggunakan metode interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*).

Hasil perhitungan dan analisis menunjukkan bahwa besarnya laju infiltrasi di daerah lereng Kalibawang, Kulon Progo berkisar dari kelas sangat lambat hingga sedang dengan nilai kapasitas infiltrasi 0,704 mm/jam sampai dengan 60,88 mm/jam. Hasil peta persebaran laju infiltrasi menunjukkan bahwa arah aliran air pada lereng Kalibawang Kulon Progo, bergerak dari lokasi dengan nilai kapasitas infiltrasi terbesar pada elevasi yang cukup tinggi, menuju lokasi dengan nilai kapasitas infiltrasi yang lebih kecil pada elevasi yang lebih rendah, kemudian menuju lokasi dengan nilai kapasitas infiltrasi yang semakin kecil pada elevasi yang semakin rendah.

Kata kunci: *double ring infiltrometer, Infiltrasi, Laju Infiltrasi*

© 2015 Penerbit LP3M UMY. All rights reserved

1 PENDAHULUAN

Kejadian-kejadian yang berhubungan dengan peristiwa kelongsoran tanah atau pergerakan tanah terutama pada lereng sering terjadi pada musim penghujan. Heriansyah dkk, (2014) menyebutkan bahwa pengaruh air hujan terutama pada lereng mengakibatkan naiknya kadar air melalui rembesan air langsung di permukaan, maupun rembesan yang masuk melalui celah – celah retakan tanah, ketika tanah menjadi jenuh maka tanah akan kehilangan semua tambahan kekuatan geser yang berasal dari tekanan air negatif, sehingga hal ini

mengakibatkan tanah menjadi tidak stabil dan mudah longsor.

Umumnya peristiwa tanah longsor terjadi pada pertengahan atau akhir musim penghujan, hal ini disebabkan pada saat itu kapasitas infiltrasi mencapai minimum karena sebagian besar pori terisi air (Munaljid, 2015). Kapasitas infiltrasi merupakan laju infiltrasi maksimum suatu jenis tanah tertentu, sedangkan laju infiltrasi adalah banyaknya air persatuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah (Suhendra, 2006). Pengujian infiltrasi di lapangan pada wilayah dengan curah hujan tinggi sangat penting dilakukan guna menentukan laju dan

kedalaman infiltrasi selama hujan. Infiltrasi hujan ke dalam tanah dapat menyebabkan tanah menjadi jenuh dan memicu terjadinya gerakan tanah karena erosi dan peningkatan tekanan air pori (Ziadat & Tiameh, 2013; Muntohar, 2015; Muntohar et al., 2014; Rasimeng et al., 2007). Dalam penelitian ini laju dan kedalaman infiltrasi ditentukan dengan pengujian *double ring infiltrometer*.

2 METHODOLOGY

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada lereng di sekitar Saluran Induk Kalibawang, Desa Banjararum, Kecamatan Kalibawang, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1). Terdapat lima lokasi titik pengujian seperti ditampilkan pada Gambar 2. Penutup lahan pada lereng berupa tanaman tebu dengan tinggi 1-1,5 m.



Gambar 1 Lokasi penelitian

2.1 Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian kapasitas infiltrasi di lapangan dalam penelitian ini adalah *double ring infiltrometer* yang terdiri dari dua pasang silinder konsentris atau tabung atau silinder bagian dalam (silinder B) dan luar (silinder A). Silinder luar berdiameter 55 cm dan silinder dalam berdiameter 30 cm, dengan tinggi 25 cm.

2.2 Pelaksanaan Pengujian

Uji Infiltrasi

Silinder diletakan pada permukaan tanah yang datar dan dimasukkan dengan alat pemukul hingga sedalam 10 cm guna mencegah rembesan air dari dalam silinder. Air dimasukkan silinder B setinggi 5-10 cm selama 2 menit, dan tinggi air dijaga agar tetap. Kemudian air diberikan ke dalam silinder A dan tinggi muka air dijaga lebih tinggi dari muka air di silinder B.

Penurunan muka air (ΔH) dalam silinder A diukur setiap interval waktu (Δt) 2 menit selama 40 menit atau tidak terjadi perubahan tinggi muka air atau tetap. Laju infiltrasi ditentukan dengan persamaan 1 berikut :

$$f(t) = \frac{\Delta H}{t} \quad (1)$$

dengan, ΔH = Tinggi penurunan (cm) pada interval waktu t , t = waktu yang dibutuhkan oleh air pada ΔH untuk masuk ke tanah (menit).



Gambar 2 Lokasi titik-titik pengujian dan pengambilan contoh tanah



Gambar 3 Alat uji *double ring infiltrometer*

Pemeriksaan Jenis Tanah dan Kadar Air Tanah

Sebelum pengujian infiltrasi, contoh tanah do permukaan diambil. Kemudian, setelah selesai pengujian infiltrasi dilakukan pengambilan contoh tanah dengan menggunakan bor tangan pada setiap kedalaman 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm. Sampel tanah pada setiap lokasi pada masing-masing kedalaman dilakukan pengujian kadar air. Prosedur pengujian mengikuti SNI 1965:2008 (BSN, 2008a).

Analisis ukuran partikel tanah dilakukan untuk contoh tanah yang diambil pada kedalaman 50 cm. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis hidrometer dan analisis saringan di laboratorium. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 3423:2008 (BSN, 2008b).

2.3 Analisis Data

Hubungan antara laju infiltrasi dan waktu digambarkan dalam suatu grafik agar dapat diperkirakan kapasitas infiltrasi. Hasil pengukuran laju infiltrasi tanah di lapang dianalisis lebih lanjut untuk menduga laju infiltrasi tanah berdasarkan model Horton yang dituliskan dalam persamaan 2 (Horton, 1941).

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c)e^{-Kt} \tag{2}$$

dengan :

$f(t)$ = laju infiltrasi pada waktu ke- t (cm/jam),

f_c = kapasitas infiltrasi konstan (cm/jam),

f_o = kapasitas infiltrasi awal (cm/jam),

t = waktu (jam).

Parameter f_c , f_o , dan K , dalam persamaan 2 ditentukan dengan regresi fungsi *exponent* dalam persamaan 3.

$$y = y_o + ae^{-bt} \tag{3}$$

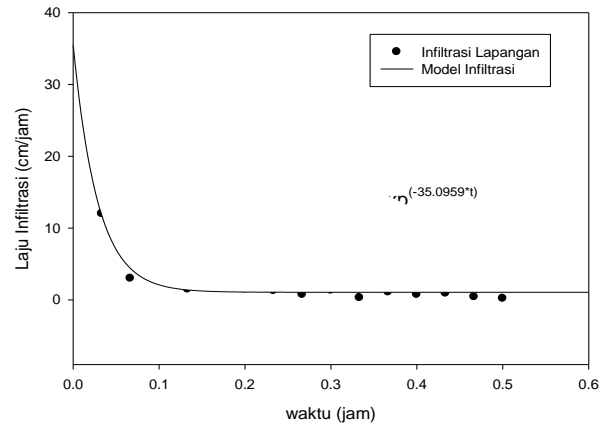
dengan, $f(t) = y$, $(f_o - f_c) = a$, $f_o = y_o$, dan $K = b$. Metode kuadrat terkecil digunakan untuk menentukan koefisien regresi y_o , a , dan b . Analisis regresi dilakukan dengan perangkat lunak SigmaPlot.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

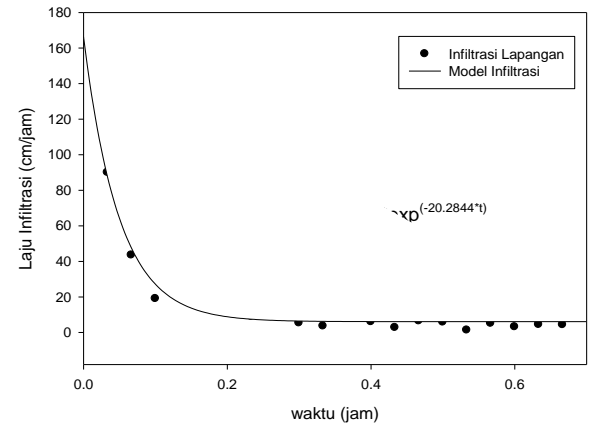
3.1 Laju Infiltrasi

Grafik hubungan antara laju infiltrasi dan waktu disajikan pada Gambar 4 hingga 8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju infiltrasi akan berkurang sejalan dengan bertambahnya waktu, dapat dilihat pada hasil yang menunjukkan makin lama laju infiltrasinya akan berkurang. Bertambahnya waktu air yang meresap ke dalam tanah, membuat lapisan tanah menjadi basah dan tanah akan dalam keadaan jenuh air, sehingga tanah tidak mampu lagi menyerap air.

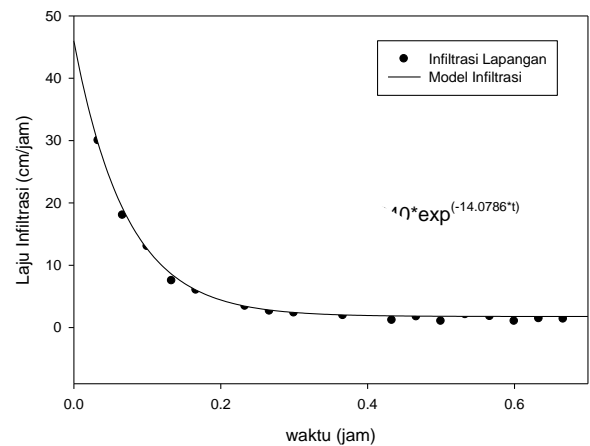
Dari hasil pembuatan kurva *fitting*, diperoleh nilai kapasitas infiltrasi pada saat t (waktu) konstan pada lokasi 1 sebesar 1,062 cm/jam. Pada lokasi 2 sebesar 6,088 cm/jam. Pada lokasi 3 sebesar 1,778 cm/jam. Pada lokasi 4 sebesar 0,0704 cm/jam, dan pada lokasi 5 sebesar 0,3782 cm/jam.



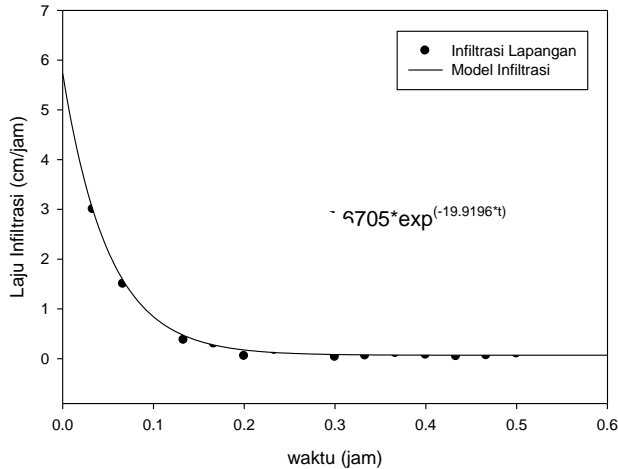
Gambar 4 Hubungan laju infiltrasi - waktu dan kurva persamaan Horton di lokasi 1



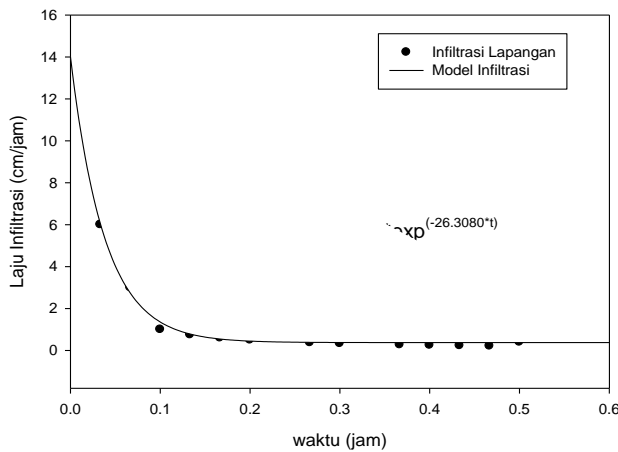
Gambar 5 Hubungan laju infiltrasi - waktu dan kurva persamaan Horton di lokasi 2



Gambar 6 Hubungan laju infiltrasi - waktu dan kurva persamaan Horton di lokasi 3



Gambar 7 Hubungan laju infiltrasi - waktu dan kurva persamaan Horton di lokasi 4



Gambar 8 Hubungan laju infiltrasi - waktu dan kurva persamaan Horton di lokasi 5

Dari hasil perhitungan kapasitas infiltrasi kemudian diklasifikasikan berdasarkan tabel klasifikasi laju infiltrasi. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa adanya perbedaan klas laju infiltrasi disetiap lokasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

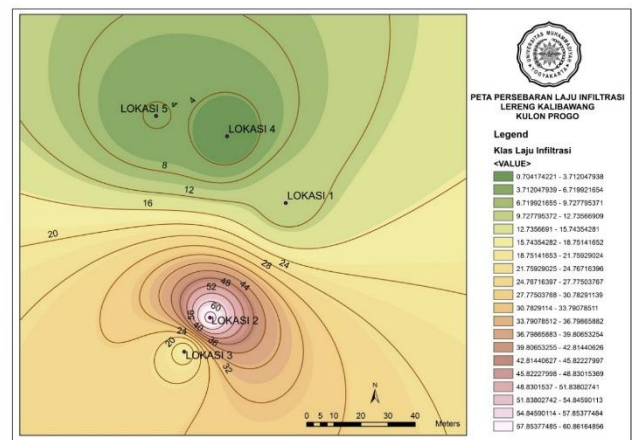
Tabel 1 Klasifikasi Laju Infiltrasi di Lereng Kalibawang Kulon Progo

Titik Lokasi Pengujian	Laju Infiltrasi (mm/jam)	Klasifikasi Laju Infiltrasi
1	10,62	Agak Lambat
2	60,88	Sedang
3	17,78	Agak Lambat
4	0,704	Sangat Lambat
5	3,782	Lambat

Tanah pada lokasi 4 memiliki klas infiltrasi sangat lambat dengan nilai laju infiltrasi hanya 0,704

cm/jam diakibatkan tanah pada lokasi 4 telah pada keadaan jenuh air yang ditunjukkan dari nilai pengujian kadar air awal yang tinggi sebesar 57,1 %, sedangkan pada lokasi 2 memiliki klas laju infiltrasi lebih besar dari lokasi lainnya yaitu pada klas laju infiltrasi sedang dengan nilai laju infiltrasi 60,88 cm/jam disebabkan kondisi tanah awal masih dalam kondisi kering yang ditunjukkan dari nilai kadar air yang rendah sebesar 45,34 %, nilai hasil pengujian kadar air awal masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil perhitungan kapasitas infiltrasi kemudian dibuat kontur dengan diplotkan koordinat masing – masing lokasi menggunakan ArcGis 10.1, sehingga dapat diketahui bagaimana arah aliran air tersebut mengalir berdasarkan kapasitas infiltrasi yang telah diperoleh.



Gambar 9 Kontur menggambarkan arah aliran air

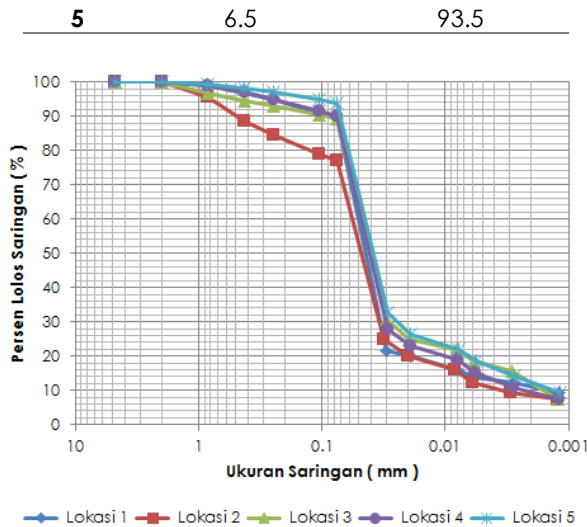
Garis kontur kapasitas infiltrasi pada Gambar 9 sepanjang garis kontur tersebut tidak terdapat aliran air tanah, karena arah aliran air tanah tegak lurus dengan garis kontur. Maka dapat dilihat bahwa aliran air tanah pada lokasi tersebut secara umum bergerak dari bagian barat daya (lokasi 2 dan 3) berada pada elevasi yang cukup tinggi, menuju timur laut (lokasi 1) kemudian menuju lokasi 4 dan 5 ke elevasi yang lebih rendah.

3.2 Karakteristik Tanah

Dari pengujian analisis ukuran butir tanah diperoleh hasil persentase jumlah fraksi kasar dan fraksi halus tanah yang ditunjukkan pada Tabel 2 Secara umum tanah berupa fraksi halus dengan jenis tanah lempung.

Tabel 4.3 Hasil analisis ukuran butir tanah masing-masing lokasi

Lokasi	Jumlah Fraksi	
	Kasar (%)	Halus (%)
1	11	89
2	23.3	76.7
3	10.9	89.1
4	10	90



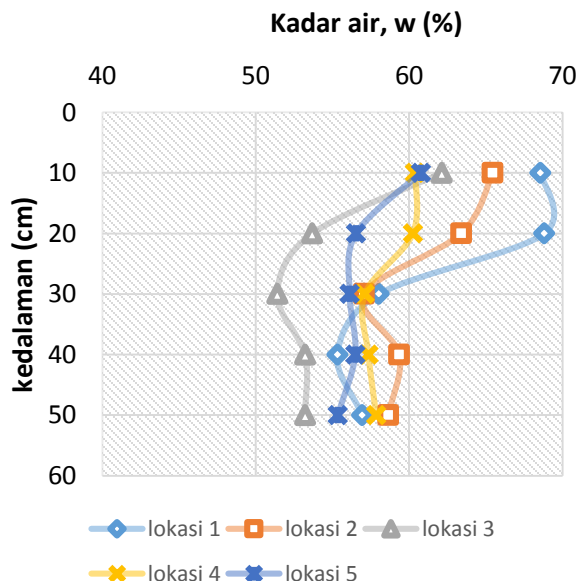
Gambar 10 Kurva distribusi ukuran butir tanah

3.3 Distribusi Kadar Air Tanah

Nilai kadar air tanah awal sebelum pengujian infiltrasi ditunjukkan pada Tabel 3. grafik hubungan antara kedalaman dan kadar air ditunjukkan pada Gambar 11.

Tabel 4.4 Nilai kadar air tanah awal sebelum pengujian infiltrasi

Lokasi	Kadar air tanah awal sebelum pengujian, w_0 (%)
1	52.63
2	47.85
3	45.34
4	57.1
5	48.73



Gambar 11 Kurva distribusi ukuran butir tanah

Dari grafik hubungan antara kedalaman dan kadar air, maka dapat dilihat distribusi kadar air dari masing – masing lokasi. Lokasi 1 kadar air mengalami kenaikan hingga kedalaman 20 cm, hal tersebut menunjukkan bahwa air hanya terdistribusi sampai kedalaman 20 cm. Pada lokasi 2 air terdistribusi sampai kedalaman 20 cm. Pada lokasi 3 air terdistribusi sampai kedalaman 20 cm. Pada lokasi 4 air terdistribusi sampai kedalaman 20 cm, dan pada lokasi 5 air terdistribusi hanya sampai kedalaman 10 cm. Zona basah berada sampai kira – kira sampai kedalaman 30 cm.

4 KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Besarnya laju infiltrasi di daerah lereng Kalibawang, Kulon Progo berkisar dari kelas sangat lambat hingga sedang dengan nilai kapasitas infiltrasi 0,704 mm/jam sampai dengan 60,88 mm/jam.
2. Arah aliran air pada lereng Kalibawang, Kulon Progo bergerak dari lokasi dengan nilai kapasitas infiltrasi terbesar pada elevasi yang cukup tinggi, menuju lokasi dengan nilai kapasitas infiltrasi yang lebih kecil pada elevasi yang lebih rendah, kemudian menuju lokasi dengan nilai kapasitas infiltrasi yang semakin kecil pada elevasi yang semakin rendah.

Ucapan Terimakasih

This research is fully supported by ERGS grant, 203/PAERO/6730118. The authors fully acknowledged Ministry of Higher Education (MOHE) and Universiti Sains Malaysia for the approved fund which makes this important research viable and effective.

Daftar Pustaka

Aidatul, N. (2015). *Pemetaan Laju Infiltrasi Menggunakan Metode Horton Di Sub DAS Tenggara Kabupaten Bondowoso*. Jember: Tugas Akhir, S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Jember.

BSN, 2008, SNI 1965:2008, Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

BSN, 2008b, SNI 3423:2008, Cara uji analisis ukuran butir tanah, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Horton, R.E., (1941). *An Approach Toward A Physical Interpretation of Infiltration-Capacity*, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 5, 399-417.

- Hsu, S.M., Ni, C.F., and Hung, P.F (2002). Assessment of Three Infiltration Formulas based on Model Fitting on Richards Equation. *Journal Of Hydrologic Engineering*, Vol 7(5). P,P. 373.
- Ignatius (2011). *Stabilisasi Tanah Residual Depok Dengan Kapus Sebagai Lapisan Perkerasan*. Depok: Tugas Akhir, S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- Isnaini, S. (2002). *Analisis Kemampuan Infiltrasi Lahan Berdasarkan Kondisi Hidrometeorologis Dan Karakteristik Fisik DAS Pada Sub DAS Kreo Jawa Tengah*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Lili, M., Bralts, V.F., Yinghua, P., Han, L., and Tingwu, L. (2008). Methods for measuring soil infiltration: State of the art. *International Journal Agriculture and Biology Engineering*, Vol. 1(1).
- Munaljid, J.K., Montarich, L., Asmaranto, R., dan Noorvy, D. (2015). *Aplikasi Model infiltrasi Pada Tanah dengan Model Kostiyacov Dan Model Horton Menggunakan Alat Rainfall Simulator*. Jurnal Ilmiah Konservasi Sumber Daya Air, Fakultas Teknik, Unversitas Brawijaya.
- Muntohar, A.S. (2015). *Stability Analysis Of A Shallow Slope Failure During Rainy Season in Kulonprogo Indonesia*. International Conference on Landslide and Slope Stability, Kuta, Bali, Indonesia.
- Muntohar, A.S., Suradi, M, dan Fourie, A., (2014). *Effect of Rainfall Intensity and Initial Matric Suction on the Stability of Residuals Soils Slope*. Pertemuan Ilmiah Tahunan HATTI ke-18, Jakarta, Indonesia, P,P. 231-236.
- Putra, H., Rifa'i, A., dan Sujono, J. (2014). *Pengaruh Infiltrasi terhadap Parameter Tanah Jenuh Sebagian dalam Analisis Stabilitas Lereng*. Yogyakarta: Tesis S2, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada
- Rasimeng, S., Dasaputra, A., dan Alimuddin. (2007). Penentuan Kadar Air Sebagai Variabel Penyebab Longsor Pada Jalan Lintas Propinsi Di Kecamatan Sumberjaya Lampung Barat. *Jurnal Sains MIPA, Edisi Khusus Tahun, Vol 13(3): P,P. 246-250*.
- Ritawati, S., Mawardi, M., dan Goenadi, S. (2012). Kesesuaian Model Infiltrasi Philips Untuk Prediksi Limpasan Permukaan Menggunakan Metode Bilangan Kurva. *Jurnal Agrithech*, Vol, 32(3).
- Sudarsono, S., dan Hasibuan, G., (2011). Karakteristik Geologi Teknik Tanah Residu Batuan Sedimen Kuartir Bawah Daerah Kertajati, Majalengka, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 6 (3) P,P.177-189
- Touma, J., and Albergel, J. (1991). Determining soil hydrologic properties from rain simulator or double ring infiltrometer experiments: a comparison. *Journal Of Hydrology Engineering*. Vol. 135. P,P. 73-86.
- Verma, S.C. (1982). Modified Horton's infiltration equation. *Journal Hidrology*, Vol. 58, P.P. 383-388.
- Ziadat, F.M., Taimeh, A.Y. (2013). Effect Of Rainfall Intensity, Slope, Land Use And Antecedent Soil Moisture on Soil Erosion in An Arid Environment. *Journal of Land Degradation and Development*, Vol. 24, P,P. 582–590