

TEKNOLOGI PERTANIAN

PENENTUAN KONSTANTA INFILTRASI PADA PERSAMAAN KOSTIAKOV MODIFIKASI DI KECAMATAN SUMBERSARI, KALIWATES, DAN PAKUSARI

Infiltration Constant Determination Of Modified Kostiakov Equation In Summersari, Kaliwates, and Pakusari District

Mohamad Erfan Sulianto*, Suhardjo Widodo, dan Elida Novita.

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37 Kampus Tegalboto, Jember 68121

*E-mail: suliantoerfan41@gmail.com

ABSTRACT

Infiltration is a process of water absorption into the soil through the soil surface. Infiltration equation used to estimate amount of water. It depends on the types of soil. The aim of this research was to know the infiltration rate and cumulative infiltration from some types of soil texture, at 3 districts of Jember Regency, The research are done at Summersari, Kaliwates, and Pakusari District using Modified Kostiakov Equation infiltration. Parameters observed were moisture soil content, soil texture, infiltration rate, and accumulation infiltration. The method used in this case was experimental with double-ring infiltrometer inundation. This research showed infiltration constant were obtained also varies such as loam $\hat{Y} = 1,27t^{0,52} + 0,001$, clay loam $\hat{Y} = 0,67t^{0,41} + 0,004$, and sandy loam $\hat{Y} = 0,44t^{0,40} + 0,0001$.

Keywords: *Constanta Infiltration, Modified Kostiakov Equation, Double Ring Infiltrometer, Soil Texture*

PENDAHULUAN

Siklus hidrologi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi dengan air dari saat jatuh ke bumi hingga menguap ke udara untuk kemudian jatuh lagi ke bumi. Air yang berasal dari atmosfer yang jatuh ke bumi akan masuk ke permukaan tanah dan secara vertikal akan meresap melalui profil melintang vertikal suatu tanah. Proses masuknya air ke dalam tanah disebut dengan peristiwa infiltrasi (Arsyad, 1980:44). Infiltrasi di definisikan sebagai gerakan air ke bawah melalui permukaan tanah ke dalam profil tanah (Indarto, 2010:32).

Gerakan air ke bawah melalui permukaan tanah dimulai ketika air jatuh pada tanah kering, sehingga permukaan tanah atas menjadi basah, sedangkan bagian bawahnya relatif masih kering. Dengan demikian terdapat perbedaan yang besar dari gaya kapiler antara permukaan atas tanah dengan yang ada di bawah permukaan tanah. Karena adanya perbedaan tersebut, maka terjadi gaya kapiler yang bekerja bersama-sama dengan gaya berat, sehingga terjadi infiltrasi (Arsyad, 1980:55). Peristiwa infiltrasi tersebut sangat penting diketahui nilainya. Dari nilai tersebut diperoleh data laju infiltrasi, Data laju infiltrasi dapat dimanfaatkan untuk menduga kapan suatu limpasan permukaan (*Surface Run-off*) akan terjadi bila suatu jenis tanah telah menerima sejumlah air tertentu, baik melalui curah hujan ataupun irigasi dari suatu tandon air di permukaan tanah (Noveras, 2002:150).

Untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi yang ada di lapang, dilakukan pendekatan pendugaan melalui persamaan infiltrasi. Telah dikembangkan persamaan empiris infiltrasi seperti model Green dan Ampt, Kostiakov, Kostiakov Modifikasi, Horton, Holtan, dan model analitik seperti model Richards-Darcy, untuk mendeskripsikan peristiwa aliran air dalam tanah tak jenuh terutama untuk proses infiltrasi (Mein dan Larson, 1973:233).

Kemampuan persamaan Kostiakov Modifikasi dalam menduga laju infiltrasi dinilai dari simpangan baku sisaan model (s) yaitu semakin kecil nilai simpangan bakunya hingga mendekati nol

maka perbedaan variasi model juga kecil terhadap hasil pengukuran di lapang. Koefisien determinasi (R^2) semakin mendekati 100% maka nilai ketelitian pendugaan semakin handal dan nilai kuadrat terkecil menunjukkan laju infiltrasi lapang dan pendugaan (f merupakan infiltrasi kumulatif yaitu f lapang dan f duga). Persamaan Kostiakov Modifikasi mampu menduga hingga 99,818 % pada tingkat kerapatan vegetasi rendah (Silamon, 2004:40). Hubungan antara konstanta dengan kadar air tanah awal ditunjukkan dari analisis regresi linier dan nilai logaritma terhadap waktu (t) dan infiltrasi kumulatif (F) menunjukkan hubungan yang lebih erat pada lahan terbuka dan kerapatan vegetasi yang rendah. Sehingga nilai tersebut menjadi ketepatan pendugaan karena persamaan Kostiakov Modifikasi memiliki parameter konstanta yang diperoleh dari nilai laju awal hingga akhir dan tidak membutuhkan kombinasi faktor lain seperti vegetasi, lahan, dan tempat (Januar et al., 1999:8).

Dari berbagai faktor yang berpengaruh, tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah yaitu berupa laju infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif dari berbagai golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah, terutama perbandingan antara fraksi-fraksi klei, debu, dan pasir. Seperti tanah dengan tekstur dominan klei akan cenderung mengikat air lebih lama, dalam proses infiltrasi membuat tanah lebih cepat jenuh. Sebaliknya tanah dengan kandungan dominan tekstur tanah pasir akan lebih mudah melepaskan air sehingga laju infiltrasi menjadi rendah (Sarief, 1985:47).

Tekstur tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi, dengan kelas tekstur yang berbeda laju infiltrasi yang terjadi berbeda pula. Untuk menguji perbedaan tersebut, keragaman tekstur tanah di lapang penelitian sebelumnya dilakukan di tiga tempat yang berbeda di Kabupaten Jember yaitu Jember bagian utara dominan tanah lom berpasir, Jember bagian tengah silt lom, dan Jember bagian selatan dominan lom berdebu. Keragaman tekstur tanah tersebut memiliki perbedaan sifat fisik tanah terhadap kemampuan mengikat air air, lamanya kejenuhan tanah dan kecepatan infiltrasi ke dalam tanah (Saputra, 2007:14).

Berdasarkan uraian di atas, kelebihan persamaan Kostiakov Modifikasi sesuai untuk diterapkan pada kerapatan vegetasi rendah (misalnya pada lahan terbuka seperti tegalan). Keragaman tekstur tanah juga ditunjukkan dalam tiap area atau Kecamatan. Sehingga perlu dilakukan penelitian menggunakan model Kostiakov Modifikasi untuk mencari nilai konstantanya pada tempat yang berbeda dalam satu wilayah Kabupaten.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui nilai laju infiltrasi dan infiltrasi kumulatif pada berbagai tekstur tanah di Kecamatan Summersari, Kecamatan Kaliwates, dan Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember. (2) Mencari nilai konstanta di lapang dengan menggunakan pendekatan persamaan infiltrasi kostiakov modifikasi

BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan penelitian. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	No.	Nama Alat
1	Timbangan Analitik Ohaus Precision Advanced GT 4100.	10	Ring Infiltrometer Silinder Ganda
2	Gelas ukur (Beaker Glass) ukuran 600 ml.	11	Stopwatch
3	Kertas label	12	Ring sampel
4	Pengaduk	13	Pisau
5	HOTplate SH3 (Stuart Scientific)	14	Meteran
6	Tabung sedimentasi 100ml	15	Tali dan pasak
7	Cawan aluminium	16	Palu dan papan kayu
8	Eksikator	17	Air sumur
9	Pengayak Tekstur 0,05 mm.		

Tahapan Penelitian. Penelitian ini menggunakan tanah tegalan di Kecamatan Summersari, Kecamatan Kaliwates dan Kecamatan Pakusari dalam wilayah Kabupaten Jember. Penelitian ini dibagi menjadi penelitian awal dan penelitian utama. Penelitian awal tinjauan lapang, pengukuran kadar air tanah awal, dan pengukuran tekstur tanah di Laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Universitas Jember. Penelitian Utama dilakukan dengan membuat plot ukuran 5 x 5 meter untuk menentukan batas pengukuran laju infiltrasi. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan 3 kali pengulangan tiap lokasi menggunakan ring infiltrometer silinder ganda. Mulai dari pemberian tanda batas ketinggian air pada alat manometer ring sebesar 11 cm. Kemudian memasukkan ring ke dalam plot dengan jarak 3 meter antar ring infiltrometer. Memberi air pada ring bagian luar maupun dalam. Kemudian mengukur penurunan air pada manometer dengan selisih waktu dimulai dari menit ke 5, 10, 15, 25, 35, 45, 60, 75, 90, 110, dan 130 menit.

Pengolahan Data. Pada tahap pengolahan data menggunakan persamaan infiltrasi Kostiakov Modifikasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$\hat{Y} = at^\alpha \dots\dots(1)$$

$$\hat{Y} = at^\alpha + b \quad t \neq 0 \quad \dots\dots(2)$$

Keterangan :

\hat{Y} = Infiltrasi kumulatif di waktu t,

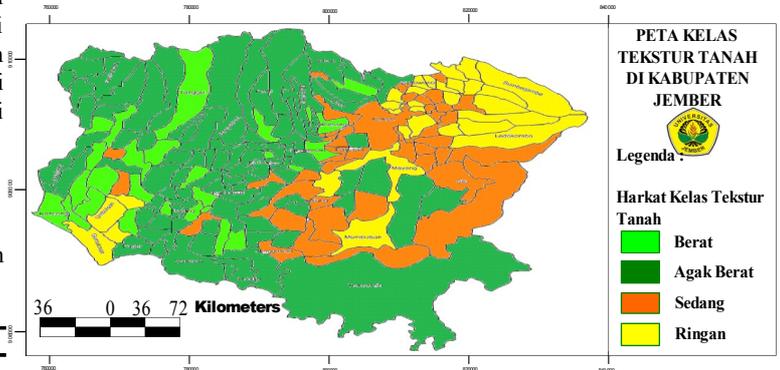
t = Waktu infiltrasi, menit

α, a, b = Karakteristik konstanta berdasarkan jenis tanah

PEMBAHASAN

Alasan Pemilihan Lokasi Penelitian

Pemilihan lokasi penelitian berdasarkan pembagian sampling acak sederhana (*random sampling*) dengan menggunakan peta kelas tekstur tanah di Kabupaten Jember.



Gambar 1. Peta kelas tekstur tanah di Kabupaten Jember (Sumber : Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unej)

Dari hasil *random sampling* dipilih lokasi penelitian setelah dilakukan pengukuran tekstur tanah di Laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Hasil dari 9 sampel yang di ukur terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tekstur Tanah di beberapa Kecamatan di Jember

LOKASI	PROSENTASE			KELAS TEKSTUR
	% PASIR	% DEBU	% KLEI	
Kaliwining – Rambipuji	25,56	45,96	27,47	Lom Berklei
Wonorejo – Kencong	64,72	20,54	14,74	Lom Berpasir
Panca Karya – Ajung	43,79	29,52	26,68	Lom
Desa Panti- Panti	33,27	33,15	33,58	Lom Berklei
Desa Pakusari-Pakusari	65,25	18,78	15,97	Lom Berpasir
Petung – Bangsalsari	36,26	38,56	25,18	Lom
Gempal – Mayang	37,49	33,18	29,33	Lom Berklei
Kepatihian – Kaliwates	28,90	41,82	29,28	Lom Berklei
Tegal Boto – Summersari	32,30	41,55	26,15	Lom

(Sumber : Data Primer diolah, 2013)

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran tekstur tanah dengan menggunakan 9 sampel lokasi, kemudian dilanjutkan dengan memilih 3 lokasi yang berbeda tekstur tanahnya menggunakan sistem *random sampling*. Sehingga terpilih 3 lokasi pengukuran laju infiltrasi untuk tekstur lom terpilih Desa Tegalboto Kecamatan Summersari, tekstur lom berklei terpilih Kelurahan Kepatihian Kecamatan Kaliwates, dan tekstur lom berpasir terpilih Desa Pakusari Kecamatan Pakusari.

Hasil Pengukuran Kadar Air Awal Tanah

Hasil pengukuran kadar air awal dengan menggunakan metode gravimetri dapat ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Laboratorium Kadar Air Tanah Awal

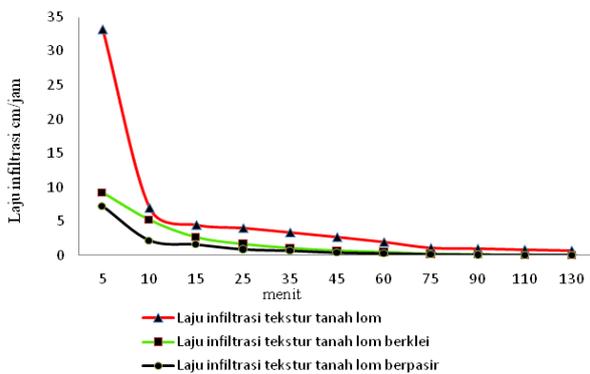
Lokasi	Kelas Tekstur	Kadar Air Tanah Awal (% berat tanah kering oven)
Kecamatan Summersari	Lom	6,6
Kecamatan Kaliwates	Lom berklei	26,7
Kecamatan Pakusari	Lom berpasir	27,3

(Sumber : Data primer diolah, 2013)

Hasil pengukuran kadar air tanah awal menunjukkan nilai persentase berat tanah kering oven dengan menggunakan metode gravimetri Kecamatan Summersari, Kecamatan Kaliwates dan Kecamatan Pakusari berturut-turut yaitu 6,6 %, 26,7, 27,3 %. Harto (1993:45) nilai kadar air awal sebagai acuan dasar untuk menentukan laju infiltrasi di lapang. Besarnya laju infiltrasi berbanding terbalik dengan nilai kadar air tanah awal, semakin besar nilai kadar air awal mencapai titik jenuh hingga 100 % berat tanah kering oven maka nilai laju infiltrasinya akan semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan pori-pori tanah sudah dalam kondisi jenuh sehingga laju infiltrasi air yang masuk ke dalam tanah semakin berkurang.

Hubungan Laju Infiltrasi dan Waktu

Untuk pengambilan data laju penurunan air selama kurun waktu tertentu memakai rentangan 5 hingga 130 menit. Waktu yang dipakai ini merupakan waktu yang biasa dipakai dalam pengukuran laju infiltrasi rata-rata antara 2 jam. Hingga pada laju infiltrasi menunjukkan titik konstan. Hubungan laju infiltrasi dengan waktu ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Laju Infiltrasi dengan waktu pada berbagai tekstur tanah.

Pada Gambar 2 menunjukkan pengaruh perbedaan antara kelas tekstur tanah tiap lokasi pengukuran. Pada tanah lom memiliki laju infiltrasi konstan pada menit ke 75. Pada tanah lom berklei laju infiltrasi konstan pada menit ke 35. Tanah lom berpasir mulai konstan pada menit ke 35. Nilai konstan tersebut menunjukkan bahwa laju infiltrasi pada titik dimana air yang masuk ke dalam tanah memiliki nilai laju infiltrasi yang sama untuk waktu yang berikutnya (cm/jam) bahkan mendekati nol. Artinya nilai nol menunjukkan tanah tidak mampu meneruskan air ke dalam tanah karena sudah kondisi jenuh hingga terjadi genangan (*surface runoff*).

Hasil rata-rata pengukuran laju infiltrasi pada tanah dengan kelas tekstur tanah lom memiliki rata-rata nilai 2,03 cm/jam bila dilihat dari kategorinya termasuk ke dalam infiltrasi agak cepat. Sedangkan untuk lokasi dengan kelas tekstur tanah lom berklei rata-rata laju infiltrasi 0,50 cm/jam termasuk dalam katagori infiltrasi agak lambat. Untuk lokasi dengan kelas tekstur tanah lom berpasir rata-rata laju infiltrasi 0,30 cm/jam termasuk ke dalam katagori infiltrasi lambat. Katagori laju infiltrasi ditampilkan pada tabel 4.

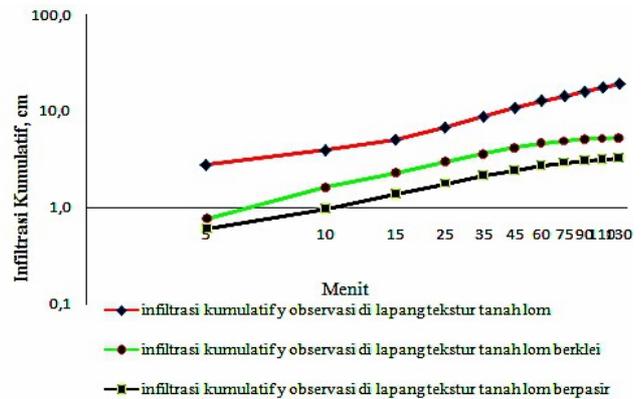
Tabel 4. Laju Infiltrasi Tanah

No.	Infiltrasi (cm/jam)	Katagori
1.	> 4,5	Cepat
2.	2,0 – 4,5	Agak Cepat
3.	1,0-2,0	Sedang
4.	0,4-1,0	Agak Lambat
5.	< 0,4	Lambat

Sumber : Endro, (2010)

Endro (2010: 34) menyatakan bahwa untuk menganalisa laju infiltrasi dapat melalui sifat fisik tanah . Beberapa analisa jenis tanah cukup sulit dilakukan maka dapat dipakai analisa tekstur tanah.

Hubungan Infiltrasi Kumulatif dan Waktu

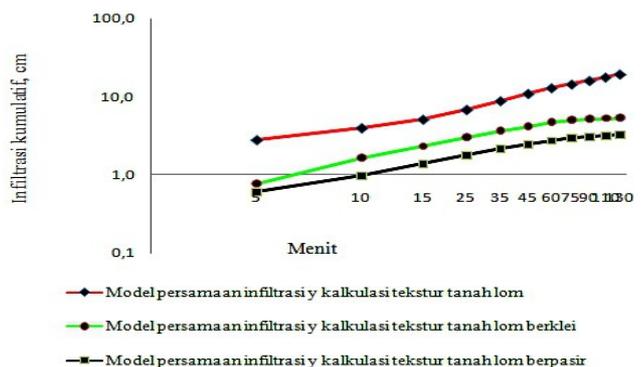


Gambar 3. Hubungan Infiltrasi kumulatif dan waktu pada berbagai tekstur tanah pada plot skala logaritma

Pada Gambar 3. hubungan infiltrasi kumulatif dengan waktu menunjukkan infiltrasi kumulatif untuk kelas tekstur lom Kecamatan Summersari menunjukkan bahwa nilai infiltrasi pada kondisi konstan hingga pada menit ke -130 adalah 0,769 cm/jam dengan membandingkan hasil akumulasi yang ada selama 130 menit adalah 19,267 cm. dari kedua nilai yang ada dapat ditarik kesimpulan untuk perbandingan nilai total air yang terinfiltrasi dengan laju infiltrasi hampir memiliki penambahan konstan yaitu pada menit ke -75 dimana kurva laju infiltrasi lurus hingga menit ke 130. Dan pertambahan air yang terakumulasi juga pada kurva ikut sama/konstan..

Nilai standar deviasi (SD) pada infiltrasi kumulatif hasil 3 kali ulangan tiga tekstur tanah lom sebesar 5,44 cm, lom berklei 1,58 cm, dan lom berpasir sebesar 0,93 cm.

Hasil infiltrasi kumulatif menggunakan persamaan kostiakov modifikasi $\hat{Y} = at^\alpha + b$



Gambar 4. Hasil infiltrasi kumulatif menggunakan persamaan infiltrasi Kostiakov Modifikasi pada plot skala logaritma

Persamaan dari Kostiakov Modifikasi Kemudian dilogartmakan untuk mendapatkan y kalkulasi $\log (y-b) = \log a + \alpha \log t$. Setelah didapatkan hasil nilai y kalkulasi hasil perhitungan dengan persamaan logaritma kostiakov modifikasi didapatkan grafik hubungan antara waktu(menit) dengan y observasi (data infiltrasi kumulatif di lapangan satuan cm) dan y kalkulasi (hasil perhitungan menggunakan persamaan kostiakov modifikasi satuan cm).

Konstanta persamaan infiltrasi dengan menggunakan persamaan $\hat{Y} = at^\alpha + b$ pada Kecamatan Sumpalsari dengan tekstur tanah lom (*loam*) memiliki nilai $b = 0,001$, nilai $\alpha = 0,52$ dan nilai $a = 1,27$ sehingga persamaan infiltrasinya $\hat{Y} = 1,27t^{0,52} + 0,001$.

Konstanta persamaan infiltrasi pada Kecamatan Kaliwates tanah dengan tekstur lom berlempung (*clay loam*) memiliki nilai $b = 0,004$, nilai $\alpha = 0,41$ dan nilai $a = 0,67$ sehingga persamaan infiltrasinya $\hat{Y} = 0,67t^{0,41} + 0,004$.

Konstanta persamaan infiltrasi pada Kecamatan Pakusari tanah dengan tekstur lom berpasir (*sandy loam*) memiliki nilai $b = 0,0001$, nilai $\alpha = 0,40$ dan nilai $a = 0,44$ sehingga persamaan infiltrasinya $\hat{Y} = 0,44t^{0,40} + 0,0001$.

Nilai konstanta pada model persamaan Kostiakov Modifikasi dapat dilihat pada kelinearan garis bila garis semakin mendekati garis linear tengah keatas maka nilai karakteristik konstanta yang ada dalam persamaan menunjukkan titik dimana tanah sudah mulai basah. Semakin garis persamaan infiltrasi turun semakin sejajar horizontal dengan waktu maka tanah sudah dalam kondisi basah ataupun dalam kondisi yang sudah jenuh, kondisi ini dapat ditandai dengan adanya genangan pada waktu tanah sudah tidak dapat lagi meneruskan air kedalam.

Semakin persamaan infiltrasi menunjukkan garis linier, maka grafik berada pada sebelah atas garis linier yang berarti air yang masuk ke dalam tanah semakin besar. Dengan besarnya air tersebut maka daya serap jenis tanah tersebut terhadap air semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada semua civitas akademika Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan sumbangsih dalam hal akademik serta semua pihak yang telah mendukung terselesainya penelitian yang dilakukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1980. *Pengawetan Tanah dan Air*. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Endro, Y. 2010. *Studi Konservasi Dengan Konsep Pendekatan Vegetatif Guna Mengatasi Kekritisian Lahan Pada Sub Das Brantas Hulu Di Wilayah Kota Batu*. Journal :Nomor 19 Volume X /5-6.
- Indarto, 2010. *Hidrologi : Dasar Teori Dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Januar, R.M ; Nora .H dan Pandjaitan. 1993. *Evaluasi Persamaan Infiltrasi Kostiakov Dan Philip Secara Empirik Untuk Tanah Regosol Coklat Kekelabuan*. Buletin Keteknikan Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. IPB Vol. 13, No. 3 Desember 1999.
- Mein R.G. dan C.L. Larson. 1973. *Modeling Infiltration During A Steady Rain*. *Water Resour. Res.* 9(2): 384-394.
- Noveras, H. 2002. *Dampak Konversi Hutan Menjadi Kebun Kopi Monokultur Terhadap Perubahan Fungsi Hidrologis di Sumberjaya, Lampung Barat*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Saputra, B. A. 2007. *Tekstur Tanah dan Struktur Tanah Di Beberapa Wilayah Kabupaten Jember*. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Skripsi : Tidak Dipublikasikan.
- Silamon, R. F. 2004. *Analisa Laju Infiltrasi Pada Perbedaan Kerapatan Tegakan Hutan Pinus (Pinus Merkusii), Blok Cimayan, Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi Jawa Barat*. Bogor: Departemen manajemen hutan fakultas kehutanan institut pertanian bogor. (Skripsi : Tidak Dipublikasikan).
- Subramanya, K. 2007. *Engineering Hidrology, Second Edition, International Edition*. Singapore : Mc Graw Hill