

Kajian Laju Infiltrasi pada DAS Air Dingin Kota Padang Ditinjau dari Perbedaan Litologi Batuan, Kemiringan Lahan, Jenis Tutupan Lahan, dan Sifat Fisik Tanah

Rendra Aulia Pratama^{1*}, Rusli HAR^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*rendraaulia1@gmail.com

**ruslihar_1603@yahoo.com

Abstract. The new land clearing for residential area will be cause a reduction in open area as a place for infiltration of rainwater into the soil. The functional shift of the land can increase run off and give rise flooding. It is necessary to do a study about infiltration rate, mapping of infiltration zone, and calculation of water discharge that can be infiltrate by soil has be done at DAS Air Dingin Padang City. This research was carried out on 16 measurement points that spread at middle and downstream area of DAS Air Dingin. The data obtained is infiltration rate data, lithology description, slope of the land, type of land cover, and physical properties of soil data. Based on the result of data processing used kostiakov method, then the average of infiltration rate at research area is 0.10852 cm/s, this value is include of very low infiltration area (0.1-0.2 cm/s). The mapping of infiltration zone has divide research area into 6 zone that is the low zone infiltration 0.000599482-0.019298148 cm/s and the highest zone infiltration 0.224955543-0.569651067 cm/s. At the other, water discharge can be infiltrate by soil at research area is very low (65.402,5331 m³/hour/km²) with an area of infiltration is 20,844km².

Keywords: Infiltration Rate, Kostiakov Method, Lithology, Physical Properties of Soil, Infiltration Zone.

1. Pendahuluan

Kota Padang merupakan salah satu wilayah di Sumatera Barat yang memiliki jumlah penduduk yang cukup padat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Padang, pada tahun 2015 penduduk Kota Padang mencapai 902.413 jiwa. Dengan jumlah penduduk sebanyak itu membuat pemukiman penduduk menjadi padat. Kondisi ini menyebabkan masyarakat harus membuka lahan baru untuk membuat pemukiman yang baru. Pembukaan lahan baru ini menimbulkan banyak masalah, seperti kurangnya wilayah terbuka sebagai tempat resapan air dan padatnya permukaan tanah akibat pemadatan dalam membuat pemukiman baru yang mengakibatkan air susah untuk meresapkan oleh tanah dan pada akhirnya akan menimbulkan banjir saat terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi.

Selain permasalahan di atas, di Kota Padang juga sering terjadi gempa bumi. BMKG Kota Padang telah mencatat setidaknya dalam kurun waktu 32 tahun Kota Padang mengalami gempa bumi sekitar 3 sampai 16 kali pertahun. Hal ini terjadi karena Kota Padang terletak di pantai barat Sumatera yang secara tektonik berdekatan

dengan **zona subduksi** (*subduction zone*), yaitu zona pertemuan atau perbatasan antara dua lempeng tektonik berupa penunjaman lempeng India-Australia ke bawah lempeng Eurasia. Zona ini merupakan zona yang aktif sehingga setiap kali terjadi pergerakan pasti akan menimbulkan getaran yang kuat, ditambah lagi dengan banyaknya aktifitas gunung api aktif yang selalu mengancam. Kondisi ini membuat Kota Padang menjadi daerah rawan bencana gempa bumi dan Tsunami. Isu akan terjadinya tsunami setiap terjadi gempa membuat masyarakat secara spontan berpindah ke bagian timur Kota Padang karena daerah ini lebih tinggi dan tergolong aman jika terjadi tsunami. Selain itu belum adanya pemetaan zona infiltrasi dan kawasan daerah resapan di Kota Padang, menyebabkan tidak teraturnya penempatan tata guna lahan di Kota Padang. Hal ini akan menyebabkan terjadinya alih fungsi tata guna lahan yang semula merupakan daerah *recharge area* (kawasan hutan dan pertanian maupun lahan cagar budaya) menjadi lahan pemukiman baru^[1].

Akibat pengalihan fungsi lahan di atas, sekitar tiga puluh kawasan hutan di Kota Padang telah menjadi pemukiman dan 15% kawasan hutan menjadi daerah

bencana banjir. Konversi lahan ini telah menimbulkan banyak kerusakan pada hutan dengan adanya kegiatan Illegal Logging di kawasan DAS yang membuat kawasan DAS menjadi rusak^[2], salah satunya adalah DAS Air Dingin yang ketika terjadi hujan lebat atau musim penghujan sungai Batang Air Dingin akan meluap di bagian hilir sehingga menimbulkan banjir pada bagian hilir DAS Air Dingin.

Banjir merupakan suatu genangan air yang akan menggenangi daerah sekitarnya. Banjir selalu terjadi pada bagian hilir DAS karena pada saat sungai tidak dapat menampung air hujan yang mengalir menuju sungai, air hujan tersebut akan mencari dataran yang lebih rendah untuk meluap yaitu daerah bagian hilir DAS. Beberapa hal yang dapat menyebabkan banjir diantaranya kurangnya daerah resapan air (zona infiltrasi) dan rusaknya daerah hulu DAS (daerah *recharge area*) yang mengakibatkan aliran permukaan (*run off*) menjadi lebih besar dari pada infiltrasi. Kondisi ini menjadi semakin buruk karena tanah di Kota Padang lebih cepat jenuh saat terjadi hujan. Ini terbukti ketika terjadi hujan dalam beberapa jam genangan air di permukaan tanah di Kota Padang. Jika kondisi tanah sudah jenuh, maka laju infiltrasi semakin akan terlihat banyak kecil dan *run off* akan semakin besar. Keadaan inilah yang sering mempercepat terjadinya banjir di Kota Padang.

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. Kapasitas infiltrasi tanah yang rendah, akan menyebabkan sebagian besar curah hujan yang jatuh pada suatu daerah akan mengalir sebagai aliran permukaan dan hanya sebagian kecil yang masuk ke dalam tanah yang menjadi simpanan air tanah, artinya air hujan lebih banyak mengalir di permukaan dari pada meresap ke dalam tanah^[3]. Hal inilah yang lama kelamaan menggenangi dan menjadi banjir. Infiltrasi merupakan sebuah proses kunci karena proses ini menentukan berapa banyak bagian dari curah hujan masuk ke dalam tanah dan berapa banyak yang menjadi aliran permukaan.

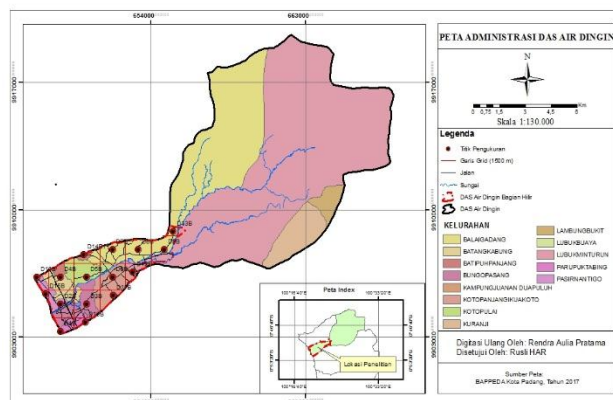
Laju infiltrasi dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya perbedaan jenis litologi batuan daerah setempat, kemiringan lahan, jenis tutupan lahan, dan kondisi sifat fisik tanahnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti, diketahui bahwa setiap jenis litologi batuan memiliki karakteristik tersendiri yang dapat mempengaruhi laju infiltrasi^[4], kemiringan lahan dapat memperlambat laju infiltrasi^[5], setiap lahan yang berbeda (jenis tutupan lahan berbeda) memiliki nilai laju infiltrasi yang berbeda pula^[6], dan sifat fisik tanah (profil tanah) juga sangat mempengaruhi laju infiltrasi^[2]. Sekarang yang menjadi pertanyaan apakah karakteristik litologi batuan, kemiringan lahan, jenis tutupan lahan, dan sifat fisik tanah juga mempengaruhi laju infiltrasi di Kota Padang.

Untuk melihat bagaimana karakteristik laju infiltrasi di Kota Padang, maka perlu dilakukan penelitian mengenai laju infiltrasi dengan melihat parameter litologi

batuan, kemiringan lahan, jenis tutupan lahan, dan sifat fisik tanah. Penelitian ini juga bertujuan untuk melihat sejauh apa pengaruh litologi batuan, kemiringan lahan, jenis tutupan lahan, dan sifat fisik tanah terhadap laju infiltrasi di Kota Padang. Penelitian ini dilakukan di DAS Air Dingin yang merupakan salah satu DAS terbesar di Kota Padang.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada DAS Air Dingin Kota Padang yang secara geografis terletak pada 0°48'00" sampai dengan 0°56'00" LS dan 100°21'00" sampai dengan 100°33'00" BT. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi DAS Air Dingin

3. Metode Penelitian

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

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan (*applied research*) yaitu suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian-penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini. Berbeda dengan penelitian murni, penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk dan dalam masyarakat, ataupun untuk keperluan tertentu^[7].

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan mengambil data primer berupa koordinat titik pengukuran, tinggi muka air tanah, data sifat fisik tanah, data laju infiltrasi, sampel tanah dari proses *handbor*, kemiringan lahan setiap titik pengukuran, dan data deskripsi jenis tutupan lahan di lokasi pengukuran. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan pada 16 titik yang sudah ditentukan dengan grid masing-masing titik sebesar 1,5x1,5 km. Seluruh titik pengukuran berada pada daerah alluvium dengan Luas area penelitian ± 20,844 km².

3.3 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan laju infiltrasi dengan metode Kostiakov, hasil deskripsi litologi dibuat dalam bentuk log litologi menggunakan *CorelDraw*, melakukan perhitungan nilai sifat fisik tanah, dan menghitung debit air yang mampu diresapkan tanah di daerah penelitian.

3.3.1 Perhitungan Laju Infiltrasi

Ada tiga cara untuk menentukan besarnya laju infiltrasi, yaitu dengan simulasi hujan buatan, menggunakan alat infiltrometer, dan menggunakan teknik pemisah hidrograf aliran dari data aliran air hujan^[8].

Untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi yang ada di lapangan, dilakukan pendekatan pendugaan melalui persamaan infiltrasi^[9], 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^[10]

Pada penelitian ini, laju infiltrasi diukur menggunakan *double ring infiltrometer*^[11]. Pengukuran hanya dilakukan terhadap silinder yang kecil. Silinder yang lebih besar berfungsi sebagai penyangga yang bersifat menurunkan efek batas yang timbul oleh adanya silinder^[12]. Nilai laju infiltrasi yang didapatkan dari hasil pengukuran dihitung menggunakan metode *Kostiakov*, dengan rumus sebagai berikut^[11,12].

$$f_p = K \cdot t^n \tag{1}$$

Keterangan:

- f_p = Laju infiltrasi (cm/menit)
- K =Konstanta infiltrasi
- T = Waktu infiltrasi (menit)
- n = Pangkat exponent

3.3.2 Perhitungan Kemiringan Lahan

Kemiringan lahan pada titik-titik pengukuran diambil berdasarkan kemiringan secara regional DAS Air Dingin terhadap garis tepi pantai^[13]. Analisis kemiringan lahan ditentukan dengan cara menarik garis tegak lurus dari titik pengukuran ke arah tepi pantai. Analisis spasial ini dilakukan dengan menggunakan ArcGis.

3.3.4 Perhitungan Sifat Fisik Tanah

Untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah di lapangan, maka digunakan metode *Sand Cone*^[14].

Kepadatan Tanah dapat dihitung dengan rumus^[15]:

$$Y_d = \frac{Y_T}{(100+WC)} \times 100\% \tag{2}$$

Keterangan:

- Y_d = Kepadatan tanah lapangan
- Y_T = Berat isi tanah galian
- WC = Kadar air tanah

Kadar Air^[16]

$$\omega = \frac{W1-W2}{W2-W3} \times 100\% \tag{3}$$

Keterangan:

- ω = Kadar Air (%)
- W1 = Berat cawan + tanah asli (gr)
- W2 = Berat cawan + tanah kering (gr)
- W3 = Berat cawan kosong (gr)

Porositas

Nilai porositas (n) di laboratorium dapat dihitung dengan rumus^[17]:

$$n = \left[1 - \frac{\rho_b}{\rho_d}\right] \times 100\% \tag{4}$$

Keterangan:

- n = Porositas (%)
- ρ_b = Bulk density (gr/cm³)
- $\rho_b = \frac{(W2-W3)}{\text{Volume ring}}$
- ρ_d = Partical density (gr/cm³)(pd tanah = 2.66 gr/cm³)

Konduktivitas Hidrolik Jenuh:

Metode *Constant Head*^[11,18,19]

$$K = \frac{(\pi r^2 \Delta h) / \Delta t}{2\pi L H} \ln \frac{L}{r} = \frac{Q}{2\pi L H} \ln \frac{L}{r} \tag{5}$$

Keterangan:

- K = Konduktivitas hidrolik jenuh (cm/detik)
- Q = Debit air yang dialirkan (cm³/detik)
- R = Jari-jari pipa (cm)
- L = Kedalaman pengujian (kedalaman pemboran – panjang pipa di dalam) (cm)
- Δh = Selisih penurunan air dalam pipa (cm)
- Δt = Selisih waktu penurunan air (detik)
- H = Apabila bertemu Muka Air Tanah (MAT) saat pemboran:
H = Kedalaman MAT + tinggi casing di permukaan tanah
- Apabila tidak bertemu Muka Air Tanah (MAT) saat pemboran:
H = Kedalaman pemboran + tinggi casing di permukaan tanah

Metode *Falling Head*

Konduktivitas dengan metode *Falling Head* dihitung dengan rumus^[11,18,19]:

$$K = \frac{r^2}{2L\Delta t} \ln \frac{L}{r} \ln \frac{H1}{H2} \tag{6}$$

Keterangan:

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

3.3.3 Perhitungan Debit Air

$$Q = v \times A \quad (7)$$

Keterangan:

Q = Debit air (m³/menit)

v = Laju infiltrasi (m/menit)

A = Luas areal resapan (m²)

3.4 Tahap Analisis Data

Analisis data yang dilakukan berupa analisis data spasial dan analisis data statistik.

3.4.1 Analisis Data Spasial

Analisis spasial berupa pemetaan zonasi infiltrasi dari daerah penelitian menggunakan *software* ArcGis.

3.4.2 Analisis Statistik

Regresi Linier Sederhana

Regresi linier merupakan suatu alat ukur yang juga digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antar variabel. Regresi linier adalah regresi yang variabel bebasnya (variabel X) berpangkat paling tinggi satu. Untuk regresi linier sederhana, yaitu hanya melibatkan dua variabel (variabel X dan Y) [20].

Persamaan garis regresinya dapat dituliskan dalam bentuk [20]:

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

Keterangan:

Y = Variabel dependen

X = Variabel independen

a = Konstanta regresi

b = Koefisien regresi

Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh antara variabel bebas (X1 dan X2) terhadap variabel terikat (Y) yang menggunakan rumus regresi linier berganda. Uji regresi berganda digunakan untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebas minimal dua atau lebih [21].

Secara umum model regresi linier berganda adalah sebagai berikut [21].

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

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

X_k = Variabel bebas

a = Penduga bagi α intersep (titik potong)

b_k = Penduga bagi β_k

Nilai b dapat dihitung dengan persamaan [21]:

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

$$\sum x_2y = b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_1x_3 + \dots + b_k \sum x_1x_k \quad (11)$$

$$\sum x_3y = b_1 \sum x_1x_3 + b_2 \sum x_2x_3 + b_3 \sum x_3^2 + \dots + b_k \sum x_1x_k \quad (12)$$

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

Sedangkan nilai a dapat dihitung dengan persamaan [21]:

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

Analisis Korelasi Berganda (R)

Analisis ini 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 [14], dapat dihitung dengan rumus [22]:

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

Koefisien Determinansi (R²)

Koefisien determinansi digunakan untuk mengetahui seberapa besar hubungan dari beberapa variabel. Menghitung nilai determinan dapat menggunakan rumus sebagai berikut [22].

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

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Laju Infiltrasi DAS Batang Arau

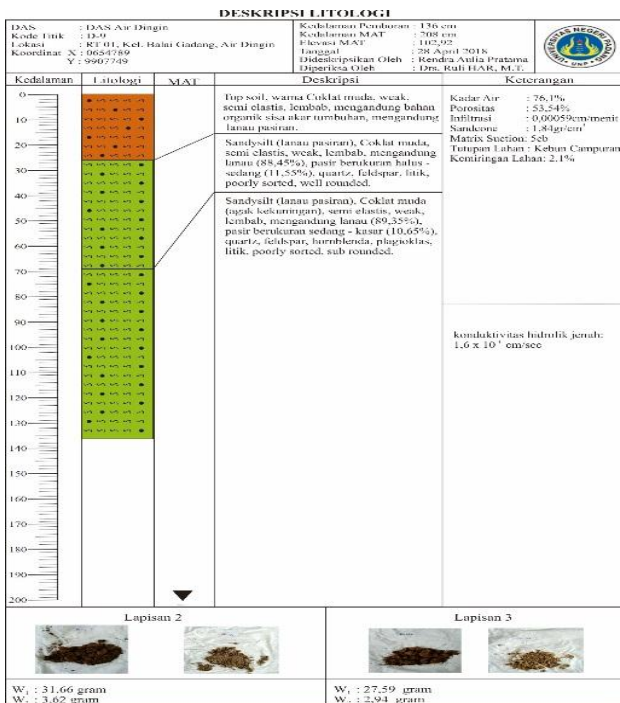
4.1.1 Laju Infiltrasi

Berdasarkan hasil pengolahan dari 16 data pengukuran, diperoleh nilai rata-rata laju infiltrasi pada DAS Air Dingin sebesar 0.10852 cm/menit. Maka berdasarkan klasifikasi Hutasoit, laju infiltrasi pada DAS Air Dingin termasuk pada Zona VI/D yang artinya klasifikasi daerah resapan sangat rendah (0,1-0,2 cm/menit).

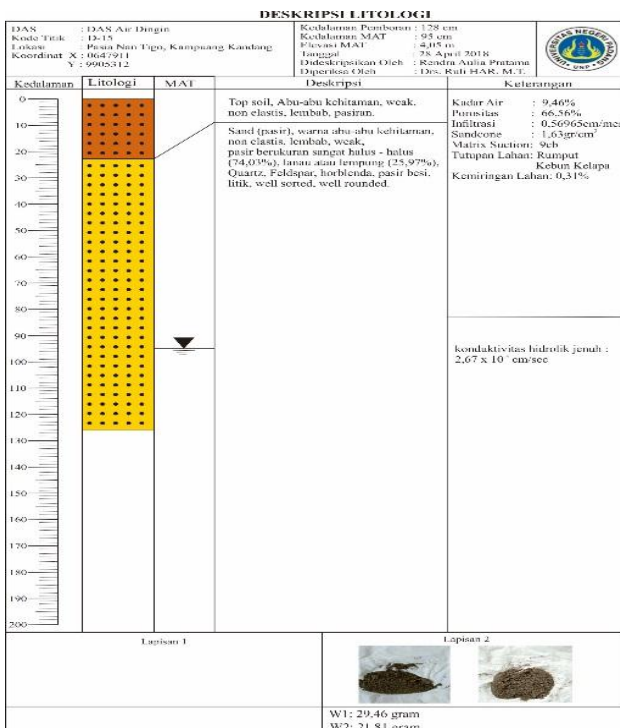
4.1.2 Litologi

Litologi dari DAS Air Dingin didapatkan dari hasil deskripsi sampel tanah yang diambil dari hasil pemboran di setiap titik pengukuran. Pemboran dilakukan sampai bertemu muka air tanah (± 1-2 meter). Sampel tanah hasil pemboran (*cutting* pemboran) diamati serta dideskripsikan untuk setiap perbedaan lapisan tanah, dan setiap lapisan tanah yang ada dicatat kedalamannya.

Berdasarkan hasil deskripsi litologi dari 16 titik yang di observasi, maka laju infiltrasi tertinggi terjadi pada daerah yang litologinya berupa pasir, dan laju infiltrasi terendah terjadi pada daerah yang litologinya berupa lanau pasiran. Log litologi pada titik pengukuran dengan nilai laju infiltrasi terendah (D9) dapat dilihat pada Gambar 2, dan log litologi dengan nilai laju infiltrasi tertinggi (D15) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Log Litologi Titik D9 (Laju Infiltrasi Terendah)



Gambar 3. Log Litologi Titik D15 (Laju Infiltrasi Tertinggi)

4.1.3 Kemiringan Lahan

Berdasarkan hasil pengolahan data kemiringan lahannya, dari 16 titik pengukuran didapatkan bahwa nilai laju infiltrasi tertinggi (D15) berada pada daerah dengan kemiringan lahan 0,31% dan laju infiltrasi terendah (D9) berada pada daerah dengan kemiringan lahan 2,1%.

4.1.4 Jenis Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil deskripsi dilapangan terhadap jenis tutupan lahan yang ada dari 16 titik pengukuran, daerah dengan laju infiltrasi tertinggi terjadi pada daerah

pinggiran pantai dengan tutupan lahan yang didominasi oleh pohon kelapa dan rumput (titik D15). Sedangkan daerah dengan laju infiltrasi terendah (titik D9) berada pada daerah yang lahannya berupa kebun campuran.

4.2 Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Laju Infiltrasi

4.2.1 Pengaruh Kadar Air Terhadap Laju Infiltrasi

Kadar air sebagai variabel bebas (*independent*) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (*dependent*) dianalisis dengan statistika deskriptif *bivariate*. Hasil analisis statistik kadar air dan laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

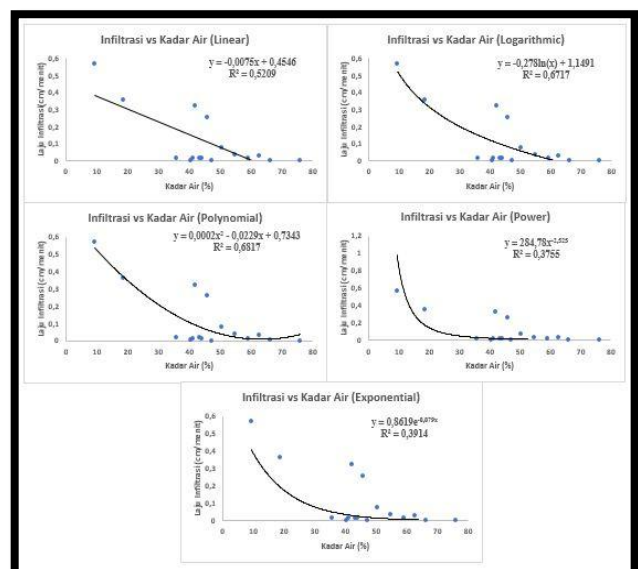
Tabel 1. Hasil Analisis Statistik Kadar Air Terhadap Laju Infiltrasi

| No | Model | r | R ² | Persamaan Peramal (y) |
|----|------------------------------|--------|----------------|---|
| 1 | Regresi Linear | -0,722 | 0,521 | y = -0,0075x + 0,456 |
| 2 | Regresi Logarithmic | -0,820 | 0,672 | y = -0,278ln(x) + 1,1491 |
| 3 | Regresi Polinomial Quadratic | -0,826 | 0,682 | y = 0,0002x ² - 0,0229x + 0,7343 |
| 4 | Regresi Power | -0,613 | 0,375 | y = 284,78x ^{-2,525} |
| 5 | Regresi Exponensial | -0,626 | 0,391 | y = 0,8619e ^{-0,079x} |

Pada Tabel 1 terlihat bahwa dari uji coba kelima metode regresi sederhana, didapatkan kadar air terhadap infiltrasi memiliki nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar pada model regresi polinomial quadratic dengan koefisien korelasi 0,826 artinya korelasi sangat kuat dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,682 artinya kadar air sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 68,2 %, dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi yang digunakan yaitu model *polynomial quadratic*:

$$y = 0,0002x^2 - 0,0229x + 0,7343$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,0002 (\text{kadar air})^2 - 0,0229 (\text{kadar air}) + 0,7343$$



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Air dan Laju Infiltrasi

4.2.2 Pengaruh Porositas Terhadap Laju Infiltrasi

Porositas sebagai variabel bebas (*independent*) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (*dependent*) dianalisis dengan statistika deskriptif *bivariate*. Hasil

analisis statistik porositas dan laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 2.

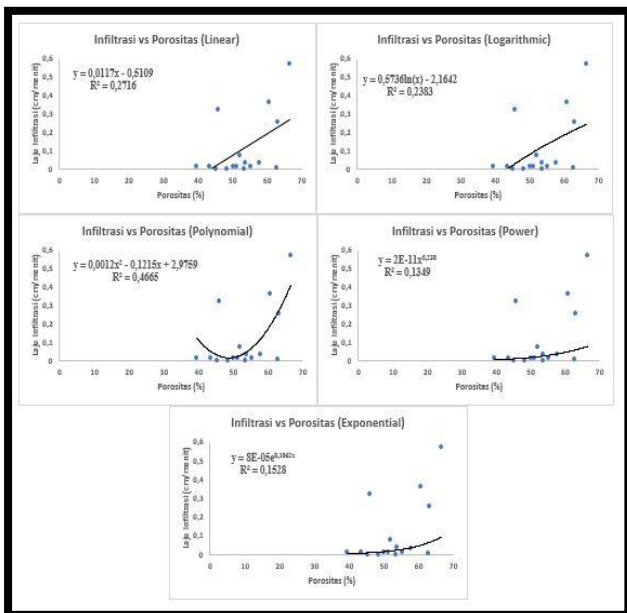
Tabel 2. Hasil Analisis Statistik Porositas Terhadap Laju Infiltrasi

| No | Model | r | R ² | Persamaan Peramal (y) |
|----|-------------------------------------|--------------|----------------|---|
| 1 | Regresi Linear | 0,521 | 0,272 | y = 0,0017x - 0,5109 |
| 2 | Regresi Logarithmic | 0,488 | 0,238 | y = 0,5736ln(x) - 2,1642 |
| 3 | Regresi Polinomial Quadratic | 0,683 | 0,467 | y = 0,0012x² - 0,1215x + 2,9759 |
| 4 | Regresi Power | 0,367 | 0,135 | y = 2E-11x ^{-5,238} |
| 5 | Regresi Exponensial | 0,391 | 0,153 | y = 8E-05e ^{-0,1062x} |

Pada Tabel 2 terlihat bahwa dari uji coba kelima model regresi sederhana, didapatkan porositas terhadap infiltrasi memiliki nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar pada model regresi polinomial quadratic dengan koefisien korelasi 0,683 artinya korelasi kuat dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,467 artinya porositas sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 46,7 %, dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi yang digunakan yaitu model *polynomial quadratic*:

$$y = 0,0012x^2 - 0,1215x + 2,9759$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,0012 (\text{porositas})^2 - 0,1215 (\text{porositas}) + 2,9759$$



Gambar 5. Grafik Hubungan Porositas dan Laju Infiltrasi

4.2.3 Pengaruh Kepadatan Tanah Terhadap Laju Infiltrasi

Kepadatan tanah sebagai variabel bebas (*independent*) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (*dependent*) dianalisis dengan statistika deskriptif *bivariate*. Hasil analisis statistik kepadatan tanah dan laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 3.

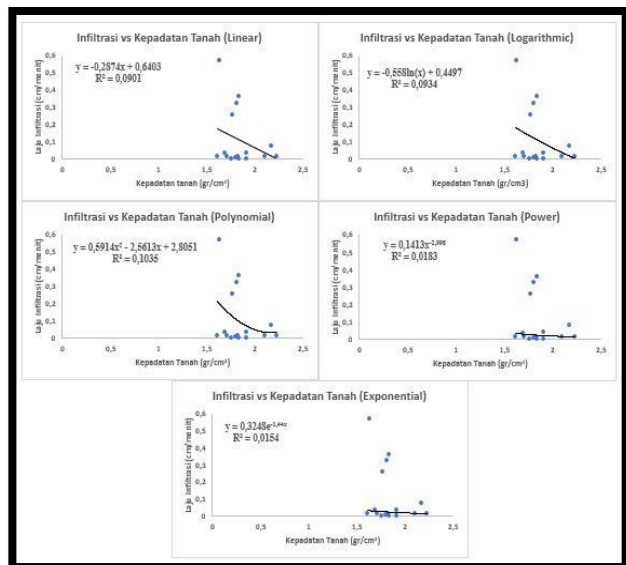
Tabel 3. Hasil analisis Statistik Kepadatan Tanah Terhadap Laju Infiltrasi

| No | Model | r | R ² | Persamaan Peramal (y) |
|----|-------------------------------------|---------------|----------------|---|
| 1 | Regresi Linear | -0,300 | 0,090 | y = -0,2874x + 0,6403 |
| 2 | Regresi Logarithmic | -0,306 | 0,093 | y = -0,558ln(x) + 0,4497 |
| 3 | Regresi Polinomial Quadratic | -0,322 | 0,103 | y = 0,5914x² - 2,5613x + 2,8051 |
| 4 | Regresi Power | -0,135 | 0,018 | y = 0,1413x ^{-2,998} |
| 5 | Regresi Exponensial | -0,124 | 0,015 | y = 0,3248e ^{-1,44x} |

Pada Tab 3 terlihat bahwa dari uji coba kelima model regresi sederhana, didapatkan kepadatan tanah terhadap infiltrasi memiliki nilai korelasi (R) dan koefisien determinasi (R²) terbesar pada model regresi polinomial quadratic dengan koefisien korelasi 0,322 artinya korelasi lemah dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,103 artinya kepadatan tanah sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 10,3 %, dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi yang digunakan yaitu model *polynomial quadratic*:

$$y = 0,5914x^2 - 2,5613x + 2,8051$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,5914 (\text{kepadatan})^2 - 2,5613 (\text{kepadatan}) + 2,8051$$



Gambar 6. Grafik Hubungan Kepadatan Tanah dan Laju Infiltrasi

4.2.4 Pengaruh Konduktivitas Hidrolik Jenuh Terhadap Laju Infiltrasi

Konduktivitas hidrolik jenuh sebagai variabel bebas (*independent*) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (*dependent*) dianalisis dengan statistika deskriptif *bivariate*. Hasil analisis statistik konduktivitas hidrolik jenuh dan laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 4.

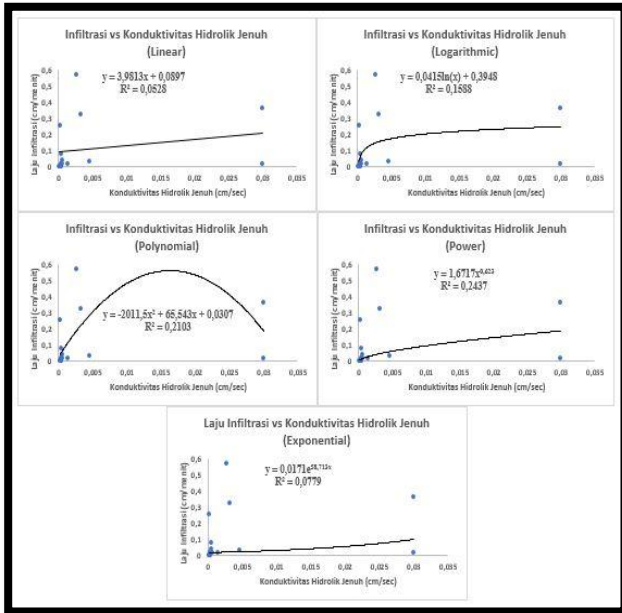
Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Konduktivitas Hidrolik Jenuh Terhadap Laju Infiltrasi

| No | Model | r | R ² | Persamaan Peramal (y) |
|----|------------------------------|--------------|----------------|--|
| 1 | Regresi Linear | 0,230 | 0,053 | y = 3,9813x + 0,0897 |
| 2 | Regresi Logarithmic | 0,399 | 0,159 | y = 0,0415ln(x) + 0,3948 |
| 3 | Regresi Polinomial Quadratic | 0,459 | 0,210 | y = -2011,5x ² + 65,543x + 0,0307 |
| 4 | Regresi Power | 0,494 | 0,244 | y = 1,6717x^{-0,623} |
| 5 | Regresi Exponensial | 0,279 | 0,078 | y = 0,0171e ^{58,713x} |

Pada Tabel 4 terlihat bahwa dari uji coba kelima model regresi sederhana, didapatkan konduktivitas hidrolik jenuh terhadap infiltrasi memiliki nilai korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²) terbesar pada model regresi *power* dengan koefisien korelasi 0,494 artinya korelasi lemah dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,244 artinya konduktivitas hidrolik jenuh memberikan kontribusi terhadap infiltrasi sebesar 24,4 %, dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi yang digunakan yaitu model *power*:

$$y = 1,6717x^{0,623}$$

$$\text{Infiltrasi} = 1,6717 (\text{konduktivitas hidrolik jenuh})^{0,623}$$



Gambar 7. Grafik Hubungan Konduktivitas Hidrolik Jenuh Terhadap Laju Infiltrasi

4.2.5 Pengaruh *Matrix Suction* Terhadap Laju Infiltrasi

Matrix Suction sebagai variabel bebas (*independent*) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (*dependent*) dianalisis dengan statistika deskriptif *bivariate*. Hasil analisis statistik *matrix suction* dan laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis *Matrix Suction* Terhadap Laju Infiltrasi

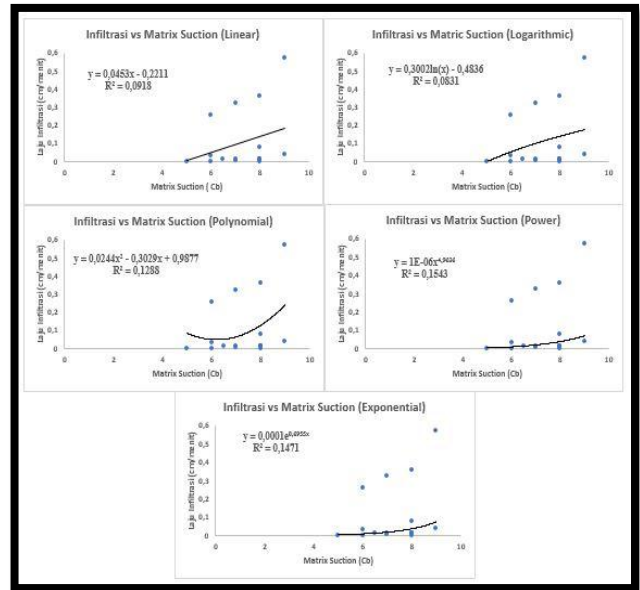
| No | Model | r | R ² | Persamaan Peramal (y) |
|----|------------------------------|-------|----------------|---|
| 1 | Regresi Linear | 0,303 | 0,092 | y = 0,0453x + 0,2211 |
| 2 | Regresi Logarithmic | 0,288 | 0,083 | y = 0,3002ln(x) + 0,4836 |
| 3 | Regresi Polinomial Quadratic | 0,359 | 0,129 | y = 0,0244x ² - 0,3029x + 0,9877 |
| 4 | Regresi Power | 0,393 | 0,154 | y = 1E-06x ^{4,9636} |
| 5 | Regresi Exponensial | 0,384 | 0,147 | y = 0,0001e ^{0,6955x} |

Pada Tabel 5 terlihat bahwa dari uji coba kelima model regresi sederhana, didapatkan *matrix suction* terhadap infiltrasi memiliki nilai korelasi (R) dan koefisien determinasi (R²) terbesar pada model regresi *power* dengan koefisien korelasi 0,393 artinya korelasi lemah dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,154 artinya *matrix suction* sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap infiltrasi sebagai variabel terikat

sebesar 15,4%, dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi yang digunakan yaitu model *power*:

$$y = 1E-06x^{4,9636}$$

$$\text{Infiltrasi} = 1E-06 (\text{matrix suction})^{4,9636}$$



Gambar 8. Grafik Hubungan *Matrix Suction* Terhadap Laju Infiltrasi

4.2.6 Pengaruh Kemiringan Lahan Terhadap Laju Infiltrasi

Kemiringan lahan sebagai variabel bebas (*independent*) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (*dependent*) dianalisis dengan statistika deskriptif *bivariate*. Hasil analisisnya dapat dilihat pada Tabel 6.

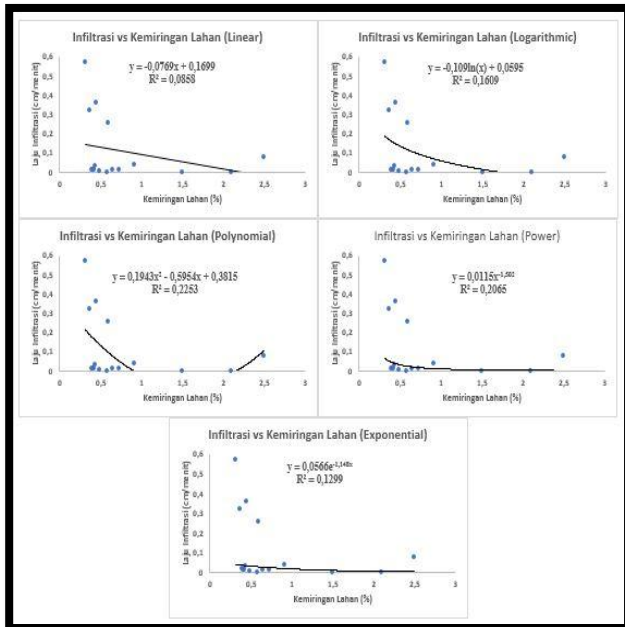
Tabel 6. Hasil Analisis Kemiringan Lahan Terhadap Laju Infiltrasi

| No | Model | r | R ² | Persamaan Peramal (y) |
|----|------------------------------|--------|----------------|---|
| 1 | Regresi Linear | -0,293 | 0,086 | y = -0,0769x + 0,1699 |
| 2 | Regresi Logarithmic | -0,401 | 0,161 | y = -0,109ln(x) + 0,0595 |
| 3 | Regresi Polinomial Quadratic | -0,475 | 0,225 | y = 0,1943x ² - 0,5954x + 0,3815 |
| 4 | Regresi Power | -0,454 | 0,207 | y = 0,0115x ^{-1,505} |
| 5 | Regresi Exponensial | -0,360 | 0,130 | y = 0,0566e ^{-x} |

Pada Tabel 6 terlihat bahwa dari uji coba kelima model regresi sederhana, didapatkan kemiringan lahan terhadap infiltrasi memiliki nilai korelasi (R) dan koefisien determinasi (R²) terbesar pada model regresi polinomial quadratic dengan koefisien korelasi 0,475 artinya korelasi lemah dan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,225 artinya kemiringan lahan sebagai variabel bebas memberikan kontribusi terhadap infiltrasi sebagai variabel terikat sebesar 22,5%, dan selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan regresi yang digunakan yaitu model *polynomial quadratic*:

$$y = 0,1943x^2 - 0,5954x + 0,3815$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,1943 (\text{kemiringan lahan})^2 - 0,5954 (\text{kemiringan lahan}) + 0,3815$$



Gambar 9. Grafik Hubungan Kemiringan Lahan Terhadap Laju Infiltrasi

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

Analisis regresi berganda bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh semua variabel bebas dimana kadar air sebagai variabel bebas (x_1), porositas sebagai variabel bebas (x_2), kepadatan tanah sebagai variabel bebas (x_3), konduktivitas hidrolik jenuh sebagai variabel bebas (x_4), *matric suction* sebagai variabel bebas (x_5), kemiringan lahan sebagai variabel bebas (x_6) secara bersamaan (simultan) terhadap laju infiltrasi sebagai variabel terikat (y). Hasil analisis sifat fisik tanah dan kemiringan lahan secara simultan terhadap laju infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Regresi Linear Berganda Sifat Fisik Tanah dan Kemiringan Lahan Secara Simultan Terhadap Laju Infiltrasi

| Model | r | R Square | Adjusted R Square | Std. Erro of the Estimate |
|-------------------------|-------|----------|-------------------|---------------------------|
| Regresi Linear Berganda | 0,864 | 0,746 | 0,577 | 0,1121116 |

Dari Tabel 7 diketahui bahwa korelasi (r) antara kadar air, porositas, kepadatan tanah, konduktivitas hidrolik jenuh, *matriks suction*, dan kemiringan lahan secara bersamaan dengan laju infiltrasi akhir adalah 0,864 artinya terdapat korelasi yang sangat kuat. Pengaruh kadar air, porositas, kepadatan tanah, konduktivitas hidrolik jenuh, *matric suction*, dan kemiringan lahan secara simultan terhadap infiltrasi (R^2) adalah 0,746 atau 74,6%, selebihnya akan di pengaruhi oleh faktor - faktor lainnya. Sementara itu, variabel regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Variabel Regresi Linear Berganda

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | ,033 | ,442 | | ,074 | ,943 |
| | Konduktivitas | -1,186 | 3,447 | -,068 | -,344 | ,739 |
| | Kadar_Air | -,009 | ,003 | -,845 | -3,248 | ,010 |
| | Porositas | ,011 | ,004 | ,485 | 2,643 | ,027 |
| | Kepadatan | ,075 | ,219 | ,078 | ,342 | ,740 |
| | Matrix_Suction | -,033 | ,036 | -,218 | -,911 | ,386 |
| | Kemiringan | ,010 | ,052 | ,038 | ,189 | ,854 |

Berdasarkan Tabel 8, maka diperoleh persamaan regresi linear berganda adalah sebagai berikut:

$$y = 0,33 - 1,186x_1 - 0,09x_2 + 0,011x_3 + 0,75x_4 - 0,033x_5 + 0,1x_6$$

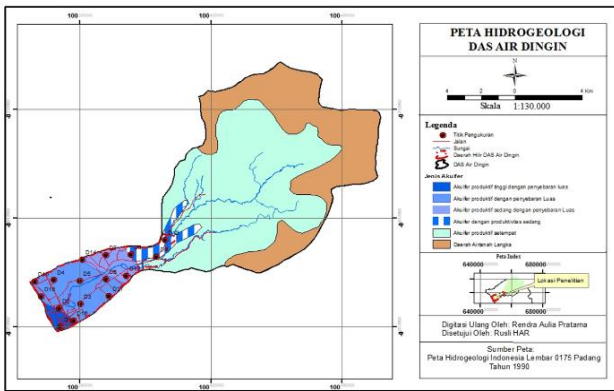
Infiltrasi = 0,33 - 1,186 (konduktivitas hidrolik jenuh) - 0,09 (kadar air) + 0,011 (porositas) + 0,75 (kepadatan tanah) - 0,033 (matrix suction) + 0,1 (kemiringan lahan)

4.3 Model Penyebaran Laju Infiltrasi Akhir

4.3.1 Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

Peta hidrogeologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 10, dimana hidrogeologinya adalah sebagai berikut:

1. Zona biru tua merupakan akuifer produktif tinggi dengan penyebaran luas, akuifer terutama berupa pasir, kerikil, dan tufa batupung dengan keterusan sedang hingga tinggi. Muka air tanah dekat atau diatas muka tanah.
2. Zona biru muda merupakan 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.
3. Zona biru keabu-abuan merupakan 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. Zona garis vertical biru putih merupakan 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. Zona biru toska merupakan 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.
6. Zona coklat tua merupakan daerah airtanah langka. Daerah ini merupakan daerah tanpa airtanah yang dapat di eksploitasi.



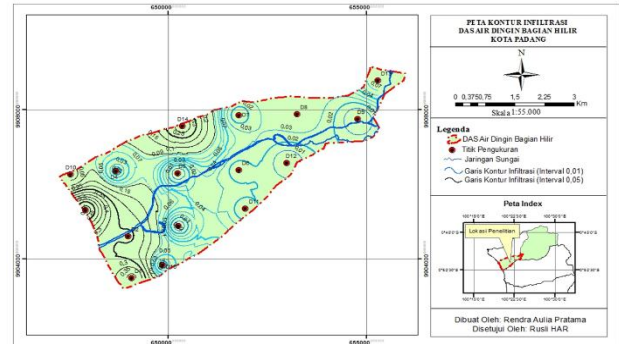
Gambar 10. Peta Hidrogeologi DAS Air Dingin

4.3.2 Hasil Pemetaan Zona Infiltrasi

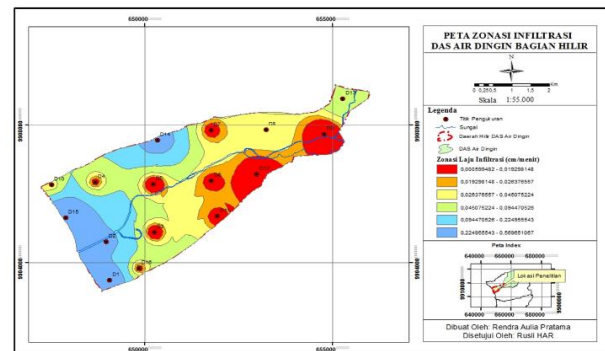
Berdasarkan hasil pengolahan data laju infiltrasi, maka didapatkan pemetaan kontur infiltrasi dan peta zonasi infiltrasinya. Terdapat 6 zona infiltrasi pada daerah penelitian. Peta kontur infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 11, dan peta zonasi infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 12. Pada peta zonasi infiltrasi terdapat 6 zona infiltrasi pada daerah penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Zona merah merupakan zona infiltrasi terendah dengan laju infiltrasi berkisar antara 0,000599482 – 0,019298148 cm/menit. Daerah yang termasuk ke dalam zona ini antara lain: Kelurahan Balai Gadang, Kelurahan Batang Kabung, Kelurahan Bungo Pasang, Kelurahan Koto Panjang Ikuva Koto, Kelurahan Koto Pulai, Kelurahan Lubuk Minturun, dan Kelurahan Parupuak Tabing.
2. Zona orange merupakan zona infiltrasi dengan laju infiltrasi antara 0,019298148 – 0,026376557 cm/menit. Daerah yang termasuk ke dalam zona ini antara lain: Kelurahan Balai Gadang, Kelurahan Batang Kabung, Kelurahan Batipuh Panjang, Kelurahan Bungo Pasang, Kelurahan Koto Panjang Ikuva Koto, Kelurahan Koto Pulai, Kelurahan Lubuk Minturun, dan Kelurahan Parupuak Tabing.
3. Zona kuning merupakan zona infiltrasi dengan laju infiltrasi antara 0,026376557 – 0,045075224 cm/menit. Daerah yang termasuk ke dalam zona ini antara lain: Kelurahan Balai Gadang, Kelurahan Batang Kabung, Kelurahan Batipuh Panjang, Kelurahan Bungo Pasang, Kelurahan Koto Panjang Ikuva Koto, Kelurahan Koto Pulai, Kelurahan Parupuak Tabing, dan Kelurahan Pasia Nan Tigo.
4. Zona Hijau tua merupakan zona infiltrasi dengan laju infiltrasi antara 0,026376557 – 0,094470528 cm/menit. Daerah yang termasuk ke dalam zona ini antara lain: Kelurahan Balai Gadang, Kelurahan Batang Kabung, Kelurahan Batipuh Panjang, Kelurahan Bungo Pasang, Kelurahan Koto Panjang Ikuva Koto, Kelurahan Koto Pulai, Kelurahan Lubuk Minturun, dan Kelurahan Pasia Nan Tigo.
5. Zona Biru tosca merupakan zona infiltrasi dengan laju infiltrasi antara 0,094470528 – 0,224955543 cm/menit. Daerah yang termasuk ke dalam zona ini antara lain: Kelurahan Balai Gadang, Kelurahan Batang Kabung, Kelurahan Batipuh Panjang, Kelurahan Bungo Pasang, Kelurahan Koto Pulai,

6. Zona Biru tua merupakan zona infiltrasi tertinggi dengan laju infiltrasi berkisar antara 0,224955543 – 0,569651067 cm/menit. Daerah yang termasuk ke dalam zona ini antara lain: Kelurahan Balai Gadang, Kelurahan Batang Kabung, Kelurahan Batipuh Panjang, Kelurahan Bungo Pasang, Kelurahan Koto Pulai, Kelurahan Parupuak Tabing, dan Kelurahan Pasia Nan Tigo



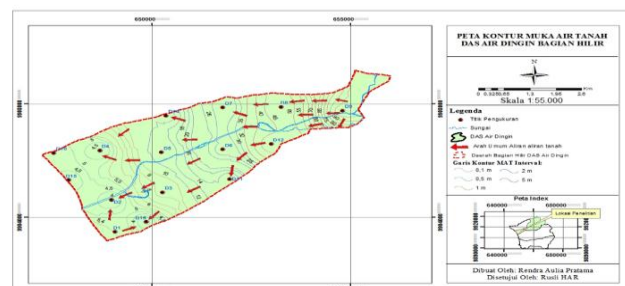
Gambar 11. Peta Kontur Infiltrasi DAS Air Dingin Bagian Tengah dan Hilir



Gambar 12. Peta Zonasi Infiltrasi DAS Air Dingin Bagian Tengah dan Hilir

4.3.3 Hasil Pemetaan Muka Air Tanah

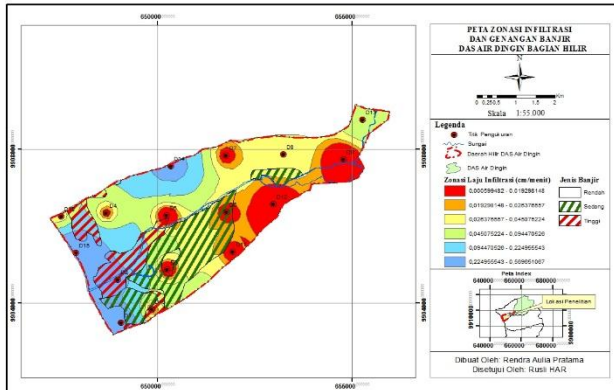
Berdasarkan pengukuran muka air tanah di lapangan, maka dapat dilakukan pemetaan berdasarkan elevasi muka air tanah. Peta kontur muka air tanah dapat dilihat pada Gambar 13, terlihat bahwa pada daerah penelitian pola aliran air tanah dimulai dari bagian paling hulu mengalir kearah barat daya, dan ada satu titik (D1) mengalir kearah timur laut (titik D2 dan D16) yang merupakan titik dengan tinggi muka air tanah terendah.



Gambar 13. Peta Kontur MAT DAS Air Dingin Bagian Tengah dan Hilir

4.3.4 Overlay Zonasi Infiltrasi dengan Zona Genangan Banjir

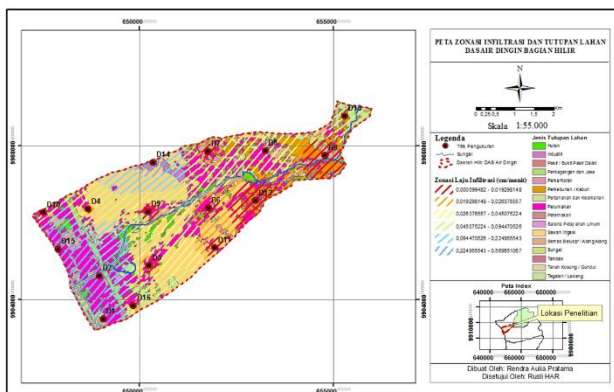
Berdasarkan peta zonasi infiltrasi yang dihasilkan, maka peta tersebut dapat di *overlay* dengan peta zona genangan banjir pada daerah penelitian, seperti pada Gambar 14, dapat terlihat pada zona dengan laju infiltrasi yang tinggi memiliki potensi terkena banjir yang tinggi, sedangkan zona dengan laju infiltrasi rendah memiliki potensi terkena banjir yang rendah pula. Kondisi ini terjadi karena pada zona dengan laju infiltrasi tinggi hanya memiliki luas daerah yang kecil, sempit, serta banyak digunakan sebagai daerah pemukiman penduduk.



Gambar 14. Peta Zonasi Infiltrasi dan Zona Genangan Banjir DAS Air Dingin Bagian Tengah dan Hilir

4.3.5 Overlay Zonasi Infiltrasi dengan Tutupan Lahan

Berdasarkan Berdasarkan peta zonasi infiltrasi yang dihasilkan, maka dapat di *overlay* dengan peta tutupan lahan pada daerah penelitian, seperti pada Gambar 15, terlihat bahwa daerah dengan laju infiltrasi sedang-rendah ditutupi oleh hutan, perkebunan, peternakan, sawah, dan sedikit perumahan warga Sementara daerah dengan laju infiltrasi tinggi berada pada daerah yang ditutupi oleh perumahan penduduk, sawah, perkantoran, dan sarana umum.



Gambar 8. Peta Zonasi Infiltrasi dan Tutupan Lahan DAS Air Dingin Bagian Tengah dan Hilir

4.4 Debit Air yang Mampu Diresapkan Tanah

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka rata-rata debit air yang mampu diresapkan oleh permukaan tanah dengan

luas total daerah penelitian 20,844 km² yaitu sebesar 65.402,5331 m³/jam/km². Dengan demikian, laju infiltrasi di DAS Air Dingin termasuk ke Zona D (< 150.000 m³/jam/km² atau sangat rendah)

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik laju infiltrasi pada DAS Air Dingin ditinjau dari perbedaan litologi, kemiringan lahan, jenis tutupan lahan, dan sifat fisik tanah adalah sebesar 0,10852 cm/menit. Dengan demikian berdasarkan klasifikasi zona resapan Hutasoit (1999), maka laju infiltrasi DAS Air Dingin bagian hilir berada pada zona VI/D, yang artinya klasifikasi daerah resapan tanah di DAS Air Dingin bagian tengah dan hilir sangat rendah (0,1–0,2 cm/menit).
2. Pengaruh sifat fisik tanah dan kemiringan lahan terhadap laju infiltrasi pada DAS Air Dingin berdasarkan analisis statistika bivariate adalah: kadar air terhadap infiltrasi (R²) = 68,2 % dengan korelasi 0,826 (korelasi sangat kuat), porositas terhadap infiltrasi (R²) 46,7% dengan korelasi 0,683 (korelasi kuat), kepadatan tanah terhadap infiltrasi (R²) = 10,3 % dengan korelasi 0,322 (korelasi lemah), konduktivitas hidrolik jenuh terhadap infiltrasi (R²) = 24,4 % dengan korelasi 0,494 (korelasi lemah), dan matriks suction terhadap infiltrasi (R²) = 15,4 % dengan korelasi 0,393 (korelasi lemah) serta kemiringan lahan terhadap infiltrasi (R²) = 22,5 % dengan korelasi 0,475 (korelasi lemah).
3. Bentuk penyebaran laju infiltrasi (zonasi infiltrasi) pada DAS Air Dingin ditinjau dari perbedaan litologi, kemiringan lahan, jenis tutupan lahan, dan sifat fisik tanah terdiri dari 6 zonasi infiltrasi. Zona merah merupakan daerah dengan laju infiltrasi terendah (0,000599482–0,019298148 cm/menit), dan zona biru tua merupakan daerah dengan laju infiltrasi tertinggi (0,224955543 – 0,569651067 cm/menit).
4. Secara simultan (analisis statistika multivariate), sifat fisik tanah (kadar air, porositas, kepadatan tanah, konduktivitas hidrolik jenuh, dan matrix suction) serta kemiringan lahan terhadap laju infiltrasi memiliki korelasi (r) = 0,864 (korelasi sangat kuat) dan kontribusi secara simultan sebesar (R²) = 74,6 %, selebihnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain.
5. Debit air yang mampu diresapkan oleh tanah pada daerah penelitian (DAS Air Dingin bagian tengah dan hilir) dengan luas area resapan 20,844 km² adalah sekitar 65.402,5331 m³/jam/km², maka volume air yang mampu diresapkan ke dalam tanah per jam per 1 km² adalah sekitar 65.402,5331 m³.

5.2 Saran

1. Perlu dibangun sumur resapan untuk membantu tanah lebih cepat meresapkan air (infiltrasi) terutama pada daerah yang memiliki laju infiltrasi rendah, karena berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa laju infiltrasi di daerah bagian tengah dan hilir DAS Air Dingin sangat rendah (0,1-0,2 cm/menit).

2. Untuk menjaga kelestarian daerah resapan air tanah, maka disarankan agar tidak melakukan pembangunan di daerah dengan zona laju infiltrasi tinggi, karena pembangunan tersebut membuat area terbuka menjadi semakin sempit atau sedikit. Akibatnya laju infiltrasi yang semula tinggi menjadi rendah.
3. Penulis juga mengajak semua komponen masyarakat dan pemerintah untuk menjaga, memelihara serta menyediakan lebih banyak lahan terbuka untuk meningkatkan laju infiltrasi oleh tanah, sehingga tanah akan cepat meresapkan air saat terjadi hujan

Daftar Pustaka

- [1] Sari, Sri Puspita. 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 : 1** (2012)
- [2] Puspa Permanasari, dkk. *Pengaruh Guna Lahan Terhadap Penurunan Infiltrasi di Kota Batu*. Jurnal Tata Kota dan Daerah. **Vol. 4, No. 2** (2012)
- [3] Sudarman, Gian Gardian. *Laju Infiltrasi Pada Lahan Sawah Di Mikro DAS Cibojong Sukabumi*. Skripsi. IPB. Bogor. (2007)
- [4] Yangga, A T., dan Budianta, Wawan. *Pengaruh Karakteristik Litologi Terhadap Laju Infiltrasi, Studi Kasus Daerah Ngalang Dan Sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Proceeding Seminar Nasional Kebumian Ke-9. Peran Penelitian Ilmu Kebumian Dalam Pemberdayaan Masyarakat 6 - 7 Oktober 2016. Yogyakarta: Grha Sabha Pramana (2016)
- [5] Vilanda, Fevina Patno. *Pengkajian Kemiringan Lereng Terhadap Laju Infiltrasi Di Sub DAS Tenggarang Kab. Bondowoso*. Skripsi. Universitas Jember. Jember. (2015)
- [6] F. Nurpadilah, Deuis. *Laju Infiltrasi Pada Berbagai Jenis Penggunaan Lahan Di DAS Ciambulawung Kampung Lebapicung Lebak Banten*. Skripsi. IPB. Bogor. (2012)
- [7] Yusuf, A. Muri. *Metodologi Penelitian Teliti & Hati-hati*. Jakarta: Prenamedia Group (2005)
- [8] Asdak, Chay. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press (2010)
- [9] 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)
- [10] Mein R.G, C.L. Larson. *Modeling Infiltration During A Steady Rain*. *Water Resour. Res.* **Vol. 9, No. 2** (1973)
- [11] Rusli, H.A.R. *Laporan Studi Pembangunan Sumur Air Tanah Dalam di UNP Padang*. Padang: UNP (2017)
- [12] Rusli, H.A.R. *Kajian Resapan Pada Daerah Kipas Aluvial Kota Padang*. Jurnal Saintek. **Vol.VIII. No.1: 1-147. ISSN. 1410-8070** (2005)
- [13] 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)
- [14] C. Pudyawardhana, A. Sismiani. *Penentuan Kepadatan Tanah di Lapangan Menggunakan Borland Delphi 6*. Techno, **Vol. 17, No. 2** (2016)
- [15] Labsheet Teknik Sipil UNP. *Mekanika Tanah*. UNP: Laboratorium Bahan dan Mekanika Tanah (2010)
- [16] Januardin. *Pengukuran Laju Infiltrai Pada tata Guna Lahan Yang Berbeda Di Desa Tanjung Selamat Kecamatan Medan Tuntungan Medan*. Skripsi. USU. Medan (2008)
- [17] A. B. Supangat, P. B. Putra. *Kajian Infiltrasi Tanah pada Berbagai Tegakan Jati*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, **Vol. VII, No. 2**
- [18] Rohmat, Dede., dan Soekarno, Indratmo. *Formulasi Efek Sifat Fisik tanah terhadap Permeabilitas dan Suction Tanah untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi*. Jurnal Bionatura. **Vol. 8. No.1** (2006)
- [19] Rosyidah, Elsa., dan Wirosodarmo, Ruslan. *Pengaruh Sifat Fisik tanah pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh di 5 Penggunaan Lahan di Kelurahan Sombersari Malang*. Jurnal Agritech. **Vol. 33. No.3** (2013)
- [20] Hasan,I. *Pokok-pokok Materi Statistik 2*. Jakarta: PT. Bumi Aksara (2001)
- [21] Irianto, A. *Statistik*. Jakarta: Predana Media (2004)
- [22] Ridwan. *Pengantar Statistika Sosial*. Bandung: Alfabeta (2012)