

Kajian Laju Infiltrasi Akhir pad DAS Batang Kandih Kota Padang Ditinjau dari Perbedaan Litologi Batuan, Tutupan Lahan, Kadar Air, Porositas Batuan, Konduktivitas Hidrolik Jenuh, Kepadatan, dan Matric Suction

Ermaningsih^{1*}, Rusli HAR^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ninsih.erma@gmail.com

**ruslihar_1603@yahoo.com

Abstract. *Infiltration flow is quantity of water that enters soil per unit time. This is an important part in hydrology cycle that gives an effect o quantity of water in land. This study is purposed to find out final-filtration speed which is reviewed from differences in rock lithology, land covering, water concentration, rock porosity, saturated hydraulic conductivity, density, and metric suction. This study was conducted in alluvial of Batang Kandih Koto Tengah district Padang city in 15 locations with grid of 1.5 km x 1.5 km. Study method was used double ring infiltrometer for filtration speed; hand-boring for rock lithology; falling head testing and constant head for saturated hydraulic conductivity; sandcone testing for land density; tensiometer for metric suction; and physical sampling testing in laboratory. Data was analyzed by spatial model and statistical analysis, so that it was resulted in filtration speed distribution model in alluvial of Batang Kandih, and also relationship between water concentration, rock porosity, saturated hydraulic conductivity, density, and metric suction toward number of filtration speed. This study showed that final-filtration speed in alluvial is 0.128 cm/minute; it means that absorption zone is in category of VI/E with very low absorption capability. With statistical modeling, it is obtained that $Y = 57.585 X1 + 0.014 X2 + 0.621 X3 - 0.001 X4 + 0.000 X5 + 0.493$ with $Y =$ filtration speed, $X1 =$ conductivity, $X2 =$ rock porosity, $X3 =$ density, $X4 =$ water concentration, $X5 =$ metric suction. While $R2$ is 0.83 means that 0.83 or 83 % of filtration speed score is influenced by these variables and another 17% is influenced by other variables. Water rate of flow that can enter the soil in alluvial is $76,775.58 \text{ m}^3/\text{hour}/\text{km}^2$, so that water volume that can enter soil per hour is $76,775.58 \text{ m}^3$.*

Keywords: *Infiltration speed, water concentration, land covering, statistical modeling, hydraulic conductivity*

1. Pendahuluan

Kota Padang adalah daerah dengan jumlah penduduk yang cukup besar. Data statistik menunjukkan jumlah penduduk di Kota Padang pada 2015 adalah 902.413 jiwa^[1]. Dengan jumlah tersebut membuat tempat pemukiman semakin padat. Hal ini menyebabkan masyarakat membuka lahan baru untuk pemukiman yang tentunya menimbulkan berbagai masalah baru, diantaranya tertutupnya resapan air dan banyaknya tumpukan sampah, sehingga terjadi banjir saat intensitas hujan tinggi. Selain permasalahan tersebut Kota Padang juga termasuk daerah rawan bencana alam, seperti gempa bumi.

Gempa bumi merupakan bencana alam yang sering terjadi di Kota Padang. Data BMKG Kota Padang menunjukkan jumlah kejadian gempa selama 32 tahun terakhir adalah 3 hingga 16 kali pertahun. Hal ini karena

letak Kota Padang yang berada di Pantai Barat Sumatera yang berbatasan langsung dengan laut terbuka (Samudera Hindia) dan zona tumbukan aktif dua lempeng, sehingga juga rawan terhadap bahaya tsunami. Isu tsunami tersebut membuat masyarakat banyak berpindah ke bagian timur Kota Padang karena lokasinya yang lebih tinggi dan aman bila sewaktu-waktu terjadi tsunami. Hal ini menyebabkan perubahan alih fungsi tata guna lahan dari kawasan hutan dan pertanian maupun lahan cagar budaya menjadi lahan pemukiman. Akibatnya sering terjadi banjir saat intensitas hujan tinggi^[2].

Banjir adalah meluapnya air dari sungai karena tidak tertampungnya air dalam saluran pembuangan (palung sungai). Beberapa penyebab banjir diantaranya kurangnya daerah resapan (zona infiltrasi) dan rusaknya bagian hulu dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Selain itu juga akibat penyempitan badan sungai di bagian kiri dan

kanan sehingga aliran sungai menyempit ketika hujan, akibatnya air mencari dataran yang lebih rendah untuk meluap.

Infiltrasi adalah proses masuknya air ke dalam tanah atau lapisan permukaan dimana sebagian air tertahan di cekungan-cekungan, sebagian air mengalir sebagai limpasan (*run off*) dan sebagian lainnya masuk ke dalam tanah^[3]. Perusakan hulu DAS disebabkan karena penebangan liar/ilegal untuk pembangunan daerah pemukiman dan penambang batu. Infiltrasi perlu dijaga agar tidak mengganggu keseimbangan alam, seperti hutan, tanah, dan air yang merupakan penyusun utama terbentuknya DAS^[4].

Laju infiltrasi adalah jumlah air yang masuk ke dalam tanah secara vertikal per satuan waktu^[5]. Air yang terdapat dipermukaan tanah akan masuk ke dalam tanah dan sebagian lainnya akan mengalir ke sungai. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya tipe kelerengan^[6] serta litologi batuan, tutupan lahan, kadar air, dan porositas batuan, konduktivitas hidrolis jenuh, kepadatan, dan *matric suction*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kajian laju infiltrasi akhir pada DAS Batang Kandih Kota Padang ditinjau dari perbedaan litologi batuan, tutupan lahan, kadar air, porositas batuan, konduktivitas hidrolis jenuh, kepadatan, dan *matric suction*. Penelitian ini penting dilakukan sebab di Kota Padang belum pernah dilakukannya penelitian tentang zona infiltrasi dan penyerapan.

2 Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi penelitian berada di DAS Batang Kandih Kecamatan Koto Tangah Kota Padang, Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data sebanyak 15 titik. Daerah yang dilalui DAS Batang Kandih yaitu Kecamatan Koto Tangah. Peta lokasi pengambilan data penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

3 Kondisi Geologi

Secara Geologi, wilayah Kota Padang dibatasi oleh lipatan batuan andesit tua yang kompleks ke arah barat dengan tebing curam. Batuan ini dipotong oleh sungai dengan aliran deras dan air terjun yang curam. Hal ini mengindikasikan adanya bentuk erosi tebing yang masih muda. Di bagian selatan dari dataran Pantai Padang terdapat blok andesit tua yang cukup tinggi, dengan jarak lebih kurang 12 km dari laut. Tebing-tebing ini dipengaruhi oleh patahan yang merupakan refleksi dari morfologi dan bentuk *drainase*. Pada bagian barat Pantai Padang, dijumpai kompleks andesit tua yang terdiri dari endapan berumur *Permocarboniferous* ke *Mesozoic* batuan *deccitic* dengan subordinat tufa dan vulkanik *angglomerates*^[7].

Pada *catchmentarea* Batang Arau, di bagian timur Kota Padang dijumpai singkapan meta sedimen berupa *slate*, *phyllite*, *quartzite*, dan batugamping meta. Sedangkan di sebelah utara, terdapat singkapan batuan sedimen berumur *triassic* sampai *tersier granodiorite*, dan *quarsa diorite*. Batuan yang lebih tua berlapisan dengan batuan berumur lebih muda berumur tersier hingga quarter dijumpai dalam bentuk batuan vulkanik *acidic* hingga *intermediate* dengan komposisi *lithic*, tufa kristal, *ignimbrite*, *vulkanic angglomerate*, breksi, lahar, dan *andesitic lava*. Pada Gambar 2 dapat dilihat susunan batuan Kota Padang dari formasi muda hingga formasi tua yang tersusun dari batuan aluvium, batuan gunung api, batuan intrusi, batuan kapur, batuan *metamorf*, formasi paining dan formasi pelepat^[8].

4 Kondisi Hidrogeologi

4.1 Litologi dan Sistem Akuifer

Litologi pada sistem ini menunjukkan bahwa bahwa pada bagian atas, sistem akuifernya di dominasi oleh lapisan lempung dengan sisipan batu tufa. Pada kedalaman 40–60 m terdapat lapisan akuifer tertekan (*confined aquifer*) yang menerus dari utara ke selatan. Kemudian pada kedalaman 96 m terdapat sistem akuifer yang tidak menerus, keberadaannya setempat-setempat dan melensa, dimana sistem akuifer ini juga diselang-selingi oleh lapisan batu tufa. Akuifer yang cukup potensial ini tersusun atas, batu pasir dengan ukuran halus, sedang dan gravel (*Garanules* dan *Pebbles*).

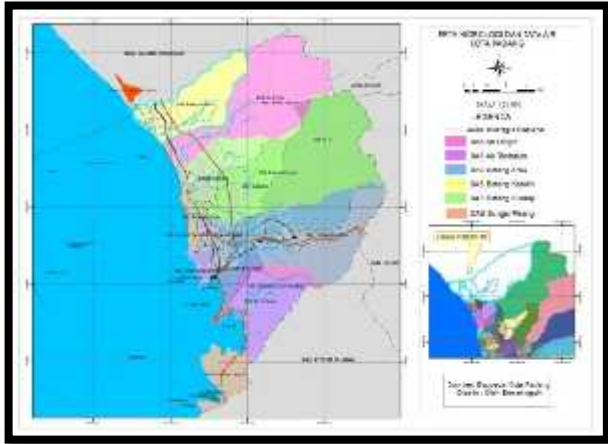
4.2 Sistem Air Tanah Tidak Tertekan

Dari peta muka airtanah bebas dapat dilihat bahwa muka airtanah bebas berada pada daerah dekat pantai dengan ketinggian rata-rata 2 m diatas permukaan laut atau antara 0,5 m sampai dengan 1 meter dibawah permukaan tanah, tinggi muka airtanah bebas ini diperoleh dari sumur-sumur penduduk yang berada di sekitar daerah Tabing, Air Tawar, Ulak Karang, Lolong, Simpang Damar dan dekat Muara Padang.

Selanjutnya pada daerah Siteba, Simpang Alai, Jati, dan Pondok diperkirakan tinggi muka airtanah bebas berada 5 meter di atas permukaan laut, sedangkan di sebelah timur kota muka airtanah menjadi sering naik seiring dengan semakin tinggi lokasi muka laut. Arah aliran airtanah dangkal adalah dari timur ke barat, sesuai dengan kemiringan permukaan tanah.

4.3 Sistem Air Tanah Tertekan

Airtanah tertekan dijumpai mulai dari kedalaman 32 m sampai 243,5 m dibawahmuka tanah setempat. Selanjutnya dari data pemboran yang dilakukan oleh PDAM yaitu sumur No. 3a mempunyai pisometri +3,5 meter dari permukaan tanah (12 mdpl) dan sumur no. 3b.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian^[8]



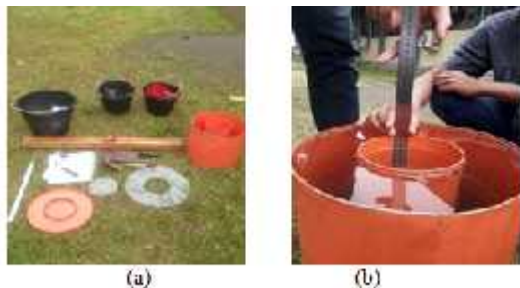
Gambar 2. Peta Geologi Kota Padang^[8]

5 Metode Penelitian

5.1 Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer* dengan cara memasang alathingga kedalaman 10 cm-15 cm, kemudian air dituangkan ke dalam silinder (*ring* infiltrasi) baik silinder dalam maupun silinder luar hingga ketinggian tertentu.

Pengamatan dilakukan terhadap tinggi penurunan muka air dari waktu-waktu tertentu pada silinder bagian dalam sedangkan untuk silinder bagian luar dengan kondisi air konstan. Pengambilan data infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) ALat-Alat pada Uji Infiltrasi
(b) Uji Coba Alat untuk Mengukur Infiltrasi

5.1.2 Litologi Batuan

Litologi batuan dilakukan cara dengan mendeskripsikan tanah hasil dari *handbor* dapat dilihat pada Gambar 4. Metode *handbor* dilakukan dengan pemboran hingga pada kedalaman bertemu muka air tanah ($\pm 1-2$ meter). *Cutting* pemboran diamati dan dicatat kedalamannya untuk setiap perbedaan lapisan tanah, lalu masing-masing sampel dilakukan deskripsi litologi dengan bantuan lup, komparator skala *wentworth*, dan neraca listrik.



Gambar 4. Metode *Handboring*

5.1.3 Jenis Tutupan Lahan

Tutupan atau vegetasi sangat berpengaruh terhadap nilai laju infiltrasi^[9]. Jenis tutupan lahan di lokasi penelitian diamati dengan mendeskripsikan tutupan lahan berdasarkan pengamatan di lokasi penelitiandan disesuaikan dengan peta tutupan lahan yang ada. Beberapa jenis tutupan lahan adalah perkebun, rerumputan, sawah, tanah kosong, kawasan industri dan perumahan.

5.1.4 Konduktivitas Hidrolik Jenuh

Pengambilan data konduktivitas hidrolik jenuh dilakukan dengan metode *falling head* dan *constant head*. Pengambilan data diawali dengan melakukan pemboran dengan *handboring* hingga bertemu muka airtanah. Kemudian dilakukan pemasangan pipa hingga kedalaman 30 cm, lalu diukur besarnya penurunan air selama 20 menit dengan menggunakan *stopwatch*. Pengujian konduktivitas hidrolik jenuh di lapangan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji Konduktivitas Hidrolik Jenuh

5.1.5 Kepadatan

Kepadatan tanah di lapangan dilakukan dengan pengujian *sandcone*. *Sand Cone* test adalah pemeriksaan kepadatan tanah di lapangan dengan menggunakan pasir Ottawa sebagai parameter kepadatan tanah yang mempunyai sifat kering, bersih, keras, tidak memiliki bahan pengikat sehingga dapat mengalir bebas^[10]. Pasir Ottawa yang digunakan adalah lolos saringan nomor 10 dan tertahan di saringan nomor 200. Metode ini hanya terbatas untuk lapisan atas tanah yaitu antara 10–15 cm. Pengujian kepadatan tanah di lapangan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian *Sandcone*

5.1.6 Matric Suction

Matric suction (daya resap tanah) dilakukan dengan uji *tensiometer*. Pengukuran dilakukan di setiap titik pengukuran sebanyak 15 titik pengukuran. Pengujian *tensiometer* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian *Matric Suction*

5.2 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan adalah perhitungan laju infiltrasi, deskripsi litologi batuan dibuat menggunakan *Corel Draw*, perhitungan sifat fisik tanah, dan perhitungan debit air yang mampu diserapkan ke dalam tanah.

5.2.1 Perhitungan Laju Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi di lapangan dilakukan untuk mengetahui berapa kecepatan dan besaran masuknya

atau meresapnya air secara vertikal ke dalam tubuh tanah^[11].

Untuk memperoleh nilai laju infiltrasi di lapangan, dengan melakukan pendekatan pendugaan melalui persamaan infiltrasi dan persamaan telah dikembangkan yaitu persamaan empiris infiltrasi: model Green dan Ampt, Kostiakov, Kostiakov Modifikasi, Horton, Holtan, dan model analitik seperti model Richards-Darcy, dengan tujuan peristiwa infiltrasi^[12].

Perhitungan laju infiltrasi dihitung menggunakan metode *Kostiakov*, dengan rumus sebagai berikut^[13].

$$f_p = K.t^n \quad (1)$$

Keterangan:

f_p = laju infiltrasi (cm/menit)
 K = Konstanta infiltrasi
 t = Waktu infiltrasi (menit)
 n = Pangkat exponent

5.2.2 Perhitungan Kadar Air

Kadar air dapat mempengaruhi laju infiltrasi dan air tanah^[14]. Perhitungan kadar air menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$\omega = \frac{(W1-W2)}{W2-W3} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

$W1$ = Berat cawan + tanah asli (gram)
 $W2$ = Berat cawan + tanah kering (gram)
 $W3$ = Berat cawan kosong (gram)

Untuk perhitungan nilai kepadatan berbagai macam jenis material dapat digunakan metode *Sand Cone*^[15]. Perhitungan nilai kepadatan tanah menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$d = \frac{\gamma_T}{(1 + \omega)} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

d = Kepadatan tanah lapangan
 γ_T = Berat isi tanah galian
 ω = Kadar air

Perhitungan nilai konduktivitas hidrolik jenuh menggunakan rumusan sebagai berikut:

Metode *Constant Head*^[16]:

$$K = \frac{(m^2 \Delta h) / \Delta t}{2 L} \ln \frac{L}{r} = \frac{Q}{2 L} \ln \frac{L}{r} \quad (4)$$

Keterangan:

K = Konduktivitas hidrolik jenuh (cm/detik)
 r = Jari-jari pipa (cm)
 Δh = Selisih penurunan tinggi air dalam pipa (cm)
 Δt = Selisih waktu penurunan air (detik)
 L = Kedalaman pemboran – kedalaman *casing* pipa di dalam (cm)

Q = Debit air yang dialirkan (cm³/detik)
H = Kedalaman MAT + tinggi casing di permukaan tanah (cm), bila bertemu MAT
H = Kedalaman pemboran + tinggi casing di permukaan tanah (cm), bila tidak bertemu MAT

Metode *Falling Head*:^[17]

$$K = \frac{r^2}{2 \Delta t} \ln \frac{L}{r} \ln \frac{H}{H_1} \quad (5)$$

Keterangan:

K = Konduktivitas hidrolis jenuh (cm/detik)
r = Jari-jari pipa (cm)
L = Kedalaman pengujian (cm)
Δt = Selisih waktu penurunan air (detik)
H1 = Muka air tanah awal (cm)
H2 = Muka air tanah akhir (cm)

Perhitungan porositas menggunakan rumusan sebagai berikut^[18]:

$$n = \left[1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right] \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

n = Porositas (%)
ρ = Bulk density (gr/cm³)
 $\rho_s = \frac{(W_d - W_w)}{V_d - V_w}$
ρ_d = Partical density (gr/cm³) (ρ tanah = 2.66 gr/cm³)

5.3 Tahap Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis data spasial dan analisis statistik.

5.3.1 Analisis Spasial

Analisis spasial berupa pemetaan zonasi infiltrasi daerah penelitian (DAS Batang Kandih) menggunakan *software ArcGis 10.1*. Peta ini dibuat dengan mengintegrasikan peta-peta yang ada yaitu peta topografi, peta geologi, peta genangan banjir, peta DAS Batang Kandih, dan peta hidrogeologi kota Padang secara overlay.

5.3.2 Analisis Statistik

Regresi Sederhana

Regresi linier sederhana dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara satu variabel terikat dengan variabel bebas. Persamaan garis regresi linear sederhana dapat dituliskan dalam bentuk^[19].

$$Y = a + bx \quad (8)$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat (*dependen*)
X = Variabel bebas (*Independen*)
a = Konstanta regresi
b = Koefisien regresi

Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh antara variabel bebas (X)

dengan variabel terikat (Y) yang menggunakan rumus regresi linier berganda.

Uji regresi ganda merupakan alat analisis terhadap satu variabel terikat atau untuk membuktikan apakah ada atau tidaknya hubungan fungsional antara dua variabel bebas atau lebih (X₁, X₂, X₃, ... X_n terhadap satu variabel terikat).

Secara umum model regresi linier berganda adalah^[20]:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_n \quad (9)$$

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas
X₁, X₂, X_k = Variabel bebas
a = Titik potong
b₁, b₂, b_k = Penduga atau konstanta

6 Hasil dan Pembahasan

6.1 Karakteristik Laju Infiltrasi

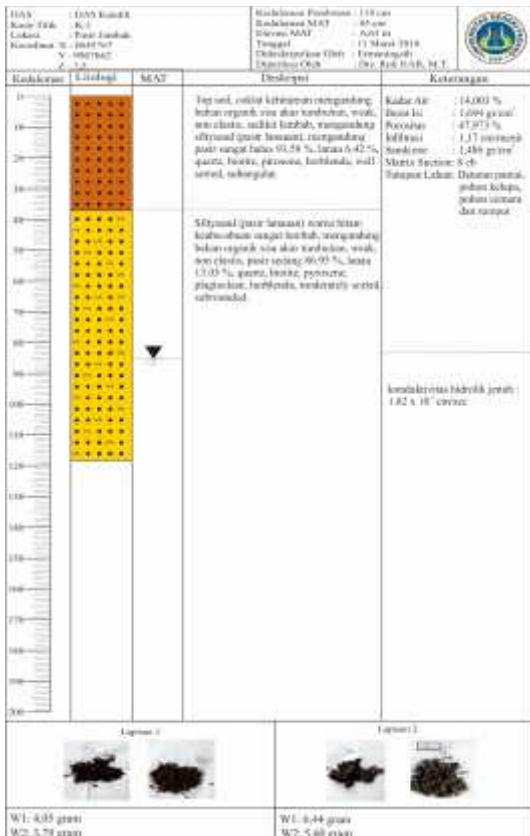
Karakteristik laju infiltrasi dapat dilihat pada masing-masing titik pengukuran, jumlah titik pengukuran sebanyak 15 titik dengan jarak *grid* 1,5 km pada daerah hilir di DAS Batang Kandih Kec. Koto Tangah yang dipengaruhi oleh parameter litologi batuan, tutupan lahan, kadar air, porositas batuan, konduktivitas hidrolis jenuh, kepadatan tanah, dan *matric suction*.

6.1.1 Laju Infiltrasi

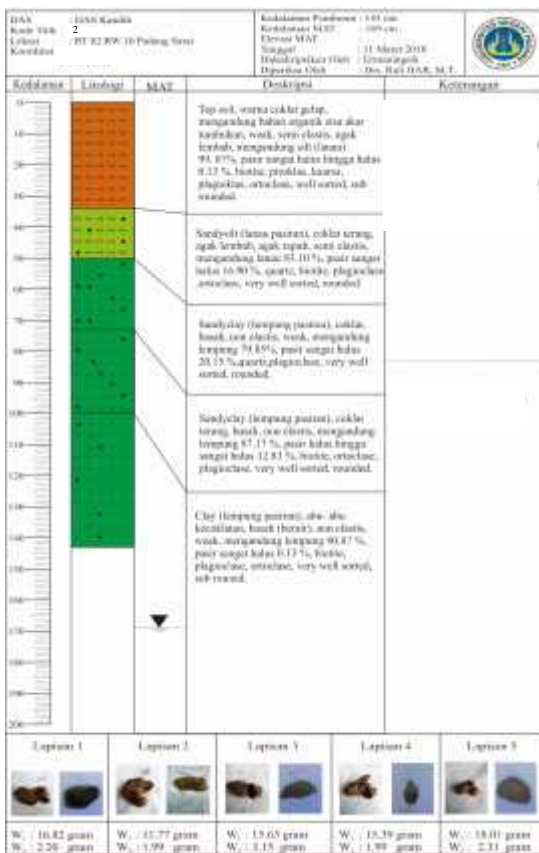
Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai rata-rata laju infiltrasi pada DAS Batang Kandih ialah 0.128015 cm/menit. Dengan artian nilai laju infiltrasi sangat rendah dan daerah DAS Batang Kandih berada di kelompok VI zona E yang berarti proses penyerapan air sangat lambat dan menyebabkan air cepat tergenang bila hujan berdasarkan pada tabel pembagian zonasi daerah resapan berdasarkan laju infiltrasi akhir.

6.1.2 Litologi Batuan

Berdasarkan deskripsi litologi, laju infiltrasi tinggi terjadi pada daerah yang litologinya berupa pasir (Gambar 8) dan laju infiltrasi rendah terjadi pada daerah yang litologinya berupa lempung atau lanau (Gambar 9).



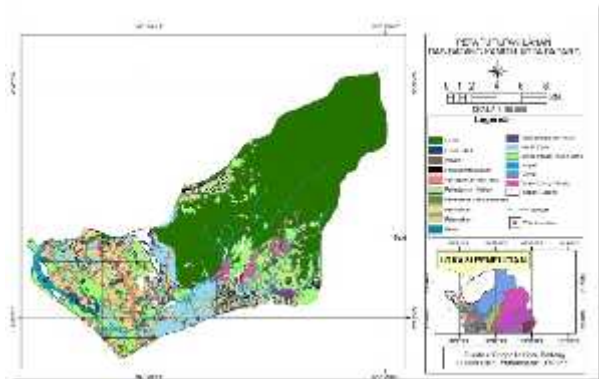
Gambar 8. Deskripsi Litologi 1 (Laju Infiltrasi Tinggi)



Gambar 9. Deskripsi Litologi 2 (Laju Infiltrasi Rendah)

6.1.3 Tutupan Lahan

Tutupan lahan di lokasi penelitian dapat dilihat pada peta tutupan lahan seperti pada Gambar 10 yang disesuaikan dengan titik pengamatan. Berdasarkan peta tutupan lahan pada Gambar 10 dapat dilihat ada 17 jenis tutupan yang menutupi daerah DAS Batang Kandi. Berdasarkan hasil pengujian, urutan laju infiltrasi tertinggi ke terendah adalah pada tutupan: kebun, rumput, tanah, sawah.



Gambar 10. Peta Tutupan Lahan DAS Batang Kandi Kota Padang

6.1.4 Kadar Air

Kadar air sangat berpengaruh terhadap laju infiltrasi, semakin tinggi kadar air maka laju infiltrasi akan makin rendah begitupun sebaliknya semakin rendah kadar air maka laju infiltrasi akan semakin tinggi. Nilai kadar air rata-rata pada DAS Batang Kandi yaitu 42,902 %.

6.1.5 Porositas

Porositas adalah kemampuan air dalam melewati pori-pori tanah, semakin tinggi porositas maka laju infiltrasi akan semakin tinggi begitupun sebaliknya. Nilai porositas rata-rata DAS Batang Kandi adalah 54,44 %.

6.1.6 Konduktivitas Hidrolik Jenuh

Konduktivitas hidrolik jenuh DAS Batang Kandi pada masing-masing pengukuran berbeda-beda. Nilai rata-rata K_{HJ} adalah 0,04320 cm/s. Ketika melakukan pengujian, pipa di dalam lubang bor diisi penuh dengan air sampai kondisi jenuh. Setelah jenuh dilakukan pengukuran penurunan tinggi permukaan air per-menit dari H₁ (upper level) ke H₂ (lower level) diukur dan dicatat selama 20 menit. Metode *constant head* digunakan pada semua titik pengukuran kecuali pada titik K4, K9, dan K11 (metode *falling head*).

6.1.7 Kepadatan Tanah

Nilai kepadatan tanah adalah perbandingan antara berat pasir yang mengisi lubang dengan volume lubang galian. Nilai kepadatan rata-rata pada titik pengukuran di DAS Batang Kandi adalah 1,76 gram/cm³.

6.1.8 Matric Suction

Nilai *matric suction* didapatkan dari alat tensiometer yang ditanamkan pada masing-masing titik pengukuran dan nilai *matric suction* dapat mempengaruhi laju infiltrasi pada DAS Batang Kandih, dimana nilai rata-rata *matric suction* yaitu 7 cb. Matrik digunakan untuk membaca kondisi tanah, apabila nilainya mendekati nol berarti tanah dalam keadaan jenuh dan apabila menjauhi nol maka tanah tidak dalam kondisi jenuh.

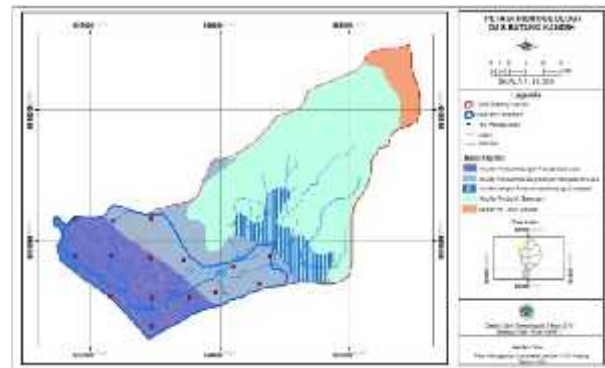
6.2 Model Penyebaran Laju Infiltrasi Akhir pada DAS Batang Kandih

Model penyebaran laju infiltrasi akhir pada DAS Batang Kandih dapat dilihat pada peta zonasi infiltrasi, peta kontur laju infiltrasi, peta kontur muka air tanah DAS Batang Kandih, peta hidrogeologi, serta peta zonasi infiltrasi dan genangan banjir yang *dioverlay* dengan tutupan lahan dan peta kontur muka air tanah (MAT).

6.2.1 Peta Hidrogeologi DAS Batang Kandih

Pada peta hidrogeologi akan diketahui informasi mengenai jenis akuifer di daerah DAS Batang Kandih, seperti pada Gambar 11. Dari Gambar 11 dapat dilihat jenis akuifer pada masing-masing warna yaitu:

1. Warna biru muda ialah akuifer produktif dengan penyebaran luas. Akuifer terutama berupa pasir, kerikil, dan tufa batupung dengan keterusan sedang. Kedudukan muka air tanah bebas umumnya dekat permukaan sampai 5 m dari muka tanah setempat.
2. Warna orange tua ialah daerah air tanah langka
3. Warna biru keabuan ialah akuifer produktif sedang dengan penyebaran luas. Akuifer terutama pasir, kerikil, dan tufa batupung dengan keterusan rendah sampai sedang. Kedudukan muka air tanah bebas dekat permukaan hingga 5 m dari muka tanah setempat.
4. Garis *vertical* warnabiru putih ialah akuifer setempat dengan produktivitas sedang. Akuifer terutama lanau atau kerikil, tidak menerus, tipis, dengan keterusan rendah. Kedudukan muka air tanah bebas umumnya dekat permukaan hingga kurang dari 5 m dari muka tanah setempat.
5. Warna biru *tosca* ialah setempat akuifer produktif. Akuifer dengan keterusan sangat beragam, umumnya airtanah tidak dimanfaatkan karena dalamnya kedudukan muka airtanah. Umumnya air tanah tidak dimanfaatkan karena dalamnya kedudukan muka air tanah



Gambar 11. Peta Hidrogeologi DAS Batang Kandih

6.2.2 Peta Laju Infiltrasi dan Peta Kontur Laju Infiltrasi

Model laju infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 12. Model laju infiltrasi DAS Kandih dikelompokkan menjadi 6 klasifikasi yaitu:

1. Klasifikasi 1 berwarna orange muda memiliki nilai infiltrasi antara 0,001403 – 0,084431. Nilai ini berada pada titik K2, K3, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K14, K15. Klasifikasi 1 terdapat di daerah Kel. Lubuk Buaya, Kel. Padang Sarai, Kel. Batipuh Panjang, dan Kel. Balai Gadang.
2. Klasifikasi 2 berwarna biru tosca memiliki nilai infiltrasi yaitu antara 0,084431–0,195137. Nilai ini berada pada titik K5, dan K6. Klasifikasi 2 terdapat di Kel. Padang Sarai.
3. Klasifikasi 3 berwarna pink memiliki nilai infiltrasi rentang antara 0,195137–0,365807. Nilai ini berada pada titik K2, K4 dan K6. Klasifikasi 3 terdapat di Kel. Lubuk Buaya, Kel. Batipuh Panjang, dan Kel. Padang Sarai.
4. Klasifikasi 4 berwarna biru memiliki nilai infiltrasi rentang antara 0,365807 – 0,582604. Nilai ini berada pada titik K1. Klasifikasi 4 terdapat di Kel. Pasia Nan Tigo.
5. Klasifikasi 5 berwarna krem memiliki nilai infiltrasi rentang antara 0,582604–0,840916 Nilai ini berada pada titik K1. Klasifikasi 5 terdapat di Kel. Pasia Nan Tigo.
6. Klasifikasi 6 berwarna kuning memiliki nilai infiltrasi rentang antara 0,840916–1,177644. Nilai ini berada pada titik K1. Klasifikasi 6 terdapat di Kel. Pasia Nan Tigo.

6.2.3 Peta Penyebaran Laju Infiltrasi Overlay dengan Peta Zonasi Banjir serta Peta Tutupan Lahan

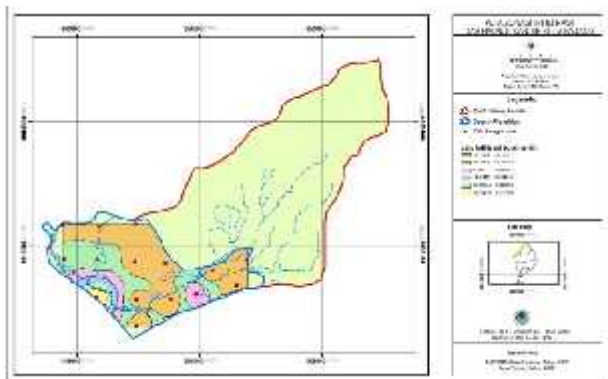
Dari peta model penyebaran laju infiltrasi yang telah *dioverlay* dengan zonasi banjir serta tutupan lahan, dapat dilihat banjir yang tinggi berada di titik pengukuran K2, K7, dan K13 yang mana ditandai dengan arsiran warna merah, model penyebaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.

6.2.4 Peta Kontur Muka Air Tanah (MAT) DAS Batang Kandih

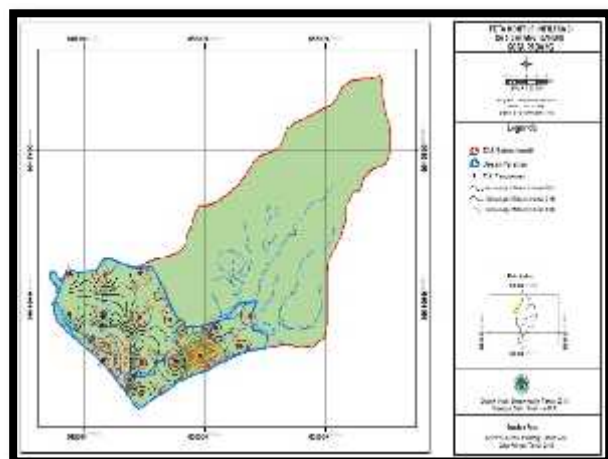
Pada peta kontur muka air tanah didapatkan kesimpulan mengenai arah umum aliran air tanah, serta laju infiltrasi pada perbedaan garis kontur topografi. Pada kontur yang cenderung rapat maka laju infiltrasinya lambat, begitupun sebaliknya pada kontur yang renggang laju infiltrasi lebih cepat. Arah aliran muka air tanah pada daerah penelitian kontur muka air tanah yaitu: dari bagian hulu mengalir kearah barat dan dari bagian selatan daerah penelitian mengalir kearah barat laut dan dapat dilihat di DAS Batang Kandih pada Gambar 14.

6.2.5 Peta Zonasi Infiltrasi dengan Peta Tutupan Lahan

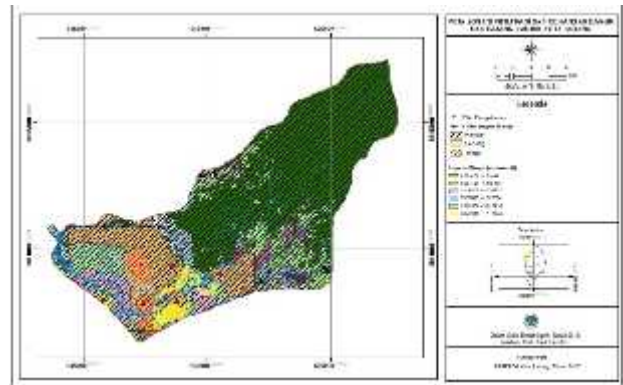
Pada zonasi infiltrasi dan tutupan lahan dapat dilihat penyebaran laju infiltrasi di DAS Batang Kandih dimana laju infiltrasi dikelompokkan menjadi enam klasifikasi dari nilai laju infiltrasi rendah hingga tertinggi pada klasifikasi 6. Infiltrasi yang tinggi berada di titik K1 yang ditutupi oleh semak belukar dan perumahan dimana lokasinya berada di dekat pantai, sedangkan laju infiltrasi yang rendah berada di K3, K7, K8, K9, K10, K11, dan K12 dimana lokasinya berada di sekitar sawah irigasi, dapat dilihat pada Gambar 15.



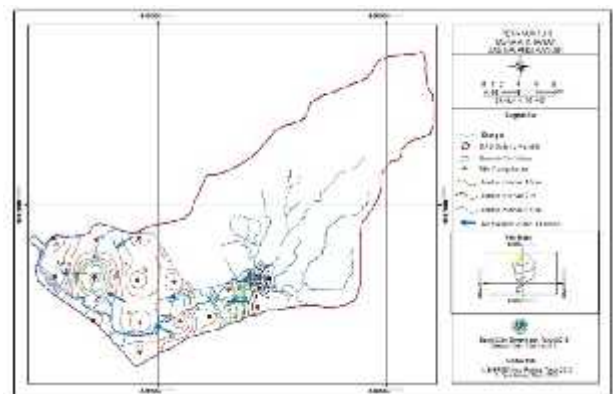
Gambar 12. Peta Zonasi DAS Batang Kandih



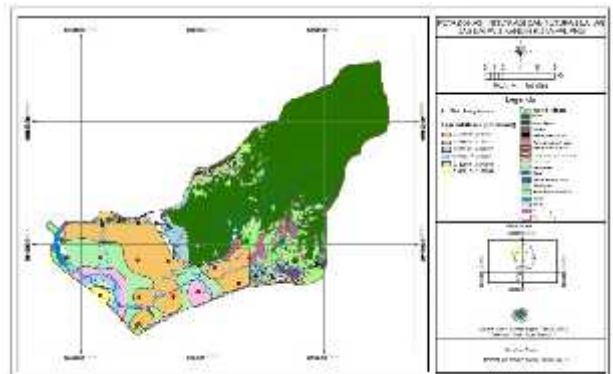
Gambar 13. Peta Kontur Infiltrasi DAS Batang Kandih



Gambar 13. Peta Zonasi Infiltrasi dengan Peta Zonasi Banjir DAS Batang Kandih



Gambar 14. Peta Kontur MAT DAS Batang Kandih



Gambar 15. Peta Zonasi Infiltrasi dengan Tutupan Lahan

6.3 Pengaruh Kadar Air, Porositas Batuan, Konduktivitas Hidrolik Jenuh Kepadatan, Dan Matric Suction Terhadap Laju Infiltrasi

6.3.1 Hubungan Kadar Air terhadap Laju Infiltrasi

Pada analisis ini variabel dependen adalah laju infiltrasi, sedangkan variabel independennya adalah kadar air. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai r terbesar pada model regresi polinomial sebesar 0,37. Hal ini berarti kadar air terhadap laju infiltrasi memiliki hubungan yang sangat kuat. Sementara itu nilai R^2 yang didapatkan sebesar 0,13 Hal ini berarti laju infiltrasi dipengaruhi oleh nilai kadar air sebesar 13 % sedangkan 87 % lainnya dipengaruhi oleh variabel lain. Grafik hubungan kadar air terhadap laju infiltrasi terdapat pada

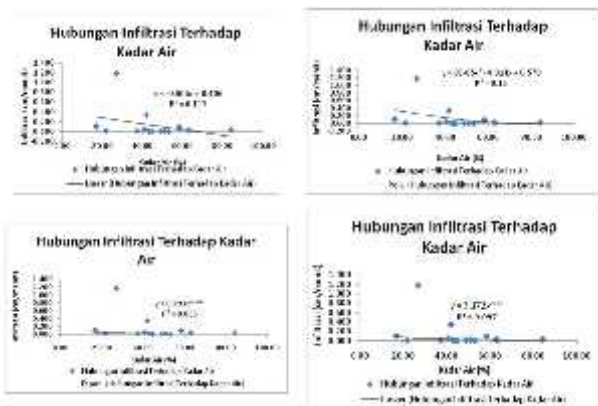
Tabel 1. Berdasarkan Gambar 16 hubungan infiltrasi dengan kadar air bernilai negatif yang artinya semakin tinggi infiltrasi maka kadar air akan semakin rendah (terlihat pada garis regresi). Persamaan regresi yang digunakan yaitu metode regresi *polynomial*.

Tabel 1. Hasil Analisis Statistik Kadar Air terhadap Laju Infiltrasi

No	Model	r	R ²	Persamaan Persama (y)
1	Regresi Linear	0,11	0,117	$y = 0,006x + 0,406$
2	Regresi Polinomial Kuadrat	0,51	0,19	$y = 8E-05x^2 - 0,014x + 0,578$
3	Regresi Power	0,51	0,097	$y = 11,62x^{-0,42}$
4	Regresi Eksponensial	0,25	0,066	$y = 0,099e^{0,002x}$

$$y = 8e - 05x^2 - 0.014x + 0.578$$

$$\text{Infiltrasi} = 8e - 05 (\text{kadar air})^2 - 0.014 (\text{kadar air}) + 0.578$$



Gambar 16. Grafik Hubungan infiltrasi terhadap kadar air

6.3.2 Hubungan Porositas terhadap Laju Infiltrasi

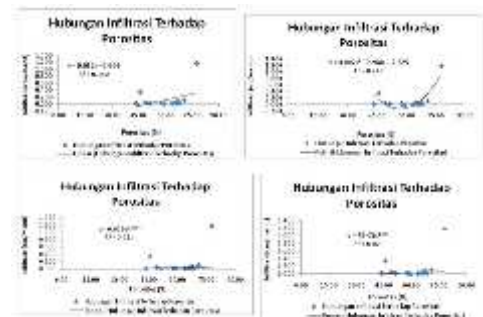
Pada analisis ini variabel dependen adalah laju infiltrasi, sedangkan variabel independennya adalah porositas batuan. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai r terbesar pada model regresi *polynomial* sebesar 0,86 Hal ini berarti kadar air terhadap laju infiltrasi memiliki hubungan yang sangat kuat. Sementara itu nilai R² yang didapatkan sebesar 0,74. Hal ini berarti laju infiltrasi dipengaruhi oleh nilai kadar air sebesar 74 % sedangkan 16 % lainnya dipengaruhi oleh variabel lain. Grafik hubungan porositas terhadap laju infiltrasi pada Tabel 2. Berdasarkan Gambar 17 hubungan infiltrasi dengan porositas bernilai positif yang artinya semakin tinggi infiltrasi maka porositas akan semakin tinggi (terlihat pada garis regresi). Persamaan regresi yang digunakan yaitu metode regresi *polynomial*.

Tabel 2. Hasil Analisis Statistik Porositas terhadap Laju Infiltrasi

No	Model	R	R ²	Persamaan Persama (y)
1	Regresi Linear	0,39	0,15	$y = 0,012x - 0,60$
2	Regresi Polinomial Kuadrat	0,86	0,74	$y = 0,002x^2 - 0,268x + 7,52$
3	Regresi Power	0,387	0,021	$y = 7e - 05x^{1,41}$
4	Regresi Eksponensial	0,20	0,04	$y = 0,009e^{0,002x}$

$$y = 0.002x^2 - 0.268x + 7.52$$

$$\text{Infiltrasi} = 0.002 (\text{porositas})^2 - 0.268 (\text{porositas}) + 7.52$$



Gambar 17. Grafik Hubungan infiltrasi terhadap Porositas

6.3.3 Hubungan Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) terhadap Laju Infiltrasi

Pada analisis ini variabel dependen adalah laju infiltrasi, sedangkan variabel independennya adalah konduktivitas hidrolik jenuh. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai r terbesar pada model regresi *polynomial* sebesar 0,84. Hal ini berarti kadar air terhadap laju infiltrasi memiliki hubungan yang sangat kuat. Sementara itu nilai R² yang didapatkan sebesar 0,73. Hal ini berarti laju infiltrasi dipengaruhi oleh nilai konduktivitas hidrolik jenuh sebesar 73 % sedangkan 27 % lainnya dipengaruhi oleh variabel lain. Grafik hubungan konduktivitas hidrolik jenuh terhadap laju infiltrasi terdapat pada Gambar 18 dan pada Tabel 3. Berdasarkan Gambar 18 hubungan infiltrasi dengan konduktivitas hidrolik jenuh bernilai positif yang artinya semakin tinggi infiltrasi maka konduktivitas hidrolik jenuh akan semakin tinggi (terlihat pada garis regresi). Persamaan regresi yang digunakan yaitu metode regresi *polynomial*.

Tabel 3. Hasil Analisis Statistik Konduktivitas Hidrolik Jenuh terhadap Laju Infiltrasi

No	Model	R	R ²	Persamaan Persama (y)
1	Regresi Linear	0,637	0,406	$y = 111x + 0,042$
2	Regresi Polinomial Kuadrat	0,84	0,73	$y = 5769x^2 - 190,6x + 0,122$
3	Regresi Power	0,463	0,213	$y = 0,776x^{0,718}$
4	Regresi Eksponensial	0,289	0,081	$y = 0,011e^{0,002x}$

$$y = 57691x^2 - 190.6x + 0.122$$

$$\text{Infiltrasi} = 5769 (\text{KHJ})^2 - 190.6 (\text{KHJ}) + 0.122$$



Gambar 18. Grafik Hubungan infiltrasi terhadap KHJ

6.3.4 Hubungan Kepadatan terhadap Laju Infiltrasi

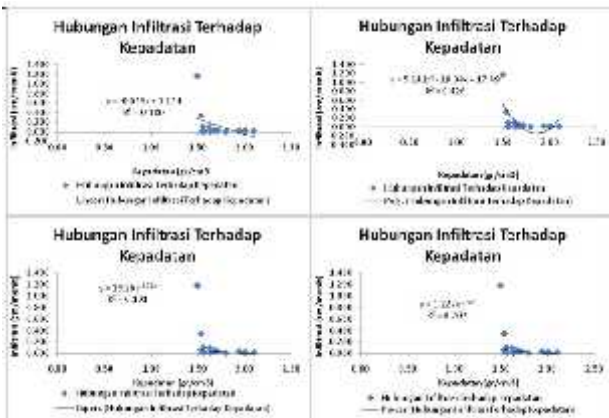
Pada analisis ini variabel dependen adalah laju infiltrasi, sedangkan variabel independennya adalah kepadatan. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai r terbesar pada model regresi *polynomial* sebesar 0,65. Hal ini berarti kepadatan terhadap laju infiltrasi memiliki hubungan yang kuat. Sementara itu nilai R² yang didapatkan sebesar 0,43. Hal ini berarti laju infiltrasi dipengaruhi oleh nilai kepadatan sebesar 43 % sedangkan 57 % lainnya dipengaruhi oleh variabel lain. Grafik hubungan kepadatan terhadap laju infiltrasi terdapat pada Gambar 19 dan Tabel 4. Berdasarkan Gambar 19 hubungan infiltrasi dengan kepadatan bernilai negatif yang artinya semakin tinggi infiltrasi maka kepadatan akan semakin rendah (terlihat pada garis regresi). Persamaan regresi yang digunakan yaitu metode regresi *polynomial*.

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Kepadatan terhadap Laju Infiltrasi

No	Model	R	R ²	Persamaan Paramet (y)
1	Regresi Linear	0.424	0.180	$y = -0.651x + 1.254$
2	Regresi Polinomial Quadratic	0.65	0.43	$y = 5.141x^2 - 19.04x + 17.49$
3	Regresi Power	0.454	0.207	$y = 1.227x^{-0.75}$
4	Regresi Eksponensial	0.437	0.191	$y = 19.25e^{0.175x}$

$$y = 5.141x^2 - 19.04x + 17.49$$

$$\text{Infiltrasi} = 5.141 (\text{kepadatan})^2 - 19.04 (\text{kepadatan}) + 17.49$$



Gambar 19. Grafik Hubungan infiltrasi terhadap Kepadatan

6.3.5 Hubungan Matric Suction terhadap Laju Infiltrasi

Pada analisis ini variabel dependen adalah laju infiltrasi, sedangkan variabel independennya adalah *matric suction*. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai r terbesar pada model regresi *polynomial* sebesar 0,23. Hal ini berarti kadar air terhadap laju infiltrasi memiliki hubungan yang sedang. Sementara itu nilai R² yang didapatkan sebesar 0,052. Hal ini berarti laju infiltrasi dipengaruhi oleh nilai *matric suction* sebesar 5 % sedangkan 95 % lainnya dipengaruhi oleh variabel lain. Grafik hubungan *matric suction* terhadap laju infiltrasi terdapat pada Lampiran Tabel 5. Berdasarkan Gambar 20 hubungan infiltrasi dengan *matric suction* bernilai positif yang artinya semakin tinggi infiltrasi maka *matric suction* akan semakin tinggi (terlihat pada garis regresi).

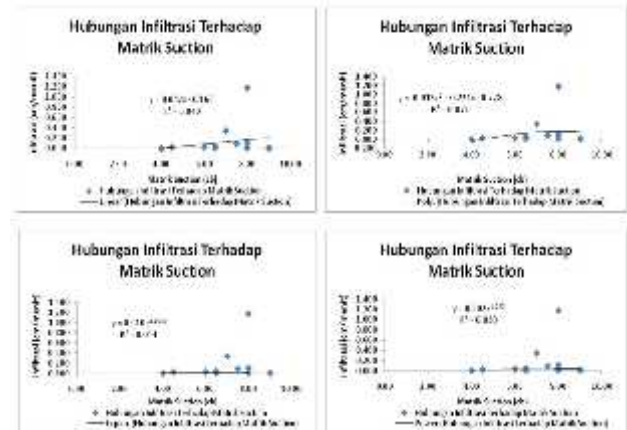
Persamaan regresi yang digunakan yaitu metode regresi *polynomial*.

Tabel 5. Hasil Analisis Statistik Kepadatan terhadap Laju Infiltrasi

No	Model	R	R ²	Persamaan Paramet (y)
1	Regresi Linear	0.20	0.040	$y = 0.042x - 0.156$
2	Regresi Polinomial Quadratic	0.23	0.052	$y = 0.013x^2 - 0.221x + 1.728$
3	Regresi Power	0.17	0.030	$y = 0.002x^{1.200}$
4	Regresi Eksponensial	0.12	0.014	$y = 0.010e^{0.145x}$

$$y = 0.013x^2 - 0.221x + 1.728$$

$$\text{Infiltrasi} = 0.013(\text{matric suction})^2 - 0.221 (\text{matric suction}) + 1.728$$



Gambar 20. Grafik Hubungan infiltrasi terhadap Matric Suction

6.3.6 Hubungan Kadar Air, Porositas, Kepadatan Tanah, Konduktivitas Hidrolik Jenuh dan Matriks Suction Terhadap Laju Infiltrasi

Analisis regresi berganda dilakukan untuk melihat hubungan dua atau lebih variabel independen terhadap variabel dependen. Pengolahan data dilakukan untuk menganalisis hubungan kadar air, porositas batuan, konduktivitas hidrolik, kepadatan, dan *matric suction* secara bersamaan terhadap laju infiltrasi. Olah data dilakukan dengan *software SPSS*. Nilai koefisien korelasi dari analisis statistik tersebut adalah 0,90 yang berarti parameter kadar air, porositas batuan, konduktivitas hidrolik, kepadatan, dan *matric suction* memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap laju infiltrasi. Sedangkan nilai R² yang diperoleh adalah 0,83 yang berarti 83 % variabel independen tersebut mempengaruhi laju infiltrasi. Sementara itu 17 % lainnya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain. Data SPSS analisis regresi berganda ini dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Nilai Korelasi (r) dan R² Analisis Regresi Berganda Statistik Kepadatan terhadap Laju Infiltrasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.909 ^a	.826	.729	.157583

Tabel 7. Variabel Regresi Linier Berganda

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	
		B	Std. Error	Beta	Sig.
1	(Constant)	.110	.227		.730
	Konduktivitas	45.537	28.279	.287	.173
	Porositas	.217	.114	.669	.037
	Kepadatan	-.724	.273	-.579	.007
	Kadar Air	.229	.129	.180	.332
	Matrix suction	.228	.122	.229	.324

$$y = 57.585x_1 + 0.014 x_2 - 0,621 x_3 - 0,001 x_4 + 0,000 X_5 + 0,493$$

Dengan:

$$y = \text{Laju Infiltrasi} \quad x_1 = \text{Konduktivitas}$$

$$x_2 = \text{Porositas} \quad x_3 = \text{Kepadatan}$$

$$x_4 = \text{Kadar Air} \quad x_5 = \text{Matrix Suction}$$

Dari Tabel 7 juga dapat ditentukan parameter yang memiliki pengaruh paling kuat terhadap laju infiltrasi, yaitu dengan cara melihat nilai koefisien beta yang telah distandardisasi. Dari koefisien tersebut didapatkan variabel yang memiliki pengaruh paling kuat terhadap laju infiltrasi adalah porositas (74 %).

6.4 Debit Air yang Mampu Diresapkan Tanah

Berdasarkan hasil pengolahan data debit air yang mampu diresapkan kedalam sistem air tanah pada DAS Batang Kandih dalam daerah seluas 1 km² sebesar 76.775,58 m³/jam/km².

7Kesimpulan dan Saran

7.1 Kesimpulan

Dari pengolahan data yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju infiltrasi akhir pada DAS Batang Kandih adalah 0,128 cm/menit, artinya laju infiltrasi berada pada kategori < 0,1 cm/menit, dengan demikian berdasarkan klasifikasi zonasi daerah resapan berdasarkan laju infiltrasi akhir, maka daerah DAS Batang Kandih berada pada zona VI/E, dengan kemampuan resapan sangat rendah.
2. Model penyebaran laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya litologi batuan, kadar air, porositas, konduktivits hidrolik jenuh, kepadatan, *matriks suction*. Semakin tinggi porositas, konduktivitas hidrolik, dan *matric suction* maka laju infiltrasi akhir juga semakin cepat. Sementara semakin tinggi kadar air dan nilai kepadatan tanah maka laju infiltrasi akan semakin lambat. Pada litologi batuan dengan jenis *sand* (pasir), laju infiltrasi akhir cenderung semakin cepat, sedangkan pada litologi jenis *silt* (lanau) laju infiltrasi akhir cenderung semakin lambat.
3. Dari pemodelan statistik didapatkan hubungan antara kadar air, porositas, konduktivitas hidrolik, kepadatan, dan *matric suction* terhadap laju infiltrasi sebesar 0,90 yang berarti parameter-parameter tersebut memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap laju infiltrasi. Sedangkan nilai R² yang

diperoleh adalah 0,83 yang berarti 83 % variabel independen tersebut mempengaruhi laju infiltrasi. Sementara itu 17 % lainnya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain. Dari analisis regresi berganda juga didapatkan variabel yang paling mempengaruhi laju infiltrasi adalah porositas sebesar 74 %

4. Debit air yang mampu diresapkan ke dalam air tanah pada DAS Batang Kandih adalah 76.775,58 m³/jam/km² maka volume air yang mampu diresapkan per jam nya ialah 76.775,58 m³.

7.2Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data laju infiltrasi akhir, daerah DAS Batang Kandih berada pada Zona VI/E dengan kemampuan resapan yang sangat rendah, sehingga pada saat hujan timbul genangan air (banjir), untuk itu diperlukan pembuatan sumur resapan pada daerah dengan infiltrasi tertinggi di DAS Batang Kandih yaitu di sekitar titik pengukuran K1 (Kelurahan Pasia Nan Tigo) agar pada saat hujan air akan masuk ke dalam sumur resapan sehingga dapat meminimalisir terjadinya genangan air (banjir).

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. *Kota Padang Dalam Angka*. Padang: BPS Kota Padang (2016)
- [2] Ahmad, Fauzi, dkk. “*Penyelidikan Karakteristik Batuan Di Kota Padang Menggunakan Metode Geofisika dan Geomorfologi Untuk Memetakan Daerah rawan Bencana*”. Padang: Universitas Negeri Padang(2009)
- [3] C. Asdak. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press (2010)
- [4] Nurmegawati. *Infiltrasi pada Lahan Hutan di Sub DAS Sumani Bagian Hulu Kayu Aro Kabupaten Solok*. Jurnal Hidrolitan, **2**. 87-95. (2011)
- [5] Ahmad Eka Putra. *Kajian Laju Infiltrasi Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Tongkoh Kecamatan Dolat Raya Kabupaten Karo*. USU Medan (2013)
- [6] D. Elfiati. *Laju Infiltrasi pada Berbagai Tipe Kelerengan di Bawah Tegakan Ekaliptus Areal HPHTI PT. Toba Pulp Lestari Sektor Aek Nauli*. Jurnal Hidrolitan.1. 29-34 (2010)
- [7] RusliHAR. *Laporan Perencanaan Pemboran Eksplorasi Air Tanah UNP*: Padang (2016)
- [8] Badan Perencanaan Daerah. *Peta Geologi Kota Padang*. Padang: BAPPEDA Kota Padang(2007)
- [9] Sugeng Utaya. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Sifat Biofisik Tanah dan Kapasitas Infiltrasi di Kota Malang*. Forum Geografi, **22**. 99-112 (2008)
- [10] Yudistira, Y. *Analisa Kepadatan Tanah pada Timbunan di Saluran Irigasi dengan Metode Pengujian Proctor dan Sand Cone*. Jurnal Konsentrasi Sekolah Tinggi Garut. **13**. 1 (2015)
- [11] S. Syukur. *Laju Infiltrasi dan Peranannya Terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangka*. J. Agroland **16**, 3(2009)

- [12] Mein R.G, C.L. Larson. *Modeling Infiltration During A Steady Rain*. *Water Resour. Res* **9**,2 (1973)
- [13] Rusli HAR, dkk. *Petunjuk Pengukuran Laju Infiltrasi*. Makalah Disajikan Dalam Rangka Pelatihan Tenaga Konservasi di Area PT. Caltex Pacific Indonesia Riau (2000)
- [14] Hari Wibowo. *Laju Infiltrasi yang di Pengaruhi oleh Air Tanah*. *Jurnal Belian*. **9**, 1 : 90-103 (2010)
- [15] Labsheet Teknik Sipil UNP. *Mekanika Tanah*. UNP: Laboratorium Bahan dan Mekanika Tanah (2010)
- [16] C. Pudyawardhana, A. Sismiani. *Penentuan Kepadatan Tanah di Lapangan Menggunakan Borland Delphi 6*. *Techno*, **17**. 2(2016)
- [17] SNI. *Cara Uji Kelulusan Air Bertekanan di Lapangan*. Badan Standar Nasional, SNI 2411(2008)
- [18] H.C Hardiyatmo. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press(2002)
- [19] A. B. Supangat, P. B. Putra. *Kajian Infiltrasi Tanah pada Berbagai Tegakan Jati*. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, **VII**.2(2010)
- [20] A. Irianto. *Statistik Konsep Dasar Dan Aplikasinya*. Jakarta: Prenada Medika(2004)