

**ANALISIS KONDUKTIVITAS HIDRAULIK, LAJU  
INFILTRASI DAN PERMEABILITAS DI WASTE DUMP  
OSELA 2, SITE BAKAN, PT J RESOURCES  
BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**

**JURNAL ILMIAH**

**Landy Pratono**

**122.15.004**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Pertambangan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG**

**KOTA DELTAMAS**

**JANUARI 2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KONDUKTIVITAS HIDRAULIK, LAJU  
INFILTRASI DAN PERMEABILITAS DI WASTE DUMP  
OSELA 2, SITE BAKAN, PT J RESOURCES  
BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**

**JURNAL ILMIAH**

**Landy Pratono**

**122.15.004**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Pertambangan

Menyetujui,

Kota Deltamas, 22 Januari 2020

Pembimbing 1



Rian Andriansyah, S.T., M.T.  
NIP. 19790216201409444

Pembimbing 2



Friska Agustin, S.T., M.T.  
NIP. 19900803201810567

**ANALISIS KONDUKTIVITAS HIDRAULIK, LAJU INFILTRASI  
DAN PERMEABILITAS DI WASTE DUMP OSELA 2, SITE BAKAN,  
PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW,  
SULAWESI UTARA**

**Landy Pratono**

Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sains Bandung

Email: landypratono19@gmail.com

**Abstrak:**

Kegiatan penambangan perusahaan pasti memindahkan material *overburden* dan menimbun material *overburden* di suatu lokasi yang aman dan efisien yang biasanya disebut dengan *disposal* atau *waste dump*. Penelitian ini bertujuan mengetahui parameter hidrologi yaitu konduktivitas hidraulik, laju infiltrasi, permeabilitas dalam satu jenjang *waste dump*. Penelitian ini merupakan penelitian lapang (*field research*) dengan menggunakan metode *auger hole* dan *survey*.

Pengukuran konduktivitas hidraulik, infiltrasi, dan permeabilitas akan dilaksanakan pada sebuah garis lurus (*transect*) pada jenjang *waste dump*. Pengukuran dilakukan pada jarak tiap 1 hingga 5 meter mengikuti garis. Pengukuran konduktivitas hidraulik, infiltrasi, dan permeabilitas dilakukan satu kali pada kedalaman 43 cm di tiap titik pengukuran menggunakan alat Guelph Permeameter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan konduktivitas hidraulik pada setiap jenjang *waste dump* tergolong sangat lambat. Kemudian kemampuan laju infiltrasi pada setiap jenjang tergolong sangat lambat. Sedangkan kemampuan permeabilitas pada setiap jenjang *waste dump* tergolong sangat lambat. Konduktivitas hidraulik meningkat seiring peningkatan laju infiltrasi dan permeabilitas tanah.

**Kata Kunci:** Konduktivitas hidraulik, laju infiltrasi, permeabilitas, *waste dump*, guelph permeameter.

**Abstract:**

*The mining activities of the company must move overburden material and hoard overburden material in a safe and efficient location usually called disposal or waste dump. This research aims to determine hydrological parameters namely hydraulic conductivity, infiltration rate and permeability in one bench waste dump. This research is a field study using auger hole and survey methods.*

*Measuring hydraulic conductivity and permeability will be carried out in a straight line at each level of waste dump. Measurements were made at a distance of 1 to 5 meters following the line. Measuring hydraulic conductivity, infiltration and permeability carried out once in a depth of 43 cm at each measurement point using the Guelph Permeameter.*

*The results showed that the hydraulic conductivity at each bench waste dump was very slow. Then the infiltration rate at each bench waste dump is very slow. Whereas the permeability ability at every level of waste is classified as very slow. Increased hydraulic conductivity often increases the rate of infiltration and soil permeability.*

**Keyword:** Hydraulic conductivity, infiltration rate, permeability, waste dump, guelph permeameter.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumberdaya yang begitu penting karena sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Tersedianya air didalam tanah tidak terlepas dari adanya peranan laju infiltrasi. Pergerakan air yang jatuh ke permukaan tanah akan diteruskan ke dua arah, yaitu air limpasan yang bergerak secara horizontal (*run-off*) dan air yang bergerak secara vertikal yang disebut air infiltrasi. Proses infiltrasi merupakan salah satu proses penting dalam siklus hidrogeologi karena infiltrasi menentukan besarnya air hujan yang meresap dan masuk ke dalam tanah secara langsung. Pemahaman mengenai infiltrasi dan data laju infiltrasi sangat berguna sebagai acuan untuk perencanaan kegiatan irigasi, perencanaan tata guna lahan, dan pemodelan hidroteknik.

Dalam kegiatan penambangan, perusahaan pasti memindahkan material *overburden* (*overburden removal*) dan menimbun material *overburden* di suatu lokasi yang aman dan efisien yang biasanya disebut dengan *disposal* atau *waste dump*. Direncanakan perhitungan parameter hidrologi, yaitu: konduktivitas hidraulik, laju infiltrasi, permeabilitas untuk mengetahui seberapa kuat kemampuan material

penutup (*overburden*) dalam satu jenjang *waste dump*.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besaran konduktivitas hidraulik pada keadaan jenuh air, laju infiltrasi dan permeabilitas tanah pada jenjang *waste dump* osela 2.
2. Membuat peta kontur konduktivitas, laju infiltrasi dan permeabilitas pada areal *waste dump* osela 2.

### 1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenjang *waste dump* yang akan diamati berada didalam *boundary* pada RL 755, 745, 735. Dengan jarak antar titik lubang bor 1-6 m.
2. Kedalaman lubang bor dibatasi < 1 m dikarenakan kemampuan sebuah alat *Guelph permeameter*
3. Pengujian setiap lubang bor dilakukan selama 60 menit.
4. Material *waste dump* diasumsikan tanah homogen.
5. Geometri lereng timbunan berdasarkan rekomendasi geoteknik PT J Resources Bolaang Mongondow.
6. Perhitungan debit limpasan permukaan diabaikan.

7. Serta dibatasi faktor-faktor lain, seperti alasan keamanan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Waste Dump

*Waste Dump* atau *disposal* adalah daerah pada suatu operasi tambang terbuka yang dijadikan tempat membuang material kadar rendah atau material bukan bijih. Material tersebut perlu digali dari pit hingga memperoleh bijih atau material kadar tinggi, sedangkan *stockpile* digunakan untuk menyimpan material yang akan digunakan pada saat yang akan datang. *Stockpile* juga dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan bijih kadar rendah yang dapat diproses pada saat yang akan datang maupun tanah penutup atau tanah pucuk yang dapat digunakan untuk reklamasi. Suatu kegiatan pertambangan umumnya memindahkan tanah penutup untuk mengambil bahan galian yang berada di dalam bumi. Suatu area tertentu untuk membuang material tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis. Tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua, yaitu *waste dump* atau *disposal* dan *stockpile*.

### 2.2 Konduktivitas Hidraulik

Parameter atau ukuran yang dapat menggambarkan kemampuan tanah

dalam melewati air disebut konduktivitas hidraulik (Klute & Dirksen 1968). Hukum dasar tentang pergerakan air di dalam tanah adalah hukum Darcy. Konduktivitas hidraulika tanah berpengaruh besar terhadap pergerakan air baik dalam kondisi jenuh maupun tidak jenuh. Menentukan konduktivitas hidraulik jenuh air menggunakan metode *two head, combined reservoir* persamaan (Reynold *et al.* 1992; Zang *et al.*, 1998).

$$K_{fs} = \frac{[(0.0041)(\text{Combined Reservoir}) - (0.0054)(\text{Combined Reservoir})]}{(\bar{R}_2 \text{ Steady State Rate of Flow}) - (\bar{R}_1 \text{ Steady State Rate of Flow})} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\bar{R}_1 = R_2/60$$

$$\bar{R}_2 = R_1/60 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

$K_{fs}$  = Konduktivitas hidraulik jenuh (cm/sec).

$\bar{R}$  = Tingkat jatuh air didalam reservoir (cm/sec).

$R$  = Tingkat peluang level air (cm/min).

$$X = \frac{V}{E-S} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$X$  = *Combined Reservoir* (cm<sup>2</sup>).

$V$  = Tinggi genangan air didalam lubang (cm<sup>3</sup>).

E = Tinggi air setelah pengukuran di tabung *reservoir* (cm).

S = Tinggi air sebelum pengukuran di tabung *reservoir* (cm).

### 2.3 Infiltrasi

Infiltrasi air adalah proses masuknya air presipitasi air irigasi ke dalam tanah melalui permukaan tanah (Blume *et al.* 1979). Teori ini yang sering melandasi metode-metode untuk mengukur sifat-sifat hidrolis tanah yaitu laju infiltrasi, daya hantar air, kemampuan tanah menyerap air, dan difusivitas. Menghitung daya hantar air tanah berdasarkan pengukuran infiltrasi air dengan menggunakan ring-infiltrometer atau Guelph permeameter. Penentuan besaran laju infiltrasi air akan dihitung berdasarkan persamaan (Husain, 1993).

$$I = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

I = Laju infiltrasi (m.s<sup>-1</sup>).

Q = Debit air yang masuk ke dalam tanah (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>).

A = Luas penampang bor tanah (m<sup>2</sup>).

### 2.4 Permeabilitas

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk meloloskan atau melewatkan air. Permeabilitas tanah juga merupakan suatu kesatuan

yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat sebagai permudahan dalam pengolahan tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian (Rohmat, 2009). Perhitungan permeabilitas digunakan persamaan (Reynold *et al.* 1992).

$$K_s = \frac{C Q_s}{\left[ 2\pi H^2 + C\pi a^2 + \frac{2\pi H}{\alpha^*} \right]} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

K<sub>s</sub> = Permeabilitas (m.s<sup>-1</sup>).

C = 1,33.

π = 3,14.

α\* = 0,04.

a = Radius bor (m).

H = Tinggi genangan (m).

## III. DATA DAN PENGOLAHAN DATA

### 3.1 Metode Penelitian

#### 1. Penelitian Lapangan (*Field Research*)

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan (*field research*) dengan menggunakan metode *survey*. Pengukuran konduktivitas hidraulik, laju infiltrasi, dan permeabilitas akan dilaksanakan padasebuah garis lurs (*transect*) pada jalur pengamatan.

#### 2. Metode *Auger Hole*

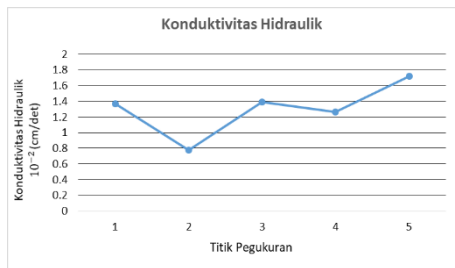
Metode *auger hole* adalah metode yang paling banyak digunakan dalam

penentuan konduktivitas hidraulik tanah jenuh, laju infiltrasi, dan permeabilitas. Suatu lubang di dalam penampang tanah dibuat dengan bor tanah sampai melampaui kedalaman yang mau diuji.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Konduktivitas Hidraulik

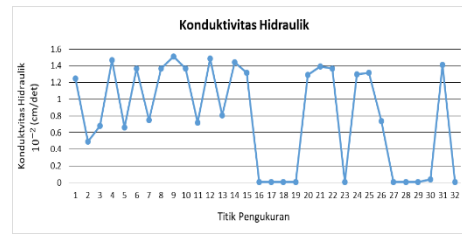
###### 4.1.1 Konduktivitas Hidraulik RL 735



**Gambar 4.1 Konduktivitas Hidraulik RL 735.**

Konduktivitas hidraulik jenuh air pada *waste dump* osela RL 735 menunjukkan berdasarkan pada titik pengukuran di frekuensi 2 dengan nilai konduktivitas hidraulik jenuh air terendah yaitu  $7,79 \times 10^{-3}$  cm/det yang tergolong sangat lambat (Das, 2010). Sementara konduktivitas hidraulik jenuh air pada *waste dump* osela RL 735 menunjukkan berdasarkan pada titik pengukuran 5 dengan nilai konduktivitas hidraulik jenuh air tertinggi yaitu  $1,71 \times 10^{-2}$  cm/det tergolong sangat lambat (Das, 2010).

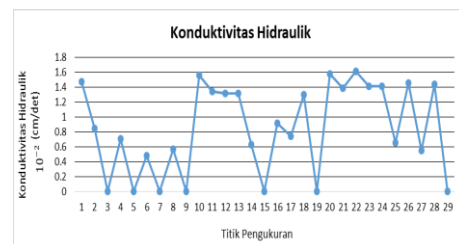
###### 4.1.2 Konduktivitas Hidraulik RL 745



**Gambar 4.2 Konduktivitas Hidraulik RL 745.**

Konduktivitas hidraulik jenuh air pada *waste dump* osela RL 745 menunjukkan berdasarkan pada titik pengukuran 16, 17, 18, 19, 23, 27, 28, 29, 32 dengan nilai konduktivitas hidraulik jenuh air terendah yaitu  $8,4 \times 10^{-5}$  cm/det yang tergolong sangat lambat. Pada titik pengukuran 9 dengan nilai konduktivitas hidraulik jenuh air tertinggi yaitu  $1,51 \times 10^{-2}$  cm/det tergolong sangat lambat (Das, 2010).

###### 4.1.3 Konduktivitas Hidraulik RL 755



**Gambar 4.3 Konduktivitas Hidraulik RL 755.**

Konduktivitas hidraulik jenuh air pada *waste dump* osela RL 755 menunjukkan berdasarkan pada titik pengukuran 3, 5, 7, 9, 15, 19, 29 dengan nilai konduktivitas hidraulik jenuh air

terendah yaitu  $8,4 \times 10^{-5}$  cm/det yang tergolong sangat lambat (Das, 2010). Pada titik pengukuran 22 dengan nilai konduktivitas hidraulik jenuh air tertinggi yaitu  $1,6 \times 10^{-2}$  cm/det tergolong sangat lambat (Das, 2010).

## 4.2 Laju Infiltrasi

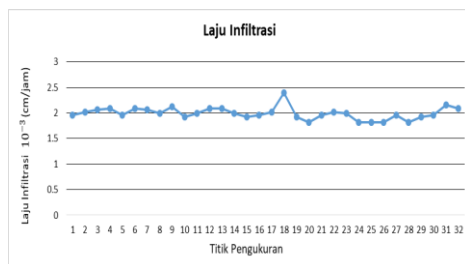
### 4.2.1 Laju Infiltrasi RL 735



**Gambar 4.4 Laju Infiltrasi RL 735.**

Laju infiltrasi pada *waste dump* osela RL 735 menunjukkan berdasarkan pada titik pengukuran 2 dengan nilai laju infiltrasi terendah yaitu  $1,86 \times 10^{-3}$  cm/jam yang tergolong sangat lambat (kriteria Konhke, 1968). Sementara pada titik pengukuran 5 mempunyai nilai laju infiltrasi tertinggi sebesar  $8,89 \times 10^{-3}$  cm/jam yang tergolong sangat lambat (kriteria Konhke, 1968).

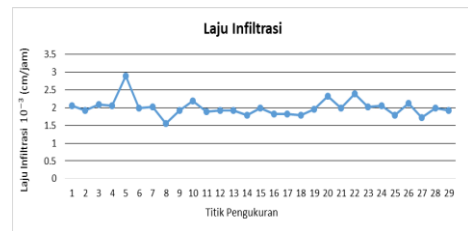
### 4.2.2 Laju Infiltrasi RL 745



**Gambar 4.5 Laju Infiltrasi RL 745.**

Laju infiltrasi pada *waste dump* osela RL 745 menunjukkan pada titik pengukuran 20, 24, 25, 26 dan 28 merupakan titik dengan laju infiltrasi terendah yaitu  $1,82 \times 10^{-3}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Konhke, 1968). Laju infiltrasi pada *waste dump* osela RL 745 menunjukkan pada titik pengukuran 18 merupakan dengan nilai laju infiltrasi tertinggi yaitu  $2,39 \times 10^{-3}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Konhke, 1968).

### 4.2.3 Laju Infiltrasi 755



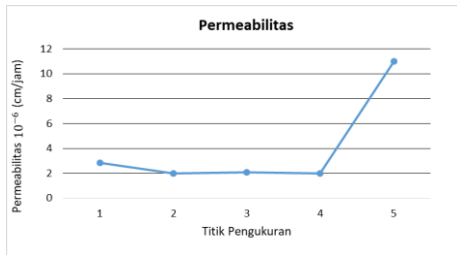
**Gambar 4.6 Laju Infiltrasi 755.**

Laju infiltrasi pada *waste dump* osela RL 755 menunjukkan pada titik pengukuran 8 merupakan titik dengan nilai laju infiltrasi terendah yaitu  $1,59 \times 10^{-3}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Konhke, 1968). Pada titik pengukuran 5 merupakan titik dengan nilai laju infiltrasi tertinggi yaitu  $2,89 \times 10^{-3}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Konhke, 1968).

## 4.3 Permeabilitas Tanah

### 4.3.1 Permeabilitas Tanah RL 735

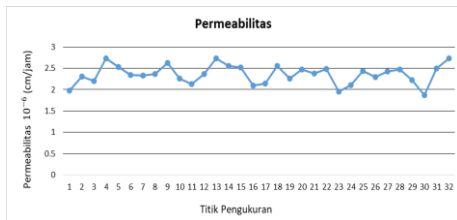




**Gambar 4.7 Permeabilitas Tanah RL 735.**

Permeabilitas tanah transek pertama menunjukkan bahwa pada titik pengukuran 2 merupakan permeabilitas dengan nilai terendah yaitu  $1,97 \times 10^{-6}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Hammer, 1978). Pada titik pengukuran 5 merupakan permeabilitas dengan nilai tertinggi yaitu  $1,1 \times 10^{-5}$  cm/jam tergolong cepat (kriteria Konhke, 1968).

#### 4.3.2 Permeabilitas Tanah RL 745

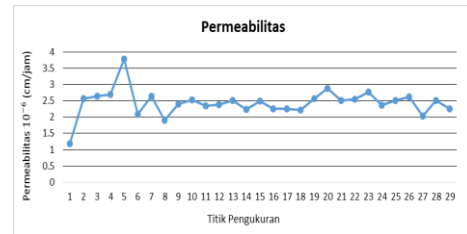


**Gambar 4.8 Permeabilitas Tanah RL 745**

Permeabilitas tanah transek kedua menunjukkan bahwa pada titik pengukuran 30 merupakan permeabilitas dengan nilai terendah yaitu  $1,87 \times 10^{-6}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Hammer, 1978). Pada titik pengukuran 4, 13 dan titik pengukuran 32 merupakan permeabilitas dengan nilai tertinggi yang sama yaitu  $2,73 \times 10^{-6}$  cm/jam

tergolong sangat lambat (kriteria Hammer, 1978).

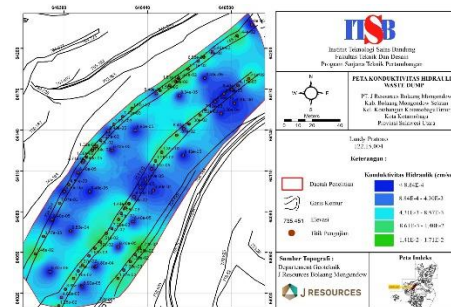
#### 4.3.3 Permeabilitas Tanah RL 755



**Gambar 4.9 Permeabilitas Tanah RL 755.**

Permeabilitas tanah transek ketiga menunjukkan bahwa pada titik pengukuran 8 dengan kedalaman 43 cm merupakan permeabilitas dengan nilai terendah yaitu  $1,91 \times 10^{-6}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Hammer, 1978). Pada titik pengukuran 5 dengan kedalaman 43 cm merupakan permeabilitas dengan nilai tertinggi yaitu  $3,78 \times 10^{-6}$  cm/jam tergolong sangat lambat (kriteria Hammer, 1978).

### 4.4 Analisis Peta Kontur Konduktivitas Hidraulik Waste Dump Osela 2

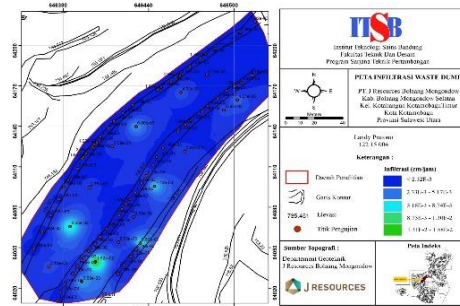


**Gambar 4.10 Peta Kontur Konduktivitas Hidraulik.**

Berdasarkan peta zona konduktivitas hidraulik (Gambar 4.10) area berwarna biru tua merupakan konduktivitas hidraulik terendah dengan nilai  $< 8,6 \times 10^{-4}$  cm/det, memiliki dominan tanah bertekstur lempung, kondisi permukaan yang lembab. Sedangkan yang berwarna biru tua merupakan konduktivitas hidraulik tertinggi dengan nilai  $1,41 \times 10^{-2}$  cm/det hingga  $1,71 \times 10^{-2}$  cm/det, memiliki tanah bertekstur lempung berpasiran, kondisi permukaan yang lembab.

Berwarna biru tua diidentifikasi bahwa tanah pada lokasi tersebut dominan lempung berpasiran akan mudah meneruskan air, sehingga pergerakan air menjadi cepat didalam tanah. Dijelaskan oleh Arsyad (1989) kemantapan agregat sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahannya. Diidentifikasi bawah zona berwarna hijau tua merupakan tanah dominan lempung untuk menyerap air yang sudah mencapai maksimal dan air permukaan melimpas dipermukaan tanah, didukung terdapat limpasan aliran air dan terdapat gerusan yang disebabkan oleh air mentransport material batuan berukuran kecil hingga sedang.

#### 4.5 Analisis Peta Kontur Infiltrasi Waste Dump Osela 2



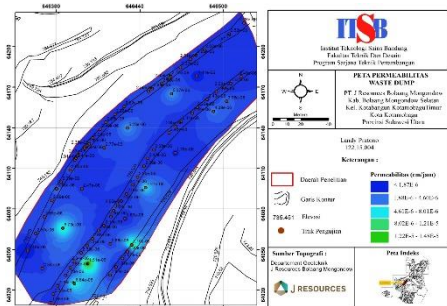
**Gambar 4.11 Peta Kontur Infiltrasi.**

Berdasarkan peta zona laju infiltrasi (Gambar 4.11) area berwarna hijau tua merupakan laju infiltrasi terendah dengan nilai  $< 2,33 \times 10^{-3}$  cm/jam, diidentifikasi area berwarna hijau tua memiliki dominan bertekstur tanah lempung dan kondisi permukaan yang lembab. Sedangkan area berwarna biru tua merupakan laju infiltrasi tertinggi dengan nilai  $1,32 \times 10^{-2}$  cm/jam hingga  $1,60 \times 10^{-2}$  cm/jam, diidentifikasi area berwarna biru tua memiliki dominan bertekstur tanah lempung berpasiran dan kondisi permukaan yang lembab.

Peta kontur infiltrasi (Gambar 4.11) area berwarna merupakan nilai laju infiltrasi terendah dan memiliki tanah bertekstur lempung dan kondisi lapangan lembab, sedangkan yang berwarna biru merupakan nilai laju infiltrasi tertinggi dan memiliki tanah bertekstur pasir dan kondisi lapangan lembab. Menurut Indarto (2010), tekstur tanah menentukan jumlah air yang dapat diikat pada berbagai kondisi lengas tanah. Tanah berlempung mempunyai

partikel mineral yang sangat halus dan ruang pori-pori yang sangat kecil. Tanah berpasir mempunyai ukuran partikel yang besar. Sehingga ukuran pori-pori tanah tersebut juga besar.

#### 4.6 Analisis Peta Kontur Permeabilitas Waste Dump Osela 2



**Gambar 4.12 Peta Kontur Permeabilitas.**

Berdasarkan peta kontur permeabilitas (Gambar 4.18) area berwarna hijau tua merupakan permeabilitas terendah dengan nilai  $< 1,87 \times 10^{-7}$  cm/jam, diidentifikasi area berwarna hijau memiliki dominan tanah bertekstur lempung dan kondisi permukaan tanah yang lembab. Sedangkan yang berwarna biru merupakan nilai permeabilitas tertinggi dengan nilai  $1,23 \times 10^{-5}$  cm/jam hingga  $1,50 \times 10^{-5}$  cm/jam, diidentifikasi area berwarna biru memiliki dominan tanah bertekstur pasir dan kondisi permukaan tanah yang lembab. Semakin lambat tanah meloloskan air, maka semakin banyak air yang tersimpan dalam tubuh tanah

sehingga beban lereng semakin tinggi dan berpotensi terjadi longsor.

Permeabilitas meningkat seiring peningkatan laju infiltrasi. Sehingga pada penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan laju infiltrasi akan meningkatkan permeabilitas tanah. Semakin lambat tanah meloloskan air, maka semakin banyak air yang tersimpan dalam tubuh tanah sehingga beban lereng semakin tinggi dan berpotensi terjadi longsor.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Konduktivitas hidraulik pada areal *waste dump* osela 2 mempunyai nilai rata – rata yang rendah dan tergolong sangat lambat. Laju infiltrasi pada areal *waste dump* osela 2 mempunyai nilai rata – rata yang rendah dan tergolong sangat lambat. Sedangkan permeabilitas pada areal *waste dump* osela 2 mempunyai nilai rata – rata yang rendah dan tergolong sangat lambat.
2. Pada areal *waste dump* osela 2 mempunyai material tanah didominasi oleh lempung pasir. Hal ini menyebabkan tanah daya menahan dan mengikat air yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agus, F dan Suganda, H. 2006. Penetapan Konduktivitas Hidrolik Tanah dalam Keadaan Jenuh: Metode Lapang dalam Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Departemen Pertanian.
2. Blume, H.P., Hartge, K.H., Schachtschabel, P. und Schwertmann, U. 1979. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
3. Das, Braja M. 2010. Principles of Geotechnical Engineering, 7th Edition, Cengage Learning. USA.
4. Hammer, W.I. 1978. Soil Conservation Report INS78/006. Technical Note No 7. Soil Research Institute, Bogor.
5. Husain, J. 1993. The Use of The Guelph Pressure Infiltrometer In Laboratory and Field Research. Thesis. The Faculty of Graduate Studies, University of Guelph.
6. Indarto. 2010. Hidrologi. Bumi Aksara: Jember
7. Klute, A., and Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory method. p. 687-732. In Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis Part I. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition.
8. Kohnke, H. 1968. Soil Physics. New York: McGraw- Hill Inc.
9. Reynolds, W.D. and D.E. Elrick. 1986. *A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity-pressure head relationship.* Ground Water Monit.Rev.6:84-95.
10. Rohmat, dede. 2009. *Tipikal Kuantitas Infiltrasi Karakteristik Tanah.* Bandung.
11. Zhang, Z.F., P.H. Groenevelt, and G.W. Parkin. 1998. *The well shape-factor for the measurement of soil hydraulic properties using the Guelph Permeameter.* Soil Tillage Res. 49:219-221.