

# TINJAUAN TINGGI TEKANAN AIR DI BAWAH BENDUNG DENGAN TURAP DAN TANPA TURAP PADA TANAH BERBUTIR HALUS

Edy Harseno<sup>1)</sup> Edi Daryanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

<sup>2)</sup>Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

## INTISARI

*Tanah berbutir halus adalah salah satu jenis tanah yang mudah dilalui air. Bendung yang berada di atas tanah berbutir halus perlu mendapat perhatian serius agar stabilitas dan keamanannya terjaga. Satu hal penting yang dapat mempengaruhi kondisi bendung adalah adanya rembesan air pada tanah di bawah bendung. Perilaku dan besarnya rembesan perlu diketahui agar dapat diambil langkah-langkah yang sesuai dengan keadaan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membuat turap baik di hilir maupun di hulu atau secara bersama-sama di hilir dan di hulu bendung.*

*Pada penelitian ini dibuat suatu alat peraga dari mikha acrylic yang diisi dengan pasir dan air. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tinggi tekanan air pada tanah halus di bawah badan bendung dengan pemberian turap di hulu dan hilir, turap dibagian hulu bendung, turap dibagian hilir bendung, dan tidak menggunakan turap. Untuk pengujian permeabilitas tanah dilakukan dengan cara pengujian tinggi energi tetap (constant-head )*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa penempatan turap di bawah badan bendung memberikan hasil yang berbeda-beda. Badan bendung memakai turap hampir sama hasilnya dengan tidak memakai turap. Tekanan tertinggi sebesar 35,2 cm pada saat tidak memakai turap dan tekanan air terendah sebesar 32 cm pada saat memakai turap dibagian hulu bendung. Tekanan air terbesar di bawah bendung sebesar 35028 kg/cm<sup>2</sup> dan terendah 33531 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Keywords : Turap, tinggi tekanan air*

## I. PENDAHULUAN

### A. 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.

Ukuran pori-pori dan butiran-butiran tanah mempengaruhi cepat-lambatnya aliran air. Air yang melewati pori-pori akan membawa partikel-partikel tanah menuju hilir sungai, sehingga partikel-partikel tanah yang terbawa merupakan pembesaran ruang pori diantara butiran tanah. Hal ini akan menyebabkan debit air yang mengalir semakin besar dan volume tanah akan berkurang. Berkurangnya volume tanah akan mempengaruhi kondisi bangunan disekitar aliran, seperti penurunan, stabilitas pondasi, dan stabilitas lereng. Apabila hal ini dibiarkan maka bangunan di atas jenis tanah ini akan mengalami penurunan kemudian akan mengalami patahan dan dengan debit air yang besar bangunan air tersebut dapat terbawa arus air.

Bendung merupakan bangunan yang selalu berhubungan dengan air. Untuk mengurangi bahaya rembesan di bawah bendung digunakan berbagai cara. Sebagai cara pertama yaitu, dengan menggunakan turap. Turap ini dapat diberikan dibagian hulu dan hilir bendung. Turap dapat juga diberikan hanya pada bagian hulu atau bagian hilir bendung. Cara kedua yaitu, memperbesar badan bendung. Memperbesar badan bendung berfungsi untuk memperpanjang jarak tempuh air dari hulu sampai hilir bendung.

Turap bermanfaat pada stabilitas bendung, dihitung dengan rumus empiris yang terdapat pada berbagai literatur. Agar proses dapat diamati maka dibuat alat peraga dari mikha acrylic yang diisi dengan pasir.

## **B. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

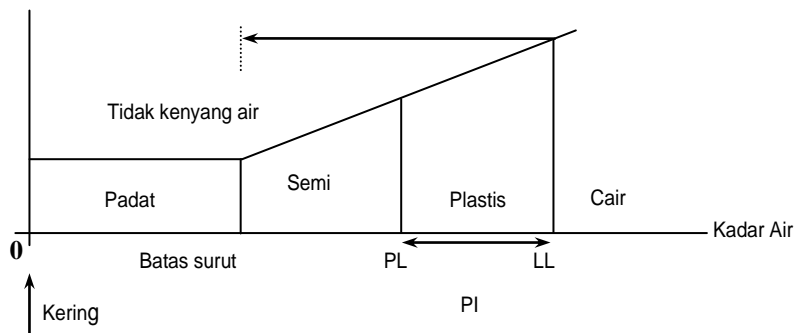
Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan secara visual tinggi tekanan air di bawah badan bendung di atas tanah berbutir halus dengan turap dan tanpa turap. Manfaat yang diharapkan dari penelitian adalah sumbangan pemahaman tentang perilaku tekanan air di bawah badan bendung yang berada di atas tanah berbutir halus untuk dijadikan bahan pertimbangan terhadap stabilitas perencanaan bendung.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Tanah Berbutir Halus**

Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butirannya berupa lanau dan lempung. Lempung merupakan agregat partikel-partikel

berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimia unsur-unsur penyusun batuan dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai tinggi. Pada kadar yang tinggi lempung bersifat lengket (*Terzaqhi dan Peck, 1987*). Mineral lempung (*Clay mineral*) yang berasal dari lapukan kimiawi menghasilkan perubahan pembentukan kelompok-kelompok partikel kristal berukuran koloid ( $< 0,002$  mm) dan hampir semua tanah lempung. Mineral lempungnya berbentuk lempengan dan permukaan spesifik (perbandingan antara luas permukaan dan massa) yang tinggi (*Craig, 1991 dan Bowles, 1989*). Menurut ASTM (American Society for Testing and Materials) tanah lempung adalah tanah yang mengandung partikel berukuran  $< 0,005$  mm. Lanau merupakan peralihan antara pasir halus dan lempung.



Gambar 2.1. Skema hubungan antara kadar air, volume tanah dan batas-batas konsistensi (Daruslan, 1993-1994)

Batas-batas konsistensi tanah *Atterberg limit* yang diperkenalkan oleh Cassagrande ini berdasarkan pada kadar air, yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*shrinkage limit*), seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.

Plastisitas merupakan sifat khas tanah butir halus yang dipengaruhi oleh banyaknya lempung dan sifat mineral lempung. Bila lempung dimasukkan kedalam gelas dan diaduk maka yang berubah adalah kekerasannya, konsistensinya, volumenya dan plastisitasnya. Setiap tanah mempunyai indeks plastis yang tidak sama, satu dengan yang lain, bisa dikatakan plastisitas masing-masing tanah tidak sama. Plastisitas rendah kurang dari 35% dan plastisitas tinggi lebih dari 50%.

Permeabilitas merupakan sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang mengalir lewat rongga porinya. Rongga pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Sehingga air dapat mengalir dari titik yang mempunyai tinggi energi lebih tinggi ke titik yang mempunyai tinggi energi lebih rendah. Tinggi rendahnya tingkat permeabilitas ditentukan

jenis tanah, ukuran butir, bentuk butiran, rapat massa serta bentuk geometri rongga porinya (Hardiyatmo, 1995).

### C. Aliran air dalam tanah

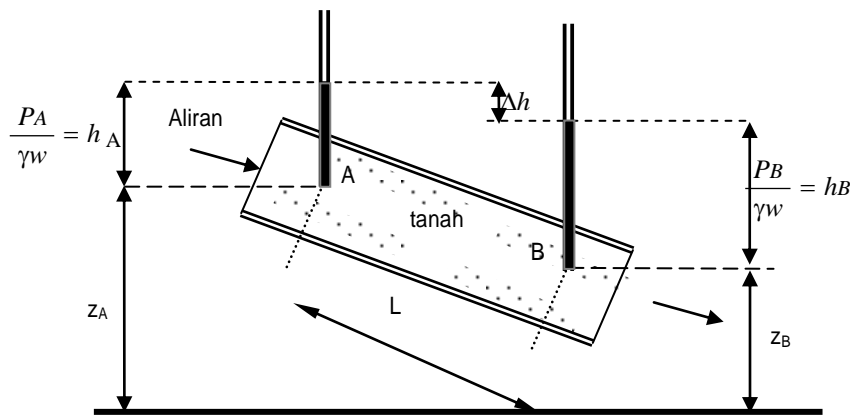
Untuk mengetahui besarnya tinggi tekanan air pori yang terjadi pada kedalaman di bawah muka air tanah, Bernoulli memberikan suatu persamaan :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + z \quad (2.1)$$

dengan  $h$  = tinggi energi total,  $p$  = tekanan ( $\text{KN}/\text{cm}^2$ ),  $v$  = kecepatan ( $\text{cm}/\text{dt}$ ),  $\gamma_w$  = berat, volume air,  $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{cm}/\text{dt}^2$ ), dan  $z$  = tinggi elevasi ( $\text{cm}$ ). Kecepatan rembesan  $v$  di dalam tanah sangat kecil, maka faktor kecepatan diabaikan, dimana  $v^2/2g \approx 0$ . Dengan diabaikannya faktor kecepatan, maka persamaan Bernoulli menjadi :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + z \quad (2.2)$$

Untuk menghitung banyaknya rembesan lewat tanah dengan perbedaan tinggi energi, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Aliran rembesan dalam tanah

Kehilangan tinggi energi  $\Delta h$ , antara dua titik  $A$  dan  $B$  dapat dinyatakan sebagai :

$$\Delta h = \left( \frac{p_A}{\gamma_w} + z_A \right) - \left( \frac{p_B}{\gamma_w} + z_B \right) \quad (2.3)$$

Atau

$$\Delta h = (h_A + z_A) - (h_B + z_B) \quad (2.4)$$

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad (2.5)$$

dengan  $P_A$  = Tekanan air pada pipa A,  $P_B$  = tekanan air pada pipa B,  $Z_A$  = ketinggian titik A dari lapisan kedap air,  $Z_B$  = ketinggian B dari lapisan kedap air,  $i$  = gradien hidrolis,  $\Delta h$  = selisih ketinggian muka air dalam pipa piezometer, dan  $L$  = jarak antar titik tinjau,

Dengan kecepatan aliran air dalam tanah adalah nol, maka semua ketinggian air dalam pipa pizometer akan menunjukkan elevasi yang sama dan berimpit dengan permukaan horizontal air tanah. Jadi dengan adanya aliran air tanah maka ketinggian air dalam pipa pizometer akan berkurang dengan jarak alirannya. Dengan memperhitungkan kecepatan aliran di dalam tanah maka *Darcy* (1956), memberikan hubungan antara kecepatan dan gradien hidrolis sebagai berikut :

$$v = k.i \quad (2.6.a)$$

$$q = k.i.A \quad 2.6.b)$$

dengan  $A$  = luas tampang tanah pada satu dimensi ( $\text{cm}^2$ ),  $q$  = debit rembesan ( $\text{cm}^3/\text{dt}$ ), dan  $K$  = koefisien permeabilitas ( $\text{cm}/\text{dt}$ )

#### D. Stabilitas

Merupakan perhitungan kontruksi untuk menentukan ukuran bendung agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja padanya dalam segala keadaan. Didalam hal ini termasuk terjadinya angin kencang dan gempa bumi hebat dan banjir besar. Syarat-syarat stabilitas kontruksi seperti lereng di sebelah hulu dan hilir bendung tidak mudah longsor, harus aman terhadap geseran., harus aman terhadap rembesan, dan harus aman terhadap penurunan bendung. Bligh berpendapat bahwa besarnya perbedaan dijalur pengaliran adalah sebanding dengan panjangnya garis rayapan dan dinyatakan sebagai berikut:

$$H = L / C \quad (2.7)$$

dengan  $H$  = beda tekanan,  $L$  = panjang rayapan, dan  $C$  = coefisien rayapan

#### E. Teori Lane

Lane memberikan koreksi terhadap teori Bligh dengan meyakini bahwa energi yang diperlukan oleh air untuk melewati jalan yang vertikal lebih besar dari pada jalan horizontal, dengan perbandingan 3 : 1. Jadi dianggap  $L_v = 3 L_h$ , sehingga menjadi :

$$H = \frac{L_v + \frac{1}{3}L_H}{C} \quad (2.8)$$

Untuk suatu panjang yang sama dan syarat Lane adalah  $L_v + L_h / 3 > C$ .  $H$  dengan  $L_v$  = jumlah panjang vertikal dan  $L_h$  = jumlah panjang horisontal. Perbandingan teori Lane dan Bligh dapat dilihat pada Tabel 2.1, tentang selisih angka antara Lane dan Bligh.

Tabel 2.1. *Creep Ratio* {  $C$  }

No	Jenis Tanah	Lane	Bligh
1	Pasir amat halus	8,50	18
2	Pasir halus	7,0	15
3	Pasir sedang	6,0	--
4	Pasir kasar	5,0	12
5	Kerikil halus	4,0	5
6	Kerikil halus	3,5	--
7	Kerikil kasar	3,0	--
8	Lempung lunak	3,0	--
9	Lempung kasar	1,6	--

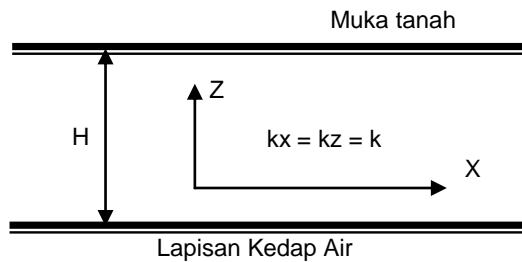
#### F. Pengujian permeabilitas di laboratorium

Penentuan koefisien permeabilitas  $K$  di laboratorium dapat dilakukan dengan empat cara, yaitu pengujian tinggi energi tetap (*constant-head*), pengujian tinggi energi turun (*falling-head*), pengujian secara tidak langsung dari pengujian konsolidasi, dan pengujian secara tidak langsung dari pengujian kapiler horizontal.

Untuk pengujian dengan tinggi energi tetap, yang perlu diperhatikan adalah tinggi ( $h$ ), panjang contoh tanah ( $L$ ), diameter benda uji ( $d$ ), luas penampang contoh tanah ( $A$ ), total debit terukur ( $Q$ ), interval waktu ( $t$ ), volume ( $v$ ), dan faktor koreksi ( $Rt$ ).

#### G. Rembesan

Teori rembesan didasarkan pada analisis dua dimensi (*Hardiyatmo, 1995*). Tanah dianggap homogen dan isotropis. Tanah homogen dan isotropis merupakan tanah yang memiliki nilai koefisien permeabilitas yang sama pada semua arah, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kondisi tanah homogen

Tanah yang diasumsikan homogen dan isotropis, Darcy memberikan persamaan untuk kecepatan aliran pada bidang  $x - z$  sebagai berikut :

$$v_x = k \cdot i_x = -k \frac{\partial h}{\partial x} \quad (2.9)$$

$$v_z = k \cdot i_z = -k \frac{\partial h}{\partial z} \quad (2.10)$$

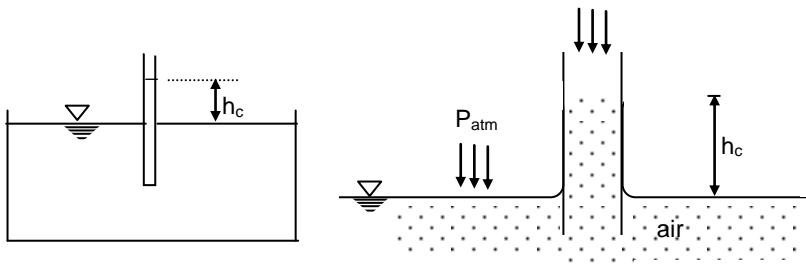
dengan Persamaan (2.9) dan (2.10), tinggi energi total  $h$  berkurang dalam arah  $V_x$  dan  $V_z$ .

#### H. Tekanan air pada struktur

Gaya tekan air yang terjadi pada struktur bagian bawah bendung. Untuk perhitungan gaya tekanan air di laboratorium digunakan dengan pipa piezometer. Pipa piezometer diletakkan pada titik ditinjau dan akan terisi air yang melewati tabung berisi tanah. Ketinggian air didalam pipa piezometer menunjukkan tekanan air pada titik tersebut dan diukur dalam millimeter atau meter.

Ketinggian air didalam piezometer merupakan muka piezometer, sedang tekanan air pada kedalaman ini disebut tekanan pizometrik (*piezometric toad*). Tekanan air pada pipa piezometer timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan air disebelah atas (*Hardiyatmo*, 1955). Tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya tarik antara molekul-molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya. Ketinggian air dalam pipa *piezometer* akan lebih tinggi daripada tinggi air dalam tabung berisi air seperti tampak pada Gambar (2.4).

Tekanan air yang terjadi merupakan tekanan kapiler, dan menyebabkan air tanah tertarik ke atas melebihi permukaan air di dalam bejana. Untuk menentukan besarnya gaya tekanan air ke atas di bawah bendung, diperoleh dengan penggambaran garis aliran dan ekuipotensial.



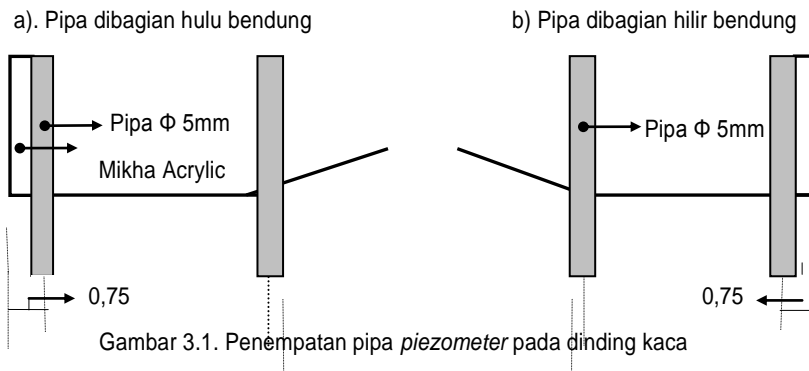
Gambar 2.4. Kenaikan air pada pipa piezometer

Tekanan air yang terjadi merupakan tekanan kapiler, dan menyebabkan air tanah tertarik ke atas melebihi permukaan air di dalam bejana. Untuk menentukan besarnya gaya tekanan air ke atas di bawah bendung, diperoleh dengan penggambaran garis aliran dan ekipotensial.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Alat Peraga Bendung

Alat peraga digunakan sebagai media pengujian yang terbuat dari mikha acrylic dengan ketebalan 5 mm. Alat peraga menyerupai aquarium dengan panjang 90 cm, lebar 25 cm, tinggi 70 cm. Lapisan kedap air terbuat dari kayu Keruing (Kelas I) dengan panjang 100 cm, lebar 30 cm, tinggi 3 cm. Untuk bendung terbuat dari mikha acrylic dengan ketebalan 5 mm dengan ukuran bendung panjang horizontal dasar bendung 50 cm, tinggi sisi hulu 26 cm, tinggi sisi hilir 18 cm dan tiap sisi dipasang profil siku 3x3 cm yang diperkuat dengan baut  $\phi$  12 mm.

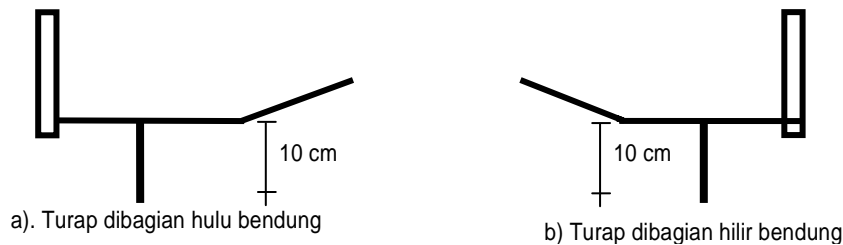


Gambar 3.1. Penempatan pipa piezometer pada dinding kaca



Pasir merupakan tanah lolos air yang berukuran 0,85 mm berasal dari sungai Nambangan. Air untuk keperluan pengujian ini diambil dari sumur Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta, dengan syarat air bersih. Pipa *piezometer* yang digunakan adalah pipa bangunan  $\phi$  0,5 cm. Pipa piezometer dipasang pada sisi bendung dengan bentuk permanen. Untuk pemasangan pipa *piezometer* dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Turap yang digunakan adalah kayu sengon didempul lalu dicat supaya kedap air, dengan ketebalan 1,5 cm, panjang 25 cm, dan lebar 10 cm. Pemasangan turap pada badan bendung bersifat tidak permanen. Turap dapat dibuka dan dipasang pada badan dan dinding bendung. Penempatan turap dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Penempatan turap di bawah badan bendung

## B. Pelaksanaan Penelitian

Sebagian pengujian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, yaitu pengujian tinggi tekanan air, sedangkan pengujian permeabilitas tanah dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Pelaksanaan penelitian dimulai dengan pengujian tinggi tekanan air, kemudian pengujian permeabilitas tanah.

## C. Pengujian Tinggi Tekanan Air

Pengujian tinggi tekanan air dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Alat peraga terlebih dahulu diisi dengan pasir kering dan air.
2. Setelah batas-batas tinggi pasir terpenuhi, maka air dikeluarkan melalui pipa pembuangan.
3. Pengujian pertama dilakukan terhadap bendung tanpa menggunakan turap.

4. Pasir diisi air (debit masuk). Muka air hulu adalah 9 cm dari dasar sungai. Muka air di bawah dasar bendung 26 cm, 24 cm dan 21cm. Muka air dihilir 45 cm (tinggi dasar sungai hilir).
5. Ketinggian muka air hulu harus selalu konstan. Jika muka air hulu mulai melimpah, maka debit masuk harus diperkecil, dan jika muka air hulu menurun, maka debit masuk harus diperbesar.
6. Jika muka air hulu sudah konstan, maka debit masuk dibiarkan mengalir sampai ke hilir bendung dan jika belum konstan, maka diulang kembali langkah 5.
7. Setelah muka air hulu dipastikan konstan, air telah mencapai batas muka air hilir (bila melebihi batas muka air hilir, maka air akan melimpah). Kemudian pengaliran air yang terjadi dидiamkan.
8. Tinggi tekanan air di bawah dasar bendung diukur dengan pipa-pipa *piezometer*.
9. Setelah pengujian tanpa turap (langkah 5), kemudian pengujian kedua yaitu dengan turap pada bagian hilir bendung.
10. Untuk pemasangan turap pada bagian hilir bendung, dilakukan dengan pengeluaran pasir hanya pada bagian hilir bendung. Setelah turap terpasang, kemudian pasir yang keluar dimasukkan bersamaan dengan air.
11. Setelah turap terpasang dan batas tinggi pasir hilir selesai, kemudian pengujian dilakukan mulai dari langkah 4 sampai 5.
12. Untuk pengujian selanjutnya yaitu : dengan turap pada bagian hulu dan hilir bendung dilakukan seperti langkah-langkah di atas

Untuk setiap pengujian tinggi tekanan air dilakukan 2 kali pengukuran. Pengukuran pertama yaitu pada saat langkah 7. selanjutnya air yang masuk dihentikan dan air yang tertinggal dikeluarkan.

#### **D. Pengujian Permeabilitas Tanah**

Pengujian permeabilitas tanah dilaksanakan untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas. Koefisien permeabilitas mempengaruhi rembesan yang terjadi. Contoh tanah merupakan tanah berbutir halus yang berukuran 0.85 mm . Pengujian permeabilitas dilakukan cara tinggi energi tetap (*constant-head*).

### **IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Pengujian Tinggi Tekanan dan Panjang Lintasan Air**

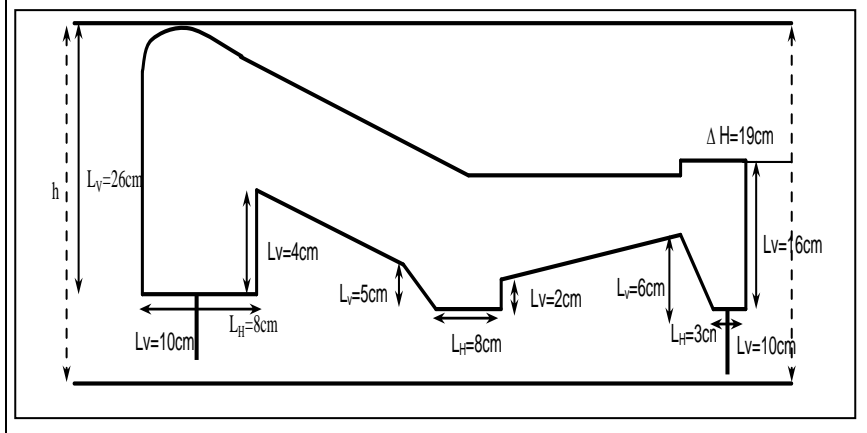
Pengujian tinggi tekanan air dilakukan terhadap bendung dengan kondisi turap dibagian hulu dan hilir bendung (A), turap dibagian hulu bendung (B), turap dibagian hilir bendung (C), dan tidak memakai turap (D).

Tabel 4.1. Hasil pengujian tinggi tekanan air pada berbagai kondisi turap

Pipa	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)
1	34,0	34,4	32,3	34,2
2	34,8	34,5	33,0	34,4
3	35,0	33,7	33,4	35,2
4	34,0	33,5	33,7	33,9
5	33,7	33,2	33,8	34,1
6	33,5	32,5	34,6	33,3
7	34,3	32,0	34,4	34,2

Tabel 4.2. Panjang lintasan air dibawah bendung

Posisi Turap Pada Bendung	Teori Bligh				Syarat : $L_V+L_H \geq L_{Perlu}$	Teori Lane's				Syarat : $L_V+L_H \geq L_{Perlu}$
	Creep line (cm)					Creep line (cm)				
	$L_V$	$L_H$	$L_{Perlu}$	$L_V+L_H$	$L_V$	$L_H/3$	$L_{Perlu}$	$L_V+L_H$		
Tanpa Turap	0,19	0,59	0,95	0,78	Tidak Terpenuhi	0,59	0,063	0,76	0,653	Tidak Terpenuhi
Di Hulu	0,19	0,79	0,95	0,98	Terpenuhi	0,79	0,063	0,76	0,853	Terpenuhi
Di Hulu dan Hilir	0,19	0,99	0,95	1,180	Terpenuhi	0,99	0,063	0,76	1,050	Terpenuhi

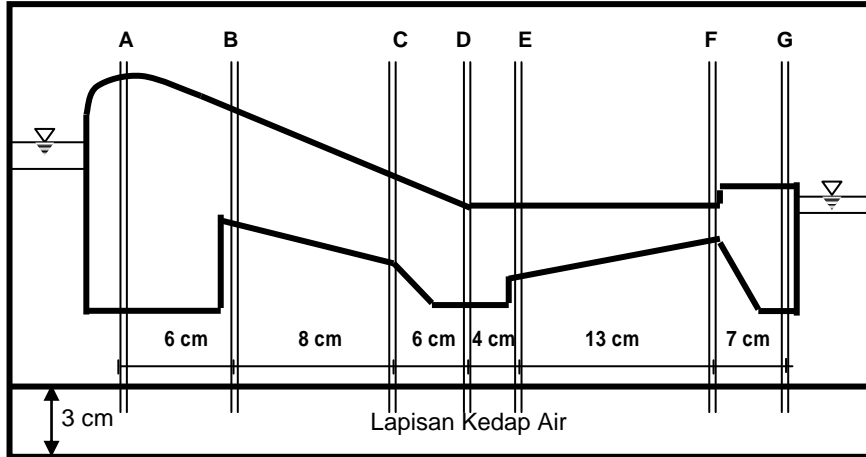


## B. Perhitungan tekanan air dibawah bendung

Perhitungan tekanan air pada titik A sampai G di bawah bendung menggunakan persamaan :

$$h = \frac{P}{\gamma_w} + Z$$

dengan  $h$  = tinggi energi total,  $\gamma_w$  = berat volume air (  $\text{kg}/\text{cm}^3$  ), dan  $P$  = tekanan air (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  ),  $Z$  = tinggi elevasi (cm).



Tabel 4.3. Hasil perhitungan tekanan air di bawah badan bendung

No	Titik	h (cm)	Tekanan air ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	A	34,0	34026
2	B	34,8	34833
3	C	35,0	35028
4	D	34,0	34028
5	E	33,7	33725
6	F	33,5	33531
7	G	34,3	34321

### C. Hasil pengujian permeabilitas

Data parameter-parameter tanah yang akan diuji nilai permeabilitasnya adalah sebagai berikut :

- a. Diameter (D) = 10,1 cm
- b. Tinggi (H) = 10,3 cm
- c. Luas (A) = 80,08  $\text{cm}^2$
- d. Volume (V) = 824,82  $\text{cm}^3$
- e.  $h_1$  = 37 cm

- f.  $h_2 = 0 \text{ cm}$
- g. Kadar air = 10,02 %
- h. Berat jenis = 5,32 gr
- i. Berat isi basah =  $1,60 \text{ gr/cm}^3$
- j. Berat isi kering =  $1,49 \text{ gr/cm}^3$
- k. Gradien hidrolik = 3,59

Tabel 4.4. Uji Permeabilitas

Waktu Mulai	Interval Waktu t Detik	Total Debit Terukur Q (ml)	Debit persatuan waktu q (ml/detik)	Koefisien Permeabilitas K
08.00	15	37	2,47	$8,580 \times 10^{-3}$
	15	36	2,4	$8,348 \times 10^{-3}$
	15	36,5	2,43	$8,464 \times 10^{-3}$
	30	72	2,4	$8,348 \times 10^{-3}$
	30	72	2,4	$8,348 \times 10^{-3}$
10.15	30	73	2,43	$8,464 \times 10^{-3}$

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pasir sebagai tanah berbutir halus yang berasal dari Sungai Nambangan memiliki koefisien permeabilitas sebesar 3,5 cm/dt.
2. Alat peraga bendung yang dibuat dapat menunjukkan tinggi tekanan air secara visual dan dapat diukur. Diketahui juga bahwa pemberian turap dapat mempengaruhi tinggi tekanan air di bawah badang bendung.
3. Dari hasil pengujian juga diketahui bahwa turap tidak dapat mencegah rembesan tetapi dapat memperkecil rembesan.

### B. Saran

Melihat dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengganti lapisan lolos air dengan jenis tanah yang lain demikian juga dengan tanah halus dapat divariasikan dengan jenis tanah yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., Hainim, J. K., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R. F., Soepandji, B. S., 1991, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Daruslan, 1993-1994, *Mekanika Tanah I*, Diktat Kuliah, Biro Penerbit KMTS FT Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Das, B. M., Noor Endah, Mochtar, I. B., 1988, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., Noor Endah, Mochtar, I. B., 1994, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah I*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Imam Subarkah, 1984, *Vademenum Lengkap Teknik Sipil*, Edisi Ketiga puluh dua, Penerbit Idea Dharma, Jakarta.
- J. Honing, 2003, *Konstruksi Bangunan Air*, Edisi Kedelapan, PT Sentra Sentra Abadi, Jakarta.
- Soediby, 2003, *Teknik Bendungan*, Edisi Kedua, PT Sentra Sarana Abadi, Jakarta.
- Soedarmo, G. D., Purnomo, S. J. E., 1993, *Mekanika Tanah I*, Kanisius, Yogyakarta.
- Terzaghi, Karl, Peck, Ralph B., 1987, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.
- Wesley, L. D., 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

