

LAPORAN PENELITIAN

**PENGERUSAN DI HILIR BENDUNG
DENGAN MERCU TYPE VLUGTER**



PENELITI / TIM PENELITI

Ketua : Ir.Maria Christine Sutandi.,MSc 210010-0419125901

Anggota : Ir.KanjaliaTjandrapuspa T.,MT 21008-0424084901

Ir.Ginardy Husada.,M.T 210006-0410025701

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG**

November - 2014

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Penggerusan di Hilir Bendung dengan Mercu Type Vlugter
2. **Ketua Peneliti**
Nama lengkap : Ir.Maria Christine Sutandi.,MSc
NIK / NIDN : 210010 / 04-1912-5901
Jabatan fungsional : Lektor
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil
Bidang keahlian : Hidroteknik
Email : mrxtime@gmail.com
3. **Anggota Peneliti**
Nama Lengkap : Ir.Kanjalia Tjandrapuspa Tanamal.,MT
NIK / NIDN : 210008 / 04-2408-4901
Nama Lengkap : Ir.Ginardy Husada.,M.T
NIK / NIDN : 210006 / 04-1002-5701
4. **Luaran yang ditargetkan** : Publikasi (nasional dan produk)
5. **Waktu Penelitian** : 01 Maret 2014 s/d 01 November 2014
6. **Biaya Penelitian**
Dana UKM :

Bandung, 12 Maret 2013

Menyetujui,

Dekan Fakultas



Ir.Aan Darmawan, MT
NIK.: 220007

Ketua Peneliti,

Ir.Maria Christine Sutandi.,MSc
NIK.: 210010

Mengetahui,
Ketua LPPM UK Maranatha,



DR Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, BSEE, MSSE
NIK : 720003

Abstrak

Indonesia merupakan sebuah negara berkembang yang beriklim tropis. Dengan sumber daya alam yang melimpah terutama sumber daya air, serta kondisi masyarakat yang agraris sehingga sektor pertanian berpotensi besar dan perlu dikembangkan di Indonesia.

Untuk menunjang hal tersebut maka diperlukan jaringan irigasi, untuk dapat mengairi jaringan irigasi ini dari sumbernya yaitu sungai yang terletak di hulu diperlukan pembuatan bendung agar muka air sungai dapat ditinggikan, dengan tujuan dapat menjangkau area persawahan yang lebih luas.

Kestabilan dari bendung dipengaruhi oleh penggerusan di hilir bendung, sehingga perlu diadakan penelitian penggerusan dihilir bendung, dalam penelitian ini digunakan Bendung dengan tipe Mercuri Vlugter.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung besarnya gerusan di hilir bendung dengan tipe mercu Vlugter. Dan Manfaat penelitian ini sebagai model untuk dapat ditindaklanjuti dengan prototipe.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang dilimpahkan-Nya sehingga Laporan Penelitian dengan judul Penggerusan di Hilir Bendung dengan Mercu Type Vlugter yang dilaksanakan kami dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Penelitian ini belum sempurna, oleh karena itu penulis sangat berterimakasih atas segala kritik dan saran yang ditujukan pada Laporan Penelitian ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini, khususnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Benjamin Soenarko, MSME, selaku Ketua LPPM Universitas Kristen Maranatha.
2. Ir.Aan Darmawan.,MT, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha.
3. Dr. Anang Kristianto, ST.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha.

Akhir kata Penulis berharap, Penelitian ini dapat memberikan sumbang saran bagi kemajuan dunia Teknik Sipil , khususnya dalam bidang Bangunan Air dan pihak-pihak yang memerlukan.

Bandung , November 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Perumusan Masalah / Identifikasi Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Kerangka Pemikiran dan Hipotesis	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pendahuluan	3
2.2 Bendung	4
2.2.1 Syarat-syarat Konstruksi Bendung	4
2.2.2 Data-data Perencanaan Bendung	5
2.2.3 Pemilihan Lokasi Bendung	5
2.2.4 Tinggi Muka Air Maksimum	5
2.2.5 Elevasi Mercu Bendung	6
2.2.6 Tinggi Air di Atas Mercu	6

2.2.7	Lebar Effektif Bendung	7
2.2.8	Panjang dan Dalam Kolam Olak	8
2.2.9	Panjang Lantai Muka	9
BAB III METODE PENELITIAN		10
BAB IV HASIL PENELITIAN		11
4.1	Mercu Tipe A	11
4.1.1	Perhitungan Kecepatan Mercu Tipe A	11
4.1.2	Perhitungan Debit Mercu Tipe A	15
4.1.3	Perhitungan Penggerusan Tipe A	18
4.2	Mercu Tipe B	21
4.2.1	Perhitungan Kecepatan Mercu Tipe B	22
4.2.2	Perhitungan Debit Mercu Tipe A	25
4.2.3	Perhitungan Penggerusan Tipe B	27
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		30
5.1	Simpulan	30
5.1	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA		32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal Pelaksanaan	10
Tabel 4.2	Rekap Perhitungan	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Metodologi Penelitian	10
Gambar 4.1	Mercu Tipe A	12
Gambar 4.2	Debit Aliran AA	15
Gambar 4.3	Debit Aliran AB	16
Gambar 4.4	Debit Aliran AC	17
Gambar 4.5	Penggerusan AA	19
Gambar 4.6	Penggerusan AB	20
Gambar 4.7	Penggerusan AC	21
Gambar 4.8	Mercu Tipe B	21
Gambar 4.9	Debit Aliran BA	25
Gambar 4.10	Debit Aliran BB	26
Gambar 4.11	Debit Aliran BC	27
Gambar 4.12	Penggerusan BA	28
Gambar 4.13	Penggerusan BB	28
Gambar 4.14	Penggerusan BC	29

BAB I

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.

Untuk menunjang sektor pertanian maka diperlukan jaringan irigasi yang memadai untuk bisa mengairi jaringan irigasi ini. Adapun sumber air yang akerapkali 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 pengerusan di hilir bendung, sehingga perlu diadakan penelitian pengerusan dihilir bendung, dalam penelitian ini digunakan Bendung dengan type Mercuri Vlugter.

1.2 Perumusan masalah/Identifikasi masalah

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

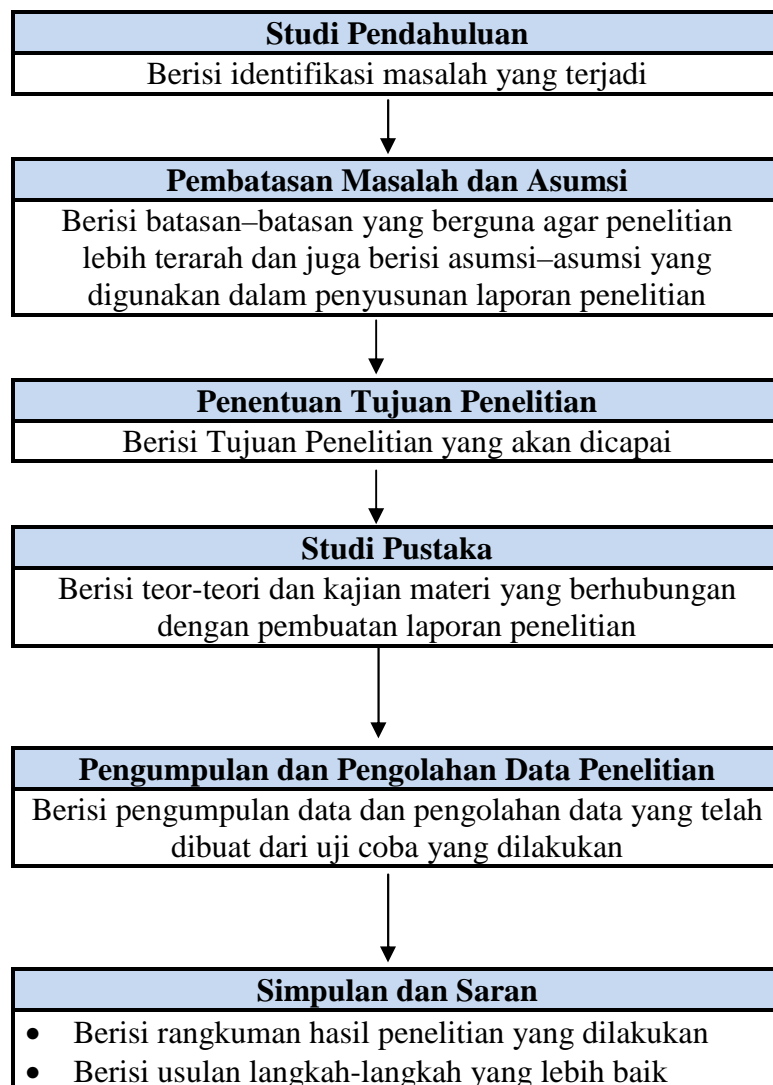
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menghitung besarnya gerusan di hilir bendung dengan mercu jenis Vlughter.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai model untuk dapat ditindaklanjuti dengan prototipe

1.5 Kerangka Penelitian dan Hipotesis



BAB II

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 ke berbagai 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.,2002).

Untuk dapat mengairi suatu daerah irigasi, haruslah ditinjau adanya sumber airnya, yaitu sungai yang memiliki debit dan elevasi yang cukup untuk disadap 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 diiri. 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 :

- ✓ Menaikkan 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.
- d. Data Geologi.
- e. Data Mekanika Tanah.
- f. Standar Perencanaan (PBI, PKKI, PMI, dll).
- g. 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 (Q_d)

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 :

- a. 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.

b. 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.

c. 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 :

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

B_e = Lebar Effektif Bendung

B = Lebar seluruh Bendung.

- n = Jumlah pilar
- K_p = Koef Kontraksi Pilar = 0,01
- K_a = Koef Kontraksi Pangkal Bendung = 0,2
- H₁ = 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 Ruang Olak tipe Vlugter dengan mercu bulat dengan 2 jenis jari-jari.

Bab III

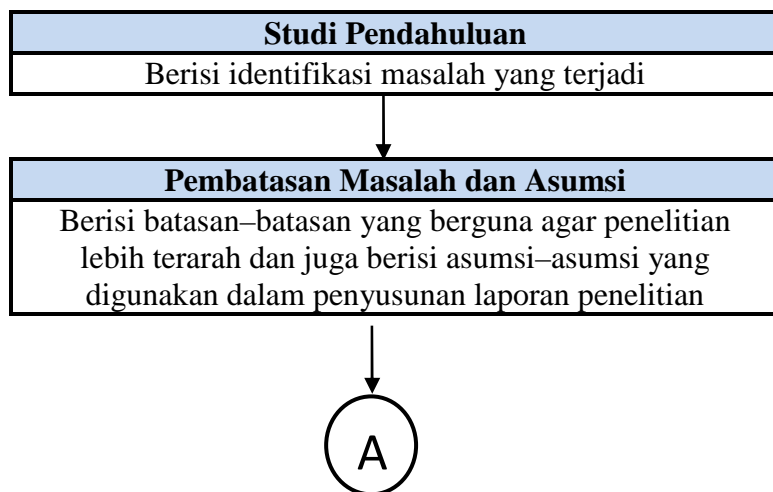
METODE PENELITIAN

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

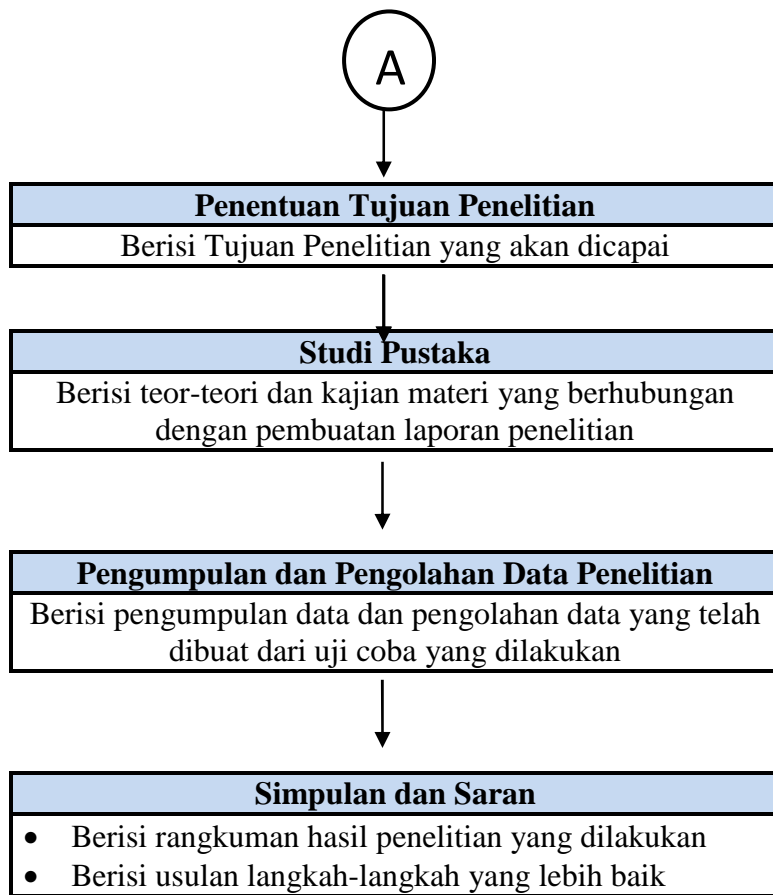
Sedangkan Metodologi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

No.	Keterangan	Bulan ke -							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Persiapan:								
a	Daftar Pustaka dan Teori penunjang	■	■						
b	Perhitungan manual	■	■						
2	Pelaksanaan:								
a	Persiapan bahan dan alat	■	■						
b	Pembuatan model		■	■	■				
c	Percobaan			■	■	■	■		
3	Pengolahan Data:					■	■		
4	Diskusi					■	■	■	■
5	Penyusunan Laporan & luaran / outcome penelitian					■	■	■	■

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

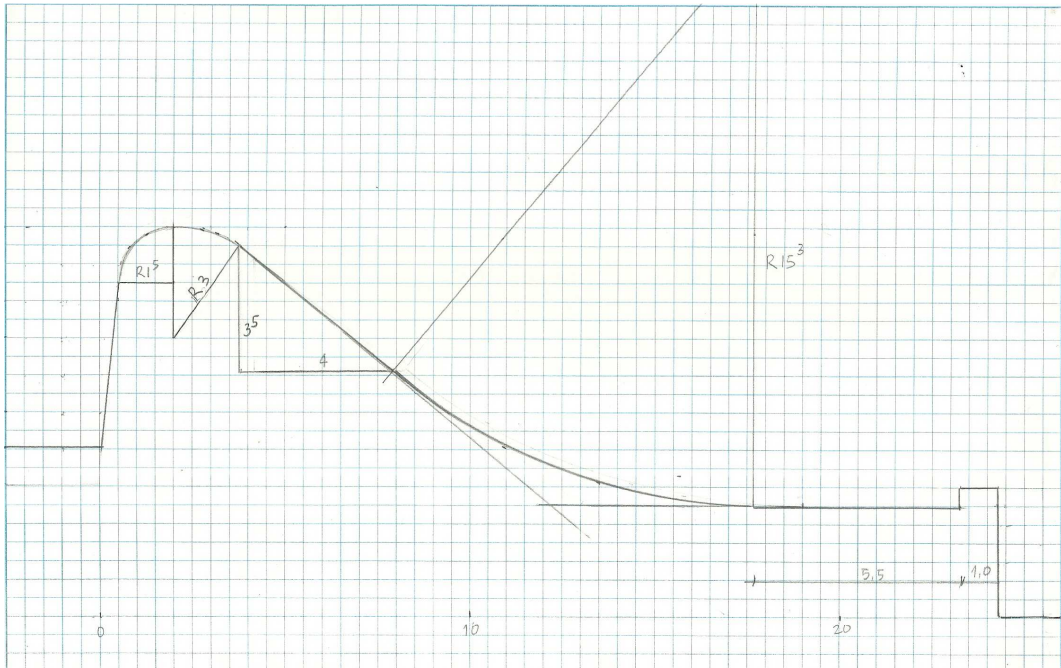


Gambar 3.1 Metodologi Penelitian (lanjutan)

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Mercu Tipe A



Gambar 4.1 Gambar Mercu tipe A

4.1.1 Perhitungan Kecepatan Mercu Tipe A

↳ Kecepatan AA

- Elevasi Dasar Saluran Hulu Bendung + 27,29

Bacaan MT + 35,31

Tinggi air Hulu Bendung = 35,31 – 27,29 = 8,02 cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (159 + 157 + 156) : 3 = 157,333$ putaran

$n = N/T = 157,333 / 60 = 2,6222 \rightarrow U = 0,1040 n + 0,028$

$U_1 = 0,1040 \times 2,6222 + 0,028 = 0,3007 \text{ m/dt}$

- Elevasi Dasar Kolam Olak + 25,65

Bacaan MT + 30,55

Tinggi air Hulu Bendung = $30,55 - 25,65 = 4,90$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (254 + 256 + 252) : 3 = 254$ putaran

$n = N/T = 254 / 60 = 4,2333 \rightarrow U=0,1040 n+0,028$

$U_2 = 0,1040 \times 4,2333 + 0,028 = 0,4682666 \text{ m/dt}$

- Elevasi Dasar Saluran Hilir Bendung + 22,50

Bacaan MT + 31,10

Tinggi air Hulu Bendung = $31,10 - 22,50 = 8,60$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (144 + 145 + 146) : 3 = 145$ putaran

$n = N/T = 145 / 60 = 2,416667 \rightarrow U=0,1040 n+0,028$

$U_3 = 0,1040 \times 2,416667 + 0,028 = 0,27933 \text{ m/dt}$

↳ Kecepatan AB

- Elevasi Dasar Saluran Hulu Bendung + 27,29

Bacaan MT + 34,63

Tinggi air Hulu Bendung = $34,63 - 27,29 = 7,34$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (159 + 157 + 156) : 3 = 120,3333$ putaran

$n = N/T = 120,333 / 60 = 2,005555 \rightarrow U=0,1040 n+0,028$

$U_1 = 0,1040 \times 2,005555 + 0,028 = 0,236578 \text{ m/dt}$

- Elevasi Dasar Kolam Olak + 25,65

Bacaan MT + 30,09

Tinggi air Hulu Bendung = $30,09 - 25,65 = 4,44$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (231 + 230 + 234) : 3 = 231,6667$ putaran

$n = N/T = 231,6667 / 60 = 3,86111 \rightarrow U=0,1040 n+0,028$

$U_2 = 0,1040 \times 3,816667 + 0,028 = 0,429556 \text{ m/dt}$

- Elevasi Dasar Saluran Hilir Bendung + 22,50

Bacaan MT + 30,42

Tinggi air Hulu Bendung = $30,42 - 22,50 = 7,92$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (110 + 112 + 112) : 3 = 111,3333$ putaran

$n = N/T = 111,333 / 60 = 1,855556 \rightarrow U=0,1040 n+0,028$

$U_3 = 0,1040 \times 1,85556 + 0,028 = 0,22209778 \text{ m/dt}$

↳ Kecepatan AC

- Elevasi Dasar Saluran Hulu Bendung + 27,29

Bacaan MT + 34,63

Tinggi air Hulu Bendung = $34,63 - 27,29 = 7,34$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (21 + 20 + 19) : 3 = 20$ putaran

$n = N/T = 20 / 60 = 0,333 \rightarrow U=0,0978 n + 0,039$

$U_1 = 0,0978 \times 0,3333 + 0,039 = 0,0716 \text{ m/dt}$

- Elevasi Dasar Kolam Olak + 25,65

Bacaan MT + 29,47

Tinggi air Hulu Bendung = $29,47 - 25,65 = 3,82$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{rata-rata}$

$N_{rata-rata} = (89 + 90 + 92) : 3 = 90,333$ putaran

$n = N/T = 90,333 / 60 = 1,50555 \rightarrow U = 0,0978 + 0,039$

$U_2 = 0,0978 n + 0,039 = 0,1862433 \text{ m/dt}$

- Elevasi Dasar Saluran Hilir Bendung + 22,50

Bacaan MT + 30,42

Tinggi air Hulu Bendung = $30,42 - 22,50 = 7,92$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{rata-rata}$

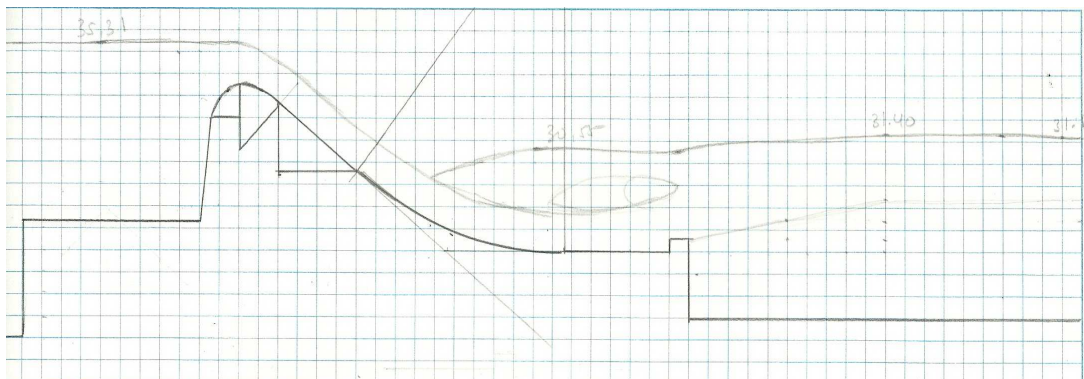
$N_{rata-rata} = (14 + 15 + 16) : 3 = 15$ putaran

$n = N/T = 15 / 60 = 0,25 \rightarrow U = 0,0978 n + 0,039$

$U_3 = 0,0978 \times 0,25 + 0,039 = 0,06345 \text{ m/dt}$

4.1.2 Perhitungan Debit Mercu Tipe A

↳ Debit AA



Gambar 4.2 Gambar Debit Aliran AA

- Pada Hulu Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0820 \times 0,195 = 0,01599 \text{ m}^2$$

$$\text{Debit} = A \times U$$

$$Q_1 = (0,01599 \times 0,3007) \times 1000 = 4,808193 \text{ lt/dt}$$

- Pada Dasar Kolam Olak

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0490 \times 0,195 = 0,009555 \text{ m}^2$$

$$\text{Debit} = A \times U$$

$$Q_2 = (0,009555 \times 0,4682666) \times 1000 = 4,474287 \text{ lt/dt}$$

- Pada Hilir Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

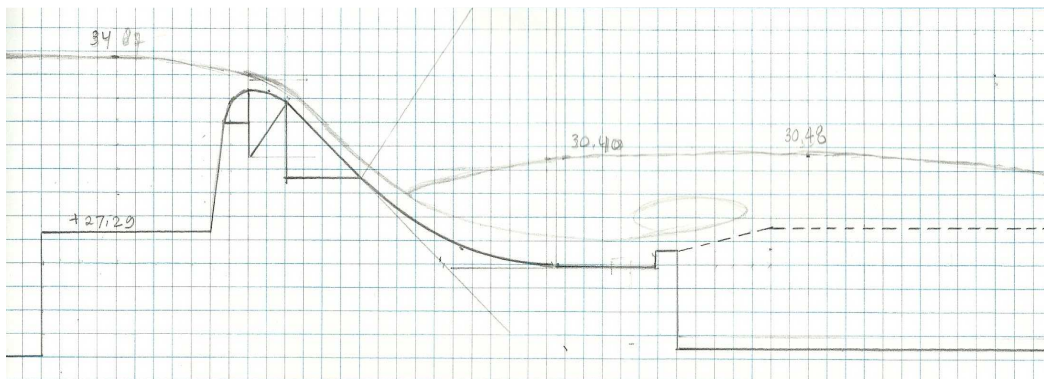
$$A = 0,0860 \times 0,195 = 0,01677 \text{ m}^2$$

$$\text{Debit} = A \times U$$

$$Q_3 = (0,01677 \times 0,27933) \times 1000 = 4,684364 \text{ lt/dt}$$

$$\Rightarrow Q_B \text{ rata-rata} = 4,6556147 \text{ lt/dt}$$

\Rightarrow Debit AB



Gambar 4.3 Gambar Debit Aliran AB

- Pada Hulu Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0734 \times 0,195 = 0,014313 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_1 = (0,014313 \times 0,236578) \times 1000 = 3,386137 \text{ lt/dt}$$

- Pada Dasar Kolam Olak

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,044 \times 0,195 = 0,00858 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_2 = (0,00858 \times 0,429556) \times 1000 = 3,685587 \text{ lt/dt}$$

- Pada Hilir Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

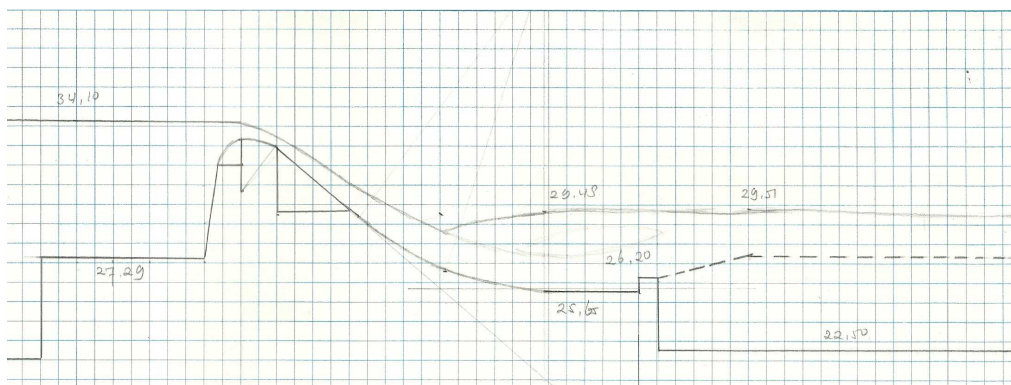
$$A = 0,0792 \times 0,195 = 0,015444 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_3 = (0,015444 \times 0,2209778) \times 1000 = 3,412781 \text{ lt/dt}$$

$$\curvearrowright Q_{\text{rata-rata}} = 3,494835 \text{ lt/dt}$$

\curvearrowright Debit AC



Gambar 4.4 Gambar Debit Aliran AC

- Pada Hulu Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0734 \times 0,195 = 0,014313 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_1 = (0,014313 \times 0,0716) \times 1000 = 1,0248108 \text{ lt/dt}$$

- Pada Dasar Kolam Olak

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0382 \times 0,195 = 0,0075 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_2 = (0,0075 \times 0,1862433) \times 1000 = 1,39682475 \text{ lt/dt}$$

- Pada Hilir Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0792 \times 0,195 = 0,015444 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_3 = (0,015444 \times 0,06345) \times 1000 = 0,9799218 \text{ lt/dt}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{Krata-rata}} = 1,13385 \text{ lt/dt}$$

4.1.3 Perhitungan Penggerusan Dengan Mercu Tipe A

$$\Rightarrow \text{Debit AA} = 4,6556147 \text{ lt/dt}$$

Berat Tempat = 185 gram

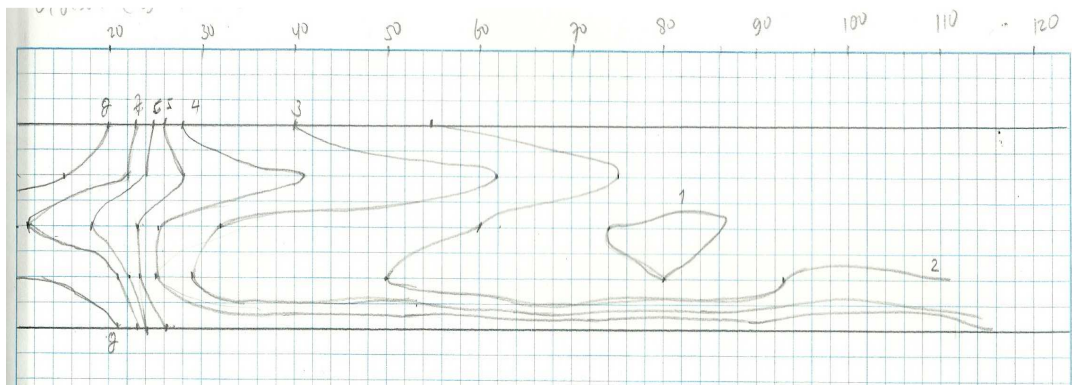
Berat Tempat + Pasir Basah = 678 gram

Berat Tempat + Pasir Kering = 569 gram

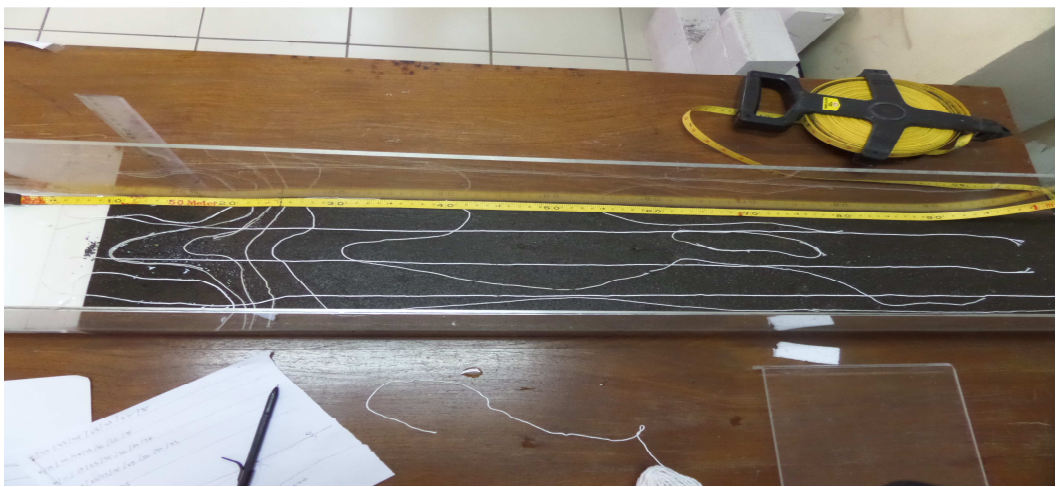
Berat Pasir Kering = 384 gram

Volume Pasir Kering = 240 cc

Berat Volume Pasir = $384 : 240 = 1,600 \text{ gr/cc}$



Gambar 4.5 Gambar Penggerusan Dengan Debit AA (1)



Gambar 4.5 Gambar Penggerusan Dengan Debit AA(1 Lanjutan)

↪ Debit AB = 3,494835 lt/dt

Berat Tempat = 185 gram

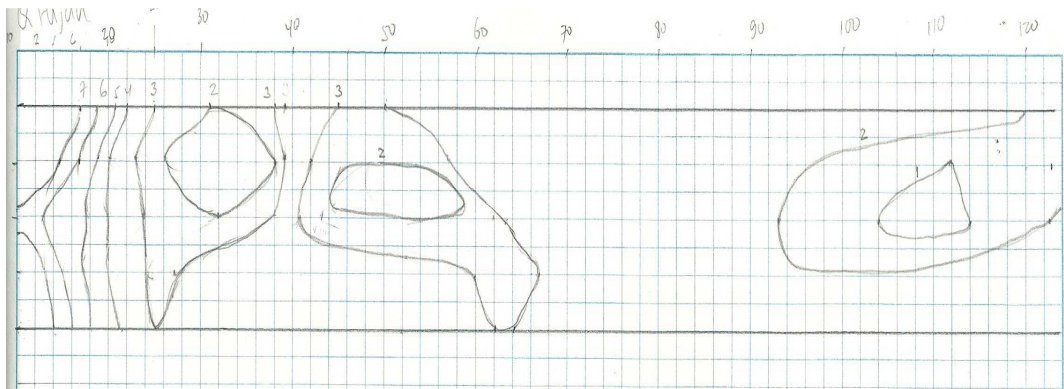
Berat Tempat + Pasir Basah = 235 gram

Berat Tempat + Pasir Kering = 219 gram

Berat Pasir Kering = 34 gram

Volume Pasir Kering = 20 cc

Berat Volume Pasir = $34 : 20 = 1,700 \text{ gr/cc}$



Gambar 4.6 Gambar Penggerusan Dengan Debit AB (1)



Gambar 4.6 Gambar Penggerusan Dengan Debit AB (1 Lanjutan)

↳ Debit AC = 1,13385 lt/dt

Berat Tempal = 185 gram

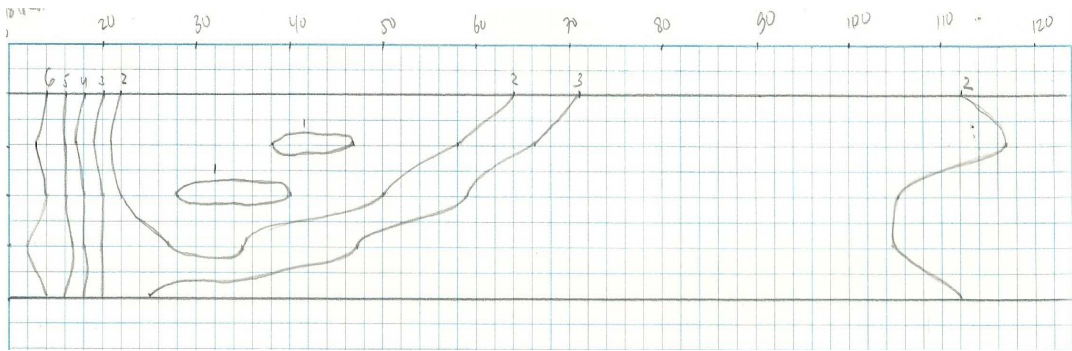
Berat Tempal + Pasir Basah = 205 gram

Berat Tempal + Pasir Kering = 200 gram

Berat Pasir Kering = 15 gram

Volume Pasir Kering = 9 cc

Berat Volume Pasir = $15 : 9 = 1,667 \text{ gr/cc}$



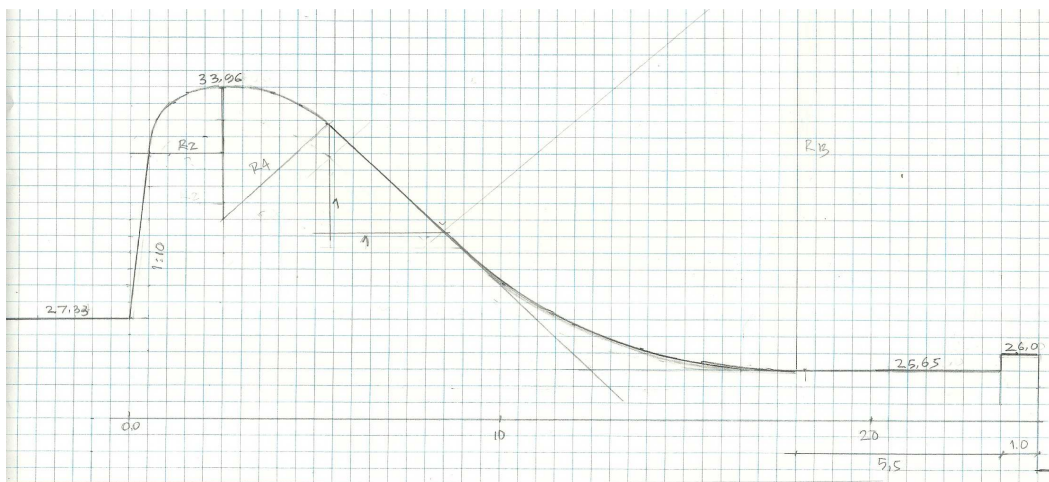
Gambar 4.7 Gambar Penggerusan dengan Debit AC (1)



Gambar 4.7 Gambar Penggerusan dengan Debit AC (1 Lanjutan)

Berat Volume Pasir Rata-rata = $1,65567 \text{ gr/cc}$

4.2 Mercu Tipe B



Gambar 4.8 Gambar Mercu Tipe B

4.2.1 Perhitungan Kecepatan Mercu tipe B

↳ Kecepatan BA

- Elevasi Dasar Saluran Hulu Bendung + 27,33

Bacaan MT + 35,10

Tinggi air Hulu Bendung = $35,10 - 27,33 = 7,77$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (165 + 170 + 167) : 3 = 167,333$ putaran

$n = N/T = 167,333 / 60 = 2,78888 \rightarrow U = 0,1040 n + 0,028$

$U_1 = 0,1040 \times 2,78888 + 0,028 = 0,3180$ m/dt

- Elevasi Dasar Kolam Olak + 25,65

Bacaan MT + 30,75

Tinggi air Hulu Bendung = $30,75 - 25,65 = 5,10$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (235 + 236 + 233) : 3 = 234,666$ putaran

$n = N/T = 234,666 / 60 = 4,2333 \rightarrow U = 0,1040 n + 0,028$

$U_2 = 0,1040 \times 4,2333 + 0,028 = 0,434755$ m/dt

- Elevasi Dasar Saluran Hilir Bendung + 21,76

Bacaan MT + 30,76

Tinggi air Hulu Bendung = $30,76 - 21,76 = 8,78$ cm

Waktu = T = 60 detik

Jumlah Putaran Baling² rata-rata = $N_{\text{rata-rata}}$

$N_{\text{rata-rata}} = (120 + 128 + 120) : 3 = 122,6666$ putaran

$n = N/T = 122,6666 / 60 = 2,04444 \rightarrow U = 0,1040 n + 0,028$

$$U_3 = 0,1040 \times 2,404444 + 0,028 = 0,240622 \text{ m/dt}$$

↳ Kecepatan BB

- Elevasi Dasar Saluran Hulu Bendung + 27,33

$$\text{Bacaan MT} + 34,76$$

$$\text{Tinggi air Hulu Bendung} = 34,76 - 27,33 = 7,43 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu} = T = 60 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah Putaran Baling}^2 \text{ rata-rata} = N_{\text{rata-rata}}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (122 + 123 + 125) : 3 = 123,333 \text{ putaran}$$

$$n = N/T = 123,333 / 60 = 2,055555 \rightarrow U = 0,1040 n + 0,028$$

$$U_1 = 0,1040 \times 2,05555 + 0,028 = 0,2417777 \text{ m/dt}$$

- Elevasi Dasar Kolam Olak + 25,65

$$\text{Bacaan MT} + 30,45$$

$$\text{Tinggi air Hulu Bendung} = 30,45 - 25,65 = 4,80 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu} = T = 60 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah Putaran Baling}^2 \text{ rata-rata} = N_{\text{rata-rata}}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (206 + 208 + 209) : 3 = 207,6666 \text{ putaran}$$

$$n = N/T = 207,6666 / 60 = 3,46111 \rightarrow U = 0,1040 n + 0,028$$

$$U_2 = 0,1040 \times 3,46111 + 0,028 = 0,3879555 \text{ m/dt}$$

- Elevasi Dasar Saluran Hilir Bendung + 21,78

$$\text{Bacaan MT} + 30,24$$

$$\text{Tinggi air Hulu Bendung} = 30,24 - 21,78 = 8,48 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu} = T = 60 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah Putaran Baling}^2 \text{ rata-rata} = N_{\text{rata-rata}}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (105 + 105 + 108) : 3 = 106 \text{ putaran}$$

$$n = N/T = 106 / 60 = 1,766666 \rightarrow U=0,1040 n+0,028$$

$$U_3 = 0,1040 \times 1,766666 + 0,028 = 0,211733 \text{ m/dt}$$

↳ Kecepatan BC

- Elevasi Dasar Saluran Hulu Bendung + 27,33

$$\text{Bacaan MT} + 34,20$$

$$\text{Tinggi air Hulu Bendung} = 34,20 - 27,33 = 6,87 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu} = T = 60 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah Putaran Baling}^2 \text{ rata-rata} = N_{\text{rata-rata}}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (20 + 22 + 26) : 3 = 22,66666 \text{ putaran}$$

$$n = N/T = 22,6666 / 60 = 0,37777 \rightarrow U=0,0978 n + 0,039$$

$$U_1 = 0,0978 \times 0,37777 + 0,039 = 0,0759466 \text{ m/dt}$$

- Elevasi Dasar Kolam Olak + 25,65

$$\text{Bacaan MT} + 30,00$$

$$\text{Tinggi air Hulu Bendung} = 30,00 - 25,65 = 4,35 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu} = T = 60 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah Putaran Baling}^2 \text{ rata-rata} = N_{\text{rata-rata}}$$

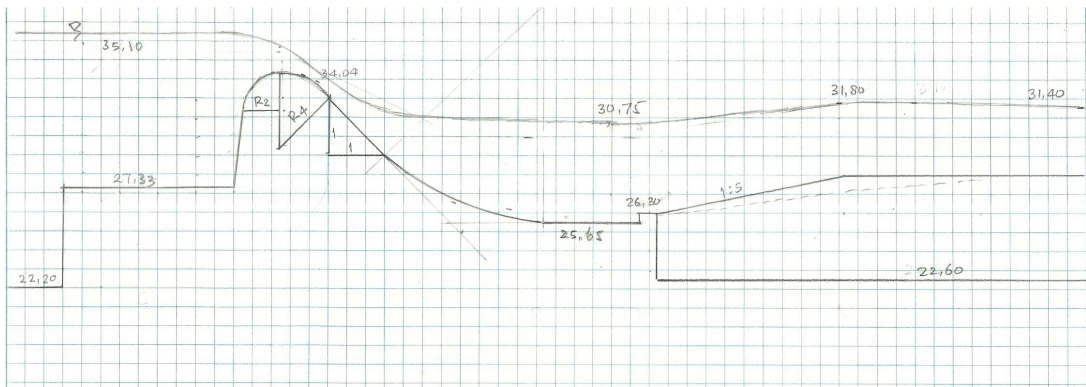
$$N_{\text{rata-rata}} = (56 + 60 + 63) : 3 = 59,666 \text{ putaran}$$

$$n = N/T = 59,6666 / 60 = 0,9944 \rightarrow U=0,0978 n + 0,039$$

$$U_2 = 0,0978 n + 0,039 = 0,1362566 \text{ m/dt}$$

4.2.2 Perhitungan Debit Mercu Tipe B

↳ Debit BA



Gambar 4.9 Gambar Debit Aliran BA

- Pada Hulu Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0777 \times 0,195 = 0,0151515 \text{ m}^2$$

$$\text{Debit} = A \times U$$

$$Q_1 = (0,0151515 \times 0,3180) \times 1000 = 4,8188504 \text{ lt/dt}$$

- Pada Dasar Kolam Olak

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,051 \times 0,195 = 0,009945 \text{ m}^2$$

$$\text{Debit} = A \times U$$

$$Q_2 = (0,009945 \times 0,434755) \times 1000 = 4,323644 \text{ lt/dt}$$

- Pada Hilir Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

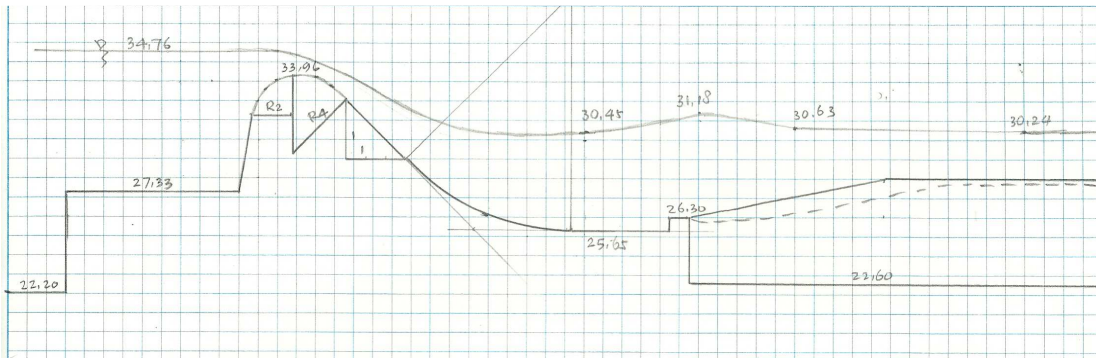
$$A = 0,0878 \times 0,195 = 0,017511 \text{ m}^2$$

$$\text{Debit} = A \times U$$

$$Q_3 = (0,017511 \times 0,240622) \times 1000 = 4,213535 \text{ lt/dt}$$

↳ $Q_{BA \text{ rata-rata}} = 4,45201044 \text{ lt/dt}$

↪ Debit BB



Gambar 4.10 Gambar Debit Aliran BB

- Pada Hulu Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0743 \times 0,195 = 0,0144885 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_1 = (0,0144885 \times 0,241777) \times 1000 = 3,503 \text{ lt/dt}$$

- Pada Dasar Kolam Olak

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,048 \times 0,195 = 0,009438 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_2 = (0,009438 \times 0,3879555) \times 1000 = 3,661524 \text{ lt/dt}$$

- Pada Hilir Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

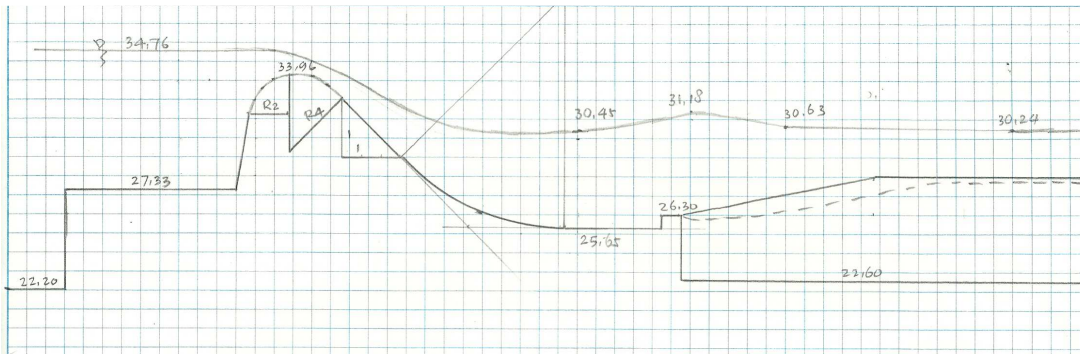
$$A = 0,0848 \times 0,195 = 0,016536 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_3 = (0,016536 \times 0,211733) \times 1000 = 3,5012224 \text{ lt/dt}$$

↪ $Q_{BB\text{rata-rata}} = 3,552488 \text{ lt/dt}$

↪ Debit BC



Gambar 4.11 Gambar Debit Aliran BC

- Pada Hulu Bendung

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0687 \times 0,195 = 0,0133965 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_1 = (0,0133965 \times 0,0759466) \times 1000 = 1,01741952 \text{ lt/dt}$$

- Pada Dasar Kolam Olak

Luas Penampang Melintang = $A = \text{Tinggi} \times \text{Lebar}$

$$A = 0,0435 \times 0,195 = 0,0084825 \text{ m}^2$$

Debit = $A \times U$

$$Q_2 = (0,0084825 \times 0,1362566) \times 1000 = 1,1557966 \text{ lt/dt}$$

↪ $Q_{BCrata-rata} = 1,1316080 \text{ lt/dt}$

4.2.3 Perhitungan Penggerusan Mercu Tipe B

↪ Debit BA = 4,45201044 lt/dt

Berat Tempat = 185 gram

Berat Tempat + Pasir Basah = 1330 gram

Berat Tempat + Pasir Kering = 1218 gram

Berat Pasir Kering = 1033 gram

Volume Pasir Kering = 630 cc

Berat Volume Pasir = $1033 : 630 = 1,6397 \text{ gr/cc}$



GAMBAR 4.12 Gambar Penggerusan dengan Debit BA

↪ Debit BB = 3,552488 lt/dt

Berat Tempat = 185 gram

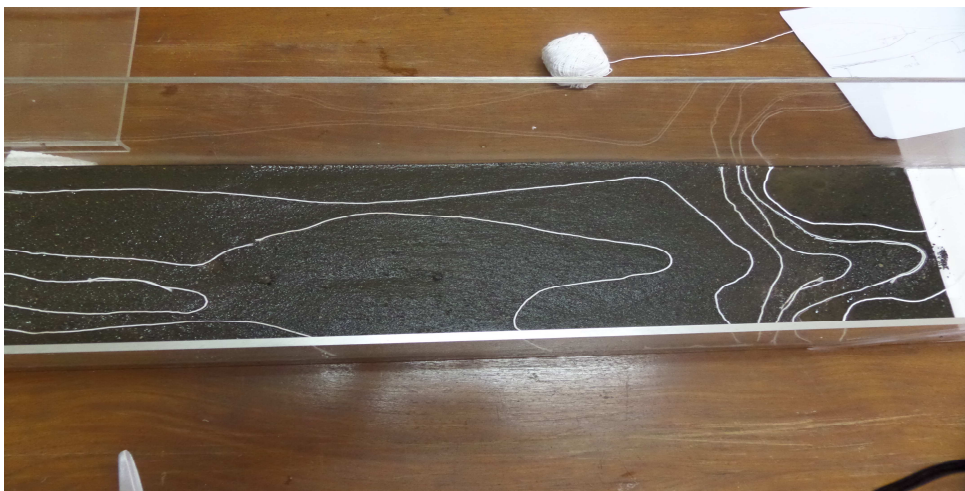
Berat Tempat + Pasir Basah = 870 gram

Berat Tempat + Pasir Kering = 708 gram

Berat Pasir Kering = 523 gram

Volume Pasir Kering = 330 cc

Berat Volume Pasir = $523 : 330 = 1,5849 \text{ gr/cc}$



GAMBAR 4.13 Gambar Penggerusan dengan Debit BB

↪ Debit BC = 1,1316080 lt/dt

Berat Tempas = 185 gram

Berat Tempas + Pasir Basah = 678 gram

Berat Tempas + Pasir Kering = 570 gram

Berat Pasir Kering = 385 gram

Volume Pasir Kering = 240 cc

Berat Volume Pasir = $385 : 240 = 1,6042 \text{ gr/cc}$



GAMBAR 4.14 Gambar Penggerusan dengan Debit BC

Berat Volume Pasir Rata-rata = $1,6096 \text{ gr/cc}$

		Kecepatan [m/dt]			Luas Penampang			Q [lt/dt]			Q _{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	630
	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

Tabel 4.2 Tabel Rekap Perhitungan

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Terlihat baik dari perhitungan maupun tabel rekap perhitungan 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 yang lebih curam (1 : 1) jika dibandingkan kemiringan tubuh bendung tipe A (3,5 : 4).

5.2 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

- Kriteria Perencanaan (KP) 01
- Kriteria Perencanaan (KP) 02
- Kriteria Perencanaan (KP) 03
- Kriteria Perencanaan (KP) 04
- Kriteria Perencanaan (KP) 05
- Kriteria Perencanaan (KP) 06
- Kriteria Perencanaan (KP) 07
- Kriteria Perencanaan (KP) 08
- Mawardi Erman, Desain Hidraulik Bangunan Irigasi.
- Memed, M., Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk irigasi Teknis.