

# PENGERUSAN DI HILIR BENDUNG DENGAN MERCU TYPE VLUGTER

**Maria Christine Sutandi, Kanjalia Tjandrapuspa T., Ginardy Husada**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Soeria Sumantri, MPH No 65, Bandung 40164

e-mail: mrxtine@gmail.com ; kanjalariusli@yahoo.com ; betaagin@yahoo.com

## **ABSTRACT**

*Indonesia is a developing tropical country. With abundant natural resources, especially water resources, as well as the conditions of agrarian society so that the agricultural sector has great potential and should be developed in Indonesia.*

*To support this, we need a network of irrigation to irrigate the irrigation network of the source is a river located upstream of the dam that required manufacture of the river water level can be elevated, with the aim to reach a wider area of rice fields. The stability of the weir is affected by scour downstream of the weir, so there should be research scouring downstream of the weir, in this study we used 2 type weir with 2 radius Summit of Vlugter and the body of dam with slope 1: 1 and 3.5: 4. Having conducted research with a variety of discharge through, showed that scour downstream weir smallest body caused by tilting weir 3.5: 4 but it also is the benefit of this study as a model to be followed up with a prototype.*

**Keywords:** Weir, Scouring, Slope

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan sebuah negara berkembang yang beriklim tropis. Dengan sumber daya alam yang melimpah terutama dalam hal sumber daya air, serta kondisi masyarakat yang agraris sehingga sektor pertanian berpotensi besar dan perlu dikembangkan di Indonesia. Usaha Subsektor Tanaman Pangan meliputi tanaman padi dan palawija. Berdasarkan hasil ST 2013 diketahui bahwa rumah tangga tanaman pangan di Indonesia di dominasi oleh rumah tangga yang mengelola tanaman padi. Jumlah rumah tangga tanaman padi di Indonesia pada tahun 2013 sebesar 14.147.942 yang mengalami penurunan sebesar 58.413 rumah tangga, jika dibandingkan dengan tahun 2003. Sedangkan perusahaan pertanian berbadan hukum di Indonesia yang melakukan pengelolaan tanaman padi ada 106 perusahaan, mengalami kenaikan 37 perusahaan jika dibandingkan dengan tahun 2003. [<http://st2013.bps.go.id/dev2/index.php>]

Untuk menunjang sektor pertanian maka diperlukan jaringan irigasi yang memadai untuk bisa mengairi jaringan irigasi ini. Adapun sumber air yang kerap kali diambil pada umumnya sungai. Agar sumber air ini dapat dipergunakan secara optimal,

maka pada hulu sungai ini kerap dilakukan peninggian muka air antara lain dengan membuat sebuah bendung. Bendung ini sebaiknya memenuhi beberapa syarat, salah satunya adalah kestabilan. Kestabilan dari bendung ini sangatlah dipengaruhi oleh penggerusan di hilir bendung, sehingga perlu diadakan penelitian penggerusan dihilir bendung, dalam penelitian ini digunakan Bendung dengan type Mercu Vlugter.

### 1.2 Perumusan masalah/ Identifikasi masalah

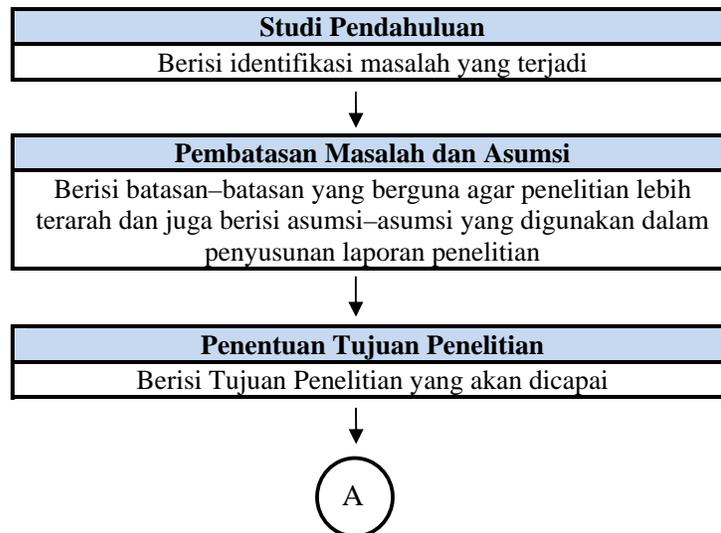
- Menentukan besarnya penggerusan di hilir bendung.
- Dibuat mercu jenis Vlugter dengan 2 macam kelengkungan.
- Pembatasan masalah, hanya dibuat tubuh bendung saja, tanpa adanya bangunan pembilas maupun pintu.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

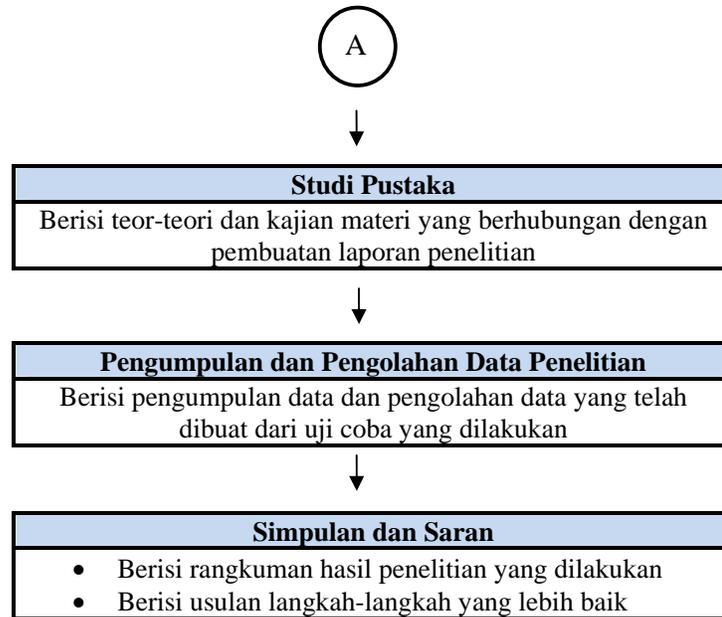
Tujuan penelitian ini adalah menghitung besarnya gerusan di hilir bendung dengan mercu jenis Vlugter dengan 2 jenis tubuh mercu yang berbeda.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai model untuk dapat ditindaklanjuti dengan prototipe, sedangkan kerangka Penelitian dan Hipotesis dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Gambar kerangka Penelitian dan Hipotesis.



**Gambar 1. Gambar Kerangka Penelitian**



**Gambar 1. Gambar Kerangka Penelitian (lanjutan)**

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris, yang artinya negara dengan penghasil pertanian sebagai komoditi utama. Sebagai negara agraris tentunya sangat memerlukan banyak air yang harus didistribusikan keberbagai lahan pertanian, hal ini memerlukan penanganan masalah pendistribusian air yang optimal. Hal yang erat kaitannya dengan pengadaan dan pendistribusian air ini adalah irigasi. Kata irigasi berasal dari istilah irrigaite dalam bahasa Belanda atau irrigation dalam bahasa Inggris. Irigasi dapat diartikan sebagai suatu usaha yang dilakukan untuk :

- ↳ Mendatangkan air dari sumbernya guna keperluan pertanian.
- ↳ Mengalirkan dan membagikan air secara teratur dan setelah digunakan dapat pula dibuang kembali (Erman Mawardi et al., 2012).

Untuk dapat mengairi suatu daerah irigasi, haruslah ditinjau adanya sumber airnya, yaitu sungai yang memiliki debit dan elevasi yang cukup untuk disadapkan ke saluran induk. Pengambilan air dari sungai dapat dilakukan secara bebas apabila elevasi sawah lebih rendah dari elevasi sungai, karena air akan lebih mudah mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah.

Permasalahan yang kerap timbul adalah apabila sungai tersebut memiliki elevasi yang lebih rendah daripada elevasi sawah yang akan diari. Permasalahan ini dapat diatasi dengan membuat bendung pada hulu sungai, dikarenakan lebih hemat dan praktis jika dibandingkan dengan penambahan pompa.

Tujuan dibangunnya bendung adalah untuk menaikkan elevasi muka air sungai sehingga dapat mengairi suatu daerah irigasi yang memiliki elevasi yang lebih tinggi, selain untuk menaikkan muka air, manfaat yang lain adalah :

- ✓ Meningkatkan elevasi muka air sehingga daerah yang bisa dialiri menjadi lebih luas.
- ✓ Memasukkan air dari sungai ke saluran melalui Intake.
- ✓ Mengontrol sedimen yang masuk ke saluran sungai.
- ✓ Mengurangi fluktuasi sungai.
- ✓ Menyimpan air dalam waktu singkat.

## **2.2 Bendung**

Bendung merupakan salah satu Diversion Hard Work, yaitu bangunan utama dalam suatu jaringan irigasi yang berfungsi untuk menyadap air dari suatu sungai sebagai sumbernya. Bendung adalah suatu bangunan konstruksi yang terletak melintang memotong suatu aliran sungai yang berfungsi untuk meninggikan muka air agar dapat dialirkan ke tempat yang diperlukan. Hal ini harus dibedakan dengan waduk yang bersifat menampung dan menyimpan air dalam jumlah yang relatif besar, sedangkan bendung dapat disamakan sebagai bangunan pelimpah atau Over Flow Weir Type.

### **2.2.1 Syarat-syarat konstruksi bendung:**

- a. Dapat menahan bocoran (seepage) akibat dari aliran air sungai dan aliran air yang meresap kedalam tanah.
- b. Memenuhi stabilitas terhadap Daya Dukung Tanah.
- c. Bendung harus stabil dan mampu menahan tekanan air pada waktu banjir.
- d. Tinggi ambang bendung harus dapat memenuhi tinggi muka air minimum yang diperlukan untuk seluruh daerah irigasi.
- e. Bentuk peluap harus diperhitungkan, sehingga air masih dapat membawa pasir, kerikil dan batu-batu dari sebelah hulu dan tidak menimbulkan kerusakan pada tubuh bendung.

### **2.2.2 Data-data dalam perencanaan bendung:**

- a. Data Topografi.
- b. Data Hidrologi.
- c. Data Morfologi dan Geologi.
- d. Data Mekanika Tanah.
- e. Standar Perencanaan (PBI, PKKI, PMI, dll).
- f. Data Lingkungan dan Ekologi.

### **2.2.3 Pemilihan Lokasi Bendung:**

- a. Saluran Induk tidak melewati trase yang sulit.
- b. Lokasi bendung sebaiknya pada alur sungai yang lurus.
- c. Tinggi bendung dari dasar tidak lebih dari 7 meter.
- d. Seluruh area dapat dialiri secara grafitasi.
- e. Tempat bangunan pengambilan sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelancaran masuknya air.
- f. Pelaksanaannya tidak sulit sehingga biaya pembangunan tidak mahal.

### **2.2.4 Tinggi Muka Air Maksimum :**

Menentukan tinggi muka air maksimum pada sungai, dipengaruhi oleh:

- a. Kemiringan dasar sungai (I).
- b. Lebar dasar sungai (b).
- c. Debit maksimum (Qd)

### **2.2.5 Elevasi Mercu Bendung**

Menentukan elevasi mercu bendung dipengaruhi oleh :

- a. Elevasi sawah bagian hilir tertinggi dan terjauh.
- b. Elevasi kedalaman air di sawah.
- c. Kehilangan tekanan dari saluran tersier ke sawah.
- d. Kehilangan tekanan dari sungai ke saluran primer
- e. Kehilangan tekanan dari saluran primer ke saluran sekunder.
- f. Kehilangan tekanan dari saluran sekunder ke saluran tersier.
- g. Kehilangan tekanan di alat – alat ukur.
- h. Kehilangan tekanan karena kemiringan saluran.
- i. Persediaan tekanan untuk eksploitasi dan untuk bangunan lain.
- j. Kesempurnaan aliran pada bendung.
- k. tinggi mercu bendung, dianjurkan tidak lebih dari 4,00 meter dan minimum 0,5 H  
(H = tinggi energi di atas mercu).
- l. Kehilangan Energi untuk pembilasan.

### **2.2.6. Tinggi Air di Atas Mercu**

Menentukan tinggi air di atas mercu bendung, ditentukan oleh:

- Lebar Bendung (B)

$6/5$  lebar normal ( $B_n$ )  $\leq$  Lebar bendung adalah jarak antara dua tembok pangkal bendung (abutment), termasuk lebar bangunan pembilas dan pilar-pilarnya. Ini disebut lebar mercu bruto.

- Panjang Mercu

Panjang mercu ini harus dipertimbangkan dengan kemampuannya melewati debit rencana dengan tinggi jagaan yang cukup dan tinggi genangan yang diizinkan pada debit rencana.

Panjang Mercu ini juga dapat diperkirakan sepanjang lebar rata-rata sungai dalam kondisi stabil atau debit penuh (Bank Full Discharge), umumnya diasumsikan dengan  $1,2$  lebar sungai rata-rata, pada ruas sungai yang stabil.

- Lebar Mercu

Lebar mercu tidak boleh terlalu panjang dan tidak boleh terlalu pendek, bila terlalu pendek akan berakibat tinggi air di atas mercu lebih tinggi, akibatnya tanggul banjir di udik akan bertambah tinggi, sehingga genangan banjir akan bertambah luas. Jika lebar mercu terlalu lebar/panjang, profil sungai akan terlalu lebar, akibatnya endapan sedemen di udik bendung dapat mengganggu penyadapan aliran ke intake.

### 2.2.7 Lebar Efektif Bendung

Lebar Efektif Bendung adalah lebar bendung yang bermanfaat untuk dapat melewatkan debit.

Lebar efektif bendung dapat dihitung dengan rumus :

$$B_e = B - 2(n.K_p + K_a).H_1$$

$B_e$  = Lebar Efektif Bendung

$B$  = Lebar seluruh Bendung.

$n$  = Jumlah pilar

$K_p$  = Koef Kontraksi Pilar =  $0,01$

$K_a$  = Koef Kontraksi Pangkal Bendung =  $0,2$

$H_1$  = Tinggi Energi [m]

### 2.2.8 Panjang dan Dalam Kolam Olak

Menentukan panjang dan dalam kolam Olak. Kolam olak adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai peredam energi yang terkandung dalam aliran dengan memanfaatkan loncatan hidraulis dari suatu aliran yang berkecepatan tinggi. Kolam olak sangat ditentukan oleh tinggi loncatan hidraulis, yang terjadi di dalam aliran. Sedangkan

rumus yang digunakan untuk menentukan panjang kolam olak adalah Rumus Angerholzer.

### 2.2.9 Panjang Lantai Muka

Menentukan Panjang Lantai Muka. Akibat dari pembendungan sungai akan menimbulkan perbedaan tekanan, selanjutnya akan terjadi pengaliran di bawah bendung. Karena sifat air mencari jalan dengan hambatan yang paling kecil yang disebut “Creep Line”, maka untuk memperbesar hambatan, Creep Line harus diperpanjang dengan memberi lantai muka atau suatu dinding vertical. Untuk menentukan Creep Line, maka dapat dicari dengan rumus atau teori.

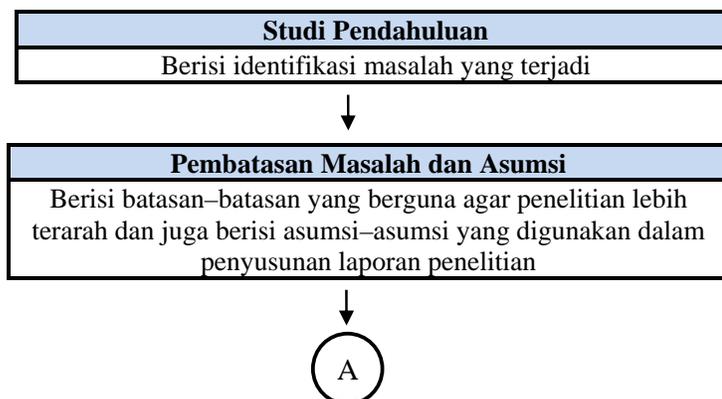
Teori Bligh, menyatakan bahwa besarnya perbedaan tekanan di jalur pengaliran adalah sebanding dengan panjang jalan Creep Line dan Teori Lane sebagai koreksinya. Agar Penggerusan yang terjadi tidak terlalu besar, maka diperlukan Kolam Peredam Energi yang secara umum dibagi menjadi 4 jenis :

- a. Ruang Olak tipe Vlugter.
- b. Ruang Olak tipe Schoklitsch.
- c. Ruang Olak tipe Bucket.
- d. Ruang Olak tipe USBR.

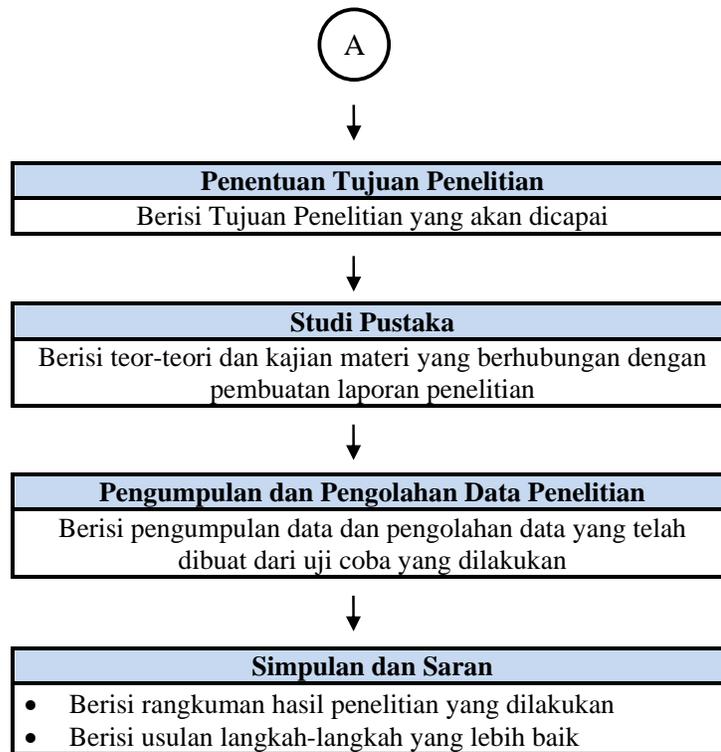
Pada penelitian ini direncanakan Mercu tipe Vlugter dengan mercu bulat dengan 2 jenis jari-jari dan 2 jenis kemiringan badan bendung 1:1 dan 3,5:4 , dimana belum pernah dilakukan penelitian dengan mercu jenis ini.

## 3. METODE PENELITIAN

Rancangan/Metode Penelitian yang dipakai adalah **Metode Uji Coba**. Dan Uji coba ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Universitas Kristen Maranatha Bandung. Metodologi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian



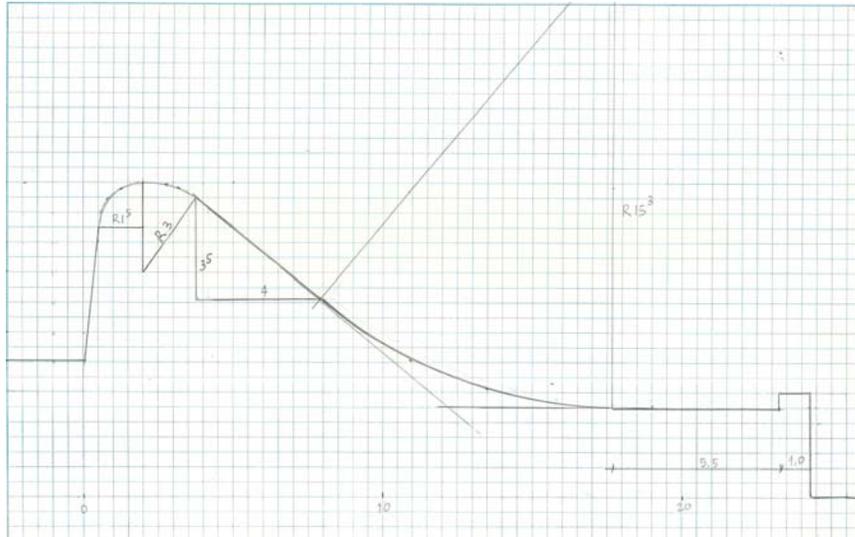
**Gambar 3.1 Metodologi Penelitian (lanjutan)**

#### **4. HASIL PENELITIAN**

Penelitian ini akan direncanakan dengan 2 (dua) jenis mercu dengan dua jari<sup>2</sup> bulat dan kemiringan tubuh mercu yang berbeda, yang dibedakan dengan nama mercu tipe A dan mercu tipe B.

Mercu tipe A direncanakan dengan jari<sup>2</sup>  $R_1 = 1,5$  cm dan  $R_2 = 3,0$  cm dan dengan kemiringan tubuh bendung 7:8 yang berarti kemiringan vertikal skala 7 dan kemiringan horisontal skala 8, dengan jari<sup>2</sup> kolam olak 15 cm model, yang dapat dilihat pada gambar 4.1 Gambar Mercu tipe A.

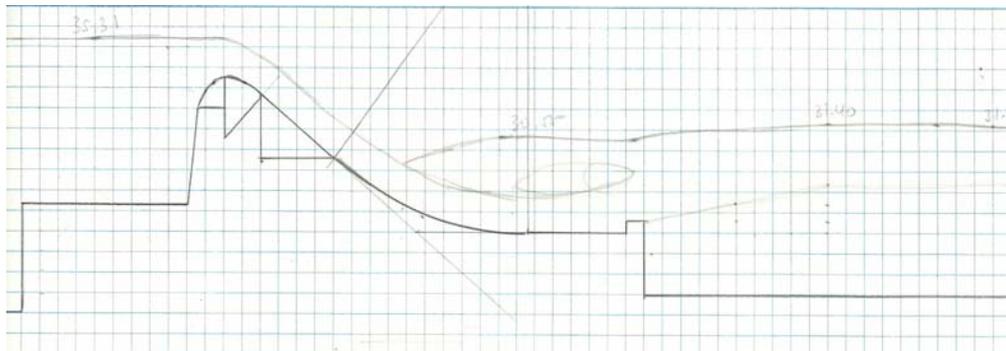
Sedangkan jenis mercu yang ke dua direncanakan dengan jari<sup>2</sup>  $R_1 = 2,0$  cm dan  $R_2 = 4,0$  cm dan dengan kemiringan tubuh bendung 1:1 yang berarti kemiringan vertikal skala 1 dan kemiringan horisontal skala 8, dengan jari<sup>2</sup> kolam olak 15 cm model yang dapat dilihat pada gambar 4.4 Gambar Mercu tipe B.



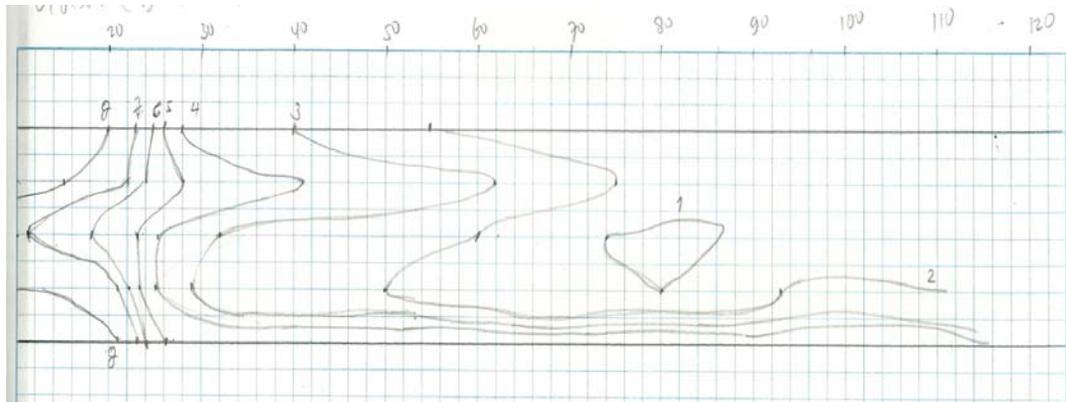
**Gambar 4.1 Gambar Mercu tipe A**

Gambar 4.1 memperlihatkan jenis mercu yang di desain dengan kemiringan tubuh mercu 7 : 8, yang berarti kemiringan vertikal skala 7 dan kemiringan horisontal skala 8, pada mercu jenis A ini dialiri dengan 3 jenis debit yang dapat dilihat pada gambar 4.7 , gambar Rekap Hasil Perhitungan.

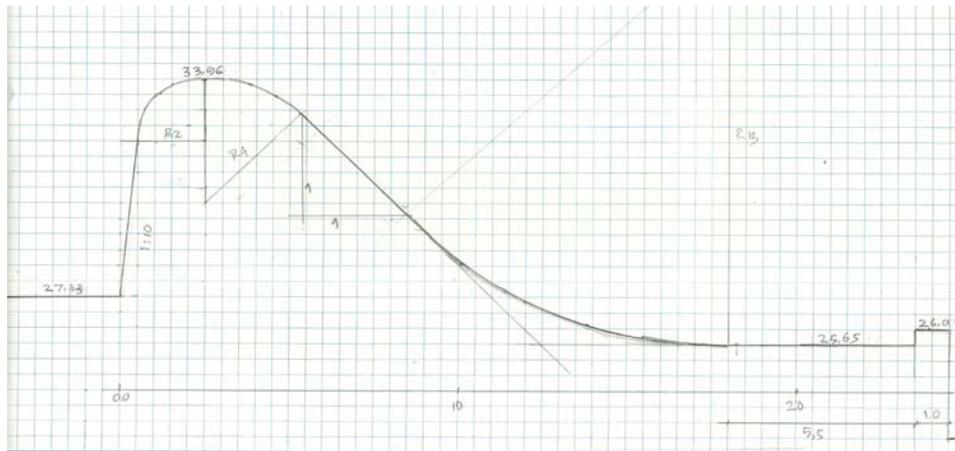
Pada Gambar 4.2 Gambar Debit Aliran AA, diperlihatkan aliran dengan debit terbesar rata<sup>2</sup> sebesar 4,6556147 lt/dt dalam percobaan dengan menggunakan mercu tipe A dengan tinggi air diatas mercu 2,25 cm model dan dengan kecepatan jatuh rata<sup>2</sup> sebesar 0,4687 m/dt. Sedangkan pola penggerusannya diperlihatkan pada Gambar 4.3 Gambar Gerusan yang terjadi dengan volume 240 ml model. Gerusan yang terjadi mengikuti pola kecepatan aliran pada hilir bendung.



**Gambar 4.2 Gambar Debit Aliran AA  $Q_{AA \text{ rata-rata}} = 4,6556147 \text{ lt/dt}$**



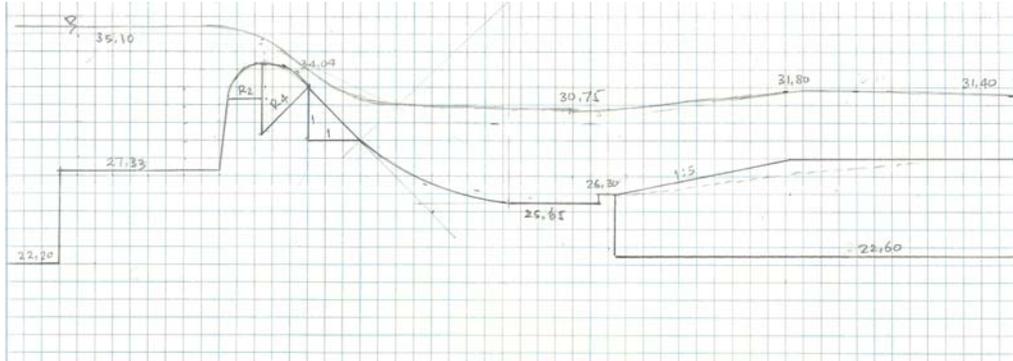
**Gambar 4.3 Gambar Penggerusan akibat  $Q_{AA \text{ rata-rata}} = 4,6556147 \text{ lt/dt}$   
Volume Gerusan 240 ml**



**Gambar 4.4 Gambar Mercu tipe B**

Gambar 4.4 memperlihatkan jenis mercu yang di desain dengan kemiringan tubuh mercu 1 : 1, yang berarti kemiringan vertikal dan kemiringan skala horisontal sama yaitu 1, pada mercu jenis B ini dialiri dengan 3 jenis debit yang dapat dilihat pada gambar 4.7 , gambar Rekap Hasil Perhitungan.

Pada Gambar 4.5 Gambar Debit Aliran BA, diperlihatkan aliran dengan debit terbesar rata<sup>2</sup> sebesar 4,45201044 lt/dt dalam percobaan dengan menggunakan mercu tipe B dengan tinggi air diatas mercu 2,10 cm model dan dengan kecepatan jatuh rata<sup>2</sup> sebesar 0,4348 m/dt. Sedangkan pola penggerusannya diperlihatkan pada Gambar 4.6 Gambar Gerusan yang terjadi dengan volume 640 ml model. Gerusan yang terjadi mengikuti pola kecepatan aliran pada hilir bendung.



**Gambar 4.5** Gambar Debit Aliran BA  $Q_{BA \text{ rata-rata}} = 4,45201044 \text{ lt/dt}$



**Gambar 4.6** Gambar Penggerusan akibat  $Q_{B \text{ rata-rata}} = 4,45201044 \text{ lt/dt}$

**Volume Gerusan 640 ml**

**Gambar 4.7 Gambar Rekap Hasil Perhitungan**

		Kecepatan [ $\text{m}/\text{dt}$ ]			Luas Penampang			Q [ $\text{lt}/\text{dt}$ ]			$Q_{\text{rata-rata}}$	Vol Gerusan
		Udik	K.Olak	Hilir	Udik	K.Olak	Hilir	Udik	K.Olak	Hilir	lt/dt	ml
A	A	0,3007	0,4687	0,2793	0,0152	0,009955	0,0167	4,8082	4,4743	4,6844	4,6556	240
	B	0,2366	0,4296	0,2221	0,0143	0,008580	0,0154	3,3861	3,6856	3,4128	3,4948	20
	C	0,0716	0,1862	0,0635	0,1431	0,007500	0,0154	1,0248	1,3968	0,9799	1,1339	9
B	A	0,3180	0,4348	0,2406	0,0159	0,009945	0,0175	4,8189	4,3236	4,2135	4,4520	640
	B	0,2018	0,3880	0,2117	0,0149	0,009400	0,0165	3,5030	3,6615	3,5012	3,5525	330
	C	0,0759	0,1363	=	0,0134	0,008500	=	1,0174	1,1558	=	1,1316	240

**Keterangan:**

- Kecepatan Udik = Kecepatan pada Udik bendung, kecepatan sesaat sebelum terjun
- Kecepatan K Olak = Kecepatan pada kolam olak , kecepatan pada saat terjun
- Kecepatan Hilir = Kecepatan pada Hilir bendung, kecepatan yang menghasilkan gerusan
- Luas Penampang = Luas penampang melintang saluran
- Q = Debit yang terjadi, besarnya debit ini tidak begitu sama disebabkan karena pada saat perhitungan luas penampang
- Volume Gerusan = jumlah endapan yang dihasilkan melalui pengeringan udara

## 5. PEMBAHASAN

### 5.1 Mercu Tipe A

Pada mercu ini dengan 2 jari<sup>2</sup> yaitu 1,5 cm dan 3 cm dengan kemiringan tubuh bendung yang kurang curam karena kemiringan tubuh bendung mempunyai sudut kemiringan yang lebih kecil dari 45° (kemiringan 7:8) dengan debit  $Q = 4,6556 \text{ l/dt}$  dihasilkan volume gerusan sebesar 240 ml, kecepatan sesaat akan melewati tubuh bendung adalah  $0,3007 \text{ m/dt}$  dan pada saat berada di kolam olak kecepatannya adalah  $0,4687 \text{ m/dt}$ , kecepatan yang terjadi ini lebih besar daripada saat akan melewati tubuh bendung, karena air yang melewatinya mengalami penerjunan dan langsung menghantam ruang kolam olak yang berada di bawahnya, sehingga mengalami hentakan dan pergolakan, hentakan dan pergolakan ini yang menghasilkan peredaman energi, sehingga kecepatan yang terjadi pada hilir bendung menjadi kecil, yaitu sebesar  $0,2793 \text{ m/dt}$ , tetapi kecepatan ini masih menghasilkan adanya gerusan pada hilir kolam olak seperti yang digambarkan pada gambar 4.3 sebesar 240 ml.

Untuk percobaan dengan kecepatan yang lebih kecil data dilihat pada gambar 4.7, yaitu rekap dari semua hasil percobaan.

### 5.2 Mercu Tipe B

Sedangkan pada mercu tipe B, meskipun dirancang sama dengan 2 jari<sup>2</sup> yaitu 2,0 cm dan 4 cm, dengan lebar mercu yang relatif lebih besar dari Mercu tipe A, tetapi mercu ini mempunyai kemiringan tubuh bendung normal karena kemiringan tubuh bendung mempunyai sudut kemiringan sebesar dari 45° (kemiringan 1:1) dengan debit  $Q = 4,4520 \text{ l/dt}$  dihasilkan volume gerusan sebesar 640 ml, meskipun kecepatan sesaat yang akan melewati tubuh bendung lebih kecil yaitu sebesar  $0,3180 \text{ m/dt}$  dan pada saat berada di kolam olak kecepatannya adalah  $0,4348 \text{ m/dt}$ , kecepatan yang terjadi ini lebih besar daripada saat akan melewati tubuh bendung, karena air yang melewatinya mengalami penerjunan dan langsung menghantam ruang kolam olak yang berada di bawahnya, sehingga mengalami hentakan dan pergolakan, hentakan dan pergolakan ini yang menghasilkan peredaman energi, karena kecepatan yang menghantam kolam olak lebih kecil dari kecepatan yang terjadi pada Mercu tipe A, maka peredaman energi yang terjadi juga lebih kecil, sehingga kecepatan yang terjadi pada hilir bendung menjadi sebesar  $0,2406 \text{ m/dt}$ , sehingga kecepatan ini menghasilkan adanya gerusan yang lebih besar pada hilir kolam olak seperti yang digambarkan pada gambar 4.6 sebesar 640 ml.

Untuk percobaan dengan kecepatan yang lebih kecil data dilihat pada gambar 4.7, yaitu rekap dari semua hasil percobaan.

## **6. SIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1 Simpulan**

Terlihat dari perhitungan rekap bahwa besarnya volume penggerusan yang terjadi akibat adanya bendung tipe B lebih besar jika dibandingkan dengan bendung tipe A, walaupun dengan debit yang hampir sama besarnya, dan ketinggian mercu yang sama, ini dikarenakan kemiringan tubuh bendung tipe B yang lebih curam (1 : 1), sehingga mercu dengan kemiringan tubuh bendung yang lebih landai akan lebih baik untuk dipergunakan pada kondisi sebenarnya/prototipe.

### **6.2 Saran**

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan adanya simulasi daripada kolam olak yang berfungsi sebagai peredam energi, baik dengan :

- Membuat lebih kasar kolam olak.
- Memperpanjang kolam olak.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Kriteria Perencanaan ( KP) 01, Perencanaan Jaringan Irigasi.
2. Kriteria Perencanaan ( KP) 02, Perencanaan Bangunan Utama.
3. Kriteria Perencanaan ( KP) 03, Perencanaan Saluran.
4. Kriteria Perencanaan ( KP) 04, Perencanaan Bangunan.
5. Kriteria Perencanaan ( KP) 05, Perencanaan Petak Tersier.
6. Kriteria Perencanaan ( KP) 06, Perencanaan Parameter Bangunan.
7. Kriteria Perencanaan ( KP) 07, Perencanaan Standar Penggambaran.
8. Kriteria Perencanaan ( KP) 08, Perencanaan Pintu.
9. Mawardi Erman, Desain Hidraulik Bangunan Irigasi.
10. Mawardi Erman, Desain Hidraulik Bendung Tetap.
11. Memed, M., Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk irigasi Teknis.