

ANALISIS REMBESAN PADA BENDUNG TIPE URUGAN MELALUI UJI HIDROLIK DI LABORATORIUM HIDRO FT UNSRI

Sukirman

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar Palembang Sumatera Selatan

ABSTRACT

Dam is used to raise water level and store water. One problem that often occurs is the presence of seepage at the dam. This study aims to determine the effect of soil particle size, high water level of the seepage velocity and seepage flow pattern on the dam. The method used in this study is the Darcy's law. The equipment used was Drainage and Seepage Tank. The results of this study indicate that the seepage velocity on sand 1 (medium sand) with water level 40 cm, 30 cm, and 25 cm is 8.4×10^{-4} cm / sec, 7.4×10^{-4} cm / sec and 6×10^{-4} cm / sec. At 2 sand (fine sand) with water level 40 cm, 30 cm and 25 cm is 3.58×10^{-4} cm / sec, 3.07×10^{-4} cm / sec, and 2.69×10^{-4} cm / sec. The results showed that the higher water level the faster seepage and the greater size of a grain of soil more velocity.

Kata Kunci : Bendung, Rembesan, Kecepatan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan kumpulan butir-butiran mineral alam yang melekat tetapi tidak erat, sehingga masih mudah dipisah-pisahkan. Tanah yang lokasinya pindah dari tempat terjadinya akibat aliran air, angin, dan es disebut *transported soil*. Tanah yang tidak pindah lokasinya dari tempat terjadinya disebut *residual soil*. Misalnya tanah yang berbutir halus mempunyai rembesan yang kecil dan daya rembes yang besar. Sedangkan tanah yang berbutir kasar memiliki rembesan yang besar dan daya rembes yang kecil. Tanah yang bersifat rembesan kecil dan daya rembes besar disebabkan ukuran pori-pori dan butiran-butiran tanah yang kecil, sedangkan tanah yang bersifat rembesan besar dan daya rembes kecil disebabkan ukuran pori-pori dan butiran tanah yang besar (Bowles, 1989)

Bendung selain digunakan sebagai peninggi elevasi muka air, juga dapat digunakan sebagai alat ukur debit air. Bendung dan bendungan masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Bendung dibuat sebagai peninggi elevasi muka air sehingga dengan kondisi permukaan air yang telah dibendung air akan dialirkan ke tempat yang kita inginkan. Sedangkan bendungan digunakan untuk menampung aliran, bila terjadi *overflow* diharapkan tidak terjadi banjir besar yang diakibatkan terlalu tingginya elevasi permukaan air yang mengalir pada saluran tersebut, atau dengan kata lain fungsi daripada bendungan tersebut sebagai pengendali banjir.

Salah satu masalah yang sering terjadi pada bendung adalah adanya rembesan pada tubuh bendungan

tersebut. Rembesan terjadi apabila bangunan harus mengatasi beda tinggi muka air dan jika aliran yang disebabkan meresap masuk ke dalam tanah di sekitar bangunan. Aliran ini mempunyai pengaruh yang dapat merusak stabilitas bangunan karena terangkutnya bahan – bahan halus sehingga dapat menyebabkan erosi bawah tanah (*piping*). Jika erosi bawah tanah sudah terjadi, maka terbentuklah lajur rembesan (jaringan aliran) antara bagian hulu dan hilir bangunan. Air rembesan yang mengalir pada lapisan tanah akan mengangkut butiran tanah yang lebih halus menuju lapisan tanah yang kasar.

Erosi butiran mengakibatkan turunnya tahanan aliran air dan naiknya gradien hidrolis. Bila kecepatan aliran membesar akibat dari pengurangan tahanan aliran yang berangsur – angsur turun, akan terjadi erosi butiran yang lebih besar lagi, sehingga membentuk pipa - pipa di dalam tanah yang dapat mengakibatkan keruntuhan pada tubuh bendung. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian untuk menganalisis pola aliran rembesan pada bendung.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah bagaimana pola rembesan yang terjadi bendung tipe urugan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis hubungan antara ukuran butiran tanah dengan kecepatan rembesan pada bendung

2. Menganalisis hubungan antara tinggi muka air di hulu bendung dengan kecepatan rembesan pada tubuh bendung
3. Menganalisis pengaruh filter terhadap rembesan

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1.4.1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah pada daerah penelitian adalah pemodelan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidro Universitas Sriwijaya

1.4.2. Ruang Lingkup Penulisan

Untuk menjaga agar pembahasan materi dalam tugas akhir ini lebih terarah, penulis menetapkan ruang lingkup penulisan sebagai berikut :

1. Penelitian pemodelan di laboratorium mengenai perubahan kecepatan rembesan serta pola rembesan
2. Variasi tinggi permukaan air pada hulu bendung

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada pada lapisan di bawah permukaan tanah. Kedalaman air tanah di tiap tempat tidak sama karena dipengaruhi oleh tebal atau tipisnya lapisan permukaan di atasnya dan kedudukan lapisan air tanah tersebut. Air juga merupakan faktor yang sangat penting dalam masalah-masalah seperti: penurunan, stabilitas pondasi, stabilitas lereng, dll. Kedalaman air dapat dilihat dari sumur-sumur yang digali oleh penduduk. Permukaan bagian atas air itu lebih preatik.

2.2 Jenis- Jenis Air tanah

Air tanah dibedakan atas letak kedalamannya, yaitu:

1. Air tanah dangkal, yaitu air tanah yang berada di bawah permukaan tanah dan berada di atas batuan yang kedap air atau lapisan yang tidak dapat meloloskan air. Air ini merupakan akuifer atas atau sering disebut air freatis, yang banyak dimanfaatkan oleh penduduk untuk membuat sumur.
2. Air tanah dalam, yaitu air tanah yang berada di bawah lapisan air tanah dangkal, dan berada di antara lapisan kedap air. Air ini merupakan akuifer bawah, banyak dimanfaatkan sebagai sumber air minum penduduk kota, untuk industri, perhotelan, dan sebagainya.

Diantara lapisan kedap dan tak kedap air terdapat lapisan peralihan. Air tanah pada lapisan tak kedap mempengaruhi gerak aliran air. Jika lapisan yang kurang kedap terletak di atas dan di bawah suatu tubuh air, maka akan menghasilkan lapisan penyimpanan air yaitu air tanah yang tak bebas. Tekanan dari air tanah tak bebas bergantung pada keberadaan tinggi suatu tempat dengan daerah tangkapan hujannya. Pada daerah yang air tanahnya lebih rendah daripada permukaan air di daerah

tangkapan hujan, air akan memancar keluar dari sumur yang dibor. Sumur demikian disebut sumur freatis.

2.3. Aliran Air Tanah

Permeabilitas adalah sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Untuk tanah, Permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah. Didalam tanah, sifat aliran mungkin laminar atau turbulen. Tahanan terhadap aliran bergantung pada jenis tanah, ukuran butiran, bentuk butiran, rapat massa, serta bentuk geometri rongga pori. Temperatur juga sangat mempengaruhi tahanan aliran dan tegangan permukaan.

Tinggi energi total (*total Head*) adalah tinggi energi elevasi atau *Elevation Head* (z) ditambah tinggi energi tekanan atau *pressure Head* (h) yaitu Ketinggian kolom air h atau h_B Didalam pipa diukur dalam millimeter atau meter diatas titiknya.

Tekanan hidrostatik bergantung pada kedalaman suatu titik dibawah muka air tanah. Untuk mengetahui besar tekanan air pori, Teorema Bernaulli dapat diterapkan. Menurut Bernaulli, tinggi energi total (*total Head*) pada suatu titik dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + z \dots\dots\dots(1)$$

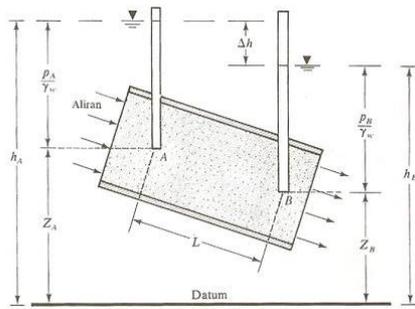
Dengan :

- h = tinggi energi total (*total head*)(m)
- p/γ_w = tinggi energi tekanan (*pressure head*) (m)
- p = tekanan air ($t/m^2, kN/m^2$)
- $v^2/2g$ = tinggi energi kecepatan (*velocity head*) (m)
- v = kecepatan air (m/det)
- γ_w = berat volume air ($t/m^3, kN/m^3$)
- g = percepatan gravitasi (m/dt^2)
- z = tinggi energi elavasi (m)

Kecepatan rembesan didalam tanah sangat kecil, maka tinggi energi kecepatan dalam suku persamaan Bernoulli dapat diabaikan. Sehingga persamaan tinggi energi total menjadi :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + z \dots\dots\dots(2)$$

Untuk menghitung banyaknya rembesan lewat tanah dengan perbedaan tinggi energi, seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 1. Tekanan, elevasi, dan tinggi energi total aliran dalam tanah

Pergerakan air tanah atau yang biasa disebut dengan aliran air tanah terjadi karena adanya perbedaan tekanan air. Untuk menghitung kecepatan aliran air yang mengalir dapat menggunakan persamaan yang sederhana yaitu Hukum Darcy. Darcy (1956), mengusulkan hubungan antara kecepatan dan gradient hidrolik sebagai berikut :

$$V = k \times \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

- V = Kecepatan air (cm/det)
- Δh = Beda tinggi elevasi (cm)
- L = Jarak A dan B (cm)
- k = Koefisien Permeabilitas (cm/det)

Debit rembesan (q) dinyatakan dalam persamaan :

$$q = kiA \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

- q = Debit rembesan (cm)
- k = Koefisien permeabilitas (cm/det)
- i = Gradient hidrolik
- A = Luas penampang (cm²)

Koefisien permeabilitas (*k*) mempunyai satuan yang sama dengan kecepatan cm/det atau mm/det. Yaitu menunjukkan ukuran tahanan tanah terhadap air, bila pengaruh sifat-sifatnya dimasukkan, Maka :

$$k \text{ (cm/det)} = \frac{k \rho_w g}{\mu} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

- K = koefisien absolute (cm²), tergantung dari sifat butiran tanah
- ρ_w = rapat massa air (g/cm³)
- μ = koefisien kekentalan air (g/cm.det)
- G = percepatan gravitasi (cm/det²)

2.4. Koefisien Rembesan

Koefisien rembesan tergantung pada beberapa faktor, yaitu kekentalan cairan, distribusi ukuran butir

pori, angka pori, kekasaran butiran permukaan tanah dan derajat kejenuhan tanah. Pada tanah berlempung struktur struktur tanah memegang peranan penting dalam menentukan koefisien rembesan. Nilai koefisien rembesan /permeabilitas / konduktivitas hidrolik tanah bisa didapatkan dari 3 cara yaitu :

- a. Nilai koefisien permeabilitas (k) dari tabel
- b. Metode tinggi air terjun di dalam tangki (*falling head soil core*)
- c. Nilai koefisien permeabilitas menurut Hazen

2.5. Analisa Saringan

Sifat suatu tanah tergantung juga pada ukuran butiran, oleh karena itu pengukuran butiran tanah sangat penting didalam mekanika tanah sebagai dasar untuk mengklasifikasi tanah tersebut. Dalam menentukan ukuran butiran tanah dapat kita lakukan dengan dua cara, yaitu analisa saringan dan analisa *hydrometer*. Menurut ukuran partikelnya, British standart mengklasifikasikan tanah menjadi lima yaitu lempung, lanau, pasir, kerikil, *cobbles* dan *boulders*.

Untuk mengetahui gradasi butiran tanah dapat dilakukan dengan cara pengayakan dan penggetaran sampel tanah melalui satu set ayakan /saringan dari yang terbesar sampai yang terkecil. Pada saringan kasar ukurannya ditentukan menurut dimensi lubangnya begitu pula dengan saringan yang lebih halus.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari campuran beberapa ukuran dan biasanya lebih dari dua rentang ukuran. Hasil analisa saringan ini menentukan sifat gradasi tanah yaitu :

1. Tanah bergradasi baik (*well-graded*)
Tanah bergradasi baik adalah rentang distribusi ukuran partikel yang relatif lebih luas, menghasilkan kurva distribusi yang lurus dan panjang
2. Tanah gradasi seragam
Tanah bergradasi seragam adalah distribusi partikel-partikelnya memiliki ukuran yang relatif sama.
3. Tanah gradasi buruk
Tanah gradasi buruk adalah memiliki distribusi ukuran partikel yang terputus yang mana tidak terdapat ukuran antara butir kasar dan halus.

2.5. Bendungan Urugan

Bendungan merupakan bangunan yang digunakan untuk membendung aliran air sungai yang dimanfaatkan untuk keperluan hidup manusia atau menanggulangi bencana, seperti banjir.

Menurut Sosrodarsono (2002), bendungan urugan merupakan bendungan yang dibangun dengan cara menimbunkan bahan-bahan, seperti: batu, krakal, krikil, pasir, dan tanah, pada posisi tertentu dengan fungsi sebagai pengempang atau pengangkat permukaan air yang terdapat di dalam waduk.

Beberapa karakteristik utama dari bendungan urugan, adalah sebagai berikut (Sosrodarsono,2002):

- a. Bendungan urugan mempunyai alas yang luas, sehingga beban yang harus didukung oleh pondasi

bendungan persatuan unit luas biasanya kecil. Beban utama yang harus didukung pondasi terdiri dari berat tubuh bendungan dan tekanan hidrostatik dari air dalam waduk. Maka bendungan urugan dapat dibangun di atas alur sungai yang tersusun dari batuan sedimen dengan kemampuan daya dukung yang rendah asalkan kekedapannya dapat diperbaiki sampai tingkat yang dikehendaki.

- b. Bendungan urugan selalu dapat dibangun dengan menggunakan bahan batuan yang terdapat di sekitar calon bendungan. Dibandingkan dengan jenis bendungan beton, yang memerlukan bahan-bahan fabrikat seperti semen dalam jumlah besar dengan harga yang tinggi dan didatangkan dari tempat yang jauh, maka bendungan urugan dalam hal ini menunjukkan tendensi yang positif.
- c. Dalam pembangunannya, bendungan urugan dapat dilakukan secara mekanis dengan intensitas yang tinggi (*full mechanized*) dan karena banyaknya tipe-tipe peralatan yang diproduksi, maka dapat dipilih peralatan yang cocok, sesuai dengan sifat-sifat bahan yang akan digunakan serta kondisi lapangan pelaksanaannya.
- d. Akan tetapi karena tubuh bendungan terdiri dari timbunan tanah atau timbunan batu yang berkomposisi lepas, maka bahaya jebolnya bendungan umumnya disebabkan oleh hal-hal berikut:
 1. Longsoran yang terjadi baik pada lereng udik, maupun lereng hilir tubuh bendungan.
 2. Terjadinya sufosi (erosi dalam atau *piping*) oleh gaya-gaya yang timbul dalam aliran filtrasi yang terjadi dalam tubuh bendungan.
 3. Suatu konstruksi yang kaku tidak diinginkan di dalam tubuh bendungan, karena konstruksi tersebut tidak dapat mengikuti gerakan konsolidasi dari tubuh bendungan tersebut.
 4. Proses pelaksanaan pembangunannya biasanya sangat peka terhadap pengaruh iklim. Lebih-lebih pada bendungan tanah, dimana kelembaban optimum tertentu perlu dipertahankan terutama pada saat pelaksanaan penimbunan dan pematatannya.

2.5. Rembesan pada Struktur Bendung

Hukum Darcy dapat digunakan untuk menghitung debit rembesan yang melalui struktur bendungan. Dalam merencanakan sebuah bendungan, perlu diperhatikan stabilitasnya terhadap bahaya longsoran, erosi lereng dan kehilangan air akibat rembesan yang melalui tubuh bendungan. Beberapa cara diberikan untuk menentukan besarnya rembesan yang melewati bendungan yang dibangun dari tanah homogenya. Berikut ini disajikan beberapa cara untuk menentukan debit rembesan.

2.5.1. Cara Dupuit

Dupuit (1863), menganggap bahwa gradient hidrolik (*i*) adalah sama dengan kemiringan permukaan

freatis dan besarnya konstan dengan kedalamannya yaitu $i=dz/dx$, Maka,

$$q = k \frac{dz}{dx} z$$

$$\int_0^d q dx = \int_{H_2}^{H_1} kz. dz$$

$$q = \frac{k}{2d} (H_1^2 - H_2^2) \dots\dots\dots(6)$$

2.5.2. Cara Schaffernak

Debit rembesan dapat ditentukan dari persamaan

$$q = k a \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha \dots\dots\dots(7)$$

2.5.3. Cara Casagrande

Casagrande (1937) mengusulkan cara untuk menghitung rembesan lewat tubuh bendungan yang didasarkan pada pengujian model. Besarnya debit rembesan dapat di tentukan dengan persamaan

$$q = k a \sin^2 \alpha \dots\dots\dots(8)$$

2.6. Filter pada Bendung

Bila air rembesan mengalir dari lapisan berbutir lebih halus menuju lapisan yang lebih kasar, kemungkinan terangkutnya butiran lebih halus lolos melewati bahan yang lebih kasar tersebut dapat terjadi. Erosi butiran ini mengakibatkan turunnya tahanan aliran air dan naiknya gradien hidrolik. Bila kecepatan aliran membesar akibat dari pengurangan tahanan aliran yang berangsur-angsur turun, akan terjadi erosi butiran yang lebih besar lagi, sehingga membentuk pipa-pipa di dalam tanah yang dapat mengakibatkan keruntuhan pada bendungan.

Filter atau drainase untuk mengendalikan rembesan, harus memenuhi dua persyaratan:

1. Ukuran pori-pori halus cukup kecil untuk mencegah butir-butir tanah terbawa aliran.
2. Permeabilitas harus cukup tinggi untuk mengizinkan kecepatan drainase yang besar dari air masuk filternya.

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk merencanakan bahan filter seperti yang disarankan oleh Bertram (1940), adalah sebagai berikut ini.

$$\frac{D_{15f}}{D_{85s}} \leq 4 \text{ sampai } 5 \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{D_{15f}}{D_{15s}} \geq 4 \text{ sampai } 5 \dots\dots\dots(10)$$

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika dan Fluida FT Universitas Sriwijaya

3.2 Pengumpulan Data

Hasil percobaan ini didapatkan kecepatan aliran yang akan digunakan untuk menghitung kecepatan aliran, dan juga gambar pola aliran air yang berbeda-beda sesuai dengan ketinggian air pada hulu bendung.

3.3. Skenario Pemodelan

Penelitian ini dimulai dengan pekerjaan persiapan tanah, uji analisa saringan, uji konduktivitas hidrolik, pembuatan model serta *running* pemodelan di Laboratorium. Data yang dianalisis berupa pengamatan garis *freatis* yang akan digunakan untuk menghitung kecepatan aliran.

a. Uji Analisa Saringan

Uji analisa saringan dilakukan pada Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butiran agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan ayakan

b. Uji permeabilitas dengan *Constan Head*

Pada uji permeabilitas *constan head*, memasukkan air ke alat uji secara tetap ketinggiannya. Uji *constan head* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai K.

c. Pembuatan Model

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Drainage and Seepage Tank* yang terdapat di Laboratorium Mekflu dan Hidro Universitas Sriwijaya. Untuk pemodelan dalam percobaan penelitian ini menggunakan 2 jenis pasir yang berbeda ukuran butiran tanahnya. Hal ini untuk mengetahui pengaruh butiran terhadap rembesan yang terjadi pada bendung. Selain itu pemodelan ini dengan memvariasikan ketinggian muka air di hulu bendung.

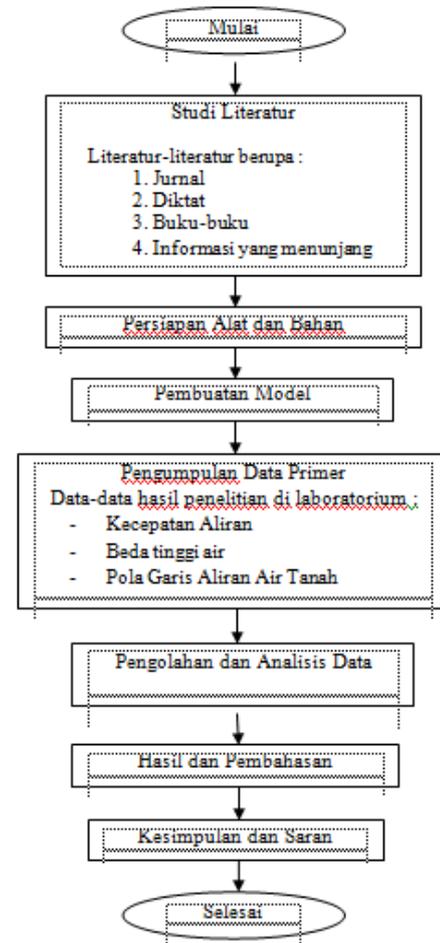
Pada percobaan ini dilakukan dengan memvariasikan tinggi permukaan air pada hulu bendung. Pada pasir 1 dan pasir 2 dengan ketinggian air masing – masing adalah 40 cm, 30 cm, 25 cm serta penambahan filter pada pasir 2 dengan ketinggian muka air 35 cm, 30 cm, 25 cm. *Injector* berfungsi sebagai suatu media berupa alat tusuk panjang yang akan mengeluarkan tinta, sehingga aliran tinta tersebut berguna untuk mengamati garis aliran (*flow line*) yang terjadi pada tubuh bendung.

Pelaksanaan Penelitian Aliran Rembesan pada Bendung :

1. Pembuatan model bendung tipe urugan pada alat *Drainage and Seepage Tank* yang telah ditentukan dengan material pasir.
2. Menyetel aliran air yang masuk dari kanan alat sehingga didapatkan ketinggian air dalam keadaan konstan
3. Mengamati pola dan gerakan air pada tubuh bendung dimulai setelah air meresap kedalam tubuh bendung dan melewatinya dengan waktu tempuh yang berbeda-beda
4. Pengambilan data waktu aliran yang terjadi
5. Setelah dilakukan pengukuran waktu, bendung dibuat kembali selanjutnya dilakukan *running*

dengan variasi ketinggian air yang berbeda serta penggunaan filter pada tubuh bendung

Skema kerja peneitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :

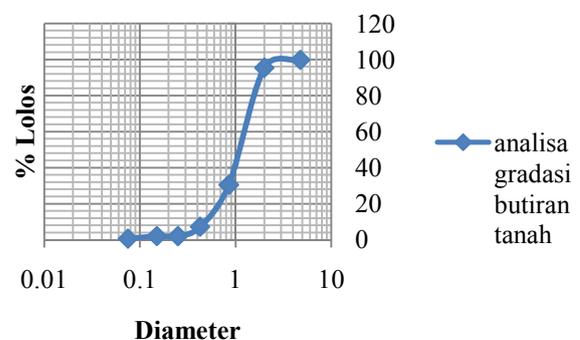


Gambar 2. Skema Kerja Penelitian

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Saringan

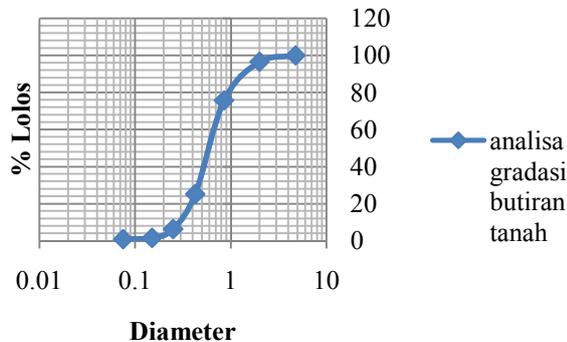
Pasir 1



Gambar 3. Gradasi pada Pasir 1

Berdasarkan kurva gradasi diatas maka didapatkan nilai ukuran butiran efektif (D_{10}) yang akan diperlukan pada perhitungan koefisien rembesan selanjutnya yaitu sebesar 0,45 mm. Sedangkan berdasarakan Tabel IV.1, hasil data analisis saringan pasir 1 bisa diketahui jenis pasir yang digunakan yaitu pasir sedang dimana berdasarkan SNI 03-6371-2000 pasir sedang adalah butiran batuan yang lolos saringan no. 10 (2mm) serta tertahan pada saringan No. 40 (0,425 mm).

Pasir 2



Gambar 3. Gradasi pada Pasir II

Berdasarkan kurva gradasi diatas maka didapatkan nilai ukuran butiran efektif (D_{10}) yang akan diperlukan pada perhitungan koefisien rembesan selanjutnya yaitu sebesar 0,33 mm. Sedangkan berdasarkan Tabel IV.1. Hasil data analisis saringan pasir 1 bisa diketahui jenis pasir yang digunakan yaitu pasir sedang dimana berdasarkan SNI 03-6371-2000 Pasir sedang adalah butiran batuan yang lolos saringan no. 10 (2mm) serta tertahan pada saringan No. 40 (0,425 mm). Namun berdasarkan hasil data D_{10} yang didapatkan, nilai D_{10} pada pasir 1 lebih besar dari pasir II sehingga bisa disebutkan bahwa pasir II lebih halus dari pada pasir I.

4.2. Uji Konduktivitas Hidrolik

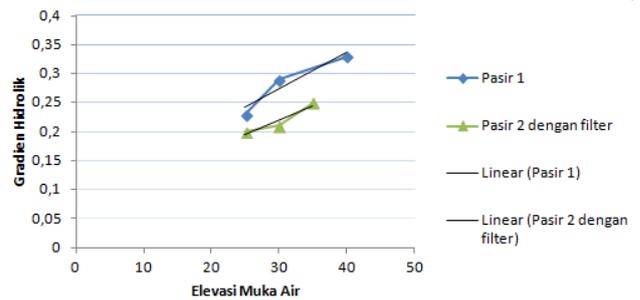
Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Koefisien Rembesan

Pasir	K (cm/det)		
	Tabel	Constan Head	Hazen
I	0,01	$2,52 \times 10^{-3}$	0,304
II	0,005	$1,723 \times 10^{-3}$	1,163

Berdasarkan tabel 1 koefisien yang digunakan dalam menghitung kecepatan aliran rembesan adalah dengan percobaan *Constan Head* di laboratorium karena koefisien yang didapat adalah hasil yang sesuai dengan keadaan sebenarnya yang akan digunakan untuk bahan pemodelan tubuh bendung.

Setelah dilakukan pengumpulan data dan perhitungan, maka selanjutnya dilakukan pembahasan yang dapat menjawab tujuan dari penelitian ini. Berikut

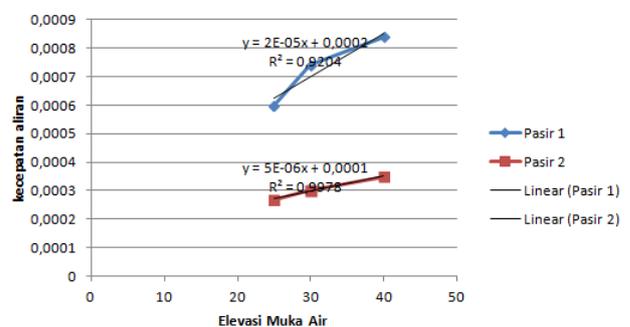
ini adalah gambar grafik gradien hidrolik antara pasir 1 dan pasir 2 dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Grafik Gradien Hidrolik

Berdasarkan pada grafik pada gambar IV.3 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran butiran tanahnya maka gradien hidroliknya akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh ukuran butiran tanah pada pasir 1 lebih besar dan ukuran porinya juga lebih besar sehingga rongga tanah tersebut semakin mudah dilalui air sehingga mempercepat terjadinya rembesan air yang melalui tubuh bendungan. Dengan demikian, tingkat ukuran butiran tanah dan kepadatan tanah sangat mempengaruhi besar kecilnya kecepatan rembesan dan debit rembesan yang terjadi.

Bila dilakukan perbandingan kecepatan aliran observasi antara pasir 1 (pasir sedang) dan pasir II (pasir halus) maka dapat dilihat bahwa kecepatan aliran pada pasir II lebih kecil (lama) dari pada pasir I. Hal ini dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :

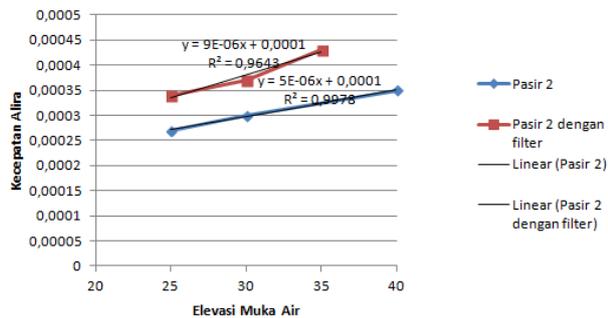


Gambar 5. Grafik Hubungan elevasi muka air dengan kecepatan rembesan

Berdasarkan grafik pada gambar 5 , menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada pasir 1 lebih besar dari pada pasir 2. Hal ini dikarenakan pasir 1 (pasir sedang) memiliki butiran yang lebih besar dan air akan lebih mudah melalui rongga-rongga butiran pasir sehingga air mengalir lebih cepat.

Berdasarkan grafik pada gambar 5, menunjukkan bahwa ketinggian muka air di hulu bendung mempengaruhi kecepatan aliran airnya. Semakin tinggi ketinggian muka air maka kecepatannya akan semakin besar pula, hal ini dikarenakan adanya tekanan hidrostatik yang besar sehingga menyebabkan zat cair tertarik ke

bawah karena adanya gaya gravitasi. Semakin tinggi permukaan air maka semakin berat pula tekanan zat cairnya sehingga kecepatan aliran rembesannya semakin besar.



Gambar 6. Grafik pengaruh penggunaan filter

Berdasarkan gambar pada grafik 4.7., menunjukkan bahwa kecepatan pada konstruksi yang menggunakan filter kecepatannya lebih besar karena pada dasarnya bahan filter ini memiliki permeabilitas yang cukup untuk mengizinkan kecepatan drainase yang besar dari air yang masuk filternya. Selain itu filter ini juga mencegah butir-butir tanah yang terkecil terbawa oleh aliran agar tidak terjadi keruntuhan pada tubuh bendung.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pemodelan yang telah dilakukan pada aliran air pada tubuh bendung dengan alat *Drainage and Seepage Tank*, kesimpulan yang dapat berdasarkan tujuan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Kecepatan berbanding lurus dengan gradien hidrolik, semakin besar gradien hidroliknya maka kecepatan rembesannya akan semakin besar.
2. Semakin kecil ukuran butiran tanahnya (pasir 2) maka akan semakin kecil garis alirannya (*flow line*)
3. Semakin kecil ukuran butiran tanahnya (pasir 2) maka akan semakin cepat kecepatan aliran rembesan
4. Semakin tinggi elevasi muka air maka akan semakin cepat kecepatan rembesannya
5. Kecepatan pada konstruksi yang menggunakan filter kecepatannya lebih besar karena pada dasarnya bahan filter ini memiliki permeabilitas yang cukup untuk mengizinkan kecepatan drainase yang besar dari air yang masuk filter

1.2. Saran

Untuk mengembangkan penelitian analisa rembesan pada bendung tipe urugan, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan oleh penulis :

1. Dalam menentukan gradien hidrolik pada jaring arus (*flow net*), harus betul-betul memahami tentang teori flow net sehingga pada proses penggambaran garis freatis akan lebih teliti.

2. Pada saat persiapan alat, sebaiknya diperhatikan komponen alat-alat tersebut agar bisa bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga proses penelitian dapat segera dilakukan dan tidak memakan waktu yang lama.
3. Pasir yang digunakan harus dalam keadaan bersih dari debu maupun kotoran, karena hal tersebut sangat berpengaruh dalam hasil penelitiannya.
4. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat ditinjau pembahasan tentang *flownet* dan penggunaan program

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir. Sarino MSCE, Helmi Hakki, M.T, atas bantuan dan masukannya dalam penelitian dan penyelesaian laporan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Azmeri, Rizalihadi, M dan Irma Yanita. 2013. "Observasi Garis Freatis pada Model Bendungan Berdasarkan Kepadatan Tanah Melalui Model Fisik", Vol.20 No.1, Darussalam Banda Aceh
- 2) Cipta Aji, Herlambang. 2012. *Pemodelan Fisik Aliran Air*, Vol. 9 No 10, Jakarta
- 3) Das, Braja M. Endah, Noor. 1995. *Mekanika Tanah*. Erlangga, Jakarta
- 4) Experiment Instruction Drainage and Seepage Tank (1999). Gunt Humburg, Germany
- 5) Hardiyatmo, Hary C. 2012. *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- 6) Harseno, Adi, 2008, Tinjauan Tinggi Tekanan Air di Bawah Bendung dengan Turap dan Tanpa Turap pada Tanah Berbutir Halus, Majalah Ilmiah UKRIM
- 7) Soedarmo, Djatmiko. Purnomo, Edy. 1993. *Mekanika Tanah 1*. Kanisius, Malang
- 8) Sunggono. 1984. *Mekanika Tanah*. Nova, Bandung
- 9) SNI 3423.2008. Cara Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah, Bada Standarisasi Nasional, Bandung
- 10) Wicaksana, Surya P, 2014, Analisis Aliran Air Tanah di Bawah Turap dengan Uji Coba Laboratorium, Jurnal Teknik Universitas Sriwijaya