

## REMBESAN AIR PADA MODEL BENDUNGAN URUGAN TANAH DENGAN VARIASI TINGGI HIDROSTATIS

Nurnawaty<sup>1\*</sup> dan Abd.Rakhim<sup>2\*</sup>

<sup>1&2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Makassar  
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar, Sulawesi Selatan

\*<sup>1</sup>Email: nurnawaty@unismuh.ac.id

\*<sup>2</sup>Email: abd.rakhimnanda@unismuh.ac.id

### Abstract

*A dam Urugan type's is a construction structure built to withstand water rates from upstream to downstream. One of the problems with the dam is the seepage. Seepage is defined as the nature of the porous material that allows liquid in the form of water or oil to flow through the pore cavity. The purpose of this study is to determine the effect of hydrostatic high variation on seepage that occurs in dam body. This research was conducted dam model experimentally in laboratory with material of the body dam is a type of organic clay soil. This study looks at seepage patterns and seepage discharge against high hydrostatic variations. The seepage discharge ( $Q_f$ ) is calculated using 3 methods of Dupuit method, Schaffernak method, and Cassagrande method. The hydrostatic high variations studied were H10, H15, and H20. In the Cassagrande method showing the highest discharge for H10 and H15, the seepage pattern is not significant, because the seepage time is very slowly, the results seepage discharge is very small. While on hydrostatic high H20 Schaffernak method showed the highest discharge. In contrast to the high variation of H20 seepage pattern that occurs very significant, because the time of seepage is very fast, resulting in the resulting seepage discharge is very large.*

**Keyword:** Hydrostatic Height, Seepage, Urugan Dam

## 1. PENDAHULUAN

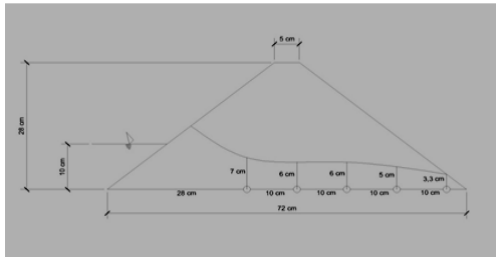
Salah satu masalah yang sering terjadi pada tubuh bendungan adalah rembesan, rembesan merupakan aliran air yang secara terus menerus mengalir dari sisi hulu menuju sisi hilir, aliran air ini merupakan aliran dari air sungai, danau atau waduk melalui material yang lolos air (*permeable*), baik melalui tubuh bendungan maupun pondasi. Permeabilitas atau rembesan didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik tinggi energi yang lebih rendah. Dalam merencanakan sebuah bendungan, perlu diperhatikan stabilitasnya terhadap bahaya longsor, erosi lereng dan kehilangan air akibat rembesan yang melalui tubuh bendungan. Pola aliran dan debit rembesan yang keluar melalui tubuh bendungan atau dibawah tubuh bendung sangat penting dan perlu untuk diperhatikan. Untuk mengetahui fenomena pola aliran dari rembesan pada tanah umumnya, dimodelkan baik secara fisik maupun secara empiris, kondisi aliran yang digunakan yaitu aliran tetap (*steady flow*) terjadi di titik manapun jika kondisi seperti kecepatan, tekanan, dan kedalaman aliran tidak terjadi perubahan terhadap waktu. Sehingga, rata-rata kecepatan dan tekanan aliran tersebut konstan sehingga mengalami kondisi pergerakan tanah akibat karena tekanan aliran tetap terus menerus mengalir dari hulu ke hilir [Yeh William : 2006]. Menurut Hardiyatmo HC (2012), bila air rembesan mengalir dari lapisan berbutir halus menuju lapisan yang lebih kasar, kemungkinan terangkutnya butiran 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 turun, akan terjadi erosi butiran yang lebih besar lagi, sehingga membentuk pipa-pipa di dalam tanah yang dapat mengakibatkan keruntuhan pada bendungan.

## 2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan secara eksperimental di laboratorium dengan rancangan penelitian (gambar 1) sebagai berikut:

Pada penelitian ini penulis melaksanakan uji simulasi dengan ukuran, skala yang ditetapkan dan sesuai dengan kapasitas alat di Laboratorium Fakultas Teknik. Model bendungan tanah dipadatkan

(10 cm per lapisan) dimensi ukuran model bendungan ini mempunyai ukuran lebar puncak yaitu 5 cm, tinggi 28 cm, serta lebar bawah 72 cm dan kemirinan 1:1,2 cm. pada bagian hulu tubuh bendungan sebagai daerah genangan dengan tinggi hidrostatik muka air 10 cm, 15 cm dan maksimum 20 cm.



**Gambar 1. Rancangan Model bendungan**

### 3. TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1. Bendungan Urugan

Menurut Asiyanto (2011), Bendungan atau *dam* adalah sebuah struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air atau sungai bawah tanah yang pada umumnya akan menjadi waduk atau danau *artificial*. Bendungan pada umumnya memiliki tujuan utama untuk menahan air tetapi juga memiliki bagian yang disebut pintu air atau tanggul yang digunakan untuk mengelola, mencegah atau membuang aliran air ke daerah lain, secara bertahap atau berkelanjutan. Dalam pembangunan bendungan baik itu bendungan urugan maupun bendungan beton, seringkali juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air atau PLTA.

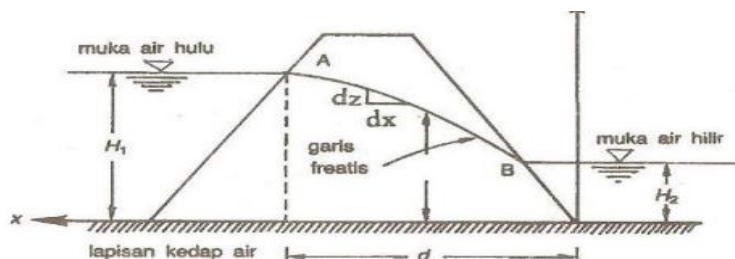
#### 3.2. Rembesan

Permeabilitas atau rembesan didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik tinggi energi yang lebih rendah. Untuk tanah permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori. tanah Hukum Darcy dapat digunakan untuk menghitung debit rembesan yang melalui struktur bendungan.. Beberapa cara diberikan untuk menentukan besarnya rembesan yang melewati bendungan yang dibangun dari tanah homogen yakni [Hardiyatmo HC, 2012] :

##### a) Cara Dupuit

Potongan melintang sebuah bendungan ditunjukkan gambar 2, .Garis AB adalah garis freatis, yaitu garis rembesan paling atas. Besarnya rembesan persatuan lebar arah tegak lurus bidang gambar yang diberikan oleh Darcy, adalah

$$q = \frac{k}{dx} (H_1^2 - H_2^2) \dots \dots \dots (1)$$

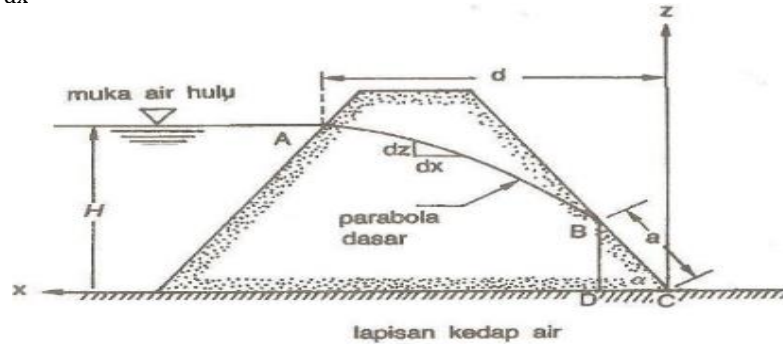


**Gambar 2. Garis Rembesan Metode Dupuit**

b) Cara Schaffernak (1917)

Menganggap bahwa permukaan freatis akan merupakan garis AB dalam gambar 8, yang memotong garis kemiringan hilir pada jarak dari dasar lapisan kedap air. Rembesan persatuan panjang bendungan dapat ditentukan dengan memperhatikan bentuk segitiga BCD dalam gambar 3.

$$q = kz \frac{dz}{dx} k a \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha \dots\dots\dots (2)$$

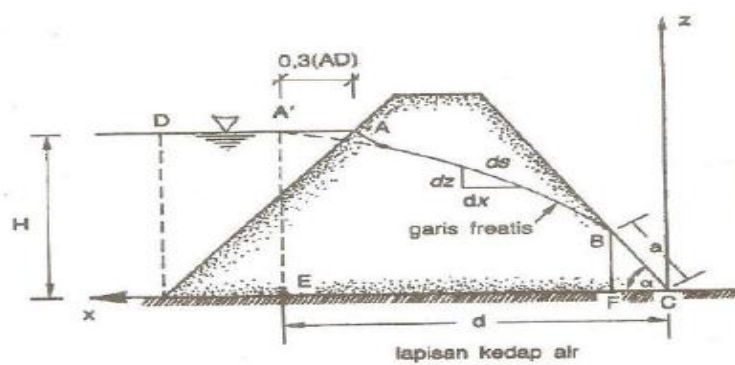


**Gambar 3. Perhitungan rembesan Metode Schaffernak**

c) Cara Cassagrande (1937)

Mengusulkan cara untuk menghitung rembesan lewat tubuh bendungan yang didasarkan pada pengujian model. Besarnya debit rembesan dapat ditentukan dengan:

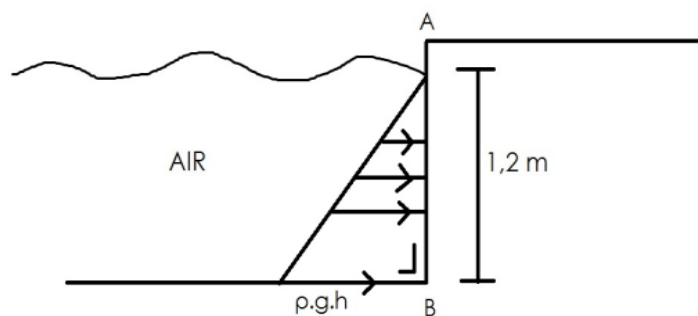
$$Q = kz \frac{dz}{dx} z = a \sin^2 \alpha \dots\dots\dots (3)$$



**Gambar 4. Perhitungan Rembesan Metode Cassagrande**

### 3.3. Tekanan Hidrostatik

Menurut Hardiyatmo HC (2006) dalam Jurnal Ariany dan Soehoed, Y.D.M (2012), tekanan hidrostatik adalah tekanan yang bergantung pada kedalaman terhadap suatu luas bidang tekan pada kedalaman tertentu . Besarnya tekanan ini bergantung pada ketinggian zat cair, massa jenis dan percepatan gravitasi. Tekanan yang dirasakan oleh dasar wadah yang berisi air sama dengan besarnya gaya berat zat cair yang menekan.

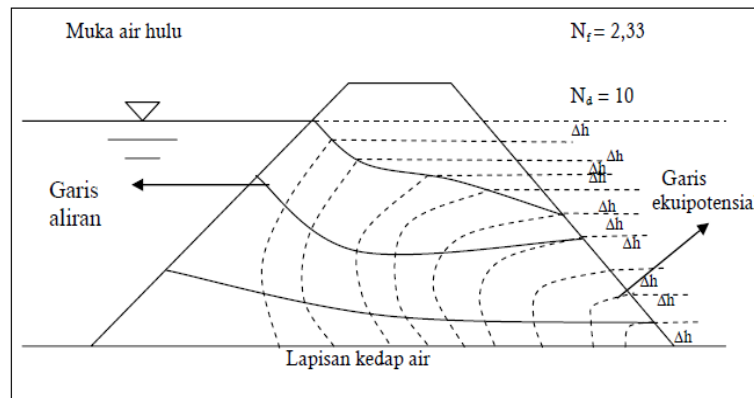


**Gambar 5. Tekanan Hidrostatik**

### 3.4. Pola Rembesan

Menurut Fukuda dan Tutsui (1973), dalam jurnal Adam Surya Praja, menyatakan bahwa perembesan air dapat terjadi di dalam tubuh tanggul, baik secara lateral (*seepage*) dan secara vertikal (perkolasi), yang dipengaruhi oleh permeabilitas, porositas, tekstur, kedalaman pori, kelembaban dan muka air tanah. Perkiraan rembesan penting dalam pembangunan bendungan baik jenis urugan termasuk tanggul, maupun beton.

Garis aliran berpotongan tegak lurus dengan garis ekuipotensial membentuk jaringan yang jumlahnya dinyatakan dengan  $N_f$ . Dua buah garis ekuipotensial membentuk interval ( $\Delta h$ ) dengan jumlah tertentu yang dinotasikan dengan  $N_d$  [Hardiyatmo, 1992].



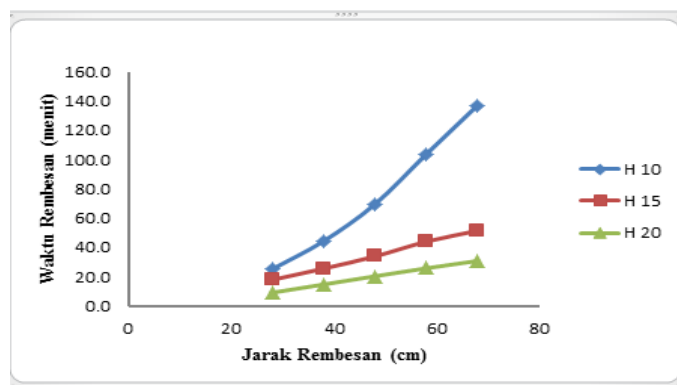
Gambar 6. Garis aliran dalam bendungan

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Jarak Rembesan Terhadap Waktu Rembesan

Tabel 1. Hasil rata-rata waktu rembesan dan jarak rembesan pada bendungan yang berbagai variasi muka air.

NO	Waktu Rembesan (t) Menit			Jarak Rembesan (cm)		
	H 10	H 15	H 20	H 10	H 15	H 20
1	25,30	17,49	9,23	28	28	28
2	19,2	7,32	6,00	38	38	38
3	25,2	8,35	6,00	48	48	48
4	34,2	10,08	5,47	58	58	58
5	33,44	7,49	5,06	68	68	68



Gambar 7 . Hubungan Antara Jarak dan Waktu Rembesan

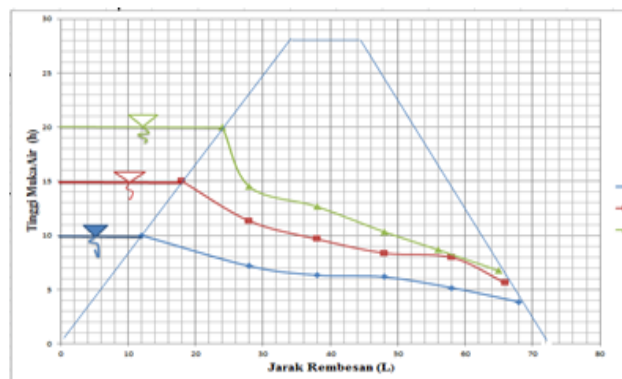
Pada gambar grafik di atas menunjukkan dimana untuk setiap pertambahan tinggi muka air maka nilai tekanan rembesan akan semakin meningkat. Dan semakin tinggi muka air di hulu bendungan (h) maka waktu rembesan semakin pendek, begitu pula sebaliknya semakin rendah tinggi muka airn maka akan semakin panjang pula waktu rembesan yang akan terjadi. Jadi pola rembesan pada gambar 16 bisa disimpulkan bahwa, semakin tinggi muka air di hulu bendungan maka akan semakin banyak pula zona basah yang di hasilkan.

## 4.2. Tekanan dan Panjang Rembesan Pada 3 Variasi Muka Air

**Tabel 2. Tekanan Rembesan dan Jarak Rembesan dengan Variasi Tinggi Muka Air**

Bendung H 10		Bendungan H 15		Bendungan H 20	
Kedalaman cm	Jarak cm	Kedalaman cm	Jarak cm	Kedalaman cm	Jarak cm
10	12	15	18	20	24
7	28	11	28	14	28
6	38	10	38	13	38
6	48	8,4	48	10	48
5	58	8	58	8,7	58
3,3	68	5,6	68	6,7	68

Sumber : Hasil Pengamatan

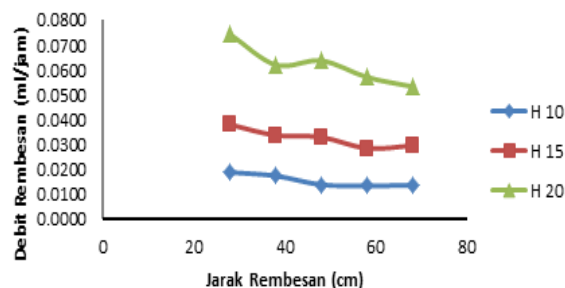


**Gambar 8 . Hubungan Tinggi Muka Air dan Panjang Rembesan**

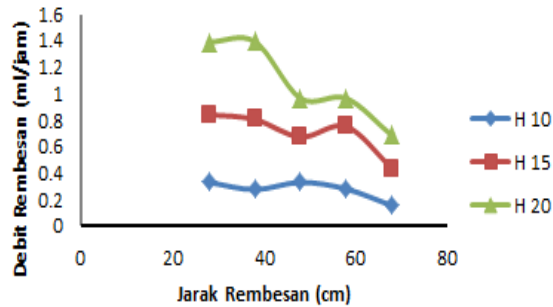
Pada gambar grafik 8 menunjukkan dimana untuk setiap pertambahan tinggi muka air maka nilai tekanan rembesan akan semakin meningkat. Dan semakin tinggi muka air di hulu bendungan (h) maka semakin pendek pula waktu yang dibutuhkan untuk merembes, itu disebabkan karena adanya tekanan hidrostatik. Semakin kecil tekanan hidrostatik semakin pada bagian hulu bendungan maka panjang pula waktu yang diperlukan untuk merembes.

## 4.3. Analisis Debit Rembesan

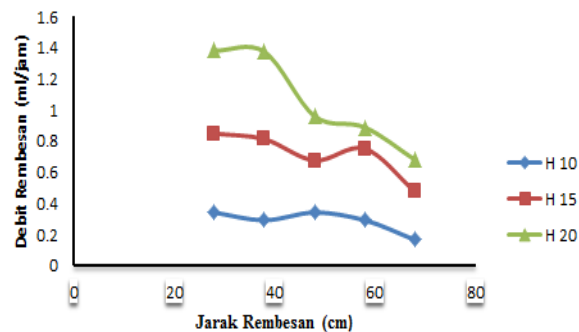
Hasil Perhitungan Debit Rembesan dengan Metode Dupuit, Schaffernak dan Cassagrande, dapat dilihat pada gambar 9 berikut :



**Gambar 9a. Hubungan Antara Jarak Rembesan dan Debit Rembesan Metode Dupuit**



**Gambar 9b . Hubungan Antara Jarak Rembesan dan Debit Rembesan Metode Schaffernak**



**Gambar 9c . Hubungan Antara Jarak Rembesan dan Debit Rembesan Metode Cassagrande.**

Dari gambar 9a dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak rembesan maka akan semakin rendah pula rembesan yang terjadi. Jika jarak rembesan (68 cm) dan tinggi muka di hulu bendunga yaitu, (10 cm) maka akan terjadi debit rembesan (0,4543 ml/jam), dan apabila tinggi muka air di hulu (15 cm) dan jarak rembesan (68 cm) maka debit rembesan yang terjadi (0,99 ml/jam), sedangkan pada ketinggian (20 cm) dan jarak rembesannya (68 cm) maka debit rembesan yang terjadi yaitu, (1,8108 ml/jam).

Gambar 9b, disimpulkan bahwa semakin jauh jarak rembesan maka akan semakin rendah pula rembesan yang terjadi. Jika jarak rembesan (68 cm) dan tinggi muka di hulu bendunga yaitu, (10 cm) maka akan terjadi debit rembesan (0,1548 ml/jam), dan apabila tinggi muka air di hulu (15 cm) dan jarak rembesan (68 cm) maka debit rembesan yang terjadi (0,4356 ml/jam), sedangkan pada ketinggian (20 cm) dan jarak rembesannya (68 cm) maka debit rembesan yang terjadi yaitu, (0,6840 ml/jam).

Gambar 9c dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan hidrostatik maka akan semakin besar debit rembesan. Untuk tekanan hidrostatik  $H_{10}$  debit rembesannya sebesar 0,2865 ml/jam, tekanan hidrostatik  $H_{15}$  debit rembesannya sebesar 0,7135 ml/jam, dan tekanan hidrostatik  $H_{20}$  debit rembesannya sebesar 1,0576 ml/jam.

## 5. KESIMPULAN

Tekanan hidrostatik mempengaruhi kecepatan rembesan. Semakin tinggi tekanan hidrostatik pada bendungan maka akan semakin pendek waktu yang dibutuhkan untuk merembes. Dari hasil perhitungan debit rembesan dengan tiga metode yaitu, metode Dupuit, Schaffernak dan Cassagrande. Pada metode Cassagrande memperlihatkan debit yang tertinggi untuk  $H_{10}$  dan  $H_{15}$ . Sedangkan pada tinggi hidrostatik  $H_{20}$  Metode Schaffernak memperlihatkan debit yang tertinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

Asianto. 2011. *Metode Konstruksi Bendungan*, Penerbit Universitas Indonesia UI Press, Jakarta.

- Aryani dan Soehoed Y.D.M (2012), Tinjauan Tinggi tekanan Air dan Rembesan pada Bendungan Menggunakan Alat Peraga Bendung Tanpa Turap. *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1/th XVII/2012*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Imanuel Yogyakarta.
- Edy Haseno dan Edi Daryanto, 2008, Tinjauan Tinggi Tekanan Air di Bawah Bendung Dengan Turap dan Tanpa Turap Pada Tanah Berbutir Halus, *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi II/th XIII/2008*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Imanuel Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary C. 2012. *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Husni Sabar, 2013 *Waduk Dan Tenaga Air*, Penerbit ITB Institut Teknologi Bandung
- Muchammad Ilham, 2015, Analisa stabilitas tubuh bendungan pada bendungan utama tugu kabupaten trenggalek. Universitas Brawijaya
- Noegroho Djarwanti, 2008. Komparasi Koefisien Permeabilitas (k) Pada Tanah Kohesif, FT UNS
- Prasetyo Siagian dan N. Suharta 2012 *Permeabilitas Tanah*, Artikel (diakses pada 19 november 2017).
- Sukirman, 2014. Analisis Rembesan Pada Bendung Tipe Urugan Melalui Uji Hidrolik, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2, No. 2, Juni 2014* di Laboratorium Hidro FT UNSRI, Universitas Sriwijaya
- Sosrodarsono, Suyono. Ir. 1977. *Bendungan type Urugan*. P.T Pradnya Paramita. Jakarta.
- Yeh William WG, 2006, *Modelling And Optimization Of Seawater Intrusion Brriers In Southern California Coastal Plain*, Technical Completion Reports, University Of California Water Resources Centre, Uc Berkeley