AKURASI MODEL INFILTRASI KOSTIAKOV DENGAN PENGUKURAN SECARA *RAINFALL SIMULATOR* PADA BEBERAPA TEKSTUR TANAH (*ACCURACY OF KOSTIACOV INFILTRATION MODEL WITH RAINFALL SIMULATOR MEASUREMENT IN SOME SOIL TEXTURES*)

Cut Putri Ramdana¹, Devianti^{1*}, Zulfahrizal¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: devianti@unsyiah.ac.id

Abstrak. Infiltrasi (*infiltration*) didefinisikan sebagai gerakan air ke bawah melalui permukaan tanah kedalam profil tanah. Infiltrasi menyebabkan air dapat tersedia untuk pertumbuhan tanaman dan air tanah (*groundwater*) terisi kembali. Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi yaitu sifat fisik tanah, porositas tanah, kadar air tanah, dan bahan organik. Pengukuran infiltrasi dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu *double ring* dan *rainfall simulator*. *Rainfall simulator* (simulasi hujan) adalah menerapkan hujan tiruan yang diinginkan untuk penelitian antara lain: penelitian erosi, infiltrasi, intersepsi.. Hujan buatan ini akan menyirami suatu petak tanah dengan luasan tertentu yang sebanding dengan ukuran dari perangkat alat ini. Hujan buatan dioperasikan dengan intensitas sesuai yang telah ditetapkan sebelumnya dan sejak saat yang sama semua air yang keluar dari petak tanah dicatat. Pencatatan terus dilakukan sampai debit yang keluar dari petak tanah tersebut mencapai nilai tetap. Bila keadaan ini telah tercapai, maka hujan buatan dapat dihentikan. Cara untuk mengetahui metode untuk pengukuran infiltrasi yaitu perlu diadakan penelitian terhadap infiltrasi itu sendiri. Percobaan untuk mencari nilai angka infiltrasi menggunakan beberapa variasi sifat fisik tanah yaitu pada tanah kebun, tanah sawah dan tanah bantaran sungai. Nilai infiltrasi pada tanah kebun terbesar di dapat dari waktu 5 menit yaitu 0,880 dan konstan pada waktu ke 40 menit yaitu 0,180.

Kata kunci : Infiltrasi, rainfall simulator.

Abstract. Infiltration (*infiltration*) is defined as the downward movement of water through the soil surface into the soil profile. Infiltration causes water to be available for plant growth and groundwater is replenished. The factors that influence infiltration are soil physical properties, soil porosity, soil moisture content, and organic matter. Infiltration measurement can be done by several methods, namely double ring and rainfall simulator. Rainfall simulator (rain simulation) is to apply the desired artificial rain for research, including: erosion research, infiltration, interception. . This artificial rain will water a plot of land with a certain area proportional to the size of this tool kit. The artificial rain is operated with the intensity according to the predetermined and from the same time all water discharging from the plot is recorded. The recording will continue until the discharge from the land plot reaches a fixed value. When this situation has been achieved, the artificial rain can be stopped. The way to find out the method for measuring infiltration is that it is necessary to conduct research on the infiltration itself. Experiments to find the value of the infiltration rate used several variations in the physical properties of the soil, namely garden soil, paddy soil and riverbank soil. The largest infiltration value in garden soil was obtained from 5 minutes, namely 0.880 and constant at 40 minutes, 0.180.

Keywords: rainfall simulator, Infiltration.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup, dan keberadaan air di bumi sangat terkait dengan adanya siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan proses pergerakan dan penyimpanan air antara biosfer, atmosfer, litosfer dan hidrosfer. Siklus hidrologi dimulai dari penguapan dari tetesan air hujan, air permukaan seperti laut dan danau. Dan dapat juga terjadi dari air yang menetap pada vegetasi, tanah, batu dan salju. Ada juga penguapan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Bangunan yang dipanaskan mengalami penguapan air yang menetap di permukaan nya. kemudian uap air mengalami perubahan keadaan fisik paling sering dari uap, menjadi cairan. Uap air mengembun ke partikel udara kecil untuk membentuk embun, kabut, atau awan proses ini disebut dengan kondensasi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Desember 2019 di Laboratorium Teknik Konservasi Tanah dan Air Analisis Fisika tanah dilakukan di laboratorium Fisika Tanah Program Studi ilmu tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Rainfall Simulator, ring sampel tanah, bor tanah, alat tulis, meteran, kantong plastik, oven, cawan, cangkul.

Prosedur Penelitian

Sampel tanah yang akan digunakan dalam penelitian diambil dari Indrapuri Kabupaten Aceh Besar. Ada tiga macam jenis sampel tanah yaitu tanah sawah, tanah bantaran sungai, dan tanah kebun, ketiga jenis tanah tersebut terlebih dahulu dilakukan analisis presentase tanah yaitu pasir, debu dan liat, porositas tanah, kadar air tanah dan bahan organik.

Pengukuran Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi semakin menurun dengan bertambahnya waktu, besarnya curah hujan mempengaruhi laju infiltrasi, apabila terdapat curah hujan yang besar maka laju infiltrasi yang terjadi menjadi berkurang. Sebagian air yang terinfiltrasi akan masuk kedalam tanah melalui lubang resapan. Selain itu laju infiltrasi akan menurun apabila hujan yang diberikan melalui rainfall simulator dalam jangka waktu panjang, penurunan laju infiltrasi ini dapat diakibatkan karena lapisan tanah telah banyak menampung air sehingga kadar air tanah menjadi lebih tinggi dari sebelumnya sehingga kemampuan tanah untuk melakukan infiltrasi semakin menurun, keadaan laju infiltrasi yang semakin menurun dalam waktu yang lama maka kondisi tanah akan jenuh oleh air sehingga tidak mampu meneruskan air yang mengakibatkan laju infiltrasi menjadi konstan.

Uji Akurasi Model

Sebelum di uji validasi maka beberapa parameter dalam model mock di lakukan kalibrasi. Kalibrasi adalah proses pengaturan parameter dari simulasi yang dilakukan guna tercapainya suatu hasil yang dapat diterima atau dipertanggung jawabkan dengan membandingkan data hasil perhitungan dan data pengamatan (Achmad, 2000).

Model ketersediaan air yang telah diduga dengan model Mock dan Integrasi NRCS dan baseflow diuji akurasi/validasi dengan ketersediaan air yang terukur melalui debit sungai menggunakan standard regresi, Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), 1970 (Moriassi dkk, 2007).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_{obs}^{mean})(Q_i^{sim} - Q_{sim}^{mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_{obs}^{mean})^2 (Q_i^{sim} - Q_{sim}^{mean})^2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{sim})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_{obs}^{mean})^2}} \dots \dots \dots (2)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{mean})^2} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- Q_{obs} = Debit pengukuran (m^3 /menit)
- Q_{sim} = Debit simulasi (m^3 /menit)
- $Q_{mean\ obs}$ = Debit rata-rata pengukuran (m^3 /menit)
- $Q_{mean\ sim}$ = Debit rata-rata simulasi (m^3 /menit)

Kemudian dipilih hasil simulasi yang paling tepat/akurat dengan data pengukuran dilapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju dan Akumulasi Infiltrasi pada Tanah Bertekstur Lempung Berpasir

Hasil pengukuran laju dan akumulasi infiltrasi menunjukkan bahwa pengukuran laju infiltrasi pada tanah Lempung berpasir dilakukan dengan lama waktu yang berbeda-beda, semakin lama waktu pengukuran yang dilakukan semakin kecil hasil laju infiltrasi yang di dapat hal ini diperlihatkan pada Gambar 1.

Gambar1. Laju Infiltrasi pada Tanah Bertekstur Lempung berpasir

Gambar 1 menunjukkan bahwa laju infiltrasi semakin menurun dengan bertambahnya waktu. Besarnya curah hujan mempengaruhi laju infiltrasi, apabila terdapat curah hujan yang besar maka laju infiltrasi yang terjadi menjadi berkurang. Sebagian air yang terinfiltrasi akan masuk kedalam tanah melalui lubang resapan. Selain itu laju infiltrasi akan menurun apabila hujan yang diberikan melalui rainfall simulator dalam jangka waktu panjang, penurunan laju infiltrasi ini dapat diakibatkan karena lapisan tanah telah banyak menampung air sehingga kadar air tanah menjadi lebih tinggi dari sebelumnya sehingga kemampuan tanah untuk melakukan infiltrasi semakin menurun, keadaan laju infiltrasi yang semakin menurun dalam waktu yang lama maka kondisi tanah akan jenuh oleh air sehingga tidak mampu meneruskan air yang mengakibatkan laju infiltrasi menjadi konstan.

Laju dan Akumulasi Infiltrasi pada Tanah Bertekstur Liat

Pengukuran infiltrasi dengan metode rainfall simulator pada tanah bertekstur Liat dilakukan dalam interval waktu 5 menit, jika dilihat pada tabel diatas masuknya air kedalam tanah dari setiap waktunya sangat lambat. Pada pengukuran infiltrasi waktu ke 5 menit yaitu laju infiltrasi memiliki nilai sebesar 0,920 cm/menit, pada waktu ke 10 memiliki nilai laju infiltrasi 0,620, air yang terinfiltrasi pada menit ke 15 yaitu memiliki nilai sebesar 0,440 cm/menit, sedangkan pada waktu ke 20 laju infiltrasi sebesar 0,260 cm/menit, pada waktu ke 25 sampai dengan 50 menunjukkan bahwa laju infiltrasi yang memiliki nilai yang sama dengan waktu sebelumnya adalah tanda air sudah jenuh dan akan mencapai suatu nilai konstan dengan nilai sebesar 0,280 cm/menit

Gambar 2. Laju Infiltrasi pada Bertekstur Liat

Gambar 2, menunjukkan bahwa hubungan laju infiltrasi (f) terhadap (t) pada tanah Bertekstur Liat di pengukuran pertama dimana terlihat pada menit-menit awal, laju infiltrasi tinggi yang kemudian dengan bertambahnya waktu laju infiltrasi semakin menurun. Berdasarkan grafik diatas dapat kita lihat juga air yang terinfiltrasi pada tanah sawah sangat sedikit ini diakibatkan oleh tanah dengan pori-pori jenuh air mempunyai kapasitas lebih kecil dibandingkan tanah didalam keadaan kering.

Gambar 3. Akumulasi Infiltrasi Pada Tanah Bertekstur Liat

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat dikatakan pada tanah bertekstur liat lebih cenderung terdapat faktor penghambat infiltrasi. Hal ini dapat diketahui dari lapisan kedap air yang menyebabkan kelembaban pada tanah sawah dan kadar airnya lebih tinggi dibandingkan penggunaan lahan lainnya sehingga tanahnya cepat jenuh air. Vegetasi yang tumbuh dipermukaan tanah hanya tanaman padi dan berupa rerumputan dan mempunyai morfologi akar serabut sehingga aktifitas biologi didalam tanah cenderung sedikit karena organismenya mungkin hanya terdapat cacing tanah dan semut.

Akumulasi infiltrasi adalah penjumlahan air dari awal pengukuran sampai pengukuran infiltrasi konstan dalam hal ini pada menit ke 50 dengan jumlah air 19,70 cm, seperti terlihat pada Gambar 3, dimana jumlah air pada saat awal pengukuran adalah 4,60 cm dan pada menit ke 45 jumlah total air yang masuk sebesar 19,70 cm.

Laju dan Akumulasi Infiltrasi pada Tanah Bertekstur Pasir Berlempung

Infiltrasi dilakukan pada waktu yang berbeda, semakin lama waktu pengukuran yang dilakukan semakin kecil hasil laju infiltrasi. Pengukuran infiltrasi pada waktu ke 5 yaitu memiliki nilai sebesar 1,100 cm/menit, pada waktu ke 10 memiliki nilai laju infiltrasi sebesar 0,680. Pada saat penyiraman hujan alat rainfall simulator pada tanah bantaran sungai air yang masuk kedalam tanah sangat cepat dan baru akan mencapai nilai konstan pada waktu 40 – 50 menit memiliki nilai laju infiltrasi sebesar 0,200 cm/menit (Gambar 4).

Gambar 4. Laju Infiltrasi Pada Tanah Bertekstur Pasir Berlempung

Gambar 4 menunjukkan bahwa laju infiltrasi pada tanah Bertekstur Pasir Berlempung menurun dengan sangat cepat dan air terinfiltrasi dengan sangat mudah, hal ini dikarenakan aliran permukaan pada tanah pasir lebih kecil dari pada aliran permukaan pada tanah

lempung. Arsyad (2010) menjelaskan bahwa tanah bertekstur kasar seperti pasir mempunyai kapasitas infiltrasi tinggi.

Akumulasi infiltrasi adalah penjumlahan air dari awal pengukuran sampai pengukuran infiltrasi konstan dalam hal ini pada menit ke 50 dengan jumlah air 19,10 cm, seperti terlihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa jumlah air pada saat awal pengukuran adalah 5,5 cm dan pada menit ke 45 jumlah total air yang masuk sebesar 19,10 cm.

Gambar 5. Akumulasi Infiltrasi Pada Tanah Bertekstur Pasir Berlempung

Perkiraan Laju Infiltrasi Metode Kostiakov

Metode Kostiakov merupakan salah satu metode yang digunakan dalam perkiraan laju infiltrasi dengan menggunakan data pengukuran secara langsung berdasarkan *double ring infiltrometer*, ataupun dengan rainfall simulator yang dilakukan dalam penelitian ini. Perkiraan laju infiltrasi metode Kostiakov menggunakan persamaan 3.8, dimana waktu pengukuran diatur dengan selang 5 menit dan didapatkan laju infiltrasi yang berbeda-beda setiap waktu pengukuran. Berdasarkan hasil analisis perkiraan laju infiltrasi dengan metode Kostiakov dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Perkiraan Laju Infiltrasi Pada Tanah Bertekstur Lempung Berpasir

Gambar 7. Perkiraan Laju Infiltrasi Pada Tanah Bertekstur Lempung Berpasir

Kedua perhitungan laju infiltrasi pada tekstur Lempung Berpasir terdapat hubungan yang sangat erat antara laju infiltrasi dengan waktu. Gambar 6 menunjukkan laju infiltrasi menggunakan model kostiakov dan pengukuran laju infiltrasi menggunakan *rainfall simulator* memiliki persamaan $f = 0,461.t^{-0,772}$, dengan koefisien determinasi 0,630. Menggunakan model yang sama, namun konstanta model kostakov dan prediksi laju infiltrasi menunjukkan perbedaan pada tanah bertekstur Liat, seperti terlihat pada Gambar 7. Kedua perhitungan laju

infiltrasi pada tanah bertekstur liat terdapat hubungan yang sangat erat antara laju infiltrasi dengan waktu. Gambar 7 menunjukkan laju infiltrasi menggunakan model kostiakov dan pengukuran laju infiltrasi menggunakan *rainfall simulator* memiliki persamaan $f = 0,295.t^{0,548}$, dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,774$.

Gambar 8. Perkiraan Laju Infiltrasi Pada Tanah Bertekstur Liat

Akurasi Metode Infiltrasi Kostiakov dan *Rainfall Simulator*

Uji akurasi infiltrasi kostiakov dan rainfall simulator pada pengelolaan lahan kebun, sawah dan bantaran sungai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Akurasi

Kelas Tekstur	RSR	NSE
Lempung Berpasir	0.331	0.891
Liat	0.264	0.930
Pasir berlempung	0.346	0.881

Sumber : Hasil Penelitian (2019)

Analisis akurasi laju infiltrasi model kostiakov dengan rainfall simulator pada pengelolaan lahan kebun, sawah dan bantaran sungai memiliki RSR dan NSE dengan performan rating yang sangat baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Laju infiltrasi konstan pada tekstur lempung berpasir dengan metode kostiakov terjadi pada menit ke 50 dengan nilai laju infiltrasi secara pengukuran rainfall sebesar 0,80 cm/menit, sedangkan laju infiltrasi model kostiakov sebesar 0,14. Laju infiltrasi konstan pada tanah bertekstur liat dengan metode kostiakov terjadi pada menit ke 50 dengan nilai laju infiltrasi secara pengukuran rainfall sebesar 0,28 cm/menit, sedangkan laju infiltrasi model kostiakov sebesar 0,23. Laju infiltrasi konstan pada teksur pasir berlempung dengan metode kostiakov terjadi pada menit ke 50 dengan nilai laju infiltrasi secara pengukuran. Saran yang dapat diberikan sebaiknya percobaan dilakukan dengan memperbanyak variasi kemiringan (%), kepadatan (γ_d) dan bisa ditambahkan intensitas hujan yang bervariasi untuk memperkuat hasil yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M. 2011. Buku Ajar Hidrologi Teknik. Hibah Penulisan Buku Ajar bagi Tenaga Akademik: Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Achmad, M. 2008. Tehnik Simulasi dan Permodelan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. IPB, Bogor.
- Asdak, C. 2004. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Frasier, G.W., M.A. Weltz dan L. Weltz. 1997. Rainfall Simulator Run Off Hydrograph Analysis. U.S. Departement of Agricultural Research Service, Fort Collin.
- Green, W.H. & G. Ampt. (2011). Physical Hydrology for Ecosystems. J. Ag. Sci. 4: 1-24.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa., A. M. Lubis., S. G. Nugroho., M. A. Diha., Go Ban Hong., dan H. H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Penerbit Universitas Lampung. Lampung.
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka. 2007. Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Indarto. 2010. Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Bumi Aksara, Jakarta.
- Igbokwe Magnus, Adindu Ruth. 2014. Use of Kostiakov's Infiltration Model on Michael Okpara University of Agriculture, Umudike Soils, Southeastern, Nigeria. Journal of Water Resource and Protection, 2014, 6, 888-894 <http://www.scirp.org/journal/jwarphttp://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.610083>