

KAJIAN KOEFISIEN REMBESAN SALURAN IRIGASI PENAMPANG TRAPESIUM PADA TANAH LATOSOL DALAM SKALA LABORATORIUM

(Study of Seepage Coefficient of Trapezoidal Cross-Section Irrigation Channel on Latosol Soil at Laboratory Scale)

Ayu Wulandari^{1,2}, Sumono¹, Achwil Putra Munir¹)

¹Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian USU

Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3 Kampus USU Medan 20155

²Email : ayuwulandari3031@gmail.com

Diterima : 5 Juni 2015/ Disetujui : 16 Juni 2015

ABSTRACT

Seepage is one of the causes of lost of water in irrigation channel. It is difficult to measure the seepage directly on the field. Therefore there should be a model or equation to determine the channel seepage that is the first stage through laboratory scale. This research was done to analyze the seepage coefficient of trapezoidal cross-section irrigation channel on Latosol soil through laboratory scale. The water balance component which was measured were evaporation, percolation and seepage through channel wall. The research showed that the coefficient of seepage was about 3732,48 to 5339,52 mm/day. The evaporation value was 1,33 mm/day and channel percolation was 376,41mm/day.

Key Word : coefficient of seepage, irrigation channel, trapezoidal cross-section, Latosol soil, laboratory scale.

PENDAHULUAN

Irigasi adalah usaha untuk memperoleh air yang menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk keperluan penunjang produksi pertanian (Kementerian Pertanian, 2012).

Saluran irigasi meliputi saluran primer, saluran sekunder dan saluran tersier. Air yang mengalir dari saluran primer ke saluran sekunder dan tersier menuju ke sawah sering terjadi kehilangan air. Kehilangan air yang terjadi pada saluran primer, sekunder dan tersier melalui evaporasi, perkolasi, rembesan, bocoran dan eksploitasi. Kehilangan air yang relatif kecil akan meningkatkan efisiensi jaringan irigasi, karena efisiensi irigasi sendiri merupakan tolak ukur suksesnya operasi pertanian dalam semua jaringan irigasi (Bunganaen, 2009).

Kehilangan air pada saluran selain disebabkan faktor-faktor diatas, juga dipengaruhi oleh keadaan tanahnya seperti jenis tanah bentuk penampang saluran, tinggi genangan dalam saluran dan tebalnya tanggul saluran yang akan mempengaruhi besarnya rembesan. Berbedanya jenis tanah dan bentuk penampang saluran, maka

berbeda pula besarnya kehilangan air di saluran, terutama kehilangan melalui perkolasi dan rembesan air. Berbagai jenis tanah dipergunakan dalam budidaya pertanian, diantaranya adalah Latosol. Tanah Latosol merupakan salah satu tanah yang memiliki tekstur liat sehingga laju permeabilitas tanah ini rendah (Fiantis, 2012).

Penelitian koefisien rembesan pada saluran berbentuk persegi pada tanah Andepts dalam skala Laboratorium telah dilakukan oleh Ritonga (2014). Selanjutnya perlu pengembangan penelitian mengenai kajian koefisien rembesan saluran irigasi pada tanah Latosol penampang trapesium dalam skala laboratorium untuk menyikapi keberhasilan meningkatkan efisiensi penyaluran air dengan memanfaatkan tanah Latosol yang perlu diketahui besarnya setiap komponen penyebab kehilangan air pada saluran air. Oleh karena itu, dibutuhkan ketelitian yang baik dalam pengukuran rembesan di saluran irigasi dengan penampang trapesium. Penelitian di laboratorium merupakan tahap awal sebelum dilanjutkan penelitian di lapangan mengingat kondisi di lapangan lebih kompleks dan lebih sulit dalam menentukan komponen kehilangan air.

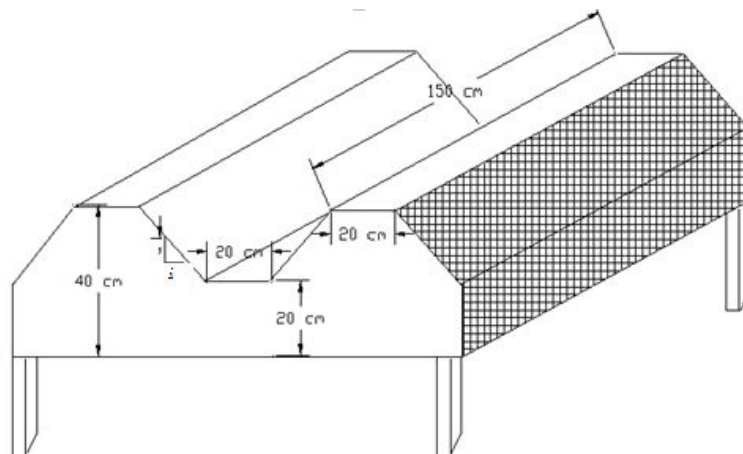
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis koefisien rembesan saluran irigasi penampang trapesium pada tanah Latosol dalam skala Laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang diperlukan diantaranya rancangan saluran irigasi buatan sesuai ukuran yang ditentukan, tanah Latosol, papan triplek, seng dan kawat kassa yang digunakan untuk membangun saluran.

Alat yang digunakan adalah stopwatch, kalkulator, tape (meteran), ring sample, gelas ukur, oven, evapopan, timbangan digital, Erlenmeyer, alat tulis, dan ayakan 20 mesh.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan dengan mengukur parameter-parameter yang diteliti selanjutnya dilakukan analisis koefisien rembesan saluran irigasi penampang trapesium pada tanah Latosol. Saluran irigasi buatan skala laboratorium dirancang dengan panjang saluran 1,5 m, lebar dasar saluran 20 cm, dalam saluran 20 cm, tinggi dinding saluran 40 cm dan talud 1:1. Seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Saluran irigasi buatan skala Laboratorium

Pada saluran irigasi buatan dimasukkan tanah yang telah diayak dengan ayakan 20 mesh ke dalam saluran dan tanah dipadatkan dan dimantapkan dengan memberi air secara berkala ke dalam saluran berbentuk trapesium. Saluran diisi air dan dijaga ketinggiannya konstan. Debit diukur dengan menampung air dalam satuan waktu tertentu. Pada dinding saluran dibuat lubang untuk mengukur dan mengetahui garis aliran rembesan.

Sifat fisik tanah dianalisis dilaboratorium untuk menentukan tekstur, kerapatan partikel, kerapatan massa, porositas serta bahan organik tanah.

Parameter Penelitian

Tekstur Tanah

Tekstur tanah dianalisis di Laboratorium

Kerapatan Massa Tanah

Kerapatan massa tanah dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Bd = \frac{M_p}{V_t} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

Bd = kerapatan massa (bulk density) (g/cm³)

Mp = massa padatan tanah (g)

Vt = volume total tanah (cm³)

(Islami dan Utomo, 1995).

Kerapatan Partikel Tanah

Kerapatan partikel tanah dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Pd = \frac{M_p}{V_p} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

Pd = kerapatan partikel tanah (g/cm³)

Mp = massa padatan tanah (g)

VP = volume padatan (cm³)

(Islami dan Utomo, 1995).

Porositas Tanah

Porositas tanah dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\theta = \left(1 - \frac{B_d}{P_d}\right) \times 100 \% \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

θ = porositas (%)
 B_d = kerapatan massa (g/cm^3)
 P_d = kerapatan partikel (g/cm^3)
 (Hansen, dkk, 1992).

Kandungan Bahan Organik Tanah

Kandungan bahan organik tanah dianalisis di laboratorium.

Evaporasi

Pengukuran evaporasi dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = k \cdot E_p \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

E = evaporasi dari badan air (mm/hari)
 k = koefisien panci (0,7)
 E_p = evaporasi dari panci (mm/hari)
 (Ginting, 2014).

Perkolasi / Koefisien Rembesan Dasar saluran

Pengukuran perkolasi / koefisien rembesan dasar saluran dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$k = \frac{q_1 d}{HA} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

k = koefisien rembesan dasar saluran (m/hari)
 q_1 = debit aliran pada dasar saluran (m^3/det)
 d = tinggi dasar saluran (m)
 H = tinggi hidrolik (m)
 A = luas penampang melintang dasar saluran (m^2)
 (Wesley, 2012).

Koefisien Rembesan pada dinding saluran

Pengukuran koefisien rembesan dilakukan pada dinding dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$k = \frac{q_2 L}{h^2} \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

k = koefisien rembesan (m/hari)
 q_2 = debit rembesan per satuan panjang bendungan (m^3/det)
 L = jarak mendatar diukur dari titik kontak permukaan air di hulu bendungan dengan bidang kemiringan bendung

hingga dasar lapisan kedap air di hilir bendungan (m)

h = tinggi air di hulu bendungan (m)
 (Schwab, 1955).

Garis Aliran Rembesan

Garis aliran rembesan digambar berdasarkan tinggi air pada lubang yang telah dibuat pada dinding saluran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekstur Tanah

Hasil analisa tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 diketahui bahwa tanah Latosol bertekstur liat yang menunjukkan komposisi liat yang lebih tinggi.

Tabel 1. Hasil Analisa Tekstur Tanah

Fraksi	Persentase (%)	Tekstur tanah
Pasir	33,84	
Debu	19,64	
Liat	46,52	Liat
C-organik	0,60	

Menurut Terzaghi dan Peck (1987 dalam Pratita, 2007) tekstur tanah menunjukkan derajat kehalusan dan keseragaman suatu butiran tanah. Menurut Foth (1994) tanah liat memiliki kemampuan menyimpan air yang tinggi, tetapi lebih sulit untuk melolosakan air. Tekstur liat memiliki laju rembesan air yang rendah karena liat lebih kuat memegang air (Vidayanti, 2011).

Kerapatan massa tanah

Pengukuran kerapatan massa tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa kerapatan massa tanah

Lokasi	Kerapatan Massa (g/cm^3)
Dalam saluran	1,10
Dinding kanan saluran	1,23
Dinding kiri saluran	1,18

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kerapatan massa pada saluran di laboratorium berada di antara $1,10 \text{ g/cm}^3$ sampai $1,23 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan di lapangan sebesar $1,30 \text{ g/cm}^3$. Hal ini berarti tanah di lapangan lebih mantap daripada tanah di laboratorium. Tanah di laboratorium merupakan tanah yang sudah terganggu dan butuh

waktu dalam pengkondisian kembali untuk pemantapannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Islami dan Utomo (1995) besarnya kerapatan massa dipengaruhi oleh tekstur tanah, BOT dan tingkat kemantapan tanah.

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa kerapatan massa tanah dinding sebelah kanan lebih besar dibandingkan dinding sebelah kiri dan dalam saluran sehingga tanah dinding sebelah kanan lebih padat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hakim, dkk (1986) bahwa kerapatan massa tanah merupakan indikator kepadatan tanah, makin padat suatu tanah makin besar nilai kerapatan massa tanahnya.

Kerapatan partikel tanah

Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai kerapatan partikel tanah di laboratorium berkisar 2,33 g/cm³ sampai 2,52 g/cm³ sedangkan nilai partikel tanah di lapangan berkisar 2,55 g/cm³. Nilai kerapatan partikel tanah ini lebih rendah dibandingkan nilai kerapatan partikel tanah mineral pada umumnya karena merupakan tanah yang sudah terganggu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pandutama, dkk (2003) kerapatan partikel tanah untuk tanah mineral berkisar antara 2,6 g/cm³ sampai 2,7 g/cm³ dengan nilai rata-rata 2,65 g/cm³.

Tabel 3. Hasil Analisa kerapatan partikel tanah

Lokasi	Kerapatan Partikel (g/cm ³)
Dalam saluran	2,52
Dinding kanan saluran	2,41
Dinding kiri saluran	2,33

Porositas Tanah

Tabel 4 diperoleh nilai porositas di laboratorium berkisar 48,96 g/cm³ sampai 56,34 g/cm³ sedangkan nilai porositas di lapangan sebesar 49,12 %. Porositas tanah di lapangan menunjukkan nilai yang lebih kurang sama dengan nilai porositas tanah pada dinding kanan dan dinding kiri saluran, sedangkan nilai porositas dalam saluran lebih besar dari ketiga nilai porositas diatas. Berdasarkan Persamaan 3 dapat ditunjukkan bahwa dengan nilai kerapatan massa tanah pada dalam saluran paling kecil namun dengan nilai kerapatan partikel paling besar maka nilai porositasnya paling besar.

Kandungan Bahan Organik Tanah

Kandungan bahan organik pada tanah Latosol dapat dilihat pada Tabel 1, dimana hasil analisa laboratorium menunjukkan bahwa

kandungan C-Organik untuk tanah Latosol adalah 0,60%. Artinya kandungan C-Organik pada tanah Latosol tersebut rendah karena semakin sering tanah diolah, maka akan semakin berkurang kandungan bahan organiknya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tan (2007) bahwa kandungan C-organik yang umum pada tanah andosol antara 5-6%, nilainya akan lebih rendah pada tanah yang diolah dan nilainya menurun dari horizon A ke horizon di bawahnya, horizon B atau horizon C.

Tabel 4. Hasil analisa porositas tanah

Lokasi	Porositas (%)
Dalam saluran	56,34
Dinding kanan saluran	48,96
Dinding kiri saluran	49,35

Kehilangan Air

Tabel 5 menunjukkan bahwa kehilangan air terbesar terjadi karena rembesan pada dinding saluran sedangkan kehilangan air terkecil melalui evaporasi dan perkolasi. Pengukuran kehilangan air karena rembesan di laboratorium didapat sebesar 376,41 mm/hari sampai 5196,96 mm/hari sedangkan pengukuran nilai permeabilitas di lapangan didapat sebesar 1400,40 mm/hari. Permeabilitas di lapangan lebih kecil dibandingkan dengan rembesan pada kedua dinding saluran pada percobaan dilaboratorium dikarenakan tanah dilapangan lebih mantap dibandingkan tanah dilaboratorium yang dapat dilihat dari nilai kerapatan massa tanah lebih besar di lapangan daripada di laboratorium Tabel (2). Jika tanah semakin padat maka semakin sulit untuk meloloskan air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dun, dkk (1992) bahwa permeabilitas dari tanah biasanya tergantung dari jenis tanah, kerapatan massa tanah, angka pori, tingkat kejenuhan, dan lain-lain.

Tabel 5. Hasil pengukuran komponen kehilangan air

Komponen kehilangan air	mm/hari
Evaporasi	1,33
Dalam Saluran	376,41
Koefisien rembesan dinding kanan	3795,22
Koefisien rembesan dinding kiri	5196,96

Nilai koefisien rembesan pada dasar saluran lebih rendah dibandingkan dengan nilai koefisien rembesan pada dinding saluran. Hal ini berdasarkan Persamaan (5) dan Persamaan (6) bahwa koefisien rembesan pada dasar saluran

dipengaruhi oleh debit dan tebal dasar saluran yaitu setiap kenaikan satu satuan tebal dasar saluran dan debit akan menaikkan satu satuan nilai koefisien rembesan. Sedangkan pada dinding saluran juga dipengaruhi oleh debit dan tebal dasar saluran yaitu setiap kenaikan satu satuan tebal dasar saluran dan debit akan menaikkan sembilan satuan nilai koefisien rembesan. Hal ini sesuai dengan ketebalan dinding saluran yang akan lebih banyak menyimpan air sehingga koefisien rembesan akan lebih besar. Selain itu, pada dalam saluran dipengaruhi oleh tinggi hidrolis dan luas penampang sebagai nilai pembagi. Sedangkan pada dinding saluran hanya dipengaruhi oleh tinggi genangan dalam saluran sebagai nilai pembagi, maka koefisien rembesan berbanding terbalik dengan nilai pembagi, apabila nilai pembagi besar maka koefisien rembesan yang dihasilkan kecil dan sebaliknya. Dapat disimpulkan bahwa koefisien rembesan dalam saluran lebih kecil karena memiliki nilai pembagi yang lebih besar dibandingkan pada dinding saluran.

Selain itu, nilai koefisien perkolasi dan rembesan pada dasar saluran lebih rendah dibandingkan dengan nilai koefisien rembesan pada dinding sebelah kanan dan sebelah kiri saluran, walaupun nilai porositas tanah pada dasar saluran lebih besar. Hal ini kemungkinan disebabkan bahwa dalam proses pembentukan saluran tanah Latosol yang bertekstur liat berasal dari tanah yang terganggu yaitu dengan memecah tanah terlebih dahulu kemudian dilakukan pengayakan. Dalam proses pematapan tanah dengan penyiraman air, karena tanah belum mantap, maka sebagian butir partikel liat akan terdispersi, kemudian akan mengalami pengendapan (karena air dalam saluran tidak mengalir) membentuk suatu lapisan diatas permukaan saluran yang akan menutupi pori-pori tanah sehingga menghambat air masuk ke dalam tanah. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hillel (1971) bahwa tanah liat yang terdispersi akibat pukulan air hujan, apabila mengalami pengendapan atau setelah tanah mengalami pengeringan akan membentuk suatu lapisan pada permukaan tanah seperti semen (*clay skins*) yang menyulitkan air untuk menembus. Selain itu, kerapatan massa tanah berpengaruh terhadap debit rembesan yang dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan kerapatan massa tanah yang berbeda akan berpengaruh terhadap tingkat kepadatan tanah. Semakin besar tingkat kepadatan tanah, maka tanah tersebut akan lebih sukar untuk meloloskan air dan debit yang dihasilkan akan kecil pula. Hal ini menunjukkan nilai

koefisien rembesan dinding sebelah kanan lebih kecil dibandingkan dinding sebelah kiri.

Garis Aliran Rembesan pada Saluran

Tabel 6 menunjukkan bentuk penampang garis aliran rembesan pada dinding kanan dan dinding saluran, yang juga dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan grafik hubungan tinggi air pada dinding kanan dan dinding kiri saluran dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 6. Pengukuran garis aliran rembesan pada dinding kiri dan dinding kanan saluran

Jarak pengukuran rembesan pada tebing (cm)	Tinggi air dalam tebing kiri (cm)	Tinggi air dalam tebing kanan (cm)
0	15	15
22,5	6,43	5,23
25	3,83	2,13
27,5	0,96	0,33
30	0,46	0,21

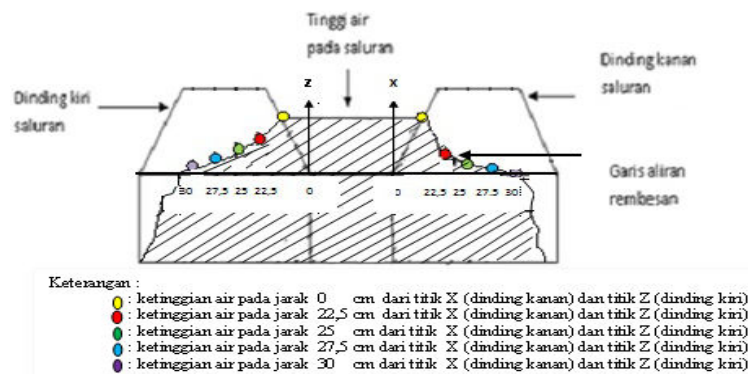
Dari Gambar 2 dan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa garis rembesan akan selalu lebih tinggi pada bagian terdekat dengan saluran yaitu jarak 22,5 cm dan akan selalu lebih rendah pada bagian terjauh dari saluran. Hal ini dikarenakan pada jarak terdekat dengan saluran yang merupakan sumber air dan ketinggian air pada saluran di pertahankan tetap dengan tekanan yang diberikan lebih besar. Dimana tekanan dalam hal ini dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Apabila tekanan lebih besar, maka air akan lebih cepat merembes. Sebaliknya rembesan akan mengalami penurunan jika semakin jauh dari sumber perembesan (Hamzah, dkk, 2008).

Menurut Hansen, dkk (1992) aliran air melalui tanah juga dipengaruhi oleh besar kecilnya bentuk partikel tanah dan rongga (tekstur dan struktur tanah). Jika tanah memiliki rongga yang besar, artinya tanah porous, maka aliran akan bergerak lebih cepat. Dari gambar garis aliran di atas, dapat dilihat bahwa garis aliran pada dinding kanan saluran pada jarak pengukuran yang sama berbeda lebih rendah dengan garis aliran pada dinding kiri saluran. Hal ini disebabkan nilai porositas pada dinding kiri saluran lebih besar, yaitu 49,35 %, sedangkan nilai porositas pada dinding kanan saluran adalah 48,96%, sehingga air akan lebih cepat mengalir pada dinding kiri saluran karena

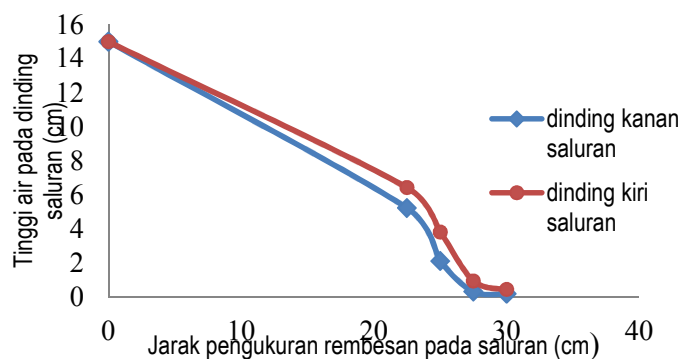
lebih banyak ruang pori untuk pergerakan air dan udara.

Menurut Erizal, dkk (1998 dalam Pratita, 2007) bahwa ukuran partikel tanah juga berpengaruh terhadap pola aliran. Perbedaan ukuran partikel tanah maka hasil yang didapatkan akan berbeda pula. Dapat dilihat pada Tabel 10 tinggi air dinding sebelah kiri lebih besar dibandingkan dinding sebelah kanan, kemungkinan di karenakan juga ukuran partikel tanah yang berbeda. Garis aliran terbentuk karena adanya pergerakan air dari bagian hulu menuju bagian hilir bendung. Dengan adanya tekanan air di sebelah hulu maka akan ada kecenderungan terjadinya aliran air melewati pori-pori di dalam tubuh bendung. Selain itu, dengan adanya perbedaan ukuran partikel tanah akan berpengaruh terhadap garis aliran. Semakin kecil ukuran partikel tanah maka kenaikan air melalui celah kapiler semakin tinggi, sehingga penyebaran pada tubuh bendung lebih besar dan akibatnya panjang zona basah akan menjadi besar pula. Kemungkinan lebih banyak ukuran partikel tanah yang lebih kecil pada dinding sebelah kiri.

Azmeri, dkk (2013) menyatakan bahwa pola garis aliran rembesan berbeda menurut tingkat kepadatan tanahnya. Semakin tinggi tingkat kepadatan pada tubuh bendungan, maka semakin kecil rembesan yang terjadi. Maka pola garis aliran akan membentuk lengkungan yang kecil. Hal ini disebabkan karena semakin padat timbunan tanah, maka semakin kecil rongga pori dari tanah tersebut sehingga menghambat atau memperlambat jalannya air dari tanah itu sendiri dan juga kuat geser tanah semakin besar. Pada Gambar 6 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa kerapatan massa tanah lebih padat pada saluran sebelah kanan dibandingkan sebelah kiri sehingga pola garis aliran membentuk lengkungan yang lebih kecil. Sifat-sifat fisik tanah di atas dapat mempengaruhi pola penyebaran aliran dan besarnya air yang mengalir dalam tanah. Besarnya nilai koefisien permeabilitas sangat dipengaruhi oleh angka pori dan porositas. Semakin besar angka pori dan porositas suatu tanah maka tanah tersebut akan semakin mudah untuk meloloskan air.



Gambar 2. Penampang garis aliran pada saluran



Gambar 3. Grafik hubungan tinggi air pada dinding kanan dan kiri saluran

KESIMPULAN

1. Tanah Latosol memiliki tekstur liat dengan kandungan bahan organik 0,60 %.
2. Koefisien rembesan pada tanah Latosol skala laboratorium berkisar antara 3732,48 mm/hari sampai 5339,52 mm/hari.
3. Perkolasi pada tanah Latosol skala laboratorium berkisar antara 369,79mm/hari sampai 382,75 mm/hari.
4. Pola garis aliran pada dinding saluran sebelah kiri membentuk lengkungan lebih besar dibandingkan dengan dinding saluran sebelah kanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmeri, Rizalihaldi, M., dan Irma, Y., 2013. Observasi Garis Freatis pada Model Bendungan Berdasarkan Kepadatan Tanah Melalui Model Fisik. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. [Jurnal].
- Bunganaen, W., 2009. Analisis Efisiensi dan Kehilangan Air pada Jaringan Utama Daerah Irigasi Air Sagu. Undana, Kupang. [Modul].
- Dunn, I.S., Anderson, L.R., dan Kiefer, F.W. 1992. Dasar-Dasar Analitis Geoteknik. Diterjemahkan oleh Yoekiman, A.. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Erizal, T. Sakai, dan Tanaka, T., 1998. Particle Size Effect in of Anchor Problem with Granular Materials, Proc. 4th European Conf. Numerical Methods in Geotechnical Engineering, Udine, pp. 191-200.
- Fiantis, D., 2012. Klasifikasi Tanah Indonesia. Unand, Padang.
- Foth, H. D., 1994. Dasar-Dasar Ilmu Tanah Edisi Keenam. Erlangga, Jakarta.
- Ginting, M., 2014. Rekayasa Irigasi Teori dan Perencanaan. USU Press, Medan.
- Hakim, N., Nyakpa, M. Y., Lubis, A. M., Nugroho, S. G., Diha, M. A., Hong, G. B., dan Bailey, H. H. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung, Lampung.
- Hamzah, M., Djoko, S., Wahyudi, W.P dan Budi, S., 2008. Pemodelan Perembesan Air dalam Tanah. Tim Penyusun Semnas Matematika dan Pendidikan Matematika, Bandung.
- Hanafiah K. A., 2005. Dasar Dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Hansen, V. E., Israelsen, O.W., dan Stringham, G.E. 1992. Dasar-Dasar dan Praktek Irigasi. Penerjemah: Endang. Erlangga, Jakarta.
- Hillel, D., 1971. Soil and Water: Physical principles and processes. Academic press, New York.
- Islami, T. dan Utomo, W.H. 1995. Hubungan Tanah Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press, Malang.
- Kementerian Pertanian, 2012. Peraturan Menteri Pertanian No.79/Permentan/05.140/12/2012 Tentang Pedoman Pembinaan Dan Pemberdayaan Perkumpulan Petani Pemakai Air.
- Pandutama, M. H., Mudjiharjati, A., Suyono dan Wustamidin, 2003. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Jember, Bandung.
- Pratita, E., 2007. Debit Rembesan Pada Model Tanggul Dengan Menggunakan Ukuran Partikel Tanah Maksimum 1 Mm. Institut Pertanian Bogor, Bogor [Skripsi]
- Ritonga, A.S., Kajian Koefisien Rembesan Saluran Irigasi Pada Tanah Andepts Dalam Skala Laboratorium. Universitas Sumatera Utara, Medan. [Skripsi].
- Schwab, G.O., Frevert, R.K., Edminster, T.W., dan Barnes, K. 1955. *Soil And Water Conservation Engineering* Third Edition. Jhon Wiley & Sons, New York.
- Tan, K.H., 2007. Soils In The Humid Tropics and Monsoon Region Of Indonesia. The University Of Georgia Athens, Georgia, USA.
- Terzhagi, K. dan Peck, R.B. 1987. Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa. Erlangga. Jakarta.
- Vidayanti, D., 2011. Modul Mekanika Tanah I Aliran Air dalam Tanah. [mercubuana.ac.id].
- Wesley, L.D., 2012. Mekanika Tanah. Penerbit ANDI, Yogyakarta.