

Kajian Laju Infiltrasi Pada DAS Air Timbalun Kota Padang Ditinjau Dari Perbedaan Lithology, Kemiringan Lahan, dan Parameter Fisik Tanah

Ahmad Fauzan^{1*}, Rusli HAR^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ahmdfauzaan@gmail.com

**ruslihar_1603@yahoo.com

Abstract. Infiltration that is disturbed in an area will affect the existing hydrological cycle and make the natural balance not met. The construction and opening of new land has led to a diversion of land use which was originally a water catchment area, so that the water catchment area was reduced, causing flooding in residential areas. Infiltration is also influenced by several factors including rock lithology conditions, land slope and soil physical condition. Therefore, it is necessary to study the infiltration rate, infiltration zoning mapping, and the calculation of water discharge that can be applied to the soil. This research was carried out at 15 different points. The data obtained are primary data which is direct observation in the field, namely the coordinates of the study location, groundwater data, lithology, land slope, soil physical properties (water content, porosity, saturated hydraulic conductivity, soil density), and infiltration rate measurement data. Based on data processing using the Kostiakov method, the average infiltration rate of the study area was 0.010565 cm/min, including the very low absorption area classification (<0.1-0.2 cm/min). based on statistical analysis, rock lithology conditions, land slope and soil physical properties are very influential on the rate of infiltration. Infiltration zoning mapping was divided into 6 zones, with the lowest infiltration rate 0.000017093-0.002509782 cm/minute and the highest infiltration rate zone 0.022775581-0.046821598 cm /minute. In addition, the water discharge that can be absorbed by the soil in the study area with an area of 14,199 km² is 6,600 m³/hour/km² (very low).

Keywords: Infiltration Rate and Infiltration Zone , Kostiakov Method, Rocks Lithology, Land Slope, Soil Physical Characterist

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Keberadaan air di bumi sangat terkait dengan adanya siklus hidrologi. Infiltrasi merupakan bagian dari siklus hidrologi. Infiltrasi yang terganggu pada suatu kawasan akan mempengaruhi siklus hidrologi yang ada dan membuat keseimbangan alam tidak terpenuhi. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian akan tersimpan atau tertinggal di permukaan daun, atau batang tanaman dan sebagian lagi akan sampai di permukaan tanah. Banyaknya air yang terserap oleh tanah sangat ditentukan oleh kecepatan infiltrasi, intensitas dan lamanya hujan serta kedalaman lapisan tanah yang mampu menyimpan air^[1].

Permasalahan diperkotaan terkait sector air, yang rutin terjadi pada saat hujan adalah terjadinya luapan air dan menimbulkan genangan ataupun banjir karena rendahnya resapan air ke dalam tanah (infiltrasi). Namun sebaliknya, ketika musim kemarau sumber air banyak yang mengalami kekeringan karena cadangan air tanah permukaan yang ada habis disedot untuk keperluan rumah tangga dan industry^[2]

Laju Infiltrasi yang tinggi tidak hanya meningkatkan jumlah air yang tersimpan dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman, tetapi juga mengurangi banjir dan erosi yang diaktifkan oleh *run off*^[3]. Karena laju infiltrasi yang kecil dan kondisi tanah yang cepat sekali jenuh menyebabkan nilai infiltrasi lebih kecil dari pada *run off*. Artinya air hujan lebih banyak mengalir

dipermukaan dari pada meresap kedalam tanah. Hal inilah yang lama kelamaan menggenang dan banjir.

Kondisi alamiah memperlihatkan laju infiltrasi awal yang melebihi laju air hujan, kemudian dengan bertambahnya waktu maka pori-pori permukaan tanah akan terisi oleh air hujan dan penyumbatan juga terjadi pada pori tanah, sehingga laju infiltrasi pun akan menjadi berkurang yang kemudian laju infiltrasi akan konstan (kapasitas infiltrasi)^[4].

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu ekosistem yang didalamnya terdapat berbagai penggunaan lahan. Lahan yang semula merupakan daerah terbuka maupun daerah resapan air, berubah menjadi daerah yang tertutup perkerasan dan bersifat kedap air sehingga menyebabkan, air hujan tidak dapat lagi meresap ke dalam tanah kondisi ini mengakibatkan peningkatan limpasan di permukaan kemudian menjadi genangan atau banjir^[5]. Besarnya banjir yang terjadi tergantung pada perbandingan kemampuan infiltrasi dan intensitas hujan^[6].

Pembangunan lahan suatu kawasan mencerminkan fungsi ruang hidrogeologi kawasan tersebut. Banyaknya konversi lahan akan memperluas permukaan kedap air sehingga menyebabkan berkurangnya infiltrasi, menurunnya pasokan airtanah dan meningkatnya limpasan permukaan. Perubahan ini pada akhirnya akan mempengaruhi sistem neraca air, sehingga fungsi hidrogeologis akan bergeser seiring ruang dan waktu^[7].

Dengan pembangunan fisik berupa perumahan dan infrastruktur lainnya tersebut akan menyebabkan berkurangnya area resapan air sebagai akibat perubahan tata guna lahan yang sebelumnya sebagai lahan terbuka sebagai area resapan air berubah menjadi areal kedap air sehingga berakibat pada meningkatnya aliran permukaan dan menurunkan air untuk meresap ke dalam tanah yang selanjutnya berakibat pada peningkatan debit banjir pada musim hujan^[8].

Kota Padang dilalui oleh banyak aliran sungai besar maupun kecil yang terbagi dalam 6 Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Air Dingin, DAS Air Timbalun, DAS Batang Arau, DAS Batang Kandis, DAS Batang Kuranji, dan DAS Sungai Pisang. Terdapat tidak kurang dari 23 aliran sungai yang mengalir di wilayah Kota Padang dengan total panjang mencapai 155,40 km (10 sungai besar dan 13 sungai kecil). Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang tidak terlepas dari hutan, tanah dan air. Ketiganya merupakan penyusun utama yang bertindak sebagai objek. Dalam hal ini hutan berperan dalam mendukung kehidupan di wilayah DAS sehingga tercipta keseimbangan ekosistem DAS. Salah satu DAS di kota padang, DAS Air Timbalun Bungus Kota Padang pada tahun 2013 terjadinya banjir yang cukup parah yang menenggelamkan pemukiman, merendam sawah, dan perkebunan. Menurut Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang, menjelaskan banjir yang melanda daerah tersebut menyebabkan sekitar 2.500 rumah terendam banjir, rusaknya 5 infrastruktur jalan dan jembatan, terendahnya 46 Ha sawah, hilangnya 2.544 ekor ternak dan rusaknya 7,1 Ha perkebunan milik warga. Dengan sering terjadinya kerusakan terhadap kawasan hutan menyebabkan semakin besar aliran di permukaan sedangkan kawasan infiltrasi yang besar sudah terbangun dan tidak dapat lagi meresap air kedalam tanah. Hal tersebut membuat tanah di Kota Padang lebih cepat jenuh sehingga pada saat hujan air tidak mampu lagi meresap kedalam tanah.

Perubahan penggunaan lahan dan perbedaan sifat-sifat tanah yang meliputi alih fungsi lahan yang semula ada vegetasi menjadi lahan yang minim vegetasi mengakibatkan laju infiltrasi dan perkolasi pada tanah menjadi berubah. Awalnya merupakan lahan yang memungkinkan terjadinya infiltrasi yang besar berubah menjadi pemukiman penduduk dan jalan-jalan desa yang menyebabkan semakin berkurangnya daerah resapan air hujan secara langsung.

Sementara itu, tanah hasil pelapukan batuan induk yang belum tertransportasi yang disebut sebagai tanah *in situ*, memiliki karakteristik litologi yang berbeda-beda tergantung dari jenis batuan induknya. Karakteristik tersebut meliputi ukuran butir, porositas dan permeabilitas, jenis mineral lempung, dan kandungan bahan organik. Setiap karakteristik litologi mempunyai pengaruh terhadap nilai laju infiltrasi. Tingginya tingkat intensitas pelapukan pada daerah penelitian dan relief yang tidak terlalu curam membuat tanah pada daerah tersebut cukup tebal. Sehingga kondisi litologi akan mencerminkan tanah permukaan pada zona tak jenuh yang sangat berpengaruh pada pergerakan air dalam profil tanah.

Laju infiltrasi ditentukan oleh karakteristik tanah termasuk kepadatan dan porositas. Sementara laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi dipengaruhi oleh tekstur tanah, struktur tanah, permeabilitas, daya resap tanah, tipe vegetasi serta kemiringan lahan. Laju infiltrasi sangat bergantung pada karakteristik tanah dan air. Biasanya kondisi tanah yang jenuh air (tanah dengan kadar air yang tinggi) menunjukkan laju infiltrasi yang lebih rendah dibandingkan tanah yang tidak jenuh air^[9].

Infiltrasi memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Karena infiltrasi tidak hanya meningkatkan jumlah air yang tersimpan di dalam tanah, tetapi juga dapat mengurangi terjadinya banjir. Infiltrasi merupakan sebuah proses kunci karena menentukan berapa banyak bagian dari curah hujan masuk ke dalam tanah dan berapa banyak yang menjadi aliran permukaan. Meningkatnya nilai laju infiltrasi akan bermanfaat untuk meresapkan air hujan/ *run off* kedalam tanah berguna untuk cadangan air tanah pada musim kemarau.

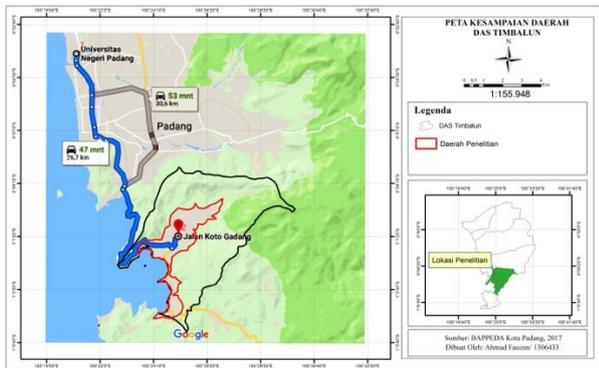
Pentingnya Infiltrasi pada DAS Air Timbalun yaitu untuk pengisi lensa tanah dan air tanah untuk air minum, mandi, pertanian dan lainya. Laju Infiltrasi yang tinggi tidak hanya meningkatkan jumlah air yang tersimpan dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman, tetapi juga mengurangi banjir dan erosi yang terjadi pada DAS Air Timbalun.

2. Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai (DAS) Timbalun merupakan salah satu DAS yang secara administratif terdapat di Kecamatan Bungus Teluk Kabung kota Padang. Secara Geografis DAS Timbalun terletak di 01°01'21" hingga 01°05'02" Lintang Selatan dan 100°21'58" hingga 100°26'36" Bujur Timur. Lokasi DAS Timbalun terbagi dalam empat kelurahan, yaitu Kelurahan Bungus Barat, Kelurahan Bungus Timur, Kelurahan Bungus Selatan, dan Kelurahan Teluk Kabung.

Daerah Aliran Sungai Air Timbalun merupakan salah satu sungai besar yang terdapat di Kecamatan Bungus Teluk Kabung. Adapun batas-batas daerah yaitu sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Padang Selatan dan Kecamatan Lubuk Begalung, sedangkan sebelah selatan kota Padang berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan, sebelah barat berbatasan dengan Samudera Indonesia, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan^[10].

Untuk mencapai lokasi penelitian dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua maupun roda empat selama lebih kurang 1jam 8 menit dengan jarak kurang lebih 30,4 km dari Universitas Negeri Padang.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah DAS Air Timbalun Kota Padang^[11]

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Desember 2017 s/d Februari 2018. Lokasi penelitian di DAS Air Timbalun Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan jenis data yang diperoleh maka penelitian ini mengacu pada jenis penelitian deskriptif kuantitatif, yaitu menjelaskan fenomena yang ada dengan menggunakan angka-angka. Tujuan dalam penelitian ini dibatasi untuk menggambarkan karakteristik sesuatu sebagaimana adanya.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengambilan data dimulai dengan menentukan titik koordinat pengukuran, data laju infiltrasi, data sifat fisik tanah, sampel tanah dari *handbor*, tinggi muka air tanah dan kemiringan lahan. Pengukuran dan pengujian dilakukan pada 15 titik yang sudah ditentukan, sebagian besar berada daerah alluvium. Luas daerah penelitian ± 14,199 km².

3.3 Tahap Pengolahan Data

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

3.3.1 Perhitungan Laju Infiltrasi

Infiltrasi adalah meresapnya air permukaan kedalam tanah. Kecepatan infiltrasi yang tinggi terjadi pada waktu permulaan hujan karena tanah (*soil*) belum jenuh air (*saturated*), terutama setelah musim kemarau yang panjang^[12].

Pengukuran laju infiltrasi di lapangan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa kecepatan dan besaran masuknya atau meresapnya air secara vertikal ke dalam tubuh tanah^[13].

Nilai laju infiltrasi yang ada di lapangan bisa didapatkan, 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^[14].

Perhitungan laju infiltrasi dihitung menggunakan metode *Kostiakov*, dengan rumus sebagai berikut^[14].

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

Keterangan:

f_p = laju infiltrasi (cm/menit)

K = Konstanta infiltrasi

t = Waktu infiltrasi (menit)

n = Pangkat exponent

3.3.2 Perhitungan Sifat Fisik Tanah

Rumus Kadar Air adalah sebagai berikut:^[15]

$$\omega = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

W_1 = Berat cawan + tanah asli (gram)

W_2 = Berat cawan + tanah kering (gram)

W_3 = Berat cawan kosong (gram)

Untuk mengetahui kepadatan dari berbagai jenis material, metode yang sering digunakan adalah metode *Sand Cone*^[16].

Kepadatan Tanah dapat dipengaruhi oleh sandcone yang merupakan kepadatan tanah dilapangan dengan menggunakan pasir Ottawa sebagai parameter kepadatan tanah yang mempunyai sifat kering, bersih, keras, tidak memiliki bahan pengikat sehingga dapat mengalir bebas^[17]. Rumus kepadatan tanah adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

γ_d = Kepadatan tanah lapangan

γ_T = Berat isi tanah galian

ω = Kadar air

Rumus Konduktivitas Hidrolik Jenuh adalah sebagai berikut:

Metode *Constant Head*.^[18]

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

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 pemoran – kedalaman *casing* pipa di dalam (cm)

Q = Debit air yang dialirkan (cm³/detik)

H = Apabila bertemu Muka Air Tanah (MAT) saat pemoran:

H = Kedalaman MAT + tinggi casing di permukaan tanah (cm)

Apabila tidak bertemu Muka Air Tanah (MAT) saat pemboran:

H = Kedalaman pemboran + tinggi casing di permukaan tanah (cm)

Metode *Falling Head*.^[19]

$$K = \frac{r^2}{2L\Delta t} \ln \frac{L}{r} \ln \frac{H_1}{H_2} \quad (5)$$

Keterangan:

K = Konduktivitas hidrolik 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)

Porositas adalah sebagai berikut:^[20]

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

Keterangan:

n = Porositas (%)

pb = *Bulk density* (gr/cm³)

$pb = \frac{\text{Berat cawan} + \text{tanah kering } (W_2) - \text{Berat cawan } (W_3)}{\text{Volume ring sampel } (cm^3)}$

pd = *Partical density* (gr/cm³) (pd tanah = 2,66 gr/cm³)

Rumus Kemiringan lahan adalah sebagai berikut:

$$Kem. \text{ lahan} = \left(\frac{\text{Dapan (Beda Tinggi Vertikal)}}{\text{Samping (Jarak Horizontal)}} : 360 \right) \times 100\% \quad (7)$$

3.4 Tahap Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis data spasial dan analisis statistik.

3.4.1 Analisis Spasial

Analisis spasial berupa pemetaan zonasi infiltrasi daerah penelitian (DAS Air Timbalun) menggunakan *software ArcGis 10.1*

3.4.2 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:

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

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

X₁, X₂, X_k = Variabel bebas

a = Titik potong

b₁, b₂, b_k = Penduga atau konstanta

Nilai b dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sum x_1y = b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 + b_3 \sum x_1x_3 + \dots + b_k \sum x_1x_k \quad (10)$$

$$\sum x_2y = b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_2x_3 + \dots + b_k \sum x_2x_k \quad (11)$$

$$\sum x_3y = b_1 \sum x_1x_3 + b_2 \sum x_2x_3 + b_3 \sum x_3^2 + \dots + b_k \sum x_3x_k \quad (12)$$

$$\sum x_ky = b_1 \sum x_1x_k + b_2 \sum x_2x_k + b_3 \sum x_3x_k + \dots + b_k \sum x_k^2 \quad (13)$$

Sedangkan nilai a dapat dihitung dengan persamaan:

$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - b_3 \bar{X}_3 - \dots - b_k \bar{X}_k \quad (14)$$

Analisis Korelasi Berganda (r)

Analisis korelasi ganda digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel atau lebih variabel *independen* terhadap variabel *dependen*. Koefisien ini menunjukkan seberapa besar hubungan yang terjadi antara variabel *independen* (X) terhadap variabel *dependen* (Y). Nilai r berkisar antara 0-1, dapat dihitung dengan persamaan:

$$r (X_1X_2)Y = \frac{\sqrt{b_1 \sum X_1Y + b_2 \sum X_2Y}}{\sum Y^2} \quad (15)$$

Koefisien Determinasi (R²)

Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar hubungan dari beberapa variabel. Koefisien determinasi dapat menghitung dengan persamaan.^[21]

$$KP = R^2 \cdot 100\% \quad (16)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Laju Infiltrasi DAS Sungai Pisang

4.1.1 Laju Infiltrasi

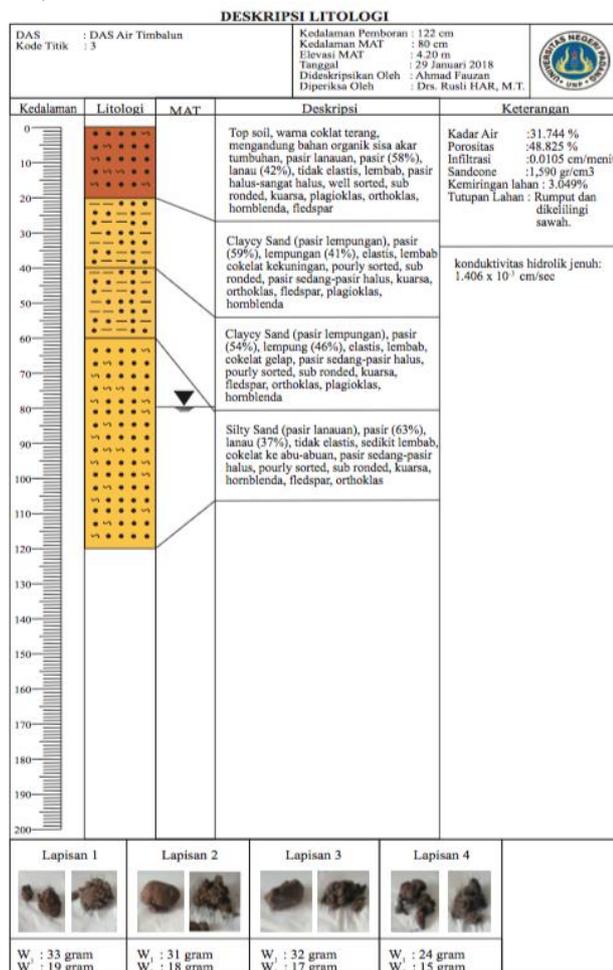
Laju Infiltrasi DAS Air Timbalun dapat ditentukan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan pada setiap titik penelitian, titik penelitian yang diamati terdapat 15 titik. Titik-titik tersebut diperoleh dengan menggunakan sistem grid yang berjarak 1 km pada hilir DAS. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *double ring infiltrometer* yang memiliki diameter ring

dalam 15 cm, diametr ring luar 30 cm dan tinggi ring \pm 50 cm. Berdasarkan pengolahan data, maka diperoleh rata-rata laju infiltrasi pada DAS Air Timbalun yaitu 0,010565 cm/menit.

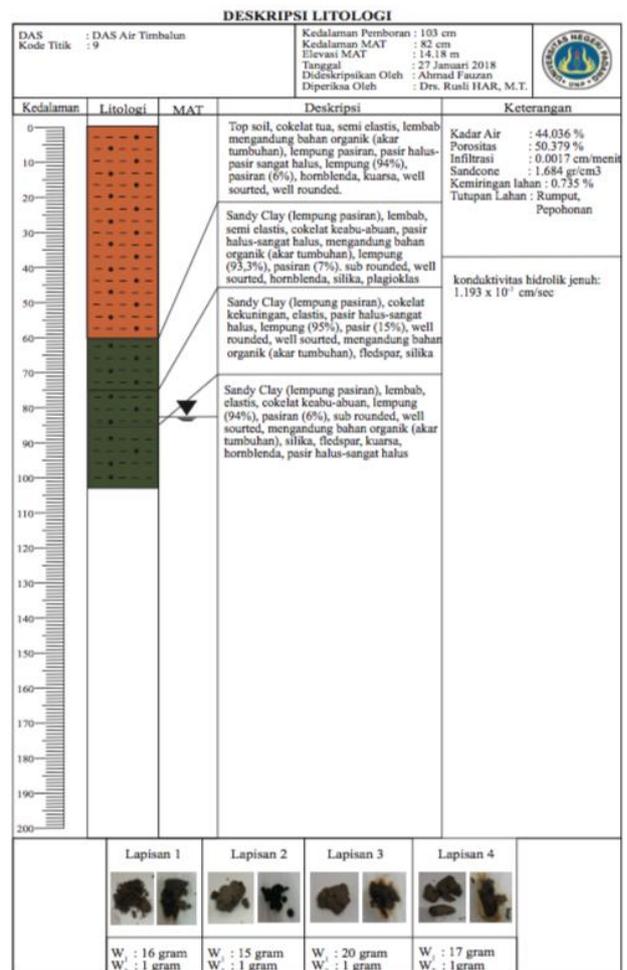
4.1.2 Litologi

Litologi pada DAS Sungai Pisang ditentukan melalui deskripsi hasil pemboran dengan *Metode handbore* pada pemboran hingga bertemu muka air tanah atau \pm 1-2 meter. Lubang bor dibuat dengan diameter 4 inci. *Cutting* pemboran diamati dan dicatat kedalamannya untuk setiap perbedaan lapisan tanah. Deskripsi litologi menggunakan lup, komparator skala *wentworth* dan neraca listrik. Berdasarkan deskripsi litologi, laju infiltrasi tinggi terjadi pada daerah yang litologinya berupa pasir (Gambar 2) dan laju infiltrasi rendah terjadi pada daerah yang litologinya berupa lempung atau lanau (Gambar 3).

Setiap jenis litologi mempunyai karakteristik litologi yang mempengaruhi nilai laju infiltrasi. Setelah dilakukan analisis laboratorium, karakteristik litologi yang mempengaruhi laju infiltrasi yaitu ukuran butir, porositas-permeabilitas, dan mineral lempung, sedangkan kandungan C organik tidak memberikan pengaruh karena nilai yang relatif sama (dibawah 2%)^[19].



Gambar 2. Log Litologi Titik 3 (Laju Infiltrasi Tinggi)



Gambar 3. Log Litologi Titik 9 (Laju Infiltrasi Rendah)

4.1.3 Kemiringan Lahan

Deskripsi kemiringan lahan dilakukan pada 15 titik pada grid 1 km. Kemudian, dilakukan analisis spasial peta kemiringan lahan DAS Air Timbalun dengan *metode tompang-tindih peta (overlay)*. Laju infiltrasi tertinggi terjadi pada titik penelitian 2 dengan kemiringan lahan = 0,1% dan laju infiltrasi terendah terjadi pada titik penelitian 7 dengan kemiringan lahan = 0,2%. Kemiringan Lahan sangat mempengaruhi laju infiltrasi baik lahan yang curam, sedang dan landai.

4.2 Pengaruh Kemiringan Lahan Terhadap Laju Infiltrasi

Dalam analisis ini menggunakan beberapa model regresi yaitu *model exponential*, *model linier*, *model logarithmic*, *model polynomial quadratic* dan *model power*. Kadar Air sebagai variabel bebas sedangkan laju infiltrasi sebagai variabel terikat dengan deskriptif *bivariate* menggunakan regresi linear sederhana dan korelasi. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah ada atau tidak hubungan kemiringan lahan terhadap infiltrasi. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Analisis Statistik Kemiringan Lahan Terhadap Laju Infiltrasi

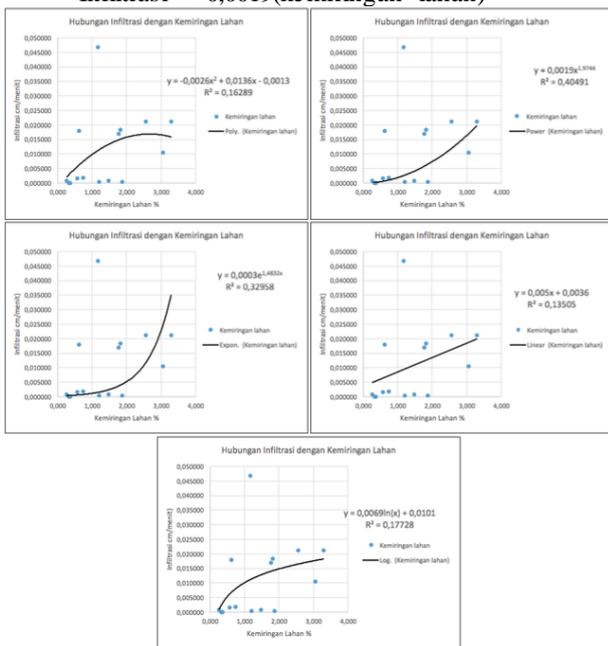
No	Model	r	R ²	Persamaan Peramal (y)
1	Regresi Linear	-0,367	0,135	$y = 0,005x + 0,0036$
2	Regresi Logarithmic	-0,421	0,177	$y = 0,0069\ln(x) + 0,0101$
3	Regresi Polinomial Quadratic	-0,404	0,163	$y = -0,0026x^2 + 0,0136x - 0,0013$
4	Regresi Power	-0,636	0,405	$y = 0,0019x^{1,9744}$
5	Regresi Exponensial	-0,574	0,330	$y = 0,0003e^{1,4832x}$

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari uji coba kelima metode regresi sederhana, didapatkan nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar terhadap laju infiltrasi yaitu model regresi *Power* dengan koefisien korelasi (r) = -0636, artinya korelasi sedang dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,405 artinya kemiringan lahan sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 40,5% dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Grafik hubungan infiltrasi dengan kemiringan lahan dapat dilihat pada Gambar 4, terlihat bahwa infiltrasi dengan kemiringan lahan menunjukkan korelasi negatif, yang berarti semakin besar kemiringan lahan maka infiltrasi akan semakin kecil.

Persamaan regresi yang digunakan yaitu *model power*:

$$y = 0,0019x^{1,9744}$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,0019(\text{kemiringan lahan})^{1,9744}$$



Gambar 4. Grafik Hubungan Infiltrasi dengan Kemiringan Lahan

4.3 Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Laju Infiltrasi

4.3.1 Pengaruh Kadar Air Terhadap Laju Infiltrasi

Dalam analisis ini menggunakan beberapa model regresi yaitu *model exponential*, *model linier*, *model logarithmic*, *model polynomial quadratic* dan *model power*. Kadar Air sebagai variabel bebas sedangkan laju infiltrasi sebagai variabel terikat dengan deskriptif *bivariate* menggunakan regresi linear sederhana dan korelasi. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui

apakah ada atau tidak hubungan kadar air terhadap infiltrasi. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Statistik Kadar Air Terhadap Laju Infiltrasi

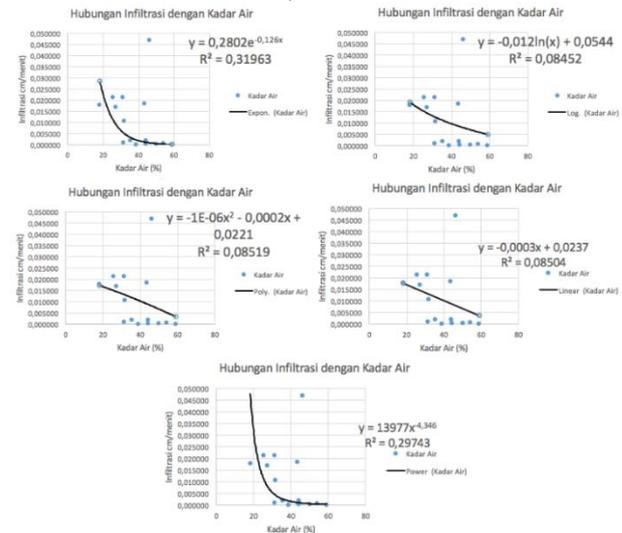
No	Model	r	R ²	Persamaan Peramal (y)
1	Regresi Linear	-0,292	0,085	$y = -0,0003x + 0,0237$
2	Regresi Logarithmic	-0,291	0,085	$y = -0,012\ln(x) + 0,0544$
3	Regresi Polinomial Quadratic	-0,292	0,085	$y = -1E-06x^2 - 0,0002x + 0,0221$
4	Regresi Power	-0,545	0,297	$y = 13977x^{-4,346}$
5	Regresi Exponensial	-0,564	0,319	$y = 0,2802e^{-0,126x}$

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa dari uji coba kelima metode regresi sederhana, didapatkan nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar terhadap laju infiltrasi yaitu model regresi *exponensial* dengan koefisien korelasi (r) = -0,564 artinya korelasi sedang dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,319 artinya kadar air sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 31,9% dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Grafik hubungan infiltrasi dengan kadar air dapat dilihat pada Gambar 5, terlihat bahwa infiltrasi dengan kadar air menunjukkan korelasi negatif, yang berarti semakin besar kadar air maka infiltrasi akan semakin kecil.

Persamaan regresi yang digunakan yaitu *model exponential*:

$$y = 0,2802e^{-0,126x}$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,2802e^{-0,126(\text{kadar air})}$$



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Air dan Laju Infiltrasi

4.3.2 Pengaruh Kepadatan Tanah Terhadap Laju Infiltrasi

Dalam analisis ini menggunakan beberapa model regresi yaitu *model exponential*, *model linier*, *model logarithmic*, *model polynomial quadratic* dan *model power*. Kepadatan tanah sebagai variabel bebas sedangkan laju infiltrasi sebagai variabel terikat dengan deskriptif *bivariate* menggunakan regresi linear sederhana dan korelasi. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah ada atau tidak hubungan kepadatan tanah terhadap infiltrasi. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Statistik Kepadatan Tanah Terhadap Laju Infiltrasi

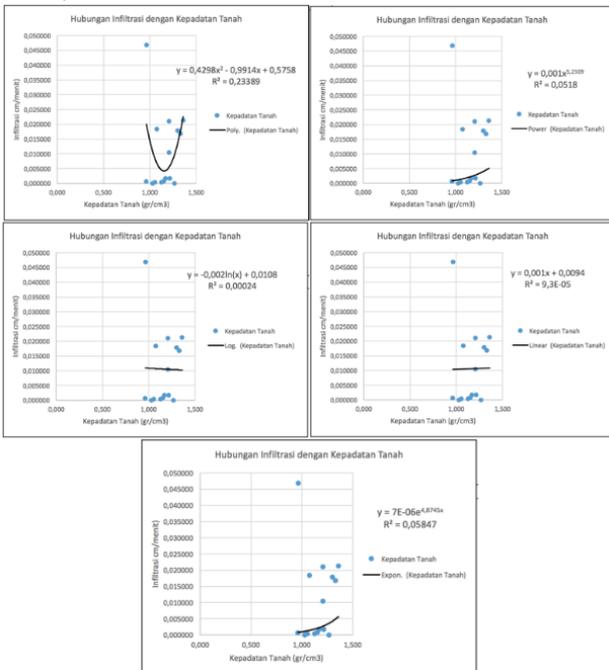
No	Model	r	R ²	Persamaan Peramal (y)
1	Regresi Linear	-0,010	0,000	y= 0,001x + 0,0094
2	Regresi Logarithmic	-0,016	0,000	y= -0,002ln(x) + 0,0108
3	Regresi Polinomial Quadratic	-0,484	0,234	y= 0,4298x ² - 0,9914x + 0,5758
4	Regresi Power	-0,227	0,051	y= 0,001x ^{5,2509}
5	Regresi Exponensial	-0,241	0,058	y= 7E-06e ^{4,8745x}

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa dari uji coba kelima metode regresi sederhana, didapatkan nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar terhadap laju infiltrasi yaitu model regresi *polinomial quadratic* dengan koefisien korelasi (r) = -0,484 artinya korelasi sedang dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,234 artinya kepadatan tanah sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 23,4% dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Grafik hubungan infiltrasi dengan kepadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 6, terlihat bahwa infiltrasi dengan kepadatan tanah menunjukkan korelasi negatif, yang berarti semakin besar kepadatan tanah maka infiltrasi akan semakin kecil.

Persamaan regresi yang digunakan yaitu *model polinomial quadratic*:

$$y = 0,4298x^2 - 0,9914x + 0,5758$$

$$(\text{Infiltrasi}) = 0,4298(\text{kepadatan tanah})^2 - 0,9914(\text{kepadatan tanah}) + 0,5758$$



Gambar 6. Grafik Hubungan Kepadatan Tanah dengan Laju Infiltrasi

4.3.3 Pengaruh Konduktivitas Hidrolik Jenuh Terhadap Laju Infiltrasi

Dalam analisis ini menggunakan beberapa model regresi yaitu *model exponential*, *model linier*, *model logarithmic*, *model polinomial quadratic* dan *model power*. Konduktivitas hidrolik jenuh sebagai variabel

bebas sedangkan laju infiltrasi sebagai variabel terikat dengan deskriptif *bivariate* menggunakan regresi linear sederhana dan korelasi. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah ada atau tidak hubungan konduktivitas hidrolik jenuh terhadap infiltrasi. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan Analisis Statistik Konduktivitas Hidrolik Jenuh Terhadap Laju Infiltrasi

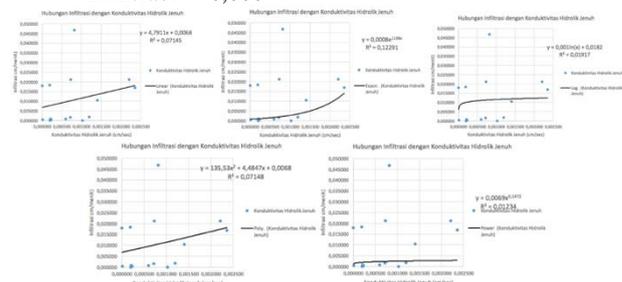
No	Model	r	R ²	Persamaan Peramal (y)
1	Regresi Linear	0,267	0,071	y= 4,7911x + 0,0068
2	Regresi Logarithmic	0,138	0,019	y= 0,001ln(x) + 0,0182
3	Regresi Polinomial Quadratic	0,267	0,071	y= 135,53x ² + 4,4847x + 0,0068
4	Regresi Power	0,111	0,012	y= 0,0069x ^{0,1472}
5	Regresi Exponensial	0,351	0,123	y= 0,0008e ^{1198x}

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa dari uji coba kelima metode regresi sederhana, didapatkan nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar terhadap laju infiltrasi yaitu model regresi *polynomial quadratic* dengan koefisien korelasi (r) = 0,351 artinya korelasi lemah dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,123 artinya konduktivitas hidrolik jenuh sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 12,3% dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Grafik hubungan infiltrasi dengan konduktivitas hidrolik jenuh dapat dilihat pada Gambar 7, terlihat bahwa infiltrasi dengan konduktivitas hidrolik jenuh menunjukkan korelasi positif, yang berarti semakin besar konduktivitas hidrolik jenuh maka infiltrasi akan semakin besar pula.

Persamaan regresi yang digunakan yaitu *model exponential*:

$$y = 0,0008e^{1198x}$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,000e^{1198(\text{konduktivitas hidrolik jenuh})}$$



Gambar 7. Grafik Hubungan Infiltrasi dengan Konduktivitas Hidrolik Jenuh

4.3.4 Pengaruh Porositas Terhadap Laju Infiltrasi

Dalam analisis ini menggunakan beberapa model regresi yaitu *model exponential*, *model linier*, *model logarithmic*, *model polinomial quadratic* dan *model power*. Kadar Air sebagai variabel bebas sedangkan laju infiltrasi sebagai variabel terikat dengan deskriptif *bivariate* menggunakan regresi linear sederhana dan korelasi. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah ada atau tidak hubungan porositas terhadap infiltrasi. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan Analisis Statistik Porositas Terhadap Laju Infiltrasi

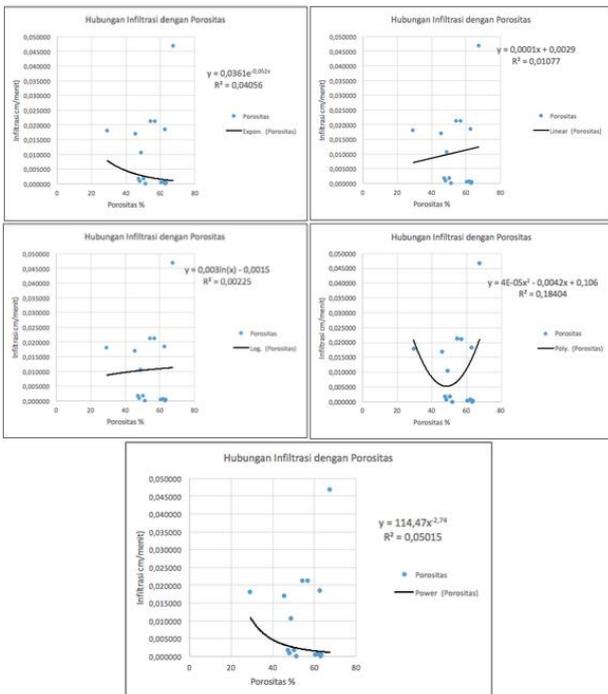
No	Model	r	R ²	Persamaan Peramal (y)
1	Regresi Linear	0,104	0,011	$y = 0,0001x + 0,0029$
2	Regresi Logarithmic	0,047	0,002	$y = 0,003\ln(x) - 0,0015$
3	Regresi Polinomial Quadratic	0,429	0,184	$y = 4E-05x^2 - 0,0042x + 0,106$
4	Regresi Power	0,223	0,050	$y = 114,47x^{-2,74}$
5	Regresi Exponensial	0,201	0,040	$y = 0,0361e^{-0,052x}$

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa dari uji coba kelima metode regresi sederhana, didapatkan nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar terhadap laju infiltrasi yaitu model regresi *polinomial quadratic* dengan koefisien korelasi (r) = 0,429 artinya korelasi sedang dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,184 artinya porositas sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 18,4% dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Grafik hubungan infiltrasi dengan kadar air dapat dilihat pada Gambar 8, terlihat bahwa infiltrasi dengan porositas menunjukkan korelasi positif, yang berarti semakin besar porositas maka infiltrasi akan semakin besar pula.

Persamaan regresi yang digunakan yaitu *model polinomial quadratic*:

$$y = 4E-05x^2 - 0,0042x + 0,106$$

$$\text{Infiltrasi} = 4E-05(\text{porositas})^2 - 0,0042(\text{porositas}) + 0,106$$



Gambar 8. Grafik Hubungan Porositas Terhadap Laju Infiltrasi

4.3.5 Hubungan Kemiringan Lahan, Kadar Air, Kepadatan Tanah, Konduktivitas Hidrolik Jenuh, dan Porositas Secara Simultan Terhadap Laju Infiltrasi

Analisis regresi linear berganda dilakukan untuk melihat hubungan dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat. Dimana laju infiltrasi sebagai variabel

terikat (y), konduktivitas hidrolik jenuh sebagai variabel bebas (x₁), kepadatan tanah sebagai variabel bebas (x₂), porositas sebagai variabel bebas (x₃), kadar air sebagai variabel bebas (x₄), dan kemiringan lahan sebagai variabel bebas (x₅) secara bersamaan (simultan). Hasil analisis kemiringan lahan dan sifat fisik secara bersamaan terhadap laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hubungan Regresi Linear Berganda Kemiringan Lahan dan Sifat Fisik Tanah secara Bersamaan Terhadap Laju Infiltrasi

Model	r	R ²	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
Linear	0,750	0,563	0,320	0,010960212

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa kadar air, kepadatan tanah, konduktivitas hidrolik jenuh, porositas dan kemiringan lahan secara bersamaan terhadap laju infiltrasi memiliki korelasi (r) = 0,750 artinya korelasi kuat, sedangkan koefisien determinasi (R²) = 0,563 atau 56,3% dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lainnya. Variabel regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Variabel Regresi Linera Berganda

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	.121	.079		1.521	.163
Konduktivitas Hidrolik Jenuh	6.829	5.189	.381	1.316	.221
Kepadatan Tanah	-.086	.049	-.816	-1.744	.115
Porositas	.001	.001	.863	1.648	.134
Kadar Air	-.002	.001	-1.636	-2.872	.018
Kemiringan Lahan	-.004	.005	-.265	-.745	.475

Berdasarkan Tabel 7, maka diperoleh persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

$$y = 0,121 + 6,829x_1 - 0,086x_2 + 0,001x_3 - 0,002x_4 - 0,004x_5$$

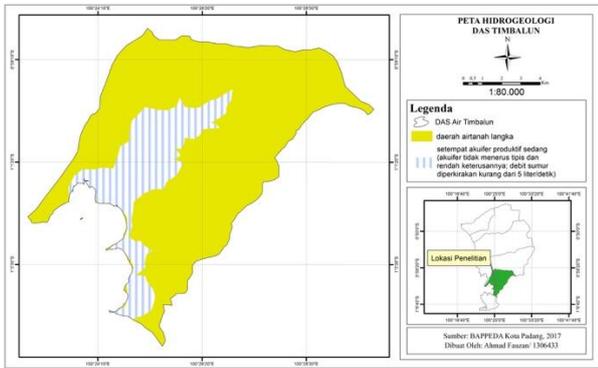
$$\text{Infiltrasi} = 0,121 + 6,829(\text{Konduktivitas Hidrolik jenuh}) - 0,086(\text{Kepadatan tanah}) + 0,001(\text{Porositas}) - 0,002(\text{Kadar Air}) - 0,004(\text{Kemiringan Lahan})$$

4.4 Model Penyebaran Laju Infiltrasi Akhir

4.4.1 Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

Peta hidrogeologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 9, dimana hidrogeologinya adalah:

1. Zona biru perselingan putih merupakan setempat akuifer produktif sedang, akuifer ini tersusun oleh alluvium dan endapan danau terdiri dari lumpur, lanau, lempung, pasir dan kerikil. Kelulusan umumnya sedang hingga tinggi, kelulusan tinggi terutama pada material kasar.
2. Zona kuning merupakan daerah airtanah langka, tersusun oleh campuran batuan sedimen dan batuan gunung api, tersusun oleh serpih, batu pasir, tufa, breksi, dan lava. Kelulusan sangat beragam umumnya rendah.



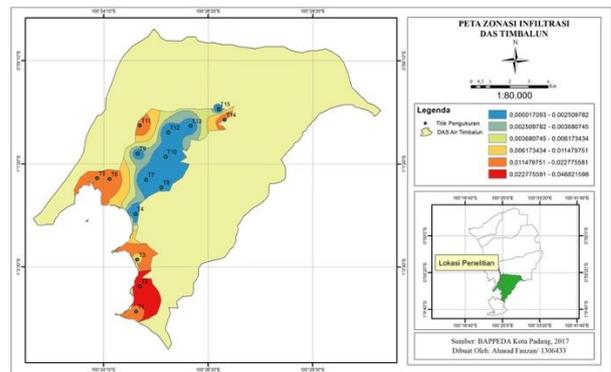
Gambar 9. Peta Hidrogeologi DAS Air Timbalun

4.4.2 Hasil Pemetaan Zona Infiltrasi

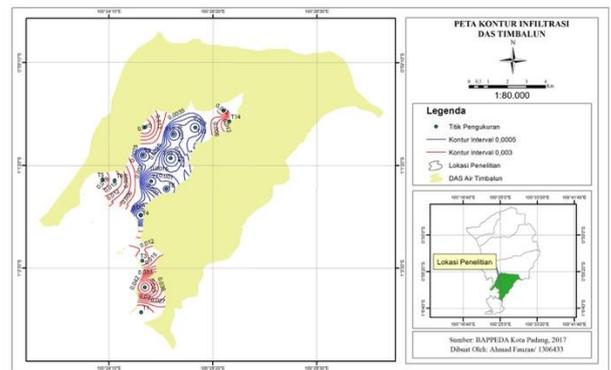
Berdasarkan hasil pengolahan data laju infiltrasi, maka didapatkan model penyebaran infiltrasi (pemetaan zonasi infiltrasi) dan peta kontur infiltrasinya. Peta zonasi infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 10 dan peta kontur infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 11.

Pada peta zonasi infiltrasi terdapat 6 zona infiltrasi pada daerah penelitian, yaitu:

1. Zona biru merupakan zona infiltrasi terendah, dengan laju infiltrasi berkisar antara 0,000017093 – 0,002509782 cm/menit. Beberapa daerah yang berada pada zona ini antara lain: Kelurahan bungus timur, bungus barat, dan teluk kabung selatan.
2. Zona hijau tua merupakan zona infiltrasi dengan laju antara 0,002509782 – 0,003680745 cm/menit. Beberapa daerah yang berada pada zona ini antara lain: Kelurahan bungus timur.
3. Zona hijau muda muda merupakan zona infiltrasi dengan laju antara 0,003680745 – 0,006173434 cm/menit. Beberapa daerah yang berada pada zona ini antara lain: Kelurahan bungus timur, bungus barat, dan teluk kabung selatan.
4. Zona kuning merupakan zona infiltrasi dengan laju antara 0,006173434 – 0,011479751 cm/menit. Beberapa daerah yang berada pada zona ini antara lain: Kelurahan bungus barat, bungus timur, teluk kabung utara, dan teluk kabung selatan.
5. Zona orange merupakan zona infiltrasi dengan laju antara 0,011479751 – 0,022775581 cm/menit. Daerah yang berada pada zona ini adalah Kelurahan bungus barat, teluk kabung tengah, dan bungus timur.
6. Zona merah terang merupakan zona infiltrasi tertinggi dengan laju infiltrasi berkisar antara 0,011479751 – 0,046821598 cm/menit. Daerah yang berada pada zona ini adalah kelurahan teluk kabung utara.



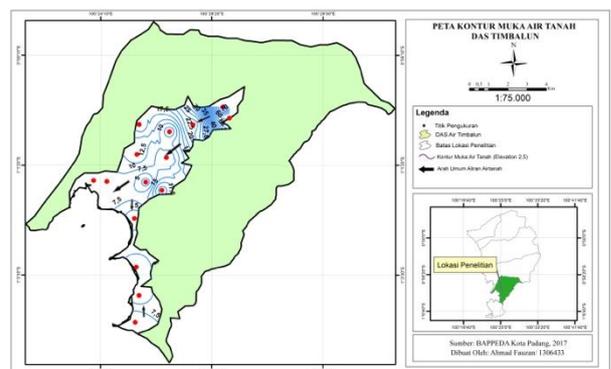
Gambar 10. Peta Zonasi Infiltrasi DAS Air Timbalun



Gambar 11. Peta Kontur Infiltrasi DAS Air Timbalun

4.4.3 Hasil Pemetaan Muka Air Tanah

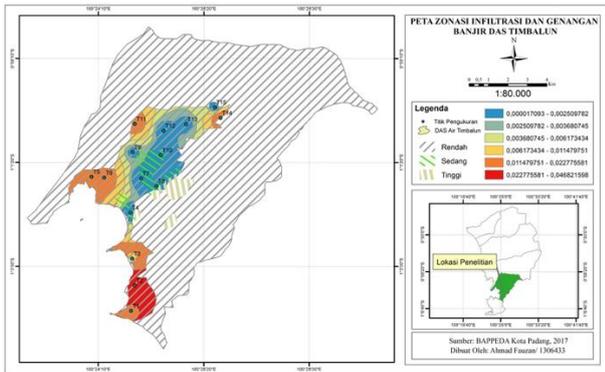
Berdasarkan pengukuran muka air tanah di lapangan, maka dapat dilakukan pemetaan berdasarkan elevasi muka air tanah di setiap titik pengukuran. Peta kontur muka air tanah pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 12. Pada peta kontur muka air tanah daerah penelitian terlihat bahwa elevasi muka air tanah tertinggi berada pada bagian hulu DAS.



Gambar 12. Peta Kontur MAT DAS Air Timbalun

4.4.4 Integrasi Zonasi Infiltrasi dengan Zona Genangan Banjir

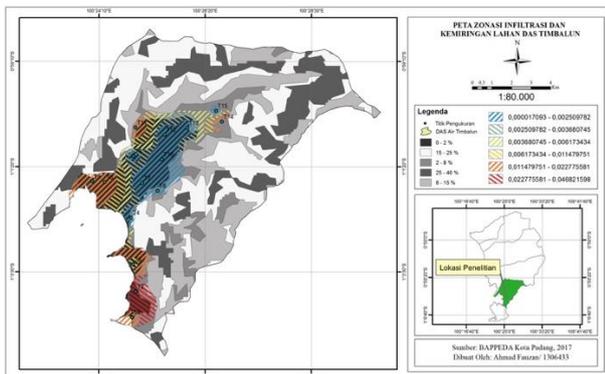
Berdasarkan peta zonasi infiltrasi yang dihasilkan, maka dapat diintegrasikan dengan peta zona genangan banjir pada daerah penelitian, seperti pada Gambar 13. Pada Gambar 13 terlihat bahwa pada daerah penelitian terdapat genangan banjirnya rendah yang berarti tingkat terjadinya banjir cukup rendah.



Gambar 13. Peta Zonasi Infiltrasi dan Zona Genangan Banjir DAS Air Timbalun

4.4.5 Integrasi Zonasi Infiltrasi dengan Kemiringan Lahan

Berdasarkan peta zonasi infiltrasi yang dihasilkan, maka dapat diintegrasikan dengan peta kemiringan lahan pada daerah penelitian, seperti pada Gambar 30. Pada Gambar 30 terlihat bahwa laju infiltrasi terendah berada pada sebagian besar daerah yang datar, karena pada daerah dataran masyarakat lebih memilih bermukim didataran rendah daripada pada daerah yang memiliki kemiringan yang cukup curam. Maka sebab itu daerah yang memiliki dataran yang rendah laju infiltrasinya juga rendah, dikarenakan banyaknya pemukiman yang padat membuat tanah disekitaran tidak dapat meresap air secara baik.



Gambar 14. Peta Zonasi Infiltrasi dan Kemiringan Lahan DAS Air Timbalun

4.5 Debit Air yang Mampu Diresapkan Tanah

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka debit air yang mampu diserapkan oleh permukaan tanah sebesar 6.600 m³/jam/km² dengan luasan daerah penelitian 14,199 km².

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik laju infiltrasi pada DAS Air Timbalun ditinjau dari perbedaan litologi, kemiringan lahan, dan sifat fisik tanah adalah 0,010565 cm/menit, dengan demikian berdasarkan klasifikasi zona resapan menurut Hutasoit (1999), maka daerah DAS

Air Timbalun berada pada zona VI/E, yang artinya klasifikasi daerah resapan sangat rendah (<0,1 cm/menit).

2. Pengaruh sifat fisik tanah terhadap laju infiltrasi akhir pada DAS Air Timbalun berdasarkan analisis statistika *bivariate* adalah: Kadar air terhadap infiltrasi (R^2) = 31,9% dengan korelasi -0,564 (sedang), porositas terhadap infiltrasi (R^2) = 18,4% dengan korelasi 0,429 (sedang), kepadatan tanah terhadap infiltrasi (R^2) = 30,1% dengan korelasi -0,549 (sedang), konduktivitas hidrolis jenuh terhadap infiltrasi (R^2) = 12,3% dengan korelasi 0,351 (rendah), dan kemiringan lahan terhadap infiltrasi (R^2) = 40,5% dengan korelasi -0,636 (sedang).
3. Secara silmutan (analisis statistika multivariate), sifat fisik tanah (kadar air, porositas, kepadatan tanah, konduktivitas hidrolis jenuh dan kemiringan lahan terhadap infiltrasi memiliki korelasi (R) = 0,698 (sedang) dan kontribusinya secara bersamaan sebesar (R^2) = 48,7% selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain diluar penelitian ini.
4. Model penyebaran laju infiltrasi akhir (zonasi infiltrasi) pada DAS Air Timbalun ditinjau dari perbedaan litologi, kemiringan lahan, dan sifat fisik tanah, terdiri dari 6 zona (Gambar 10). Zona biru sebagai daerah dengan laju infiltrasi terendah (0,000017093 – 0,002509782 cm/menit). Dan zona merah sebagai daerah laju infiltrasi tertinggi (0,022775581 – 0,046821598 cm/menit).
5. Debit air yang mampu diresapkan kedalam air tanah pada DAS Air Timbalun adalah 6600 m³/jam/km², maka volume air yang mampu diresapkan ke dalam tanah per jam per 1 km² adalah 6600 m³/jam/km².

1.2 Saran

1. Penelitian ini hanya meneliti 6 parameter saja, masih banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi infiltrasi seperti tekstur tanah, karakteristik fluida, temperature, kualitas air, pemampatan oleh curah hujan, intensitas dan lamanya hujan serta kegiatan biologi dan unsur organik sehingga perlu dikaji juga pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap infiltrasi
2. Berdasarkan hasil penelitian, daerah DAS Air Timbalun 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 Air Timbalun yaitu di sekitar titik pengukuran T2 (kelurahan teluk kabung selatan) agar pada saat hujan air akan masuk ke dalam sumur resapan sehingga dapat meminimalisir terjadinya genangan air (banjir). Selain itu, penulis menyarankan agar tidak dilakukan pembangunan di daerah yang termasuk ke dalam zona yang laju infiltrasinya rendah, karena akan semakin menghambat proses infiltrasi di zona tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Ginting, S. G. *Pendugaan Laju Infiltrasi Menggunakan Parameter Sifat Fisik Tanah Pada Kawasan Berlereng*. Medan. Universitas Sumatera Utara. (2009)
- [2] Nursetiawan, A.I. Pratama. *Pengukuran Nilai Infiltrasi Lapangan dalam Upaya Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan di Kampus UMY*. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, **Vol. 3, No. 1** (2017)
- [3] Januardin. *Pengukuran Laju Infiltrasi Pada tata Guna Lahan Yang Berbeda Di Desa Tanjung Selamat Kecamatan Medan Tuntungan Medan*. Skripsi : USU Medan. (2008)
- [4] D.Elfiati, Delvian. *Laju Infiltrasi pada Berbagai Tipe Kelerengan di Bawah Tegakan Ekaliptus di Areal HPHTI PT.Toba Pulp Lestari Sektor Aek Nauli*. *Jurnal Hidrolitan*, **Vol. 1, No. 2** (2010)
- [5] Puspa Permanasari, dkk. *Pengaruh Guna Lahan Terhadap Penurunan Infiltrasi di Kota Batu*. *Jurnal Tata Kota dan Daerah*. **Vol. 4, No. 2** (2012)
- [6] S. P. Sari, dkk. *Kajian Laju Infiltrasi Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Tanjung Putus Kecamatan Padang Tualang Kabupaten Langkat*. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, **Vol. 1, No 1** (2012)
- [7] R. Maria, H. Lestiana. *Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Fungsi Konservasi Airtanah di Sub DAS Cikapundung*. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, **Vol. 24, No. 2** (2014)
- [8] H. Abdulgani. *Efektifitas Model Sistem Resapan Horizontal dengan Parit Infiltrasi dalam Mengurangi Limpasan Permukaan*. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, **Vol. 1, No. 1** (2015)
- [9] Asdak, C. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (2010)
- [10] Harisuseno, D, dkk. *Studi Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Karakteristik Laju Infiltrasi*. <http://pengairan.ub.ac.id/s1/wp-content/uploads/sites/2/2017/01/Studi-Pengaruh-Sifat-Fisik-Tanah-terhadap-Karakteristik-Laju-Infiltrasi-Reta-Liyananda-Puspasari-135060401111016.pdf>. Diakses pada: 28 Juni 2018. (2017)
- [11] Arif, M. *Kajian Tingkat Bahaya Banjir di DAS Timbalun Kecamatan Bungus Teluk Kabung Kota Padang*. *Jurnal* **Vol. 1 No. 1** (2016)
- [12] Badan Perencanaan Daerah. *Peta Kelas Lereng Kota Padang*. Padang: BAPPEDA Kota Padang. (2009)
- [13] S. Syukur. *Laju Infiltrasi dan Peranannya Terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangka*. *J. Agroland* 16, **Vol. 16, No. 3** (2009)
- [14] Kodoatie, R. J. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta: ANDI. (2012)
- [15] Rusli, H.A.R. *Laporan Studi Pembangunan Sumur Air Tanah Dalam*. UNP Padang. (2017)
- [16] C. Pudyawardhana, A. Sismiani. *Penentuan Kepadatan Tanah di Lapangan Menggunakan Borland Delphi 6*. *Techno*, **Vol. 17, No. 2** (2016)
- [17] Irawan, T. dkk. *Infiltrasi Pada Berbagai Tegakan Hutan Di Arboretum Universitas Lampung*. *Jurnal Sylva Lestari*. **Vol. 4 No. 3**. Hal. 21-34. ISSN 2339-0913. (2016)
- [18] Harto S. B. R. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. (1993)
- [19] Rusli, H.A.R. *Laporan Perencanaan Pemboran Eksplorasi Air Tanah*. UNP Padang. (2016)
- [20] Hasan, M.I. *Pokok-Pokok Materi Statistic 2 (Statistic Inferensif)*. Jakarta: Bumi Aksara. (2010)
- [21] Irianto, A. *Statistik Konsep Dasar Dan Aplikasinya*. Jakarta: Prenada Medika. (2004)