

Dan Kami hamparkan bumi ini
dan Kami letakkan padanya gunung-gunung yang kokoh
dan Kami tumbuhkan padanya segala macam tanaman
yang indah dipandang mata

Untuk menjadikan pelajaran dan peringatan
bagi tiap-tiap hamba yang kembali (mengingat Allah)

Dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya
lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon
dan biji-biji tanaman yang diketam

Dan pohon kurma yang tinggi-tinggi
yang mempunyai mayang yang bersusun-susun
untuk menjadi rezki bagi hamba-hamba Kami
dan Kami hidupakan dengan air itu tanah yang mati (kering)

Seperti itulah terjadinya kebangkitan

(QS. Qaaf 7 - 11)

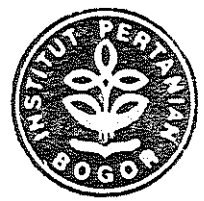
STRI HAKKAT204R39 790	
KARTU IDENTITAS	
NAMA LENGKAP	IRAG ANHET
ALAMAT	...
NO. KARTU	...
TAHUN	...

F/Me/1991/038

ANALISIS OPTIMASI DIMENSI HIDROLIK PELIMPAH BENDUNG TIPE GERGAJI DENGAN PENDEKATAN UJI MODEL



Oleh
SUGENG HARMAJI
F 23.0704



1991
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

Sugeng Harmaji, F23.0704. Analisis optimasi dimensi hidrolik pelimpah bendung tipe gergaji dengan pendekatan uji model. Dibawah bimbingan Sukandi Sukartaatmadja dan Aris Priyanto.

RINGKASAN

Salah satu fungsi memperpanjang bidang pelimpah bendung adalah untuk meningkatkan kapasitas debit limpas, sehingga elevasi muka air di hulu bendung menjadi lebih rendah. Memperpanjang bidang pelimpah dengan menggunakan sistem gergaji adalah pelimpah dibuat bergigi-gigi seperti gergaji. Pelimpah sistem gergaji ini dapat meningkatkan kapasitas debit limpas, karena pelimpasan air dengan memanfaatkan ruang arah hulu, hilir, dan samping.

Tujuan penelitian ini antara lain :studi perbandingan karakteristik hidrolik penggunaan pelimpah tipe gergaji dengan pelimpah tipe lurus, kemudian menentukan bentuk pelimpah bendung tipe gergaji yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung, dan untuk melihat hubungan antara debit aliran, elevasi muka air hulu, dan jumlah gigi pelimpah.

Untuk mempermudah memformulasikan pola aliran dan hitungan-hitungan hidrolik serta untuk mendapatkan bentuk pelimpah bendung gergaji yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air hulu, penyelidikan dilakukan dengan uji model. Dari penyelidikan uji model ini dapat diketahui bahwa bentuk pelimpah bendung gergaji yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung adalah pelimpah dengan tingkat ketajaman giginya atau

perbandingan panjang dan lebarnya (P/L) sama dengan satu, kemudian dipotong pada bagian hulu dan hilirnya seperempat panjang pelimpah ($0.25 P$). Tujuan pemotongan adalah untuk mengurangi atau memperpendek panjang lantai pondasi.

Untuk mengetahui kondisi aliran yang melimpas, dilakukan perhitungan bilangan Froude (Fr). Bila kecepatan alirannya pada kondisi kritis atau super kritis ($Fr \geq 1$), maka bangunan pelimpah harus dilengkapi dengan suatu peredam energi untuk menurunkan gaya potensial aliran yang dapat menyebabkan terjadinya penggerusan setempat pada bangunan pelimpah atau lantai dasar di hilir bendung.



**ANALISIS OPTIMASI DIMENSI HIDROLIK
PELIMPAH BENDUNG TIPE GERGAJI
DENGAN PENDEKATAN UJI MODEL**

Oleh :

Sugeng Harnaji

F23.0704

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelah

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan **MEKANISASI PERTANIAN,**

Fakultas Teknologi Pertanian,

Institut Pertanian Bogor

1991

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**ANALISIS OPTIMASI DIMENSI HIDROLIK
PELIMPAH BENDUNG TIPE GERGAJI
DENGAN PENDEKATAN UJI MODEL**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan **MEKANISASI PERTANIAN,**

Fakultas Teknologi Pertanian,

Institut Pertanian Bogor

Oleh

SUGENG HARMAJI

F23.0704

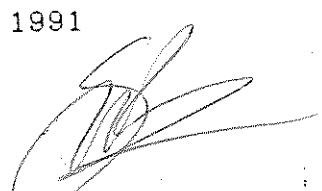
Dilahirkan pada tanggal 10 Maret 1968

di Nganjuk

Tanggal lulus : 18 Mei 1991

Disetujui,
Bogor, 1991


Ir. H. Aris Priyanto, MAE.


Ir. H. Sukandi Sukartaatmadja, MS.

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., karena hanya dengan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan tulisan ini.

Tidak lupa penulis haturkan rasa terima kasih kepada:

1. Ir. H. Sukandi Sukartaadmadja, Ms. selaku dosen pembimbing utama,
2. Ir. H. Aris Priyanto, MAE. selaku dosen pembimbing pendamping,
3. Ir. Gardjito Msc. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan pengarahan,
4. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya tulisan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan demi perbaikannya .

Harapan terakhir, semoga tulisan ini bermanfaat.

Bogor, Februari 1991

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. TEORI MODEL	3
B. ALIRAN KRITIS	4
1. Bilangan Froude	4
2. Energi Spesifik	6
C. PERENCANAAN DESAIN BANGUNAN PELIMPAH BENDUNG	10
1. Pelimpah Bendung	10
2. Peredam Energi	13
3. Debit Banjir Rencana	14
D. HIDROLIKA PELIMPAH BENDUNG GERGAJI	18
III. METODA PENELITIAN	24
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	24
1. Waktu Penelitian	24
2. Tempat Penelitian	24
B. BAHAN DAN ALAT	24
C. METODA PEMECAHAN MASALAH	25
D. PROSEDUR PENELITIAN	25

1. Optimasi Bentuk Pelimpah Bendung Gergaji	25
2. Optimasi Jumlah Gigi Pelimpah Bendung Gergaji	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. OPTIMASI BENTUK PELIMPAH BENDUNG GERGAJI	33
1. Ketajaman Pelimpah Bendung Gergaji	33
2. Pemotongan Gigi Pelimpah Bendung Gergaji	42
B. PEMILIHAN JUMLAH GIGI PELIMPAH BENDUNG GERGAJI	50
C. PROSEDUR DESAIN PELIMPAH BENDUNG GERGAJI DENGAN MODEL	54
1. Skala Model	54
2. Rancangan Tinggi Mercu Bendung	56
3. Prosedur Pemilihan Jumlah Gigi Pelimpah	56
D. ANALISIS BILANGAN FROUDE	59
V. KESIMPULAN DAN SARAN	61
A. KESIMPULAN	61
B. SARAN	62
LAMPIRAN	64
DAFTAR PUSTAKA	115

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1A.	Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (gigi runcing sebelah hilir)	35
Tabel 1B.	Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (gigi runcing sebelah hulu)	36
Tabel 2A.	Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (gigi runcing sebelah hilir)	39
Tabel 2B.	Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (gigi runcing sebelah hulu)	39
Tabel 3A.	Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (penumpulan gigi sebelah hilir)	43
Tabel 3B.	Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (penumpulan gigi sebelah hulu)	44
Tabel 4A.	Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (penumpulan gigi sebelah hilir)	47
Tabel 4B.	Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (penumpulan gigi sebelah hulu)	48
Tabel 5A.	Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada jumlah gigi pelimpah konstan	51
Tabel 5B.	Hubungan jumlah gigi pelimpah dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan	52

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran	1. Foto penyelidikan pelimpah bendung tipe tipe gergaji dengan uji model	65
Lampiran	2. Daftar nilai faktor pengaliran - f (So-srodarsono dan Takeda, 1977)	68
Lampiran	3. Daftar rumus empiris (Sosrodarsono dan Takeda, 1980)	69
Lampiran	4. Data profil aliran pelimpah bendung ger-gaji dengan gigi runcing sebelah hilir .	70
Lampiran	5. Data profil aliran pelimpah bendung ger-gaji dengan gigi runcing sebelah hulu .	74
Lampiran	6. Data profil aliran pelimpah bendung ger-gaji dengan pemotongan (penumpulan) gigi sebelah hilir)	78
Lampiran	7. Data profil aliran pelimpah bendung ger-gaji dengan pemotongan (penumpulan) gigi sebelah hulu)	81
Lampiran	8. Data profil aliran pelimpah bendung ger-gaji pada variasi jumlah gigi pelimpah .	84
Lampiran	9. Kurva profil aliran pelimpah bendung ger-gaji dengan gigi runcing sebelah hilir .	89
Lampiran	10. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan gigi runcing sebelah hulu	93
Lampiran	11. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan pemotongan (penumpulan) gigi sebelah hilir	97
Lampiran	12. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan pemotongan (penumpulan) gigi sebelah hulu	100
Lampiran	13. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji pada variasi jumlah gigi pe-limpah	103
Lampiran	14. Tabel hasil perhitungan bilangan Froude pelimpah bendung gergaji	108
Lampiran	15. Contoh perhitungan pemilihan gigi pe-limpah gergaji	112

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Salah satu fungsi bendung adalah untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga air yang masuk ke intake mempunyai cukup head, terutama pada musim kering (kemarau). Tetapi untuk musim hujan atau untuk daerah yang mempunyai curah hujan tinggi atau untuk daerah pesisir yang mempunyai debit aliran sungainya besar, kenaikan elevasi muka air di hulu harus tetap terjaga agar tidak memperluas daerah genangan airnya, yang dapat mengakibatkan terjadinya banjir. Demikian juga debit yang melimpas harus tetap terkendali supaya bendung tetap efektif.

Untuk memperoleh kapasitas debit limpas yang lebih besar dengan elevasi muka air di hulu tetap, dapat ditempuh dengan jalan memperpanjang bidang limpas pada pelimpah bendungnya. Dengan kata lain untuk memperpanjang bidang limpas pada debit limpas yang sama akan diperoleh elevasi muka air di hulu yang lebih rendah, tetapi masih cukup menaikkan head penyadapan baik pada bulan kering atau bulan basah.

Konsep memperpanjang bidang limpas ini dapat diterapkan dengan membuat pelimpah tipe gergaji. Pelimpah bendung tipe gergaji dibuat dengan bentuk berbelok-belok seperti gergaji.

B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian yang dilaksanakan :

1. Studi perbandingan karakteristik hidrolis penggunaan pelimpah bendung tipe lurus dan pelimpah bendung tipe gergaji.
2. Menentukan bentuk pelimpah bendung tipe gergaji yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung.
3. Mencari hubungan antara debit aliran, elevasi muka air hulu pelimpah, dan jumlah gigi pelimpah yang digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. TEORI MODEL

Menurut Murphy (1959), model adalah sesuatu yang dibuat untuk dapat mempunyai hubungan sifat-sifat fisik dengan prototipe, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik prototipe. Sedangkan yang dimaksud dengan prototipe adalah sesuatu yang dibuat untuk menguji suatu yang baru atau suatu gagasan yang baru. Syarat-syarat model adalah lebih kecil, lebih murah, lebih mudah diamati, dan lebih sederhana serta harus mempunyai hubungan karakteristik dengan prototipenya.

Selanjutnya Murphy (1959) menyatakan persamaan model dan prototipe sebagai berikut :

$$\pi_{1m} = F(\pi_{2m}, \pi_{3m}, \pi_{4m}, \dots, \pi_{nm}) \quad (2.1a)$$

$$\pi_1 = F(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n) \quad (2.1b)$$

Untuk memprediksi π_1 dari π_{1m} digunakan persamaan :

$$\frac{\pi_1}{\pi_{1m}} = \frac{F(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n)}{F(\pi_{2m}, \pi_{3m}, \pi_{4m}, \dots, \pi_{nm})} \quad (2.1c)$$

bila kondisinya :

$$\begin{aligned} \pi_{2m} &= \pi_2 \\ \pi_{3m} &= \pi_3 \\ \pi_{4m} &= \pi_4 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \pi_{nm} &= \pi_n \end{aligned}$$

maka :

$$F(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n) = F(\pi_{2m}, \pi_{3m}, \pi_{4m}, \dots, \pi_{nm}) \quad (2.1d)$$

sehingga :

$$\pi_1 = \pi_{1m} \quad (2.1e)$$

Murphy (1959) mengklasifikasikan model menjadi 4 macam, yaitu :

1. **True model** atau model sebenarnya, yaitu model dengan pendekatan karakteristik prototipenya dengan menggunakan skala. Skala geometri yang digunakan antara prototipe dan model adalah sama.
2. **Adequate model** atau model secukupnya, yaitu model yang hanya menggunakan satu parameter utama sebagai acuan, sementara parameter yang lain bebas, karena model ini hanya menentukan ketepatan prediksi dari parameter acuan saja.
3. **Distorted model** atau model timpang, yaitu model yang menggunakan beberapa skala model sehingga bentuk geometri antara model dan prototipe tidak mirip.
4. **Dissimilar model** atau model analog, yaitu model yang digunakan untuk memprediksi karakteristik suatu prototipe dengan menggunakan pendekatan analog.

B. ALIRAN KRITIS

1. Bilangan Froude

Bilangan Froude dikenal sebagai perbandingan antara gaya inersia dengan gaya tarik bumi terhadap

keadaan aliran, ditulis sebagai berikut :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g.L}} \quad (2.2)$$

dimana :

Fr = bilangan Froude

V = kecepatan aliran rata-rata

g = percepatan gaya tarik bumi

L = panjang karakteristik (untuk saluran terbuka dinyatakan dengan kedalaman hidrolis)

Bilangan Froude ini digunakan sebagai patokan penggolongan suatu aliran kritis, sub kritis atau super kritis. Suatu aliran dinyatakan kritis bila $Fr = 1$, sub kritis bila $Fr < 1$ dan super kritis bila $Fr > 1$ (Chow, 1959).

Untuk keperluan suatu desain bangunan air yang dilakukan dengan model test hidrolis antara persamaan model dan prototipe, bilangan Froude-nya harus sama (King, H.W. et al, 1963).

Selanjutnya Chow (1959) menyatakan bahwa dalam mekanika gelombang air, kecepatan kritis $\sqrt{g.L}$ dikenal sebagai kecepatan merambat (*celerity*) dari gelombang kecil yang terjadi pada air dangkal di saluran akibat perubahan sekejap kedalaman air setempat. Perubahan seperti ini dapat dibuat sebagai akibat gangguan atau hambatan di saluran yang menyebabkan perpindahan air di atas dan bawah taraf muka

air rata-rata sehingga menumbuhkan gelombang yang lebih besar dari gaya berat atau gaya tarik bumi.

2. Energi Spesifik

Menurut Chow (1959), Energi spesifik dalam suatu penampang saluran adalah sebagai energi air setiap satu satuan berat pada setiap penampang saluran, dan diperhitungkan terhadap dasar saluran. Persamaan energi spesifik pada saluran dengan slope kecil dinyatakan sebagai berikut :

$$E = Y + \frac{v^2}{2g} \quad (2.3)$$

dimana :

E = energi spesifik (ft)

Y = kedalaman aliran (ft)

V = kecepatan aliran rata-rata (ft/dt)

g = percepatan gravitasi bumi (ft/dt²)

Percepatan tersebut menunjukkan bahwa energi spesifik adalah jumlah kedalaman air dan tinggi kecepatan. Karena $V = Q/A$, maka persamaan menjadi :

$$E = Y + \frac{Q^2}{2 g A^2} \quad (2.4)$$

Untuk saluran dengan penampang trapezoidal, persamaan energi spesifik menjadi :

$$E = Y + \frac{q^2}{2 g Y^2 (1 + z Y/b)^2} \quad (2.5)$$

dimana :

b = lebar dasar saluran (m)

z = kemiringan saluran

$$q = \frac{Q}{b} = \text{debit per satuan lebar (m}^2/\text{dt)}$$

(Hoffman dan Lara, 1961)

Bila persamaan (2,4) diturunkan terhadap Y dengan Q konstan maka :

$$\frac{dE}{dY} = 1 - \frac{Q^2}{g A^3} \frac{dA}{dY} \quad (2.6a)$$

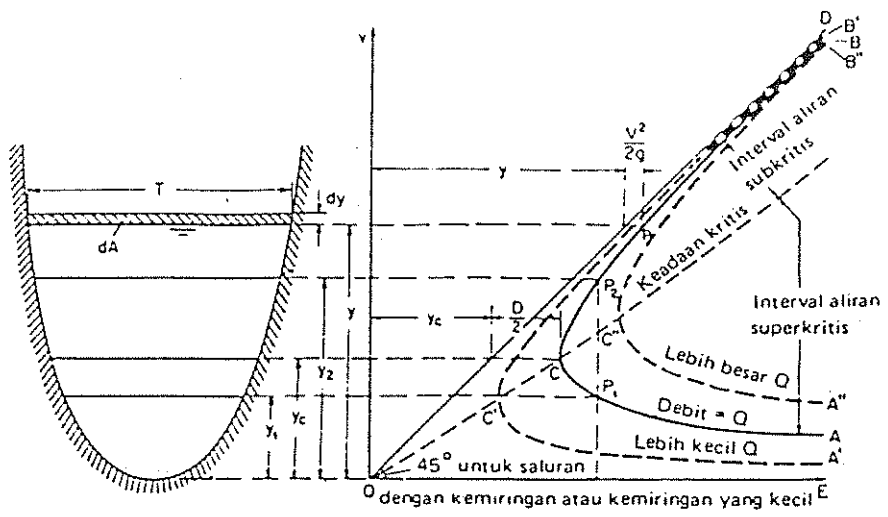
Selisih luas air dA didekat permukaan bebas (Gambar 1) adalah sama dengan $T dY$. Dengan $dA/dY = T$ dan kedalaman hidrolis $D = A/T$ maka persamaan menjadi :

$$\frac{dE}{dY} = 1 - \frac{v^2 T}{g A} = 1 - \frac{v^2}{g D} \quad (2.6b)$$

Pada keadaan aliran kritis, energi spesifiknya minimum atau $dE/dY = 0$, sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$\frac{v^2}{2 g} = \frac{D}{2} \quad (2.7)$$

Persamaan ini merupakan kriteria untuk aliran dalam keadaan kritis, tinggi kecepatan sama dengan setengah dari kedalaman hidrolis. Dengan kata lain, bilangan Froude ($V/\sqrt{g.D}$) sama dengan satu (Chow, 1959).



Gambar 1. Lengkung energi spesifik pada debit konstan (Chow, 1959)

Untuk suatu penampang saluran dan debit Q tertentu, energi spesifik dalam penampang saluran hanya merupakan fungsi dari kedalaman aliran (Gambar 1). Pada titik C energi spesifiknya minimum, ini terjadi pada aliran kritis dan kedalamannya disebut kedalaman kritis (y_c). Bila kedalaman aliran melebihi y_c , kecepatan aliran lebih kecil dari kecepatan kritis untuk debit tertentu disebut *aliran sub kritis*. Sedangkan bila kedalaman aliran kurang dari y_c , disebut *aliran super kritis*. Selain itu bila Q berubah energi spesifik akan berubah pula, lengkung $A'B'$ dan $A''B''$ menyatakan posisi lengkung energi spesifik bila debit mengecil atau membesar (Chow, 1959).

Kemudin Hoffman dan Lara (1962) telah membuktikan beberapa persamaan untuk aliran kritis pada saluran empat persegi panjang, yaitu :

$$E_c = 3/2 Y_c \quad (2.8)$$

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q_c^2}{b^2 g}} \quad (2.9)$$

$$V_c = \sqrt[3]{\frac{g Q_c}{b}} \quad (2.10)$$

$$Q_c = 5.67 b Y_c^{3/2} \quad (2.11a)$$

atau

$$Q_c = 3.087 b E_c^{3/2} \quad (2.11b)$$

Sedangkan untuk saluran trapezoidal :

$$Y_c = \frac{V_c^2}{g} - \frac{b}{2z} + \sqrt{\frac{V_c^4}{g^2} + \frac{b^2}{4z^2}} \quad (2.12)$$

$$V_c = \sqrt{\left(\frac{b + z Y_c}{b + 2z Y_c} \right) Y_c g} \quad (2.13)$$

$$Q_c = Y_c^{3/2} \sqrt{\frac{g (b + z Y_c)^3}{b + 2z Y_c}} \quad (2.14)$$

dimana :

E_c = Energi spesifik kritis (m)

Y_c = kedalaman kritis (m)

Q_c = debit kritis (m^3/dt)

b = lebar dasar saluran (m)

V_c = kecepatan aliran kritis (m/dt)

z = kemiringan saluran



C. PERENCANAAN DESAIN BANGUNAN PELIMPAH BENDUNG

1. Pelimpah Bendung

Menurut Hoffman (1961), bangunan pelimpah berfungsi selain sebagai dam penahan air untuk simpanan juga sebagai bidang pelimpah air yang berlebih.

Bangunan pelimpah harus direncanakan untuk tinggi muka air maksimum tertentu di saluran yang akan dilindungi, ditambahkan dengan debit maksimum yang akan dilimpahkan. Kapasitas bangunan pelimpah harus cukup untuk mengarahkan seluruh air berlebih yang berasal dari banjir atau kesalahan eksploitasi tanpa menyebabkan naiknya tinggi muka air di saluran yang akan membahayakan tanggul bila meluap (Standar Perencanaan Irigasi KP-02, 1986).

Panjang bangunan mercu pelimpah harus diperhitungkan terhadap kemampuan melewati banjir rencana dengan tinggi jagaan cukup berdasarkan peraturan yang berlaku sehingga setiap bagian bangunan aman terhadap kerusakan berat akibat bahaya pelimpasan. Batas tinggi muka air genangan maksimum yang diizinkan pada debit banjir rencana, sehubungan dengan pengaruhnya terhadap keamanan bentuk geometri sungai dan dimensi bagian bangunan lain seperti tanggul dan peredam energi.

Sedangkan untuk tinggi mercu bendung harus ditentukan dengan memperhitungkan kebutuhan penyadapan untuk memperoleh debit dan perbedaan tinggi tekan, kebutuhan tinggi energi untuk pembilasan sedimen, tinggi muka air genangan yang terjadi di hulu bangunan pada debit banjir rencana, kesempurnaan aliran pada bendung, bangunan pengambilan dan mercu bendung dan kebutuhan pengendalian angkutan sedimen (Puslitbang Pengairan dan JICA, 1990).

Menurut Chow (1959) untuk bendung dengan mercu tajam disamping merupakan sarana pengukur aliran terbuka, juga merupakan bentuk yang paling sederhana. Sifat-sifat aliran melebihi bendung pada awalnya diketahui dalam hidrolika sebagai dasar perancangan pelimpah dengan mercu bulat, yaitu profil pelimpah ditentukan sesuai dengan bentuk permukaan lapisan air luapan di atas mercu (Chow, 1959).

Selanjutnya menurut Chow (1959), besarnya debit yang melalui pelimpah bendung dapat dihitung dengan persamaan Rehbock :

$$Q = C L H^{3/2} \quad (2.15)$$

dimana :

Q = debit limpah (ft^3/dt)

C = koefisien debit ($\text{m}^{1/2}/\text{dt}$)

L = panjang efektif mercu debit (ft)

H = tinggi tekan total di atas mercu (ft)

Panjang efektif bendung dihitung dengan persamaan berikut :

$$L = L' - 0.1 N H \quad (2.16)$$

dimana :

L = panjang efektif bendung (ft)

L' = panjang mercu sebenarnya (ft)

N = banyaknya penyempitan

$N = 2$ untuk penyempitan di dua sisi

$N = 1$ untuk penyempitan satu sisi

$N = 0$ bila tidak ada penyempitan

Sedangkan koefisien C dicari dengan persamaan :

$$C = 3.27 + 0.4 \frac{H}{h} \quad (2.17)$$

dimana :

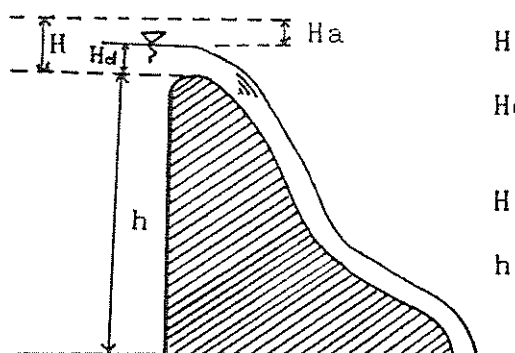
H = tinggi tekan total di atas mercu (ft)

h = tinggi pelimpah bendung (ft)

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1977) koefisien C biasanya berkisar antara 2.0 sampai dengan 2.1 yang dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

- Kedalaman air di dalam saluran pengarah aliran.
- Kemiringan lereng hulu bendung.
- Tinggi air diatas mercu bendung.
- Perbedaan tinggi air rencana pada saluran pengatur aliran yang bersangkutan.

Untuk keterangannya seperti tertera pada gambar berikut :



H_a = tinggi kecepatan

H_d = tinggi tekan rancangan

H = tinggi tekan total

h = tinggi bendung

Gambar 2. Keterangan penampang pelimpah bendung (Chow, 1959)

2. Peredam Energi

Akibat peninggian muka air dengan bendung atau spillway, maka energi potensial akan menjadi lebih tinggi dan dapat menimbulkan penggerusan setempat di hilir bendung. Besarnya penggerusan setempat di hilir bendung tergantung dari tinggi pembendungan, bentuk dan ukuran struktur pola aliran dan muatan sedimen di hulu (Memed dan Mawardi, 1990).

Sedangkan menurut Sosrodarsono dan Takeda (1977), kandungan energi dengan daya penggerus yang sangat kuat timbul karena kecepatan yang tinggi dalam kondisi aliran super kritis yang melewati pelimpah bendung. Oleh karena itu untuk mereduksi energi dengan daya gerus tinggi tersebut di ujung hilir saluran peluncur harus dibuat bangunan peredam energi, sehingga kecepatan aliran diperlambat dan kondisi aliran diubah menjadi sub kritis.

Peredam energi dapat diperoleh dengan jalan :

- a. Gesekan-gesekan antara aliran dan dinding struktur bangunan.
- b. Benturan antar pipa arus dengan bantaran air dan benda keras (struktur bangunan).
- c. Loncatan air.
- d. Kocokan atau pusaran air.

(Memed dan Mawardi, 1990).

Menurut Memed dan Sadeli (1990), peredam energi untuk pelimpaah bendung tipe gergaji akibat benturan dan kocokan aliran air terjadi dengan kuat pada tubuh bendung itu sendiri, karena air melimpas ke samping dari sela-sela gigi saling membentur dengan turbulensi yang tinggi, sehingga penggerusan setempat di hilinya relatif jauh lebih dangkal dari pada bendung biasa.

3. Debit Banjir Rencana

Dalam kegiatan desain bendung perlu ditentukan terlebih dahulu berbagai debit banjir rencana yang disesuaikan dengan kriteria-kriteria desain. Untuk menentukan debit banjir rencana tersebut perlu diketahui debit sungai ditempat lokasi bendung. Debit sungai dapat dihitung dengan dua macam cara :

- perhitungan dengan menggunakan data hujan (metode rasional)

- perhitungan dengan menggunakan data aliran langsung (cara hidrometri dan atau perhitungan hidrolika sungai) (Memed dan Setiadi, 1990).

a. Rumus Rasional

Perhitungan debit banjir rencana untuk mendesain suatu bangunan pelimpah bendung menurut Sosrodarsono dan Takeda (1977) dapat dipergunakan rumus rasional sebagai berikut :

$$Q = \frac{f \cdot r \cdot A}{3.6} \quad (2.18)$$

dimana :

- Q = debit banjir rencana (m^3/dt)
- f = koefisien pengaliran / limpasan
- A = luas daerah pengaliran (km^2)
- r = intensitas curah hujan rata selama waktu tiba banjir (mm/jam)

Untuk mendapatkan nilai f didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Untuk rencana pembangunan suatu bendung biasanya nilai f lebih besar dari 0.8. Daftar nilai f tertera pada Lampiran 2.

Nilai intensitas curah hujan rata-rata dalam interval waktu $T(r)$, apabila perhitungan berdasarkan data curah hujan harian, maka :

$$r = \frac{R4}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^n \quad (2.19)$$

dimana :

$R4$ = curah hujan harian (mm)

T = interval kedatangan banjir (jam)

n = tetapan nilainya antara 2/3 s/d. 1/2

Apabila perhitungan berdasarkan data curah hujan maksimum dalam interval waktu tertentu (T jam), maka digunakan rumus :

$$i = \frac{rt}{\sqrt{T}} \quad (2.20)$$

dimana :

i = intensitas curah hujan maksimum (mm/jam)

rt = intensitas curah hujan terbesar yang terjadi dalam interval T jam (mm)

Sedangkan untuk mendapatkan nilai T dengan menggunakan rumus :

$$T = \frac{1}{W} \quad (2.21)$$

$$W = 20 \left(\frac{H}{1} \right)^{0.6} \quad (\text{m/dt}) \quad (2.22)$$

dimana :

l = panjang sungai dari mata air sampai ke tempat kedudukan rencana bendungan (km)

W = kecepatan perambatan banjir (m/dt)

H = perbedaan elevasi antara mata air sungai

dengan titik tempat kedudukan rencana bendungan (m).

Metoda rasional ini kurang sesuai bila digunakan untuk luasan yang besar, karena data-data klimatologi dan hidrologi yang digunakan untuk mendukung rumus metoda rasional tersebut sangat beragam antara daerah satu dengan lainnya, sehingga metoda rasional sesuai bila digunakan untuk luasan terbatas yang mempunyai data klimatologi dan hidrologi sama / seragam.

b. Rumus Empiris

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1980), jika tidak terdapat data hidrologi yang cukup, maka perkiraan debit banjir rencana dapat dihitung dengan rumus-rumus empiris. Hampir semua jenis rumus ini adalah menyatakan korelasi dengan satu atau dua variabel yang sangat berhubungan dengan debit banjir. Karakteristik yang tidak diketahui dari debit banjir rencana yang diperkirakan dengan rumus jenis ini ialah fluktuasi rata-rata. Mengingat ada kira-kira 15 sampai 20 variabel yang mempengaruhi debit banjir pada suatu fluktuasi tertentu, maka perkiraan debit banjir yang hanya mengkorelasinya dengan satu atau dua varia-

bel hanya dapat memberi harga perkiraan yang kasar secara cepat.

Bentuk rumus-rumus ini ditentukan oleh angka-angka karakteristik curah hujan, daerah aliran dan oleh tetapan-tetapan yang diperkirakan sesuai untuk kondisi daerah pengaliran tersebut. Rumus-rumus debit banjir itu mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$Q = k A^n \quad (12.23a)$$

atau

$$Q = \frac{a}{b + A^n} + C \quad (2.23b)$$

dimana :

Q = debit banjir maksimum (m^3/dt)

k = koefisien karakteristik curah hujan dan daerah aliran

A = luas daerah pengaliran (km^2)

n = tetapan yang kurang dari 1

a, b, c = tetapan-tetapan

Beberapa rumus-rumus empiris utama yang dipergunakan di beberapa negara tertera pada Lampiran 3.

D. HIDROLIKA PELIMPAH BENDUNG GERGAJI

Bendung dengan kelengkapannya berfungsi antara lain untuk meninggikan muka air agar air sungai dapat disadap sesuai dengan kebutuhan dan untuk mengendalikan

aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai, sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efektif dan efisien. Pelimpah bendung merupakan ambang tetap yang berfungsi meninggikan taraf muka air sehingga diperoleh tinggi tekan yang membantu mengalirkan air ke bangunan pengambilan dan membantu pembilasan sedimen (Puslitbang Pengairan dan JICA, 1990).

Menurut Memed dan Sadeli (1990), memperpanjang bidang limpas pada pelimpah bendung adalah salah satu cara untuk memperoleh debit limpas yang lebih besar dengan elevasi muka air yang sama. Dengan kata lain bila panjang bidang limpas ditambah, maka untuk debit limpas yang sama akan diperoleh muka air di hulu bendung lebih rendah.

Selanjutnya menurut Memed dan Sadeli (1990) menyatakan bahwa dalam beberapa hal penggunaan pelimpah bendung tipe gergaji lebih menguntungkan dibandingkan pelimpah lurus, diantaranya :

1. Dapat mengurangi tinggi muka air di hulu bendung dan memperkecil fluktuasi tinggi muka air di hulu pelimpah bendung.
2. Dapat mengurangi luas daerah genangan, sehingga lebih aman dari resiko banjir dan apabila diperlukan tanggul penutup, maka elevasinya akan lebih rendah.
3. Kenaikan elevasi muka air sehubungan dengan perubahan debit tidak terlalu besar, sehingga sangat baik

untuk pengaturan muka air, debit limpas atau tinggi terjun.

4. Arah dan distribusi aliran yang menuju sumbu pelimpah bendung menjadi lebih merata sehingga akumulasi gaya tekan aliran air pada satu titik dapat dihindarkan.
5. Lebar bentang bendung dapat direncanakan lebih leluasa, begitu pula dalam pelaksanaan saluran pengelak akan lebih leluasa karena pelimpasan memanfaatkan ruang arah hilir, hulu dan samping.
6. Kenaikan energi potensian pada debit-debit besar tidak terlalu tinggi.
7. Turbulensi aliran pada sela-sela gigi pelimpah sangat efektif untuk menghanyutkan sedimen.

Yang dimaksud dengan lebar bendung yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (*abutment*), sebaiknya sama dengan rata-rata lebar sungai pada bagian yang stabil. Dibagian ruas bawah sungai, lebar rata-rata ini dapat diambil pada debit penuh (*bankfull discharge*) di bagian ruas atas. Untuk menentukan debit penuh dapat digunakan debit banjir rata-rata tahunan (Standar Perencanaan Irigasi, KP - 04, 1986).

Hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Hay dan Taylor dalam Houston (1982), digambarkan dalam bentuk grafik hubungan besaran-besaran tak berdimensi antara QL/QN dengan Hu/P untuk l/w yang berbeda-beda (Gambar

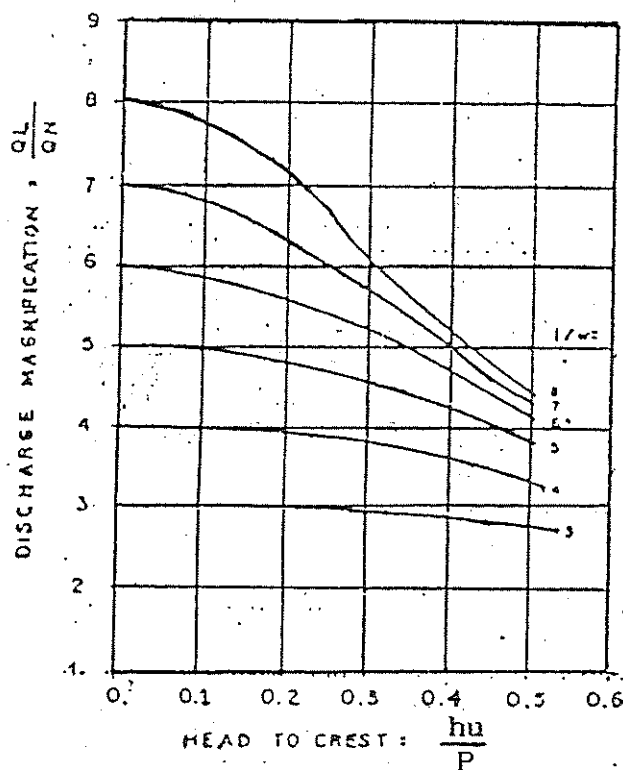
3). Keterangan grafik sebagai berikut :

- H_u = tinggi muka air di udik pelimpah
- P = tinggi pelimpah bendung
- Q_L = debit air yang melimpas di atas pelimpah gergaji
- Q_N = debit air yang melimpah di atas pelimpah lurus
- l = panjang satu gigi pelimpah yang sudah diperpanjang menjadi pelimpah gergaji
- w = lebar satu gigi dari pelimpah gergaji
- l/w = menyatakan perbesaran panjang pelimpah dari pelimpah lurus menjadi pelimpah gergaji
- Q_L/Q_N = menyatakan perbesaran debit aliran dari pelimpah lurus menjadi pelimpah gergaji

Grafik hasil penyelidikan Hay dan Taylor dapat dipergunakan apabila harga $w/P > 2.5$. Masing-masing kurva l/w dimulai dari kondisi ideal, yaitu $Q_L/Q_N = l/w$, artinya peningkatan debit berbanding lurus dengan peningkatan panjang pelimpah. Hal ini berarti pola aliran air yang melimpas di atas pelimpah gergaji akan mempunyai arah yang tepat tegak lurus terhadap bidang pelimpah apabila tinggi muka air di hulu pelimpah mendekati nol.

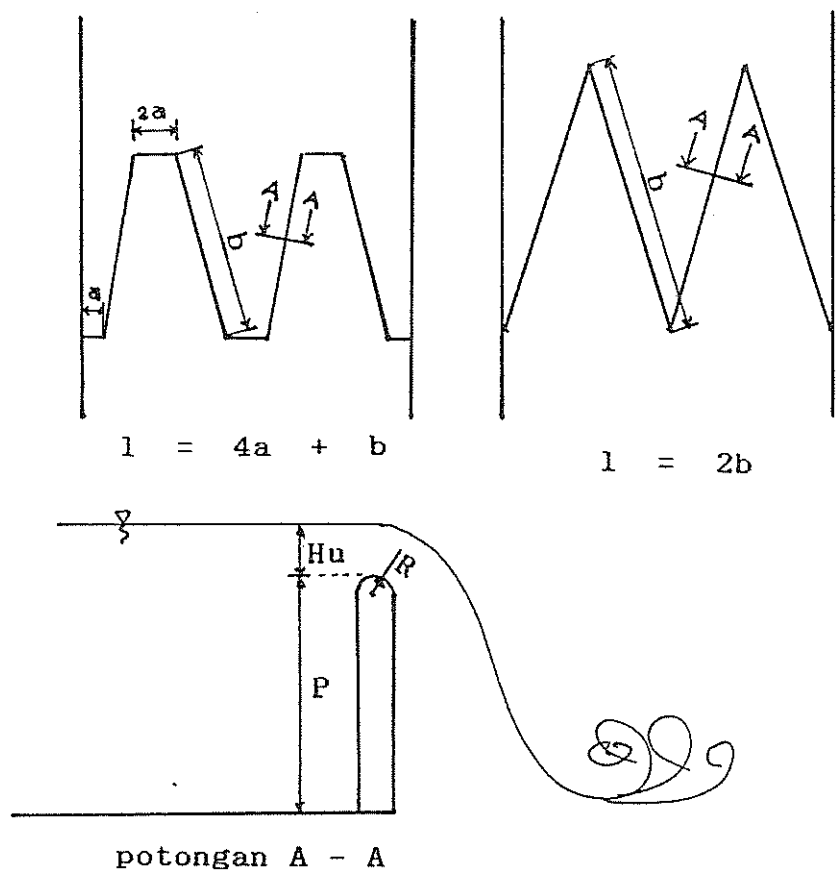
Dari grafik hasil penyelidikan Hay dan Taylor dapat dinyatakan juga bahwa efek perpanjangan pelimpah tipe gergaji ini akan semakin tidak berarti dengan se-

makin tinggi elevasi muka air di hulu bendung. Hal ini terlihat dari grafik tersebut (Gambar 4) bahwa l/w makin berimpit menuju satu titik apabila elevasi muka air di hulu pelimpah semakin tinggi.



Gambar 4. Grafik penyelidikan Hay dan Taylor (Houston, 1982)

© Hak cipta milik IPB University



Gambar 4. Keterangan penampang dari penyelidikan Hay dan Taylor (Houston, 1982)

III. METODA PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama dua bulan, yaitu pada bulan November dan bulan Desember 1990, yaitu meliputi pekerjaan pembuatan model fisik dan pengamatan serta pengambilan data dari operasi modelnya.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika dan Hidrodinamika, Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

B. BAHAN DAN ALAT

Model bendung dibuat dari triplex dan operasi penyelidikan dilakukan di open channel hidrolik transparan atau saluran kaca. Dimensi model sbb. :

- lebar saluran/lebar bendung = 40.0 cm
- tebal bendung = 6.0 cm
- tinggi bendung = 12.2 cm
- radius mercu = 3.0 cm

Pengaliran air dengan menggunakan pompa air merk Ebara, debit diukur dengan bangunan ukur tipe Thomson (tipe segitiga). Pengukuran ketinggian muka air hulu

dengan menggunakan house gage. Untuk penyumbatan kebocoran digunakan lilin.

C. METODA PEMECAHAN MASALAH

Untuk mendapatkan pola aliran dengan pelimpah bendung gergaji dilakukan dengan pendekatan uji model. Uji model pelimpah bendung tipe gergaji dilakukan pada berbagai bentuk dan ukuran. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan bentuk hidrolik pelimpah gergaji yang paling optimal untuk suatu desain bendung.

Demikian juga uji model dapat digunakan untuk memformulasikan pola aliran dan perhitungan-perhitungan hidrolik dari model ke keadaan yang sebenarnya (prototype).

Pengolahan data hasil pengamatan digambarkan dalam bentuk tabel dan grafik, hal ini untuk membantu mempermudah analisa optimasi bentuk pelimpah bendung gergaji yang diinginkan.

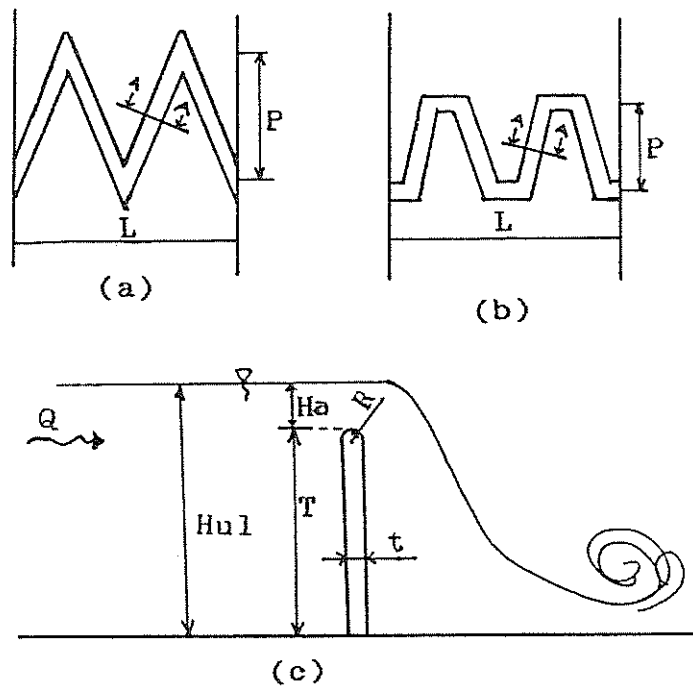
D. PROSEDUR PENELITIAN

1. Optimasi Bentuk Pelimpah Bendung Gergaji

Penyelidikan optimasi bentuk pelimpah bendung gergaji dilakukan dalam dua tahap, yaitu penyelidikan ketajaman gigi pelimpah dan penyelidikan pemotongan (penumpulan) gigi pelimpah. Dari dua penye-

lidikan ini diharapkan akan didapatkan bentuk pelimpah yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung.

Gambar penampang model yang digunakan diantaranya :



Keterangan :

- t = tebal bendung
- L = lebar bendung
- P = panjang bendung
- T = tinggi bendung
- R = radius mercu bendung
- H_{ul} = tinggi muka air hulu (diukur dari lantai dasar)
- H_a = tinggi muka air hulu (diukur dari mercu bendung)
- Q = debit aliran

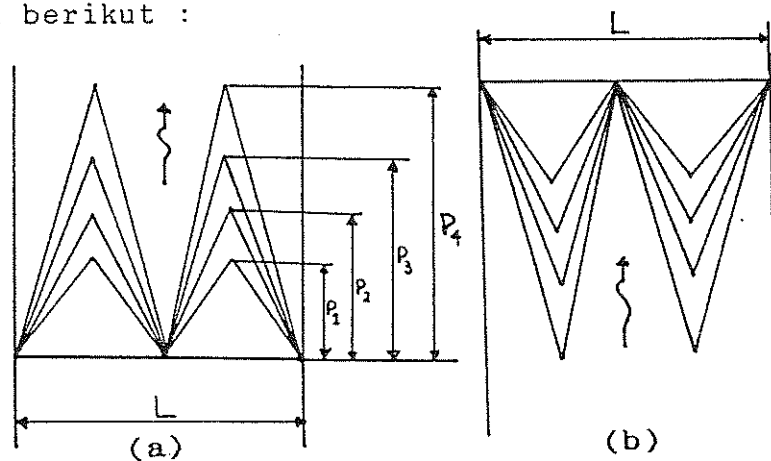
Gambar 5. Keterangan penampang model pelimpah bendung gergaji (a) dan (b) pandangan atas model pelimpah bendung; (c) potongan A-A pelimpah bendung

a. Ketajaman gigi pelimpah bendung

Penelitian ketajaman gigi pelimpah dilakukan dalam dua tahap, yaitu penyelidikan ketajaman gigi sebelah hulu dan penyelidikan gigi sebelah hilir bendung. Tingkat ketajaman gigi pelimpah diukur berdasarkan perbandingan panjang (P) dan lebar (L) pelimpah bendung. Sebagai dasarnya adalah dengan melihat pengaruh berbagai tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) terhadap tinggi muka air hulu bendung pada debit-debit tertentu.

Pengamatan dilakukan 5 (lima) kali ulangan pada tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) di hulu dan hilir 0.00 ; 0.50 ; 0.75 ; 1.00 dan 1.25.

Gambar penampang pelimpah bendung gergaji pada berbagai tingkat ketajaman gigi pelimpah sebagai berikut :



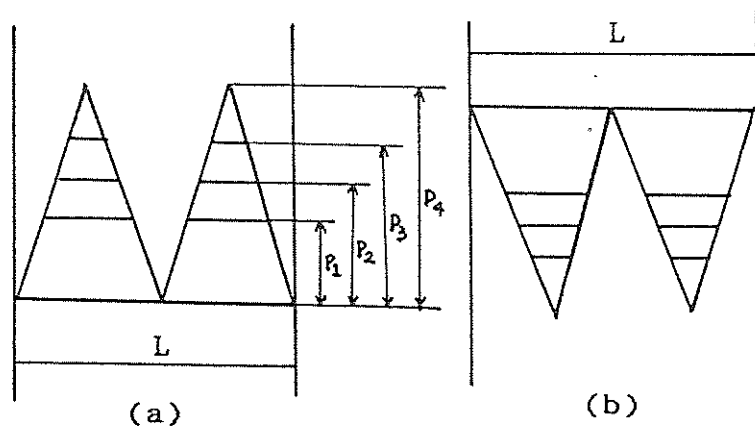
Gambar 6. Variasi ketajaman gigi pelimpah (a) di sebelah hilir; (b) di sebelah hulu

b. Pemotongan gigi pelimpah bendung

Tujuan pemotongan (penumpulan) gigi pelimpah adalah untuk mengurangi panjang lantai pondasi pelimpah, sehingga konstruksi akan lebih kokoh. Model bendung yang dilakukan pemotongan adalah dipilih model yang mempunyai tingkat ketajaman (P/L) yang paling optimal dari penyelidikan ketajaman gigi pelimpah bendung.

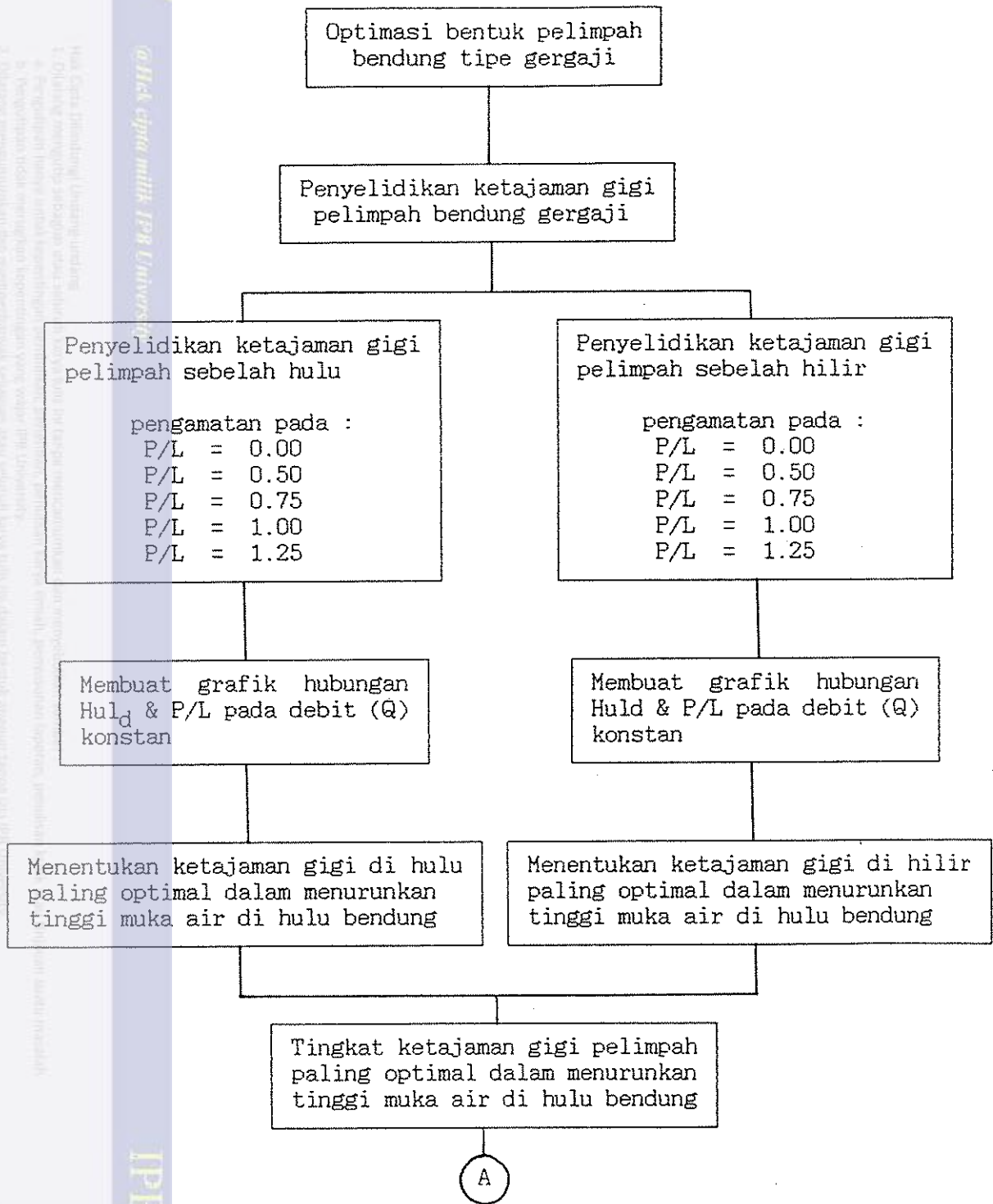
Pengamatan dilakukan 5 (lima) kali ulangan pada P/L sebelah hulu dan hilir yang berbeda-beda, yaitu 0.00 ; 0.25 ; 0.50 ; 0.75 dan 1.00.

Gambar penampang pelimpah bendung gergaji pada berbagai tingkat pemotongan sebagai berikut:

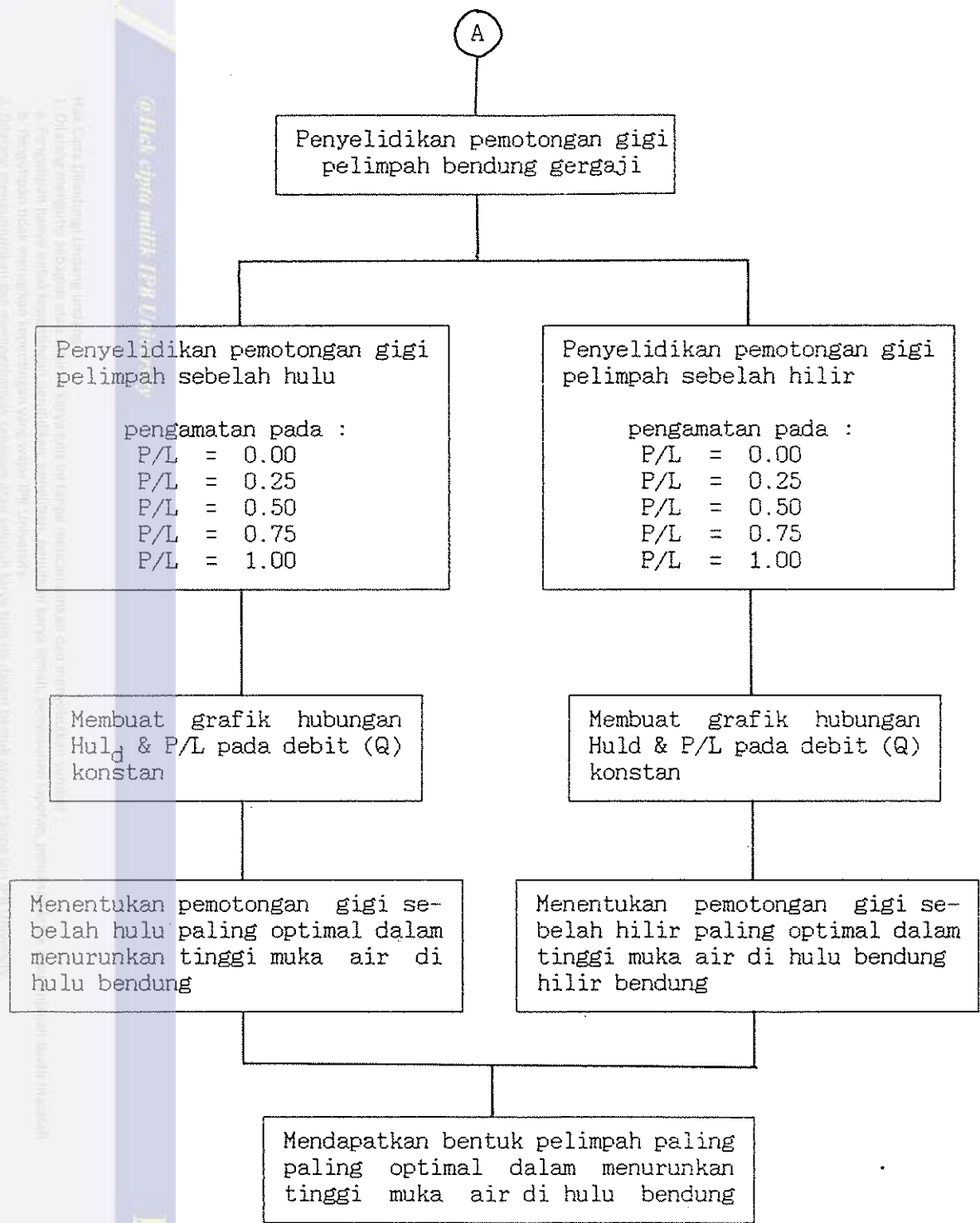


Gambar 7. Variasi tingkat pemotongan gigi pelimpah (a) di hulu; (b) di hilir

Diagram alir prosedur pengamatan untuk mendapatkan bentuk pelimpah gergaji yang optimal tertera pada Gambar 8.



Gambar 8A. Diagram alir prosedur pengamatan optimasi bentuk pelimpah bendung gergaji



Gambar 8B. Diagram alir prosedur pengamatan optimasi bentuk pelimpah bendung gergaji (lanjutan)

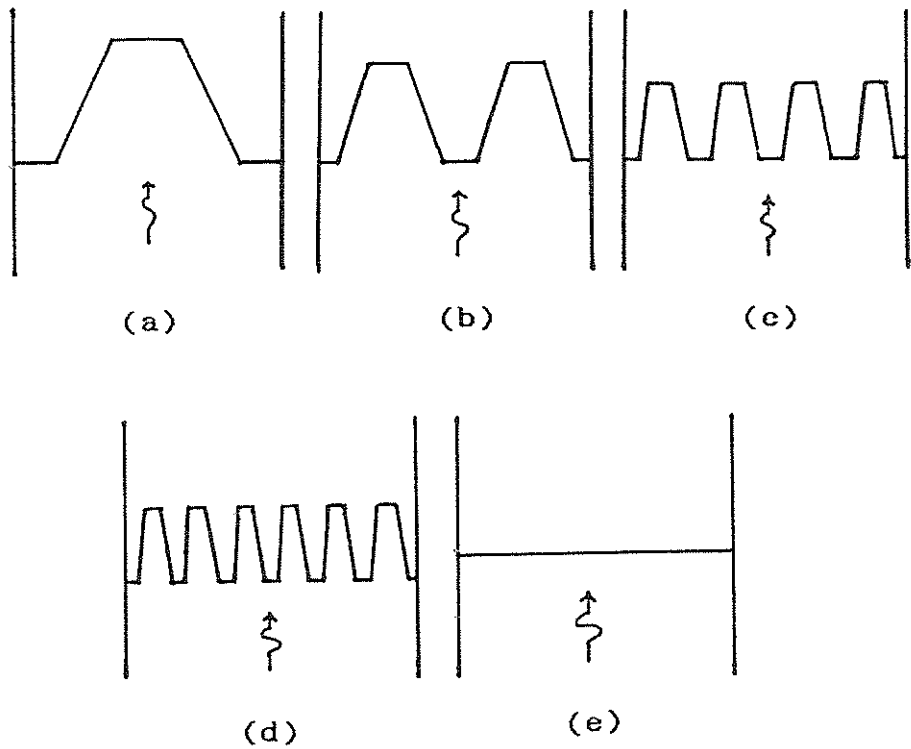
2. Optimasi Jumlah Gigi Pelimpah Bendung Gergaji

Secara hipotesis dapat dikatakan bahwa semakin sedikit jumlah gigi pelimpah maka pondasi harus lebih dalam, sebaliknya semakin banyak jumlah gigi maka gaya dorong aliran akan lebih tersebar rata, sehingga pondasi tidak harus terlalu dalam. Demikian juga dengan berubahnya jumlah gigi maka panjang bentang pelimpasan akan berubah, sehingga kapasitas debit limpas atau tinggi muka air hulunya akan berubah juga.

Berdasarkan pada masalah tersebut maka penyelidikan optimasi jumlah gigi pelimpah dimaksudkan untuk melihat pengaruh jumlah gigi pelimpah gergaji terhadap kapasitas debit limpas atau tinggi muka air di hulu bendung. Sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan desain suatu bendung gergaji.

Pengamatan dilakukan 5 (lima) kali ulangan pada jumlah gigi pelimpah 1 ; 2 ; 4 ; 6 dan pelimpah lurus.

Gambar penampang pelimpah gergaji pada berbagai jumlah gigi sebagai berikut :



Gambar 9. Variasi jumlah gigi pelimpah bendung gergaji (a) 1 gigi ; (b) 2 gigi ; (c) 4 gigi ; (d) 6 gigi dan (e) pelimpah lurus

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. OPTIMASI BENTUK PELIMPAH BENDUNG BERGAJI

Salah satu fungsi memperpanjang bidang limpas adalah untuk meningkatkan debit limpas sehingga elevasi muka air di hulu bendung menjadi lebih rendah. Memperpanjang bidang limpas dengan sistem pelimpah tipe gergaji adalah pelimpah bendung dibuat dalam bentuk bergigi-gigi seperti gergaji. Pelimpah sistem gergaji dapat meningkatkan kapasitas debit limpas, karena pelimpasan air dengan memanfaatkan ruang arah hulu dan hilir serta samping.

Analisis optimasi dimensi hidrolik dengan uji model dimaksudkan untuk mendapatkan bentuk pelimpah pelimpah yang paling optimal untuk suatu desain bendung. Batasan optimal bentuk dimaksudkan adalah bentuk pelimpah yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu pelimpah bendung atau pada ketajaman berapa pelimpah tersebut optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung. Penyelidikan bentuk pelimpah meliputi ketajaman gigi pelimpah dan pemotongan gigi pelimpah.

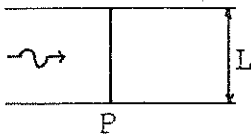
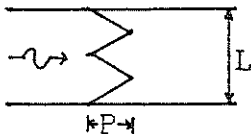
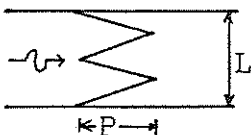
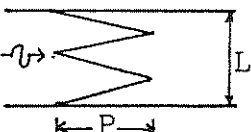
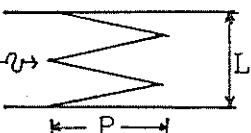
1. Ketajaman Pelimpah Bendung Gergaji

Penyelidikan ketajaman gigi pelimpah bendung gergaji dilakukan dalam dua tahap, yaitu penyeli-

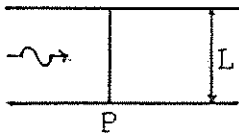
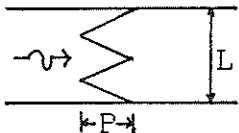
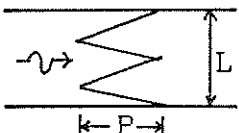
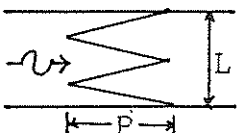
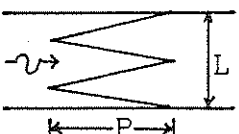
dikan ketajaman gigi sebelah hilir dan penyelidikan gigi sebelah hulu bendung. Untuk penyelidikan ketajaman gigi sebelah hilir bendung, data profil aliran hasil pengamatan terdapat pada Lampiran 4. Sedangkan untuk penyelidikan ketajaman gigi sebelah hulu bendung data profil alirannya terdapat pada Lampiran 5.

Untuk mengetahui pola aliran masing-masing model, maka dari data profil aliran tersebut dibuat dalam bentuk kurva profil aliran seperti yang terdapat pada Lampiran 9 dan 10. Dari kurva profil aliran ini dapat dilihat pola elevasi muka air pada tiap-tiap pelimpah bendung.

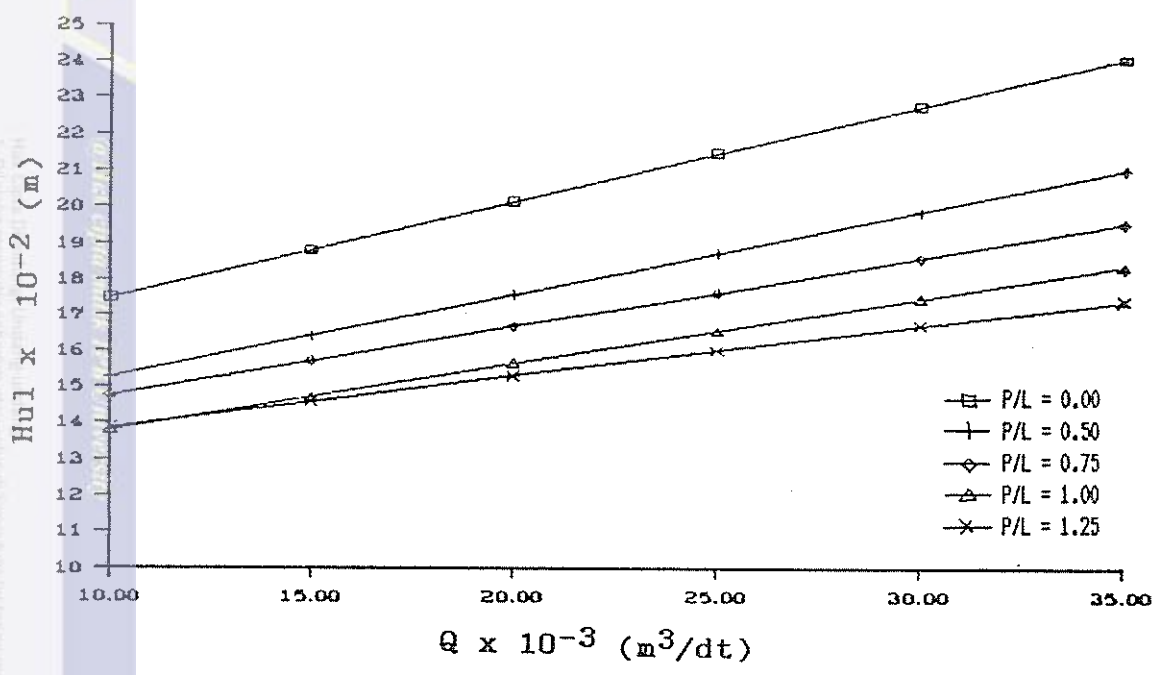
Untuk melihat pengaruh besarnya debit aliran terhadap tinggi muka air di hulu pada tingkat ketajaman pelimpah (P/L) konstan, maka dari data profil aliran (Lampiran 4 dan 5) kemudian dibuat tabel dan grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air di hulu seperti yang terdapat pada Tabel 1A untuk pelimpah dengan gigi runcing sebelah hilir (Gambar 10A) dan Tabel 1B untuk pelimpah dengan gigi runcing sebelah hulu (Gambar 10B). Dari gambar 10A dan 10B dapat dilihat bahwa semakin besar debit alirannya, tinggi muka air hulu semakin tinggi.

P/L	Q X 10 ⁻³ (m ³ /dt)	Hul X 10 ⁻² (m)	Keterangan
0.00	7.43 12.20 15.72 20.33 36.30	16.52 18.11 19.29 20.34 24.27	
0.50	8.37 14.56 24.42 36.30 44.63	15.00 16.24 18.49 21.34 23.25	
0.75	7.28 14.34 22.61 35.13 47.33	14.36 15.59 16.98 19.51 22.00	
1.00	13.89 17.81 27.96 36.30 47.33	14.60 15.37 16.81 18.44 20.84	
1.25	5.37 12.61 25.04 37.08 48.96	13.25 14.27 15.88 17.79 19.31	

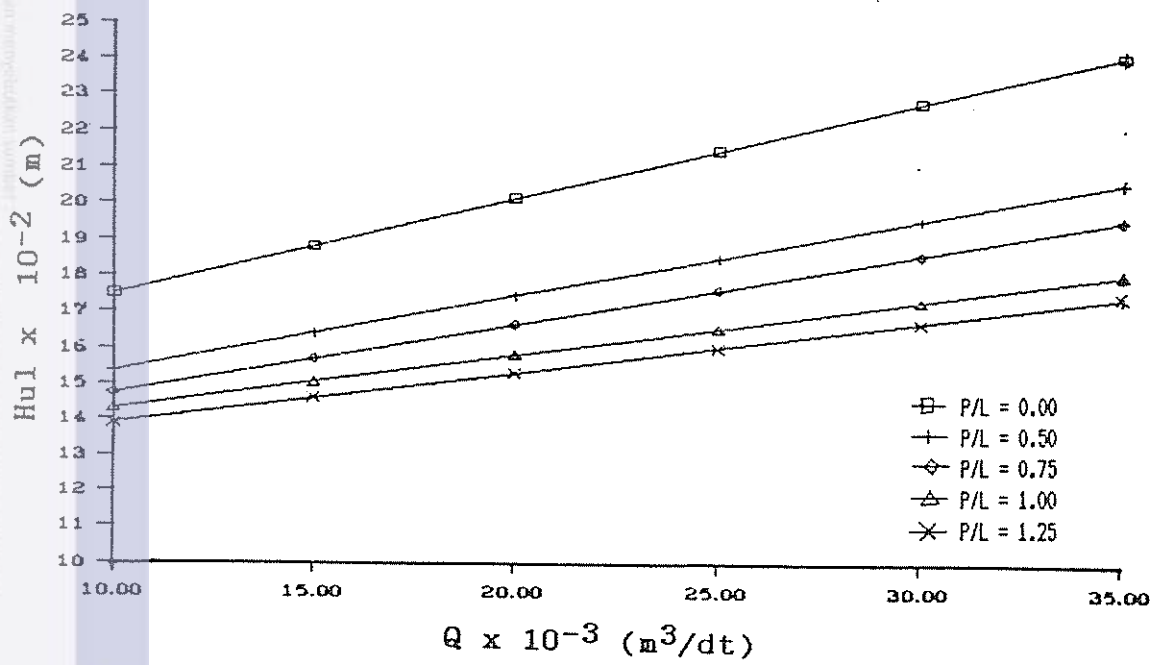
Tabel 1B. Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (gigi runcing sebelah hulu)

P/L	$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	Hul $\times 10^{-2}$ (m)	Keterangan
0.00	7.43	16.52	
	12.20	18.11	
	15.72	19.29	
	20.33	20.34	
	36.30	24.27	
0.50	8.53	14.94	
	16.20	16.75	
	21.74	17.87	
	29.31	19.46	
	39.10	21.34	
0.75	8.86	14.72	
	17.68	16.16	
	24.73	17.31	
	32.51	18.99	
	41.17	20.89	
1.00	11.40	14.64	
	18.45	15.60	
	25.68	14.46	
	32.51	17.62	
	39.51	18.88	
1.25	7.58	13.66	
	14.56	14.59	
	21.74	15.40	
	31.78	16.84	
	42.45	18.63	

Sedangkan untuk melihat pengaruh ketajaman gigi pelimpah (P/L) sebelah hulu dan hilir terhadap tinggi muka air hulu (Hul), dari Tabel 1A dan 1B dengan menggunakan interpolasi dibuat tabel dan grafik hubungan tingkat ketajaman (P/L) dan tinggi muka air hulu (Hul) pada debit konstan, yaitu Tabel 2A (Gambar 11A) dan Tabel 2B (Gambar 11B).



Gambar 10A Grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (gigi runcing sebelah hilir)



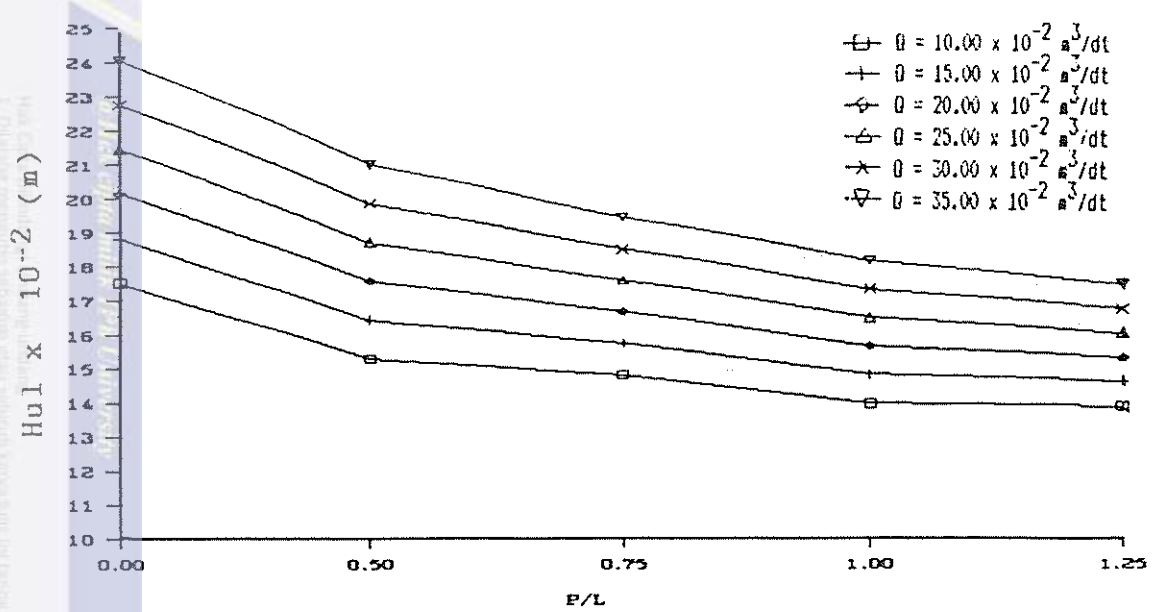
Gambar 10B Grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (gigi runcing sebelah hulu)

Tabel 2A. Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (gigi runcing sebelah hilir)

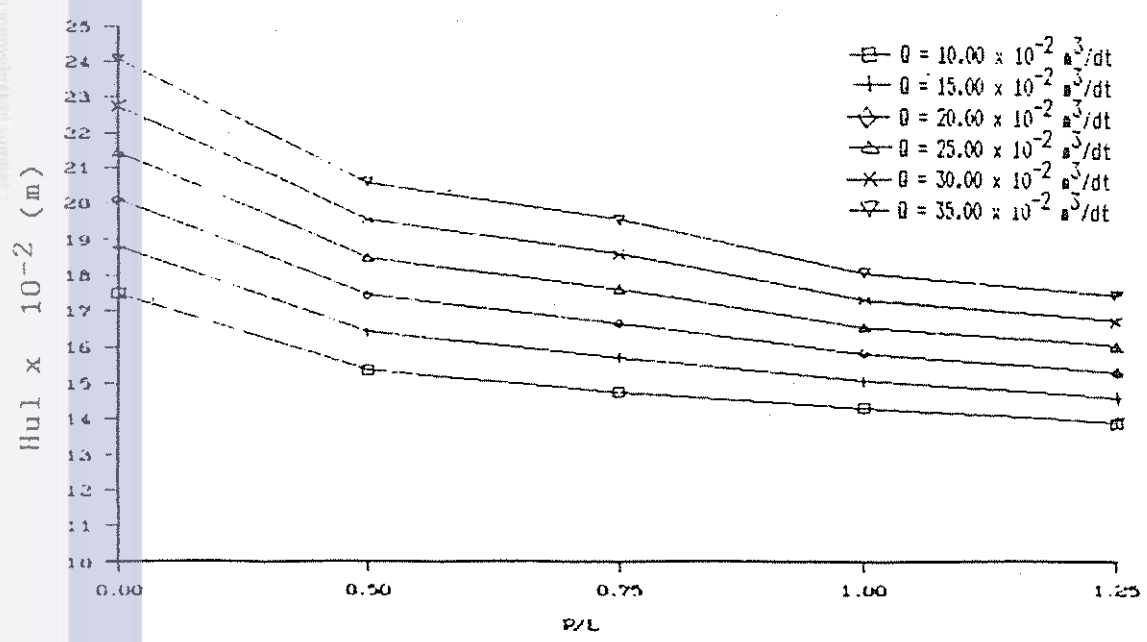
$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	P/L	Hul $\times 10^{-2}$ (m)
10.00	0.00	17.50
	0.50	15.28
	0.75	14.79
	1.00	13.97
	1.25	13.88
15.00	0.00	18.81
	0.50	16.42
	0.75	15.72
	1.00	14.81
	1.25	14.59
20.00	0.00	20.13
	0.50	17.56
	0.75	16.64
	1.00	15.64
	1.25	15.29
25.00	0.00	21.44
	0.50	18.70
	0.75	17.56
	1.00	16.47
	1.25	16.00
30.00	0.00	22.76
	0.50	19.84
	0.75	18.48
	1.00	17.31
	1.25	16.71
35.00	0.00	24.07
	0.50	20.98
	0.75	19.41
	1.00	18.14
	1.25	17.42

Tabel 2B. Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (gigi runcing sebelah hulu)

$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	P/L	Hul $\times 10^{-2}$ (m)
10.00	0.00	17.50
	0.50	15.37
	0.75	14.75
	1.00	14.32
	1.25	13.90
15.00	0.00	18.81
	0.50	16.41
	0.75	15.71
	1.00	15.07
	1.25	14.61
20.00	0.00	20.13
	0.50	17.45
	0.75	16.66
	1.00	15.82
	1.25	15.31
25.00	0.00	21.44
	0.50	18.49
	0.75	17.62
	1.00	16.56
	1.25	16.02
30.00	0.00	22.76
	0.50	19.54
	0.75	18.57
	1.00	17.31
	1.25	16.72
35.00	0.00	24.07
	0.50	20.58
	0.75	19.53
	1.00	18.06
	1.25	17.43



Gambar 11A. Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (gigi runcing sebelah hilir)



Gambar 11B. Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (gigi runcing sebelah hulu)

Dari Gambar 11A dan 11B dapat dilihat bahwa tinggi muka air hulu menurun dengan bertambahnya tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L). Penurunan tinggi muka air hulu ini dikarenakan semakin besar tingkat ketajaman gigi pelimpah berarti bentang bidang limpas semakin besar pula, sehingga kapasitas debit pelimpasannya semakin besar dan pengaruhnya akan menurunkan tinggi muka air di hulu bendung. Selain itu dapat dilihat juga bahwa pada debit yang sama dengan pelimpah tipe gergaji, tinggi muka air hulunya akan lebih rendah dibandingkan dengan pelimpah lurus.

Dari Gambar 11A terlihat bahwa pada titik $P/L = 1.00$ terjadi perubahan gradien, dimana pada $P/L > 1.00$ menunjukkan penurunan tinggi muka air hulu (Hul) semakin kecil, sehingga pada $P/L > 1.00$ pelimpah semakin tidak optimal dalam menurunkan Hul. Oleh karena itu dapat ditetapkan bahwa P/L yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air hulu adalah $P/L = 1.00$.

Analisa terhadap Gambar 11B seperti Gambar 11A, bahwa pada $P/L = 1.00$ ditetapkan sebagai tingkat ketajaman gigi pelimpah yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air. Berdasarkan analisa Gambar 11A dan 11B dapat ditetapkan bahwa tingkat ketajaman gigi pelimpah gergaji disebelah hulu dan hilir (P/L) yang paling optimal dalam menurunkan

tinggi muka air di hulu bendung adalah pelimpah dengan $P/L = 1.00$.

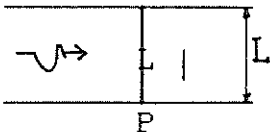
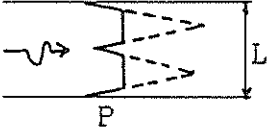
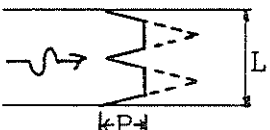
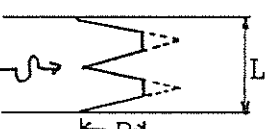
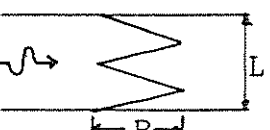
2. Pemotongan Gigi Pelimpah Bendung

Tujuan pemotongan (penumpulan) gigi pelimpah bendung adalah untuk mengurangi atau memperpendek panjang lantai pondasi pelimpah. Model bendung yang dilakukan pemotongan (penumpulan) gigi pelimpahnya adalah model bendung yang mempunyai tingkat ketajaman (P/L) yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air hulu, yaitu $P/L = 1.00$ (hasil penyelidikan ketajaman gigi pelimpah).

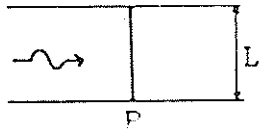
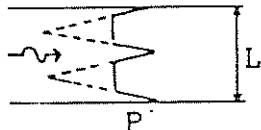
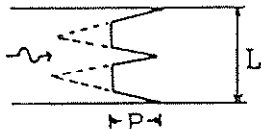
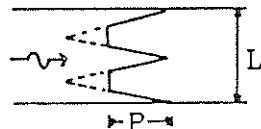
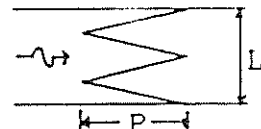
Pemotongan gigi pelimpah dilakukan dua tahap, yaitu pemotongan gigi pelimpah sebelah hilir dan pemotongan gigi pelimpah sebelah hulu. Data profil aliran pemotongan gigi pelimpah tertera pada Lampiran 6 dan 7. Sedangkan kurva profil alirannya tertera pada Lampiran 11 dan 12.

Untuk melihat pengaruh pemotongan gigi pelimpah maka dari data profil aliran dibuat tabel dan grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air di hulu, pada P/L konstan. Hasilnya tertera pada Tabel 3A. untuk pemotongan gigi sebelah hilir (Gambar 12A) dan Tabel 3B untuk pemotongan gigi sebelah hulu (Gambar 12B).

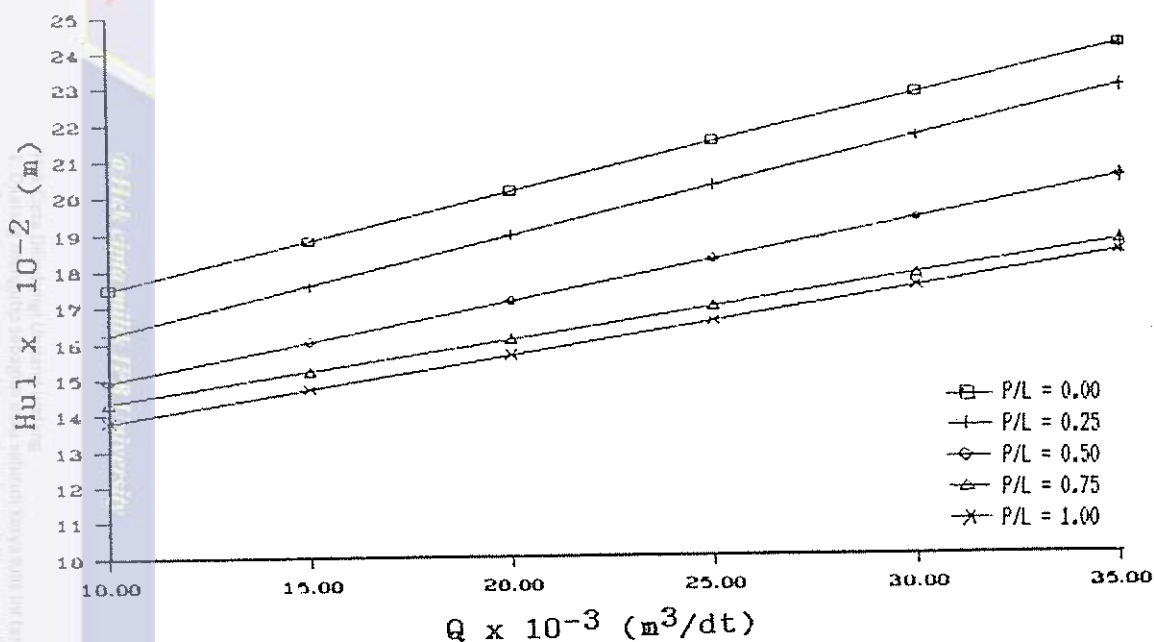
Tabel 3A. Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (penumpukan gigi sebelah hilir)

P/L	$Q \times 10^{-3}$ (m ³ /dt)	Hul $\times 10^{-2}$ (m)	Keterangan
0.00	7.43 12.20 15.72 20.33 36.30	16.53 18.11 19.29 20.34 24.27	
0.25	7.73 14.79 20.33 27.96 41.17	15.52 17.44 19.22 21.25 24.37	
0.50	7.73 12.40 19.79 26.32 38.69	14.59 15.48 16.84 18.46 21.37	
0.75	8.37 15.25 21.46 28.63 38.28	14.18 15.29 16.14 17.43 19.41	
1.00	13.89 17.81 27.96 36.30 47.33	14.60 15.37 16.81 18.44 20.84	

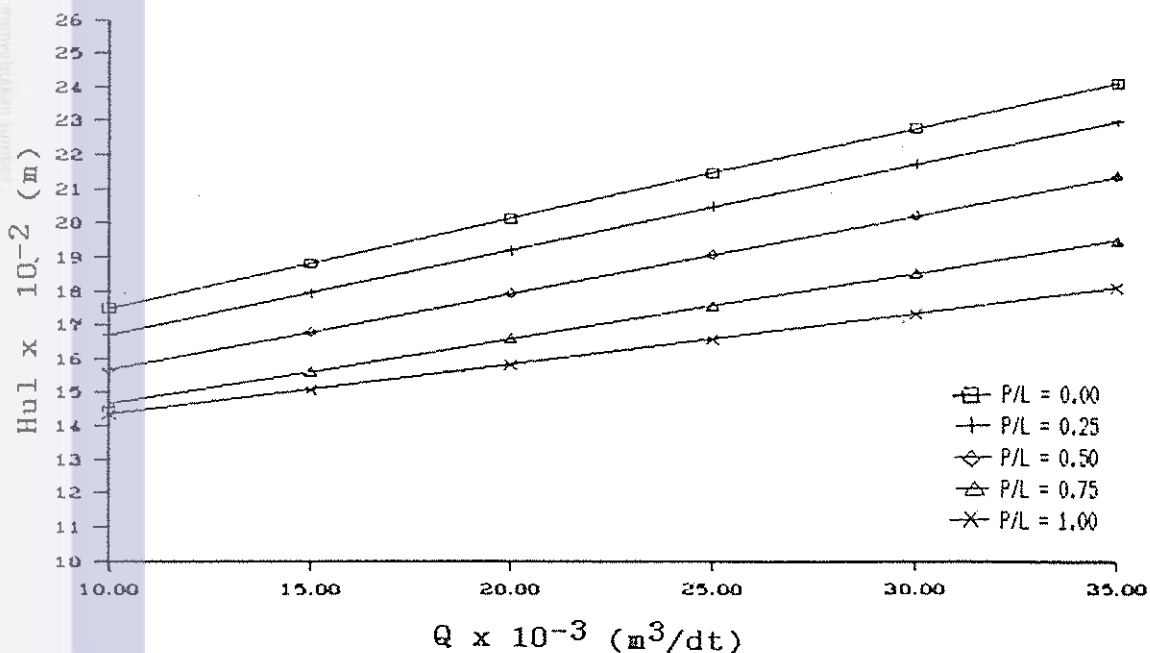
Tabel 3B. Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada variasi P/L (penumpukan gigi sebelah hulu)

L/B	$Q \times 10^{-3}$ (m ³ /dt)	Hul $\times 10^{-2}$ (m)	Keterangan
0.00	7.43	16.52	
	12.20	18.11	
	15.72	19.29	
	20.33	20.34	
	36.30	24.27	
0.25	9.03	16.27	
	13.24	17.59	
	19.78	19.28	
	25.36	20.59	
	36.69	23.28	
0.50	9.03	15.47	
	15.01	16.73	
	21.46	18.28	
	31.07	20.48	
	38.69	22.10	
0.75	9.20	14.65	
	14.34	15.43	
	19.25	16.49	
	28.63	17.97	
	39.51	20.50	
1.00	11.40	14.64	
	18.45	15.60	
	25.68	16.46	
	32.51	17.62	
	39.51	18.88	

Berdasarkan Gambar 12A dan Gambar 12B dapat dilihat bahwa pada debit yang sama semakin besar perbandingan P/L, tinggi muka air hulunya semakin turun, karena semakin besar perbandingan P/L berarti semakin lebar bentang bidang limpasnya, sehingga kapasitas pelimpah semakin besar, dan akibatnya tinggi muka air di hulu bendung semakin turun.



Gambar 12A. Grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (penumpukan gigi sebelah hilir)



Gambar 12B. Grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada P/L konstan (penumpukan gigi sebelah hulu)

Sedangkan untuk mengetahui pengaruh tingkat pemotongan gigi pelimpah (P/L) terhadap tinggi muka air hulu pada debit konstan, maka dari Tabel 3A dan 3B dengan menggunakan interpolasi dibuat tabel dan grafik hubungan tingkat penumpukan dan tinggi muka air hulu, yaitu Tabel 4A untuk pemotongan gigi sebelah hilir (Gambar 13A) dan Tabel 4B untuk pemotongan gigi sebelah hulu (Gambar 13B).

Dari Gambar 13A dan 13B dapat dilihat bahwa semakin besar P/L maka tinggi muka air hulu semakin turun. Pada titik $P/L = 0.75$ terjadi perubahan gradien, dimana pada $P/L > 0.75$ penurunan tinggi muka air hulu (Hul) semakin kecil. Oleh karena itu $P/L = 0.75$ dipilih sebagai tingkat penumpukan gigi paling optimal menurunkan tinggi muka air di hulu

Dari analisa ketajaman pelimpah bendung dan dari analisa pemotongan (penumpukan) gigi pelimpah dengan menggunakan grafik, maka bentuk desain pelimpah bendung gergaji yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung adalah pada tingkat ketajaman dengan $P/L = 1.00$ dan pada pemotongan gigi sehingga $P/L = 0.75$ pada bagian hulu dan hilir (gigi sebelah hulu dan hilir dipotong $0.25 P$)

Gambar bentuk desain pelimpah bendung gergaji yang paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung terdapat pada Gambar 14.

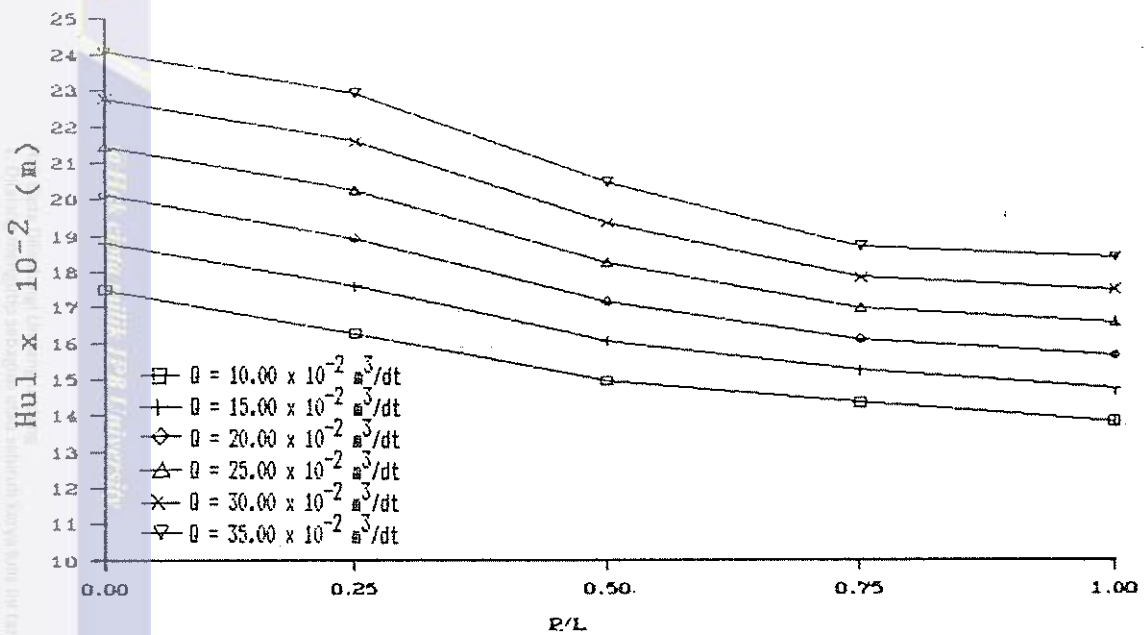
Tabel 4A. Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (penumpukan gigi sebelah hilir)

$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	P/L	Hul $\times 10^{-2}$ (m)
10.00	0.00	17.50
	0.25	16.26
	0.50	14.93
	0.75	14.34
	1.00	13.97
15.00	0.00	18.81
	0.25	17.59
	0.50	16.03
	0.75	15.21
	1.00	14.81
20.00	0.00	20.13
	0.25	18.92
	0.50	17.13
	0.75	16.07
	1.00	15.64
25.00	0.00	21.44
	0.25	20.25
	0.50	18.23
	0.75	16.94
	1.00	16.47
30.00	0.00	22.76
	0.25	21.58
	0.50	19.32
	0.75	17.81
	1.00	17.31
35.00	0.00	24.07
	0.25	22.91
	0.50	20.43
	0.75	18.67
	1.00	18.14

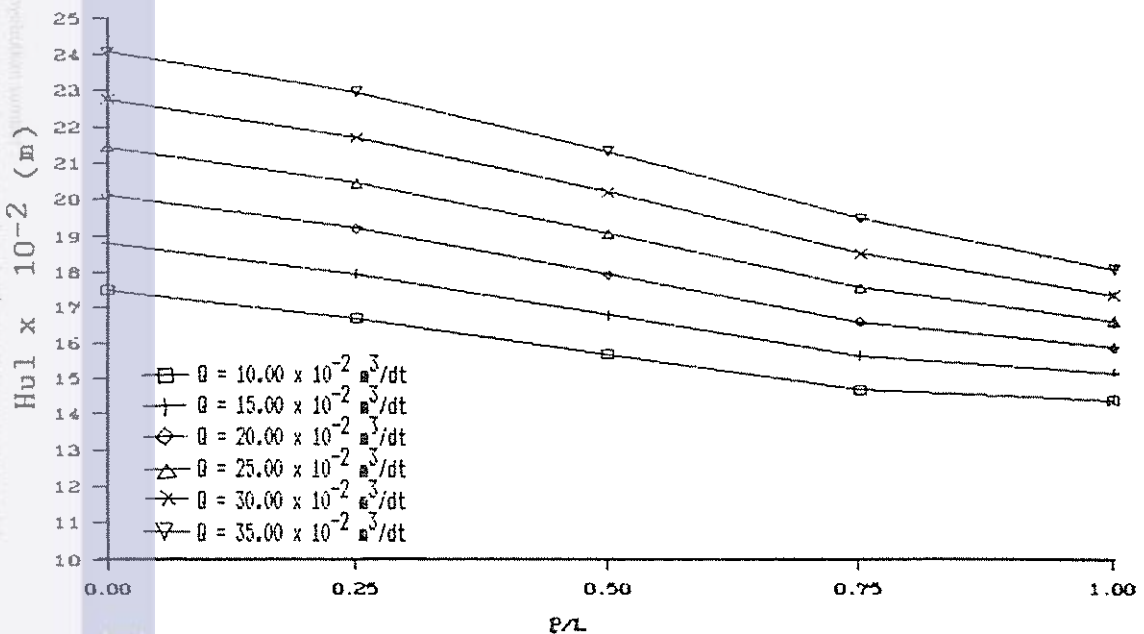
Tabel 4B. Hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (penumpukan gigi sebelah hulu)

$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	P/L	Hul $\times 10^{-2}$ (m)
10.00	0.00	17.50
	0.25	16.69
	0.50	15.63
	0.75	14.67
	1.00	14.32
15.00	0.00	18.81
	0.25	17.94
	0.50	16.79
	0.75	15.63
	1.00	15.07
20.00	0.00	20.13
	0.25	19.20
	0.50	17.92
	0.75	16.59
	1.00	15.82
25.00	0.00	21.44
	0.25	20.45
	0.50	19.05
	0.75	17.55
	1.00	16.56
30.00	0.00	22.76
	0.25	21.70
	0.50	20.18
	0.75	18.51
	1.00	17.31
35.00	0.00	24.07
	0.25	22.95
	0.50	21.31
	0.75	19.46
	1.00	18.06

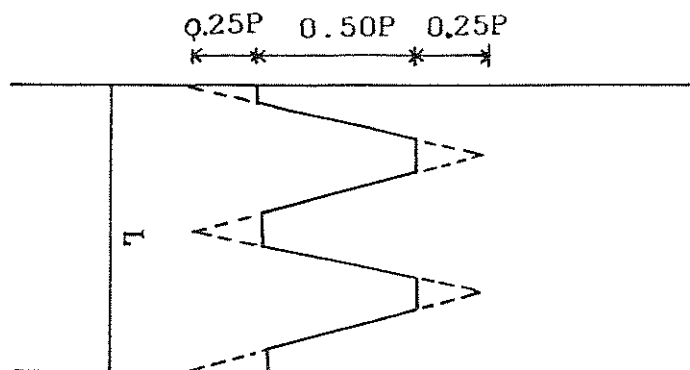




Gambar 13A. Grafik hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (penumpukan gigi sebelah hilir)



Gambar 13B. Grafik hubungan P/L dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan (penumpukan gigi sebelah hulu)



Gambar 14. Bentuk desain pelimpah bendung gergaji paling optimal dalam menurunkan tinggi muka air di hulu bendung

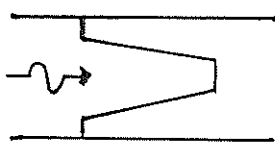
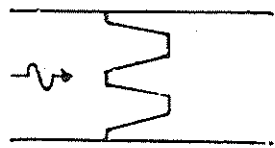
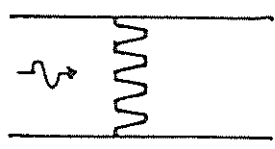
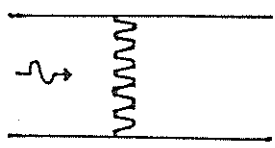
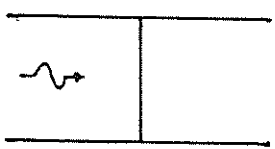
B. PEMILIHAN JUMLAH GIGI PELIMPAH BENDUNG GERGAJI

Pemilihan jumlah gigi pelimpah bendung gergaji ditentukan oleh lebar bendung yang tersedia, debit banjir rencana, dan tinggi muka air di hulu bendung maksimum yang direncanakan. Jumlah gigi pelimpah gergaji akan menentukan tingkat kekuatan konstruksi bangunan pondasi bendung. Data hasil pengamatan profil aliran tertera pada Lampiran 8, sedangkan kurva profil alirannya tercantum pada Lampiran 13.

Untuk melihat pengaruh debit terhadap tinggi pada jumlah gigi pelimpah konstan, maka dari data profil aliran dibuat Tabel 5A dan Gambar 15A. Sedangkan untuk melihat pengaruh jumlah gigi pelimpah terhadap tinggi muka air di hulu pada berbagai debit konstan, maka dari Tabel 5A dengan menggunakan interpolasi dibuat Tabel 5B dan Gambar 15B. Dari Gambar 15B terlihat bahwa semakin banyak jumlah gigi pelimpah, maka elevasi muka air di hulu akan semakin tinggi. Dari gambar ini dapat ditun-

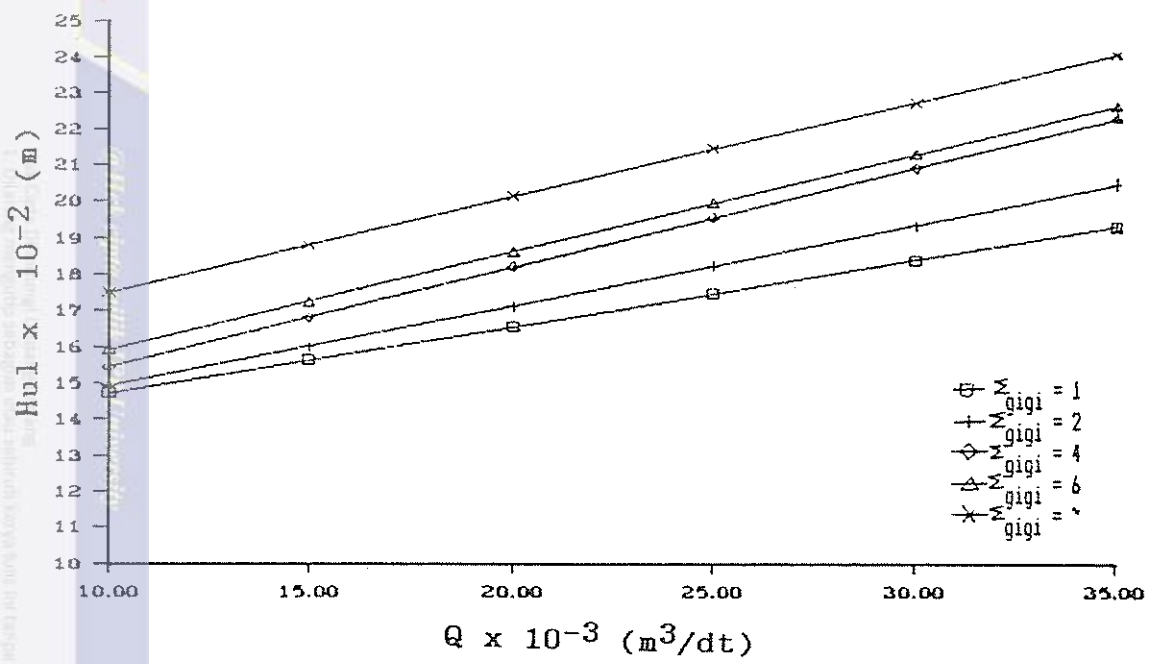
jukkan juga bahwa dengan pelimpah bendung tipe lurus (jumlah gigi pelimpah tak terhingga) mempunyai elevasi muka air hulu lebih tinggi dibandingkan dengan pelimpah bendung tipe gergaji. Sehingga untuk tujuan menurunkan tinggi muka air hulu bendung atau untuk menghindari meluapnya air di hulu bendung yang dapat menyebabkan banjir dapat diterapkan pelimpah gergaji.

Tabel 5A. Hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji pada jumlah gigi pelimpah konstan

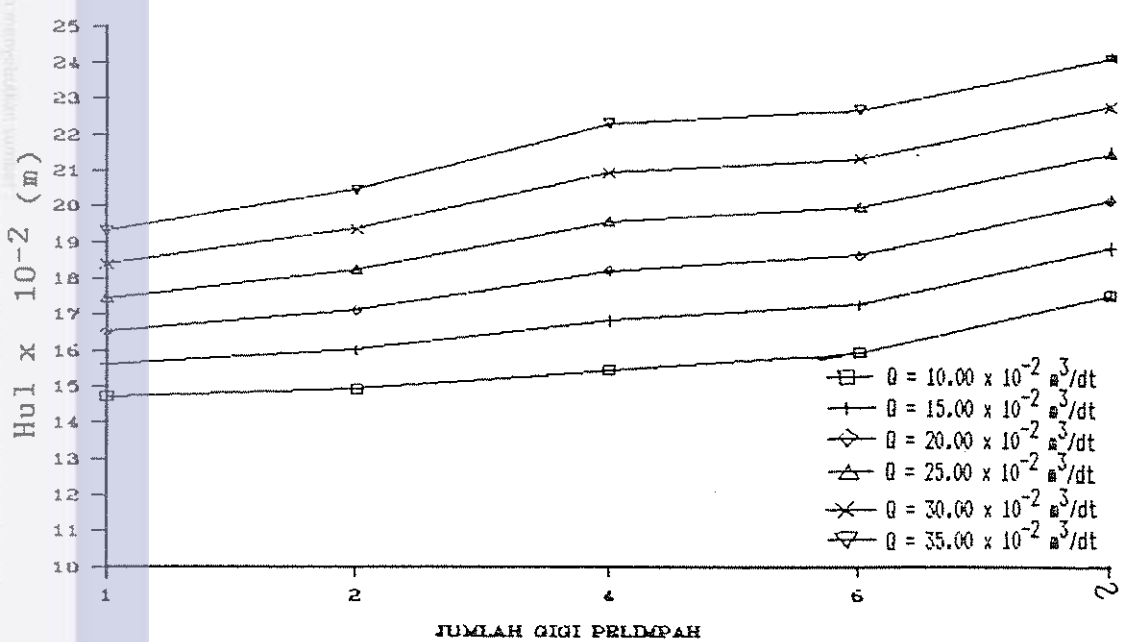
Jumlah gigi	$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	Hul $\times 10^{-2}$ (m)	Keterangan
1	9.73	14.78	
	15.48	15.62	
	23.81	17.19	
	31.78	18.78	
	42.02	20.60	
2	9.03	14.83	
	16.44	16.20	
	25.04	18.16	
	32.15	19.85	
	40.75	21.76	
4	8.53	15.02	
	13.67	16.55	
	20.06	18.11	
	27.29	20.19	
	37.08	22.87	
6	9.38	15.64	
	15.48	17.32	
	22.32	19.43	
	29.31	21.22	
	38.28	23.36	
2 (pelimpah lurus)	7.43	16.52	
	12.20	18.11	
	25.72	19.29	
	30.33	20.34	
	36.30	24.27	

Tabel 5B. Hubungan jumlah gigi pelimpah dan tinggi muka air di hulu bendung gergaji pada debit aliran konstan

$Q \times 10^{-3}$ (m^3/dt)	JUMLAH GIGI	Hul $\times 10^{-2}$ (m)
10.00	1	14.72
	2	14.91
	4	15.45
	6	15.92
	5	17.50
15.00	1	15.64
	2	16.02
	4	16.82
	6	17.26
	5	18.81
20.00	1	16.56
	2	17.12
	4	18.19
	6	18.61
	5	20.13
25.00	1	17.47
	2	18.23
	4	19.55
	6	19.94
	5	21.44
30.00	1	18.39
	2	19.34
	4	20.92
	6	21.30
	5	22.75
35.00	1	19.31
	2	20.44
	4	22.29
	6	22.65
	5	24.07



Gambar 15A. Grafik hubungan debit aliran dan tinggi muka air hulu bendung gergaji untuk jumlah gigi konstan



Gambar 15B. Grafik hubungan jumlah gigi pelimpah bendung gergaji dan tinggi muka air hulu untuk debit aliran konstan

C. PROSEDUR DESAIN PELIMPAH GERGAJI DENGAN MODEL

1. Skala Dimensi Model

Penyelidikan hidrolik dilakukan dengan uji model. Besaran-besaran yang diskalakan dalam model adalah besaran geometri, kecepatan dan debit aliran.

a. Skala geometri model

- Lebar pelimpah bendung

L_p = lebar pelimpah bendung di prototipe

L_m = lebar pelimpah bendung di model

- Panjang pelimpah bendung

P_p = panjang pelimpah bendung di prototipe

P_m = panjang pelimpah bendung di model

- Tinggi mercu bendung

T_p = tinggi mercu bendung di prototipe

T_m = tinggi mercu bendung di model

- Radius mercu bendung

R_p = radius mercu bendung di prototipe

R_m = radius mercu bendung di model

- Tinggi muka air hulu (diukur dari mercu bendung)

H_{ap} = tinggi muka air hulu di prototipe

H_{am} = tinggi muka air hulu di model

Model yang digunakan merupakan model undistorted, sehingga perbandingan besaran-besaran di model dan di prototipe harus sama, yaitu :

$$\frac{L_p}{L_m} = \frac{P_p}{P_m} = \frac{T_m}{T_m} = \frac{Ha_p}{Ha_m} = \frac{R_p}{R_m} \quad (4.1)$$

b. Skala kecepatan

Dasar perhitungan skala kecepatan digunakan Hukum Model Froude, yaitu :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot Ha}} \quad (4.2)$$

$$(Fr)_p = (Fr)_m \quad (4.3a)$$

$$\left[\frac{V}{\sqrt{g \cdot Ha}} \right]_p = \left[\frac{V}{\sqrt{g \cdot Ha}} \right]_m \quad (4.3b)$$

$$\frac{V_p}{V_m} = \frac{[\sqrt{g \cdot Ha}]_p}{[\sqrt{g \cdot Ha}]_m} \quad (4.3c)$$

c. Skala debit limpasan

$$Q = A \times V \quad (4.4)$$

$$Q_p \propto Q_m \quad (4.5a)$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{(A \times V)_p}{(A \times V)_m} ; \quad A = Ha \times L \quad (4.5b)$$

$$= \frac{(Ha \times L \times V)_p}{(Ha \times L \times V)_m} \quad (4.5c)$$

$$= \frac{(Ha)_p}{(Ha)_m} \times \frac{(L)_p}{(L)_m} \times \frac{(V)_p}{(V)_m} \quad (4.5d)$$

$$\text{karena } \frac{(L)_p}{(L)_m} = \frac{(Ha)_p}{(Ha)_m} \quad \text{maka :}$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{(H_a)_p}{(H_a)_m} \times \frac{(H_a)_p}{(H_a)_m} \times \frac{(\sqrt{H_a})_p}{(\sqrt{H_a})_m} \quad (4.5e)$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{(H_a)_p^{5/2}}{(H_a)_m^{5/2}} \quad (4.5f)$$

2. Rancangan Tinggi Mercu Bendung

Rancangan ketinggian mercu bendung didasarkan pada :

- Elevasi muka air di hulu minimum rencana yang masih dapat memenuhi head penyadapan yang terjadi pada musim kering (kemarau).
- Elevasi muka air hulu maksimum rencana yang didasarkan pada perhitungan debit banjir rencana, sehingga resiko melimpahnya air di hulu yang dapat menyebabkan banjir dapat dikendalikan.

3. Prosedur Pemilihan Jumlah Gigi Pelimpah

Pemilihan jumlah gigi pelimpah bendung gergaji didasarkan pada kendala-kendala yang ada di lapangan. Dalam penelitian ini sebagai dasar pertimbangan pemilihan jumlah gigi pelimpah hanya dibatasi pada debit rencana, tinggi muka air hulu maksimum yang direncanakan dan lebar bendung rencana.

Langkah pertama adalah merubah ukuran desain rencana ke dalam ukuran model dengan menggunakan skala model. Sebagai acuan untuk menetapkan skala

model adalah besarnya lebar bentang pelimpah yang direncanakan. Perhitungan skala model berdasarkan lebar bentang bendung sebagai berikut :

$$n = \frac{L_d}{L_m} \quad (4.6)$$

dimana

L_d = lebar bendung desain

n = skala model

Dari skala model (n), debit rencana model dan tinggi muka air hulu di model ditetapkan, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{- debit aliran model} &\implies Q_m = \frac{Q_d}{n} \\ \text{- tinggi muka air hulu} &\implies Ha_m = \frac{Ha_d}{n} \end{aligned}$$

Q_d = debit desain rencana

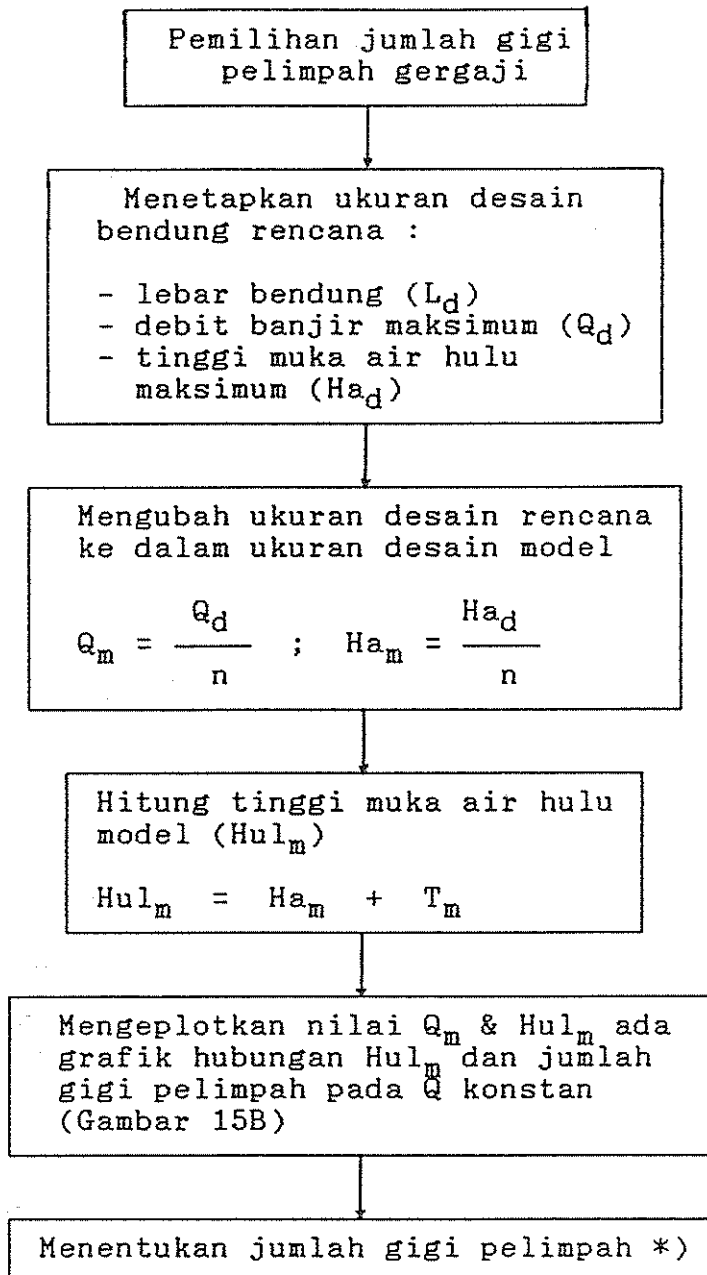
Ha_d = tinggi muka air hulu desain

Berdasarkan Gambar 15B dengan debit rencana model dan tinggi muka air hulu model Ha_m diketahui, maka jumlah gigi pelimpah dapat ditentukan. Sedangkan untuk menentukan tinggi mercu desain (T_d) dan jari-jari mercu bendung desain (R_d) sebagai berikut:

$$T_d = T_m \times n \quad (4.7)$$

$$R_d = R_m \times n \quad (4.8)$$

Diagram alir (flow chart) prosedur pemilihan jumlah gigi pelimpah gergaji terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16. Diagram alir pemilihan jumlah gigi pelimpah bendung gergaji dengan menggunakan grafik

*) Dalam menentukan jumlah gigi pelimpah, bila dari pengeplotan jumlah gigi pelimpah ternyata pecahan, maka jumlah gigi pelimpah dibulatkan kebawah. Tujuannya agar tinggi muka air di hulu bendung lebih rendah dari tinggi muka air di hulu bendung desain maksimum sehingga keamanan terhadap melimpahnya air dapat diandalkan.

Contoh Perhitungan pemilihan jumlah gigi pelimpah gergaji seperti pada Lampiran 14.

D. ANALISIS BILANGAN FROUDE

Salah satu syarat desain bendung yang dapat diterapkan di lapangan adalah kecepatan aliran air yang menyebabkan energi potensial yang melewati bangunan pelimpah bendung tidak akan menimbulkan penggerusan setempat di bangunan pelimpah dan di lantai hilir bendung. Dengan kata lain alirannya pada kondisi sub kritis ($Fr < 1$).

Bila kecepatan alirannya pada kondisi kritis atau super kritis ($Fr \geq 1$) harus dilakukan penanggulangan gaya potensial alirannya, yaitu dengan melengkapi bangunan pelimpah dengan suatu peredam energi.

Hasil analisis bilangan Froude pada bendung dengan jumlah gigi pelimpah 1, 2, 4, dan 6 (Lampiran 15). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada pelimpah dengan jumlah gigi 1 dan 2 mempunyai bilangan Froude kurang dari satu (aliran sub kritis), sehingga gaya potensial aliran aman terhadap penggerusan. Tetapi pada pelimpah dengan jumlah gigi 4 dan 6 pada bagian hilir bendung mempunyai bilangan Froude lebih dari satu (aliran super kritis). Untuk itu bangunan pelimpah harus dilengkapi dengan peredam energi untuk menurunkan gaya potensial limpasan yang dapat menyebabkan penggerusan

setempat pada bangunan pelimpah dan lantai hilir bendung.

© Hak cipta milik IPB University

IPB University



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Untuk mendapatkan debit limpas yang lebih besar pada elevasi muka air di hulu tetap dapat digunakan pelimpah bendung tipe gergaji. Pelimpah bendung tipe gergaji dapat meningkatkan kapasitas debit limpas, karena pelimpasan air dengan memanfaatkan ruang arah hulu, hilir, dan samping, sehingga bentang bidang limpasnya menjadi lebih panjang.
2. Bila dibandingkan dengan pelimpah tipe lurus, untuk debit aliran yang sama, dengan pelimpah tipe gergaji akan diperoleh tinggi muka air di hulu bendung lebih rendah. Sehingga bila terjadi genangan air di hulu bendung yang berlimpah yang dapat mengakibatkan banjir dapat dihindarkan.
3. Dari penyelidikan optimasi bentuk pelimpah bendung gergaji dalam menurunkan tinggi muka air hulu dengan uji model diketahui bahwa pelimpah dengan tingkat ketajaman (P/L) sama dengan 1.00, kemudian ujung runcing sebelah hulu dan hilirnya dipotong seperempat panjang bendung ($0.25 P$).
4. Berdasarkan grafik hubungan tinggi muka air hulu dan jumlah gigi pelimpah pada debit konstan diketahui bahwa semakin banyak jumlah gigi pelimpah, maka tinggi muka air hulu bendung semakin tinggi.
5. Dari analisis bilangan Froude, pelimpah bendung dengan jumlah gigi pelimpah 1 dan 2 buah mempunyai

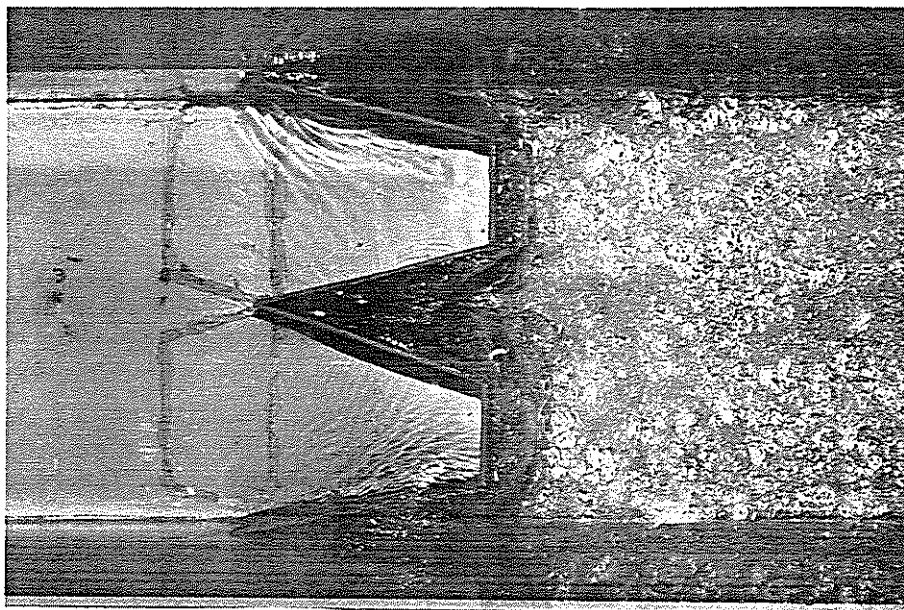
bilangan Froude kurang dari satu atau kondisi aliran-nya sub kritis, sehingga gaya potensial aliran aman terhadap penggerusan. Sedangkan pada jumlah gigi pelimpah 4 dan 6 buah aliran yang melimpah di atas mercu bendung dan di bagian hilir bendung mempunyai bilangan Froude lebih dari satu atau kondisi aliran-nya super kritis, sehingga bangunan pelimpah harus dilengkapi dengan suatu peredam energi untuk menurunkan gaya potensian limpasan yang dapat menyebabkan terjadinya penggerusan setempat pada bangunan pelimpah atau lantai dasar di hilir bendung.

B. SARAN

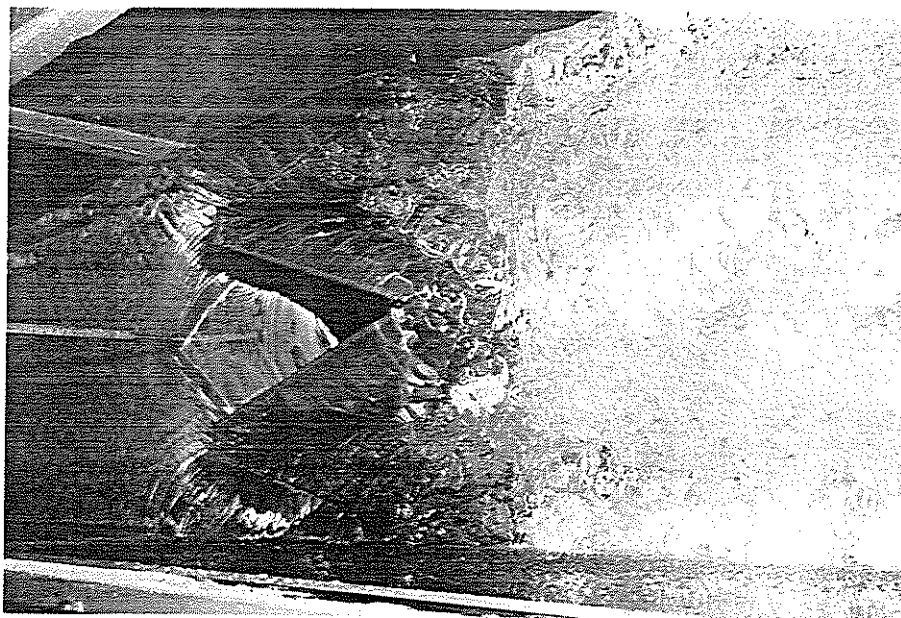
1. Untuk mendapatkan grafik hubungan jumlah gigi pelimpah gergaji dan tinggi muka air hulu pada debit konstan yang lebih lengkap, maka perlu penyelidikan lebih lanjut pada jumlah gigi pelimpah lebih dari 6.
2. Perlu penyelidikan lebih lanjut terhadap pelimpah tipe gergaji yang dilengkapi dengan peredam energi, sehingga diharapkan mendapatkan peredam energi yang paling sesuai untuk mencegah terjadinya penggerusan pada lantai dasar sebelah hilir dan bangunan pelimpah bendung.
3. Perlu penyelidikan dan pembahasan lebih lanjut terhadap optimasi pelimpah gergaji ditinjau dari kendala debit minimum dan maksimum aliran sungai sehingga pelimpah gergaji tetap dapat efektif untuk penyadapan

L A M P I R A N

Lampiran 1. (Lanjutan)

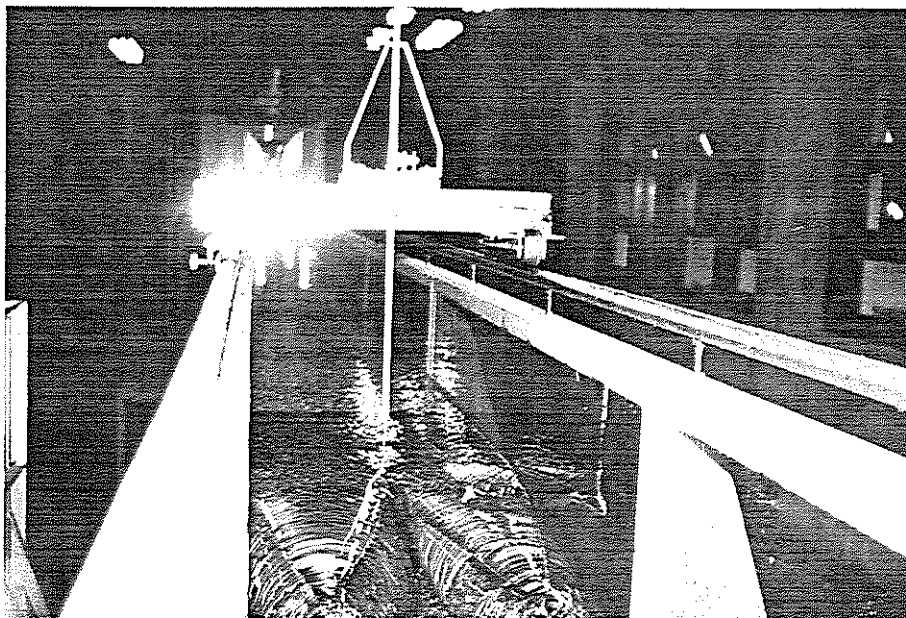


Gambar 18A. Penyelidikan penumpulan / pemotongan gigi pelimpah gergaji sebelah hilir ($P/L = 0.50$)

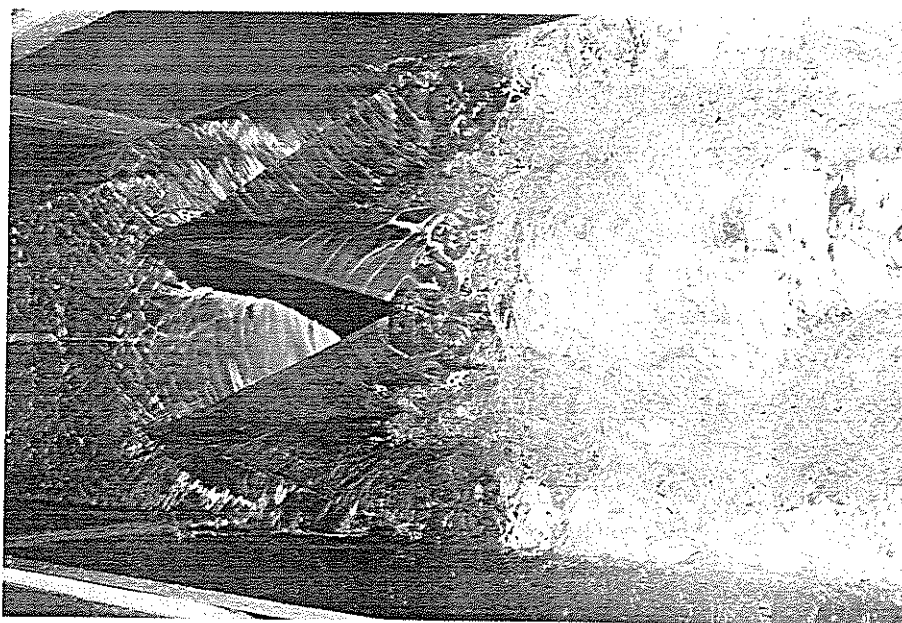


Gambar 18B. Penyelidikan penumpulan/pemotongan gigi pelimpah gergaji sebelah hulu ($P/L = 0.75$)

Lampiran 1. Foto penyelidikan pelimpah bendung tipe gergaji dengan uji model

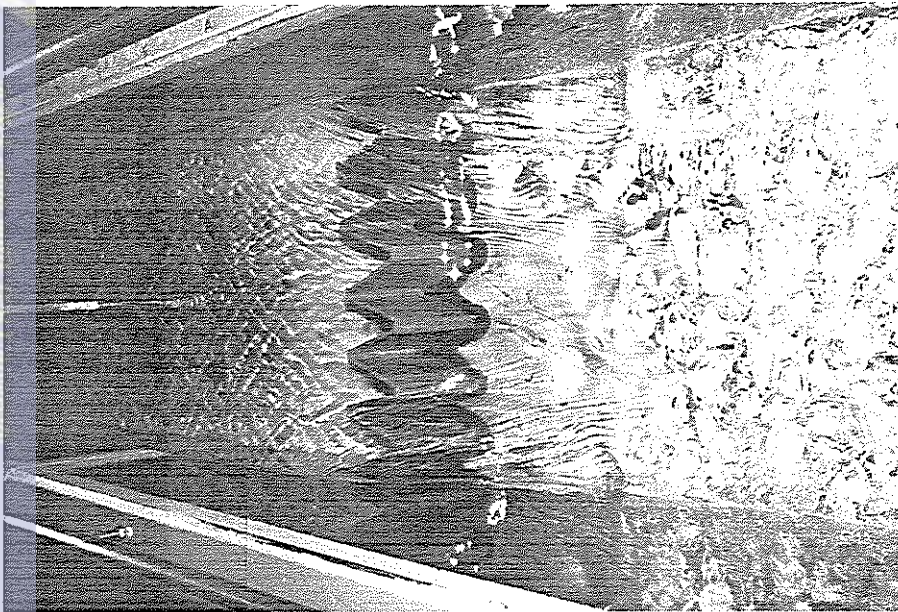


Gambar 17A. Penyelidikan ketajaman gigi pelimpah gergaji dengan gigi runcing sebelah hilir ($P/L = 1.25$)



Gambar 17A. Penyelidikan ketajaman gigi pelimpah gergaji dengan gigi runcing sebelah hilir ($P/L = 0.75$)

Lampiran 1. (Lanjutan)



Gambar 19. Penyelidikan terhadap pengaruh jumlah gigi pelimpah gergaji (jumlah gigi pelimpah = 6)

Lampiran 2. Daftar nilai faktor pengaliran - f (Sosrodarsono dan Takeda, 1977)

Koefisien pengaliran (run-off coefficient) sungai-sungai didasarkan pada rumus-rumus hidrolika, diterbitkan oleh Civil Engineering Society, Japan (Sosrodarsono dan Takeda, 1977)

Kondisi daerah	nilai f
Daerah pegunungan berlereng terjal	0.75 - 0.80
Daerah perbukitan	0.70 - 0.80
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0.50 - 0.75
Daerah dataran yang digarap	0.45 - 0.60
Daerah persawahan irigasi	0.70 - 0.80
Sungai di daerah pegunungan	0.75 - 0.85
Sungai kecil di daerah dataran	0.45 - 0.75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran lebih dari sepersuanya terdiri dari dataran	0.50 - 0.75

Lampiran 3. Daftar rumus empiris (Sosrodarsono dan Takeda, 1980)

Rumus-rumus untuk menghitung debit banjir.

No.	Pembuat rumus	Rumus	Catatan	Nama Negara	Satuan
1		$Q = (10 - 70)A^{0.5}$	Curah hujan sedang, $A = 3.000 - 160.000 \text{ km}^2$.	France	<i>M</i>
2		$Q_a = 150A^{0.5}$	Hujan lebat, $A = 400 - 3.000 \text{ km}^2$.	France	<i>M</i>
3		$Q_a = 24,12A^{0.516}$	$A = 15 - 200.000 \text{ km}^2$.	Germany	<i>M</i>
4	Whistler	$Q_m = [1.538/(A + 259) + 0,054]A$	$A = 1.000 - 12.000 \text{ km}^2$.	Italy	<i>M</i>
5	Pagliaro	$Q_m = 2.900h/(A + 90)$	A kurang dari 1.000 km^2 .	Italy	<i>M</i>
6		$Q_m = 20.000A^{0.5}$		New Zealand	<i>E</i>
7	Inglis	$Q = 7.000A/\sqrt{A + 4}$	Untuk daerah pengaliran dengan bentuk kipas.	India	<i>E</i>
8	Ryues	$Q = 675A^{0.67}$		India	<i>E</i>
9	Ryues	$Q_a = 560A^{0.67}$		India	<i>E</i>
10	Bransby Williams	$Q = 4.600A^{0.52}$	A lebih dari 10 mile^2 .	Britain	<i>E</i>
11	U.S. Geological Survey	$Q = 1.400A^{0.476}$	$A = 1.000 - 24.000 \text{ mile}^2$.	U.S.A.	<i>E</i>
12	Myer	$Q = 10.000A^{0.5}$		U.S.A.	<i>E</i>
13	Baird & McIlwraith	$Q_m = 131.000A/(107 + A)^{0.78}$	Debit banjir maksimum di seluruh dunia.	Australia	<i>E</i>
14	Baird & McIlwraith	$Q_m = 222.000A/(185 + A)^{0.5}$		Australia	<i>E</i>
15	Fanning	$Q = 200A^{3/6}$		U.S.A.	<i>E</i>

Q & Q_m : Debit banjir maksimum Q_a : Debit banjir rata-rata (tahunan) A : Daerah aliran.
M: Sistem metrik ($Q = \text{m}^3/\text{det}$, $A = \text{km}^2$) *E*: Sistem foot-pound (Q adalah ft^3/det , A adalah mile^2)

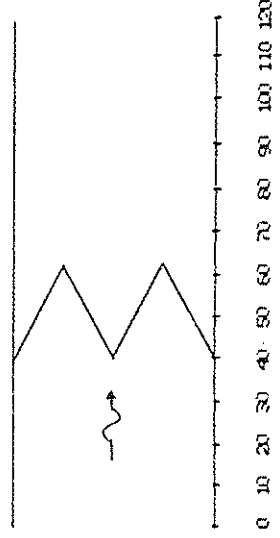
Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50

Lampiran 4. Data profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan gigi runcing sebelah hilir

H ₀ × 10 ⁻² (M)														
X × 10 ⁻² ~ 2 M	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
0 M 10 ⁻² ~ 3 M 3/4 H														
8.37	15.00	15.00	14.85	14.85	14.23	13.85	14.01	5.88	5.65	5.95	6.13	6.11	6.11	
14.56	16.24	16.24	16.19	16.14	15.93	15.75	14.55	8.15	7.80	7.66	7.94	7.89	7.69	
24.42	18.43	18.43	18.43	18.41	18.02	18.10	16.10	10.53	10.25	9.93	10.56	10.50	10.50	
36.30	21.34	21.34	21.31	21.26	20.84	18.98	16.10	13.25	13.45	13.65	13.15	13.15	13.11	
44.63	23.25	23.25	23.19	23.15	22.52	20.61	18.07	14.52	13.81	15.04	14.75	14.51	14.51	

Keterangan :

- H_u = Tinggi muka air
- S = Jarak (interval) pengukuran H_u
- Q = Debit aliran



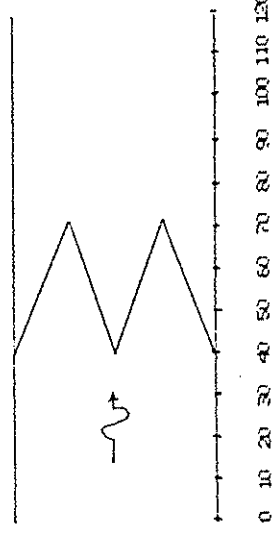
Lampiran 4. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.75

H _u × 10 ⁻² (m)													
X × 10 ⁻² - 2 m	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
0 × 10 ⁻³ m/s ²													
7.23	14.36	14.36	14.34	14.34	14.34	14.33	14.23	13.74	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16
14.34	15.59	15.59	15.59	15.51	15.36	15.35	15.29	14.60	8.23	8.23	8.23	8.23	8.23
22.61	16.98	16.98	16.98	16.90	16.78	16.27	16.07	15.75	10.02	10.66	10.64	10.54	10.54
35.13	19.51	19.51	19.61	19.61	19.34	18.57	17.84	17.84	14.80	13.34	13.96	13.59	13.59
47.33	20.00	20.00	21.90	21.77	21.55	20.60	19.68	19.25	17.43	16.65	15.81	15.75	15.75

Keterangan :

- H_u = Tinggi muka air
- S = Jarak (interval) pengukuran H_u
- Q = Debit aliran



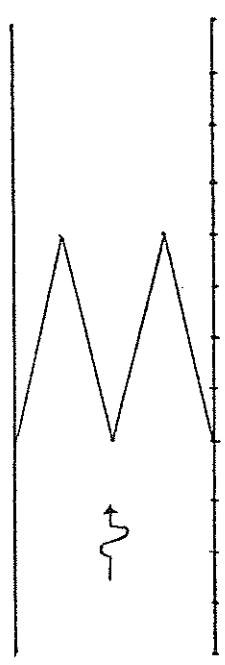
Lampiran 4. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.00

		Hu x 10 ⁻² (m)											
X x 10 ⁻² (m)	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
q x 10 ⁻³ m ³ /dt													
13.89	14.60	14.60	14.52	14.50	14.39	14.43	14.41	14.39	14.45	7.45	7.31	7.31	7.31
17.81	15.37	15.37	15.34	15.34	15.10	15.11	15.14	14.96	14.92	9.31	9.48	9.21	9.21
27.96	16.81	16.81	16.76	16.76	16.65	16.15	16.25	16.25	15.67	12.42	12.52	12.39	12.34
36.30	18.44	18.44	18.44	18.34	18.07	17.49	17.36	17.55	16.49	13.48	14.34	13.20	13.20
47.33	20.84	20.84	20.80	20.72	20.47	19.61	19.09	18.99	19.29	15.29	17.75	16.49	17.02

Keterangan :

- Hu = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran Hu
- q = Debit aliran



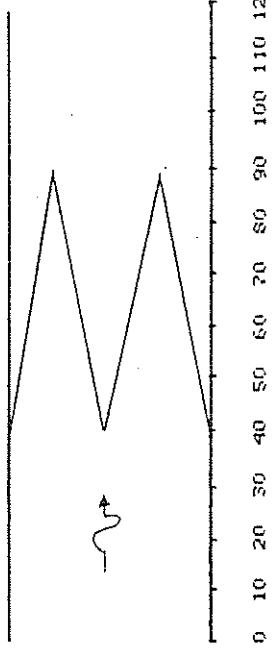
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 (m x 10⁻² m)

Tingkat ketahanan gigi pelimpah (P/L) = 1.25

$X \times 10^4 - 2 \text{ m}$		$H_u \times 10^4 - 2 \text{ (m)}$													
$Q \times 10^4 - 3 \text{ m}^3/\text{dt}$		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
5.37	13.25	13.25	13.25	13.24	13.23	13.13	13.13	13.12	13.12	12.91	3.70	3.04	2.89	2.62	
	14.27	14.27	14.27	14.20	14.20	14.07	13.89	13.98	14.02	13.82	6.02	5.39	4.49	4.20	
25.04	15.88	15.88	15.88	15.84	15.72	15.62	15.47	15.43	15.38	15.67	14.43	7.55	7.09	7.09	
	17.79	17.79	17.79	17.68	17.68	17.36	16.91	16.39	16.60	16.54	15.92	9.67	9.79	8.28	
46.96	19.31	19.31	19.31	19.27	19.14	19.05	18.30	17.53	17.47	18.04	17.88	15.48	12.71	10.64	

Keterangan :

- H_u = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran H_u
- Q = Debit aliran



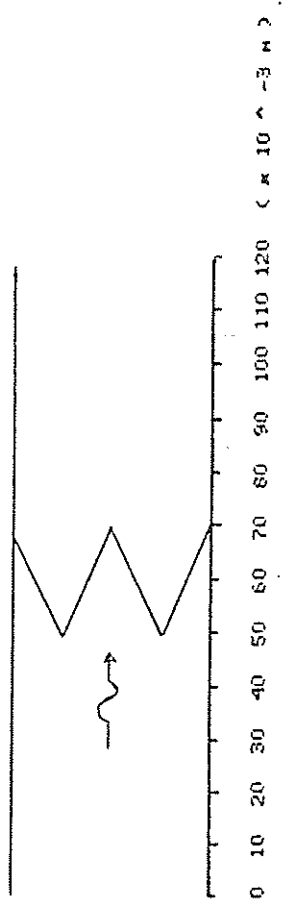
Lampiran 5. Data profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan gigi runcing sebelah hulu

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50

Nu m 10 ^ -2 (m)														
X m 10 ^ - 2 m		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
0 m 10 ^ -3 mS/34														
8.53		14.94	14.94	14.87	14.86	14.86	14.64	13.32	4.99	5.29	5.55	5.42	5.42	5.42
16.20		16.75	16.75	16.68	16.76	16.66	16.56	16.06	15.02	7.05	8.33	7.16	7.12	7.41
21.74		17.87	17.87	17.84	17.76	17.72	17.53	16.86	16.06	8.00	10.36	10.10	8.65	9.01
29.31		19.46	19.46	19.44	19.43	19.33	19.05	18.31	17.26	13.09	13.22	13.09	11.23	11.09
39.10		21.34	21.34	21.29	21.35	21.27	20.60	19.64	18.45	13.17	14.67	15.16	13.81	13.09

Keterangan :

- Hu = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran Hu
- Q = Debit aliran



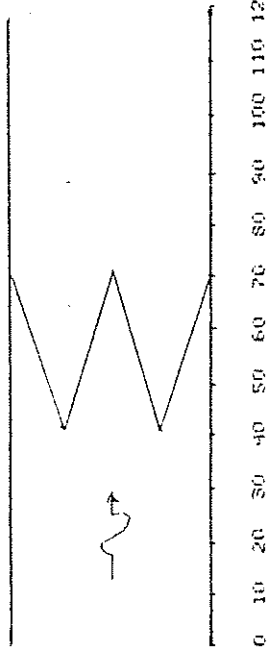
Lampiran 5. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0,75

$H_0 \times 10^{-2} \sim 2 \text{ (mm)}$		$H_0 \times 10^{-2} \sim 2 \text{ (mm)}$											
$x \times 10^{-2} \sim 2 \text{ mm}$	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	110,00	120,00
0,00	14,72	14,72	14,71	14,69	14,59	14,48	14,43	13,72	9,65	5,69	5,63	5,19	5,63
17,63	16,17	16,15	16,13	16,11	16,10	15,82	15,59	14,69	8,04	8,79	8,69	7,91	8,79
24,73	17,31	17,31	17,31	17,26	17,19	16,81	16,59	15,92	11,87	12,14	10,70	10,00	10,13
32,51	18,99	18,99	19,92	18,91	18,71	18,11	17,72	17,43	15,85	14,59	13,35	12,76	12,34
41,17	20,89	20,89	20,88	20,75	20,44	19,84	19,16	18,70	16,10	15,91	16,35	14,89	11,74

Keterangan :

- H_0 = Tinggi muka air
- x = Jarak (interval) pengukuran H_0
- 0 = Datar airan

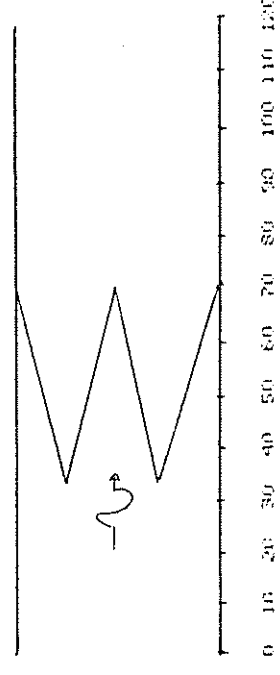


Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.00

$H_0 \times 10^{-2} \sim 2 \text{ (m)}$														
$X \times 10^{-2} \text{ m}$	$Q \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$													
	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
11.50	14.64	14.64	14.63	14.51	14.50	14.42	13.60	13.60	6.04	6.27	6.55	6.22	6.22	
18.45	15.60	15.60	15.56	15.53	15.38	15.29	15.15	14.49	8.64	9.18	8.14	8.50	8.50	
25.68	16.46	16.44	16.43	16.31	15.98	15.99	15.87	15.18	9.95	11.36	10.99	9.99	10.49	
32.51	17.62	17.62	17.62	17.44	16.66	16.66	16.89	16.33	12.61	12.59	12.97	12.43	12.43	
39.51	18.88	18.88	18.73	17.56	17.94	17.55	17.84	18.00	13.94	14.94	14.69	13.83	13.72	

Keterangan :

- H_u = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran, H_u
- Q = Debit aliran



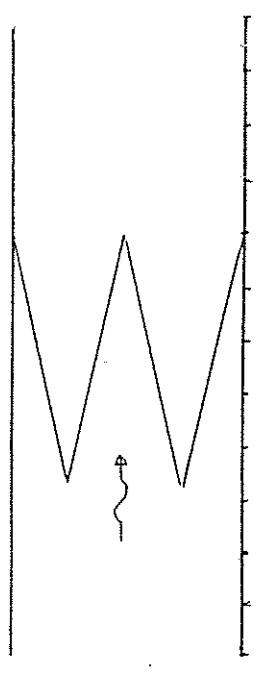
Lampiran 5. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.25

H ₀ × 10 ⁻² × -2 (m)													
X × 10 ⁻² ×	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
	16.03	13.66	13.66	13.66	13.62	13.62	13.52	13.44	12.90	4.89	5.09	5.09	4.93
7.53	13.66	13.66	13.66	13.66	13.62	13.62	13.52	13.44	12.90	4.89	5.09	5.09	4.93
14.56	14.59	14.59	14.58	14.61	14.55	14.49	14.48	14.34	13.73	7.21	6.99	7.15	7.08
21.74	15.40	15.40	15.40	15.34	15.29	15.26	15.27	15.09	14.63	8.19	9.93	8.89	9.29
31.78	16.84	16.84	16.84	16.75	16.45	16.31	16.49	16.39	16.16	12.75	12.23	12.80	12.48
42.45	18.63	18.63	18.63	18.45	18.03	17.54	17.70	17.96	17.97	15.36	16.14	16.02	16.02

Keterangan :

- H₀ = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran, H₀
- 0 = titik aliran



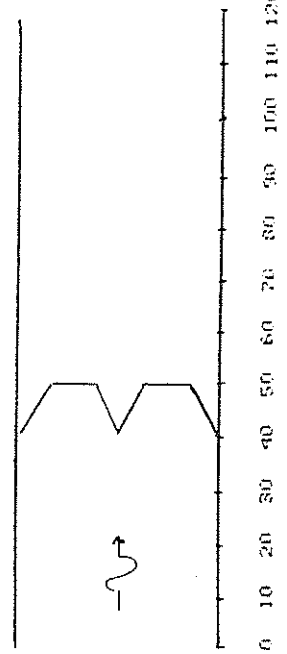
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 (x 10⁻² m)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.25

$H_0 \times 10^{-3} - 2 \text{ m}$		$H_0 \times 10^{-3} - 2 \text{ (m)}$											
$0 \times 10^{-3} - 0.3 \text{ (m)}$	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
7.73	15.52	15.52	15.52	15.46	15.42	14.61	2.62	1.44	2.57	2.20	1.89	1.29	1.59
14.79	17.45	17.45	17.36	17.31	17.00	16.32	3.14	3.18	3.16	3.13	2.02	2.02	2.02
20.33	19.22	19.22	19.20	19.07	18.84	17.68	6.02	4.09	4.79	4.40	3.87	3.55	3.55
27.95	21.25	21.24	21.16	21.11	20.84	19.17	10.11	4.75	4.34	4.75	4.75	4.78	4.78
41.17	24.37	24.37	24.34	24.15	23.70	22.25	10.32	8.89	6.29	6.09	6.64	6.64	6.64

Keterangan :

- H_0 = Tinggi muka air
- X = Jarak (internal) pengukuran, H_0
- Q = Debit aliran

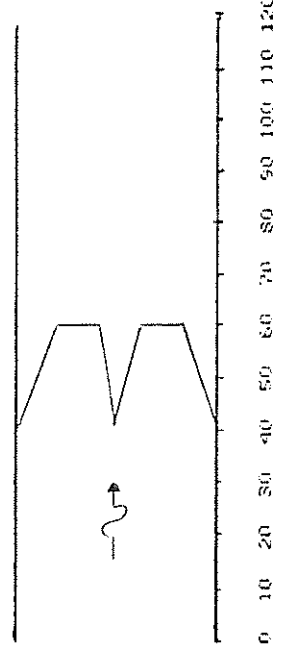


Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50

$X \times 10^4 - 2$		$H_0 \times 10^4 - 2 \quad (m)$													
$H_0 \times 10^4 - 5$		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
7.73	14.59		14.59	14.59	14.59	14.46	14.59	14.00	3.95	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16	
			15.48	15.47	15.44	15.31	15.46	14.60	4.91	3.64	3.51	3.67	3.76	3.76	
			16.84	16.82	16.79	16.60	16.57	15.89	6.55	4.54	4.47	4.76	4.76	4.54	
26.32	18.46		18.46	18.43	18.34	18.12	17.22	17.15	7.85	5.05	5.21	6.07	6.35	6.35	
			21.37	21.29	21.29	20.99	20.26	19.27	13.01	7.96	7.59	8.25	8.19	8.16	
36.69	21.37														

Keterangan :

- H_0 = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran H_0
- Q = Debit aliran



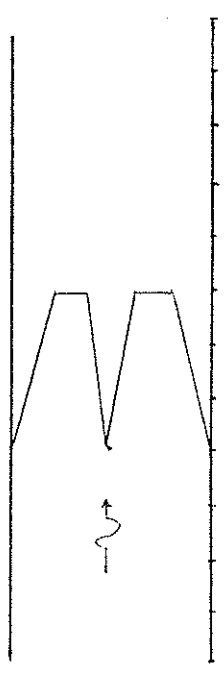
Lampiran 6. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.75 (Nilai rata-rata)

R x 10 ³ - 2 (M)														
R x 10 ³ - 2 M	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
R x 10 ³ - 2 M														
5.37	0.00	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.23	13.83	6.52	5.52	5.52	5.53	5.53	
15.25	15.25	15.25	15.25	15.22	15.16	15.10	15.15	14.75	6.94	7.59	7.59	7.89	7.89	
21.46	16.14	16.14	16.07	16.03	15.91	15.83	15.81	15.20	7.73	9.40	8.33	9.10	9.10	
28.63	17.43	17.43	17.37	17.34	17.16	16.84	16.84	16.39	10.09	10.40	11.44	10.87	10.74	
38.28	19.41	19.41	19.41	19.34	19.18	18.41	17.44	17.61	13.55	10.20	13.74	13.86	12.62	

Keterangan :

- R x 10³ = Jarak muka air
- R x 10³ = Jarak (interval) pengukuran R x 10³
- 0 = Debit aliran



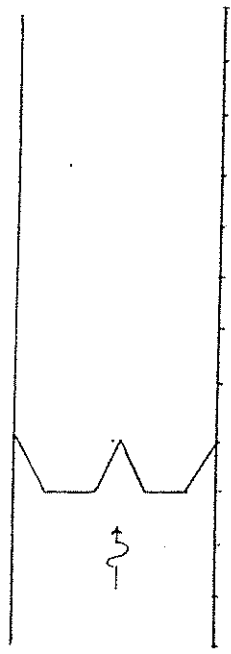
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 R x 10³ - 2 (M)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L)= 0.25

3 x 10 ⁴ - 2 m		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
0 x 10 ⁴ - 3 m 3/4H														
9.03		16.27	16.27	16.17	15.67	14.60	3.00	2.70	3.54	3.06	2.70	2.25	2.25	2.26
13.24		17.59	17.59	17.51	16.80	14.77	3.83	4.22	3.63	4.29	3.66	3.38	3.64	3.40
19.78		19.28	19.23	19.03	18.22	15.18	4.67	4.83	4.03	4.25	4.42	4.06	4.01	3.94
25.36		20.59	20.59	20.41	19.46	15.27	5.66	5.53	5.08	5.26	5.51	5.06	4.84	4.67
36.69		23.28	23.06	23.02	21.91	16.92	9.75	6.25	6.72	6.76	7.05	6.84	6.54	6.49

Keterangan :

- Hu = Tinggi muka air
- % = Jarak (interval) pengukuran Hu
- 0 = Debit aliran



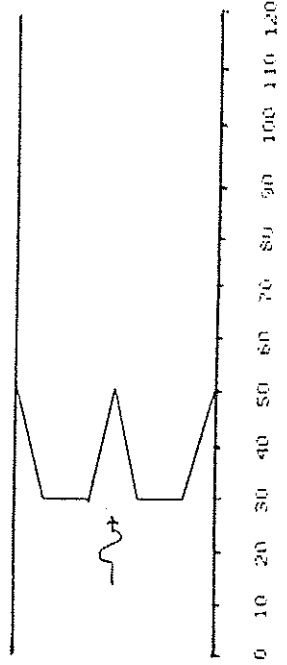
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L)= 0.50

H ₂ x 10 ⁻² ~ -2 (m)														
X x 10 ⁻² ~ -2 m	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
	0 x 10 ⁻² ~ -2 m													
5.03	15.47	15.47	15.32	15.23	15.03	14.37	5.67	5.97	5.85	5.91	5.75	5.79	5.79	
15.02	16.73	16.73	16.71	16.19	15.96	15.10	8.70	7.27	7.70	7.48	7.48	7.61	7.42	
21.46	18.28	18.28	18.25	17.73	16.84	16.10	9.99	10.11	8.97	9.53	8.23	9.28	8.28	
31.07	20.48	20.48	20.44	19.66	18.16	17.51	10.22	11.68	11.41	11.30	11.60	11.33	11.41	
38.69	22.10	22.10	22.21	21.23	18.50	18.78	15.38	13.77	14.50	13.96	13.27	13.30	13.26	

Keterangan :

- Hu = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran, Hu
- g = Debit aliran

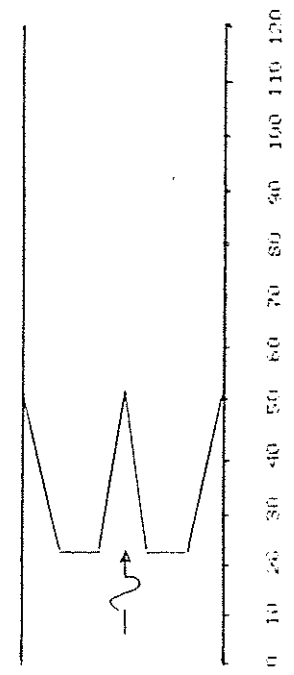


Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) $\approx 0.75 \times 10^{-2} \times H_0$

H ₀ × 10 ⁻² (m)													
2 × 10 ⁻² (m)	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
0 × 10 ⁻² (m)	0.00	14.65	14.53	14.50	14.35	13.50	6.07	6.09	6.03	6.06	5.90	5.95	5.95
14.34	14.65	15.43	15.38	15.32	15.13	14.37	7.36	7.22	7.22	7.23	7.22	7.23	7.43
19.25	16.40	16.03	16.29	16.13	15.94	14.99	8.90	9.55	8.67	8.64	8.37	8.87	8.68
28.63	17.97	17.97	16.95	17.44	17.33	16.99	12.90	11.82	11.74	10.97	10.78	10.67	10.67
39.51	20.50	20.50	19.60	19.91	19.58	18.95	16.89	16.70	15.32	14.26	14.08	13.71	13.25

Keterangan :

- H_0 = Tinggi muka air
- 2 = Jarak internal > pengukuran H_0
- 0 = Debit aliran



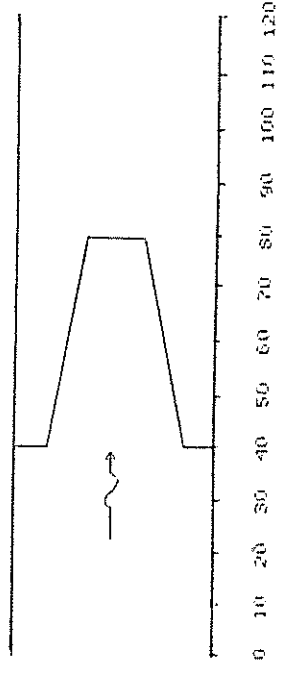
Lampiran 8. Data profil aliran pelimpah bendung gergaji pada variasi jumlah gigi pelimpah

Jumlah gigi pelimpah = 1 buah

H ₀ x 10 ⁻² = 2 (m)														
Z x 10 ⁻² = 2 m	D x 10 ⁻² = 3 m 3/4	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
		14.78	15.78	14.72	17.69	17.65	16.69	15.69	14.80	13.93	5.62	6.10	6.10	6.10
9.73														
15.48		15.63	15.61	15.55	15.43	15.45	15.44	15.49	15.56	14.66	7.72	7.67	7.75	7.75
23.61		17.19	17.19	17.10	17.02	16.96	16.85	16.95	17.05	16.17	10.71	10.39	10.38	9.19
31.78		18.79	18.77	18.65	18.59	18.41	18.17	18.51	18.54	17.33	12.93	12.77	12.77	12.77
42.02		20.60	20.60	20.60	20.41	20.10	19.79	19.99	20.35	19.50	15.32	14.19	13.75	13.75

Keterangan :

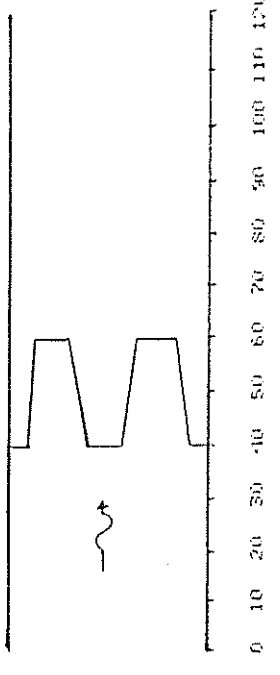
- H₀ = Tinggi muka air
- Z = Jarak (interval) pengukuran H₀
- D = Debit aliran



$Q \times 10^6 - 2 \text{ m}$		$H_0 \times 10^6 - 2 \text{ (m)}$												$Q \times 10^6 - 2 \text{ m}$	
$Q \times 10^6 - 2 \text{ m}$		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	
0.00	14.83	14.83	14.83	14.79	14.75	14.56	11.11	10.32	5.35	5.85	5.49	5.49	5.49	5.49	
16.43	16.20	16.20	16.16	16.16	16.15	15.85	12.37	10.86	7.64	8.08	7.92	7.96	7.96	7.96	
25.04	18.17	18.16	18.16	18.09	18.00	17.76	16.27	15.88	7.35	7.59	10.84	10.84	9.98	10.06	
32.15	19.86	19.86	19.86	19.76	19.65	19.14	17.31	16.49	11.49	10.15	12.37	12.25	11.58	11.84	
40.75	21.76	21.76	21.76	21.76	21.58	21.15	19.61	18.39	14.87	11.09	14.37	14.97	13.62	13.84	

Keterangan :

- H_0 = Tinggi muka air
- Q = Debit (internal) pengaliran air
- Q = Debit aliran

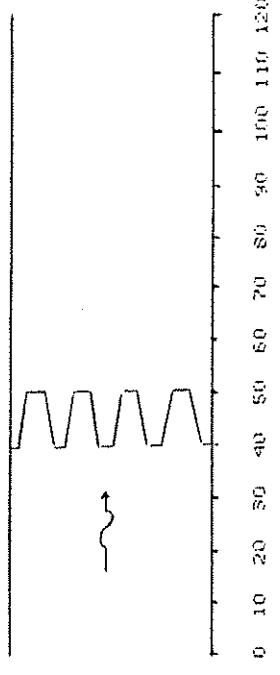


Jumlah gigi pelimpah = 4 buah

H ₀ × 10 ⁴ - 2 (m)													
H ₀ × 10 ⁴ - 2 m	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
0 × 10 ⁴ - 3 m 2/24													
6.53	15.02	16.02	16.01	15.00	14.94	11.99	4.55	3.27	3.40	3.40	3.35	3.31	3.24
13.67	15.55	16.55	16.53	16.48	16.10	13.39	5.19	3.81	4.10	3.50	3.47	3.42	3.38
20.06	16.11	18.11	18.07	17.45	17.45	14.34	5.84	4.47	4.41	4.66	4.63	4.55	4.46
27.29	20.20	20.18	20.10	20.00	19.43	16.76	12.96	5.74	5.42	5.55	5.41	5.45	5.47
37.08	22.67	22.87	22.79	22.49	21.89	19.44	13.27	7.06	6.67	6.77	7.03	7.09	6.82

Keterangan :

- Hu = Tinggi muka air
- Δ = Jarak (interval) pengaliran Hu
- Q = Debit aliran

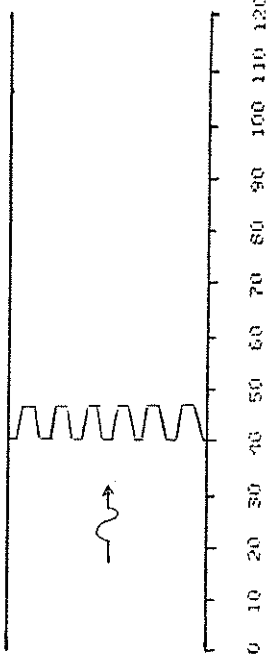


Jumlah gigi pelimpah = 6 buah

$X \times 10^4 - 2 \text{ m}$		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
$Y \times 10^4 - 3 \text{ m3/dl}$														
9.30		15.05	16.65	18.29	19.93	21.56	23.19	24.81	26.43	28.05	29.67	31.29	32.91	34.53
15.48		17.34	18.84	20.34	21.84	23.34	24.84	26.34	27.84	29.34	30.84	32.34	33.84	35.34
22.32		19.43	20.93	22.43	23.93	25.43	26.93	28.43	29.93	31.43	32.93	34.43	35.93	37.43
29.31		21.22	22.72	24.22	25.72	27.22	28.72	30.22	31.72	33.22	34.72	36.22	37.72	39.22
32.26		23.36	24.86	26.36	27.86	29.36	30.86	32.36	33.86	35.36	36.86	38.36	39.86	41.36

Keterangan :

- H_u = Tinggi muka air
- X = Jarak (interval) pengukuran H_u
- Q = Debit aliran

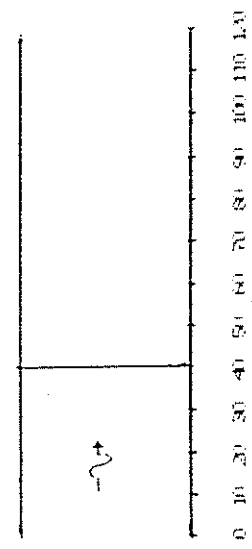


Lampiran 8. (Lanjutan)

H ₀ = 10 ⁻² (m)													
8 x 10 ⁻² m	9 x 10 ⁻² m	10 x 10 ⁻² m	11 x 10 ⁻² m	12 x 10 ⁻² m	13 x 10 ⁻² m	14 x 10 ⁻² m	15 x 10 ⁻² m	16 x 10 ⁻² m	17 x 10 ⁻² m	18 x 10 ⁻² m	19 x 10 ⁻² m	20 x 10 ⁻² m	21 x 10 ⁻² m
7.43	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52
17.50	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11	18.11
19.72	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23
21.33	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34	20.34
23.30	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27	24.27

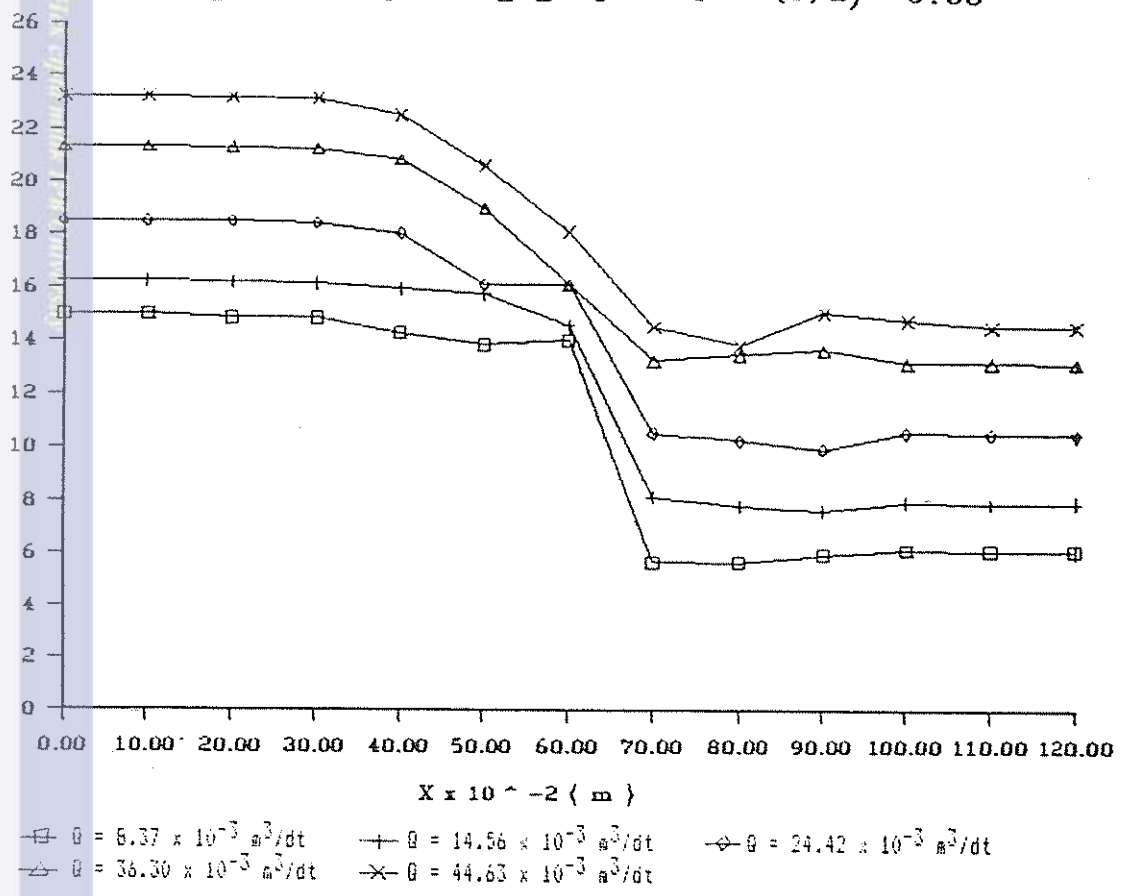
Keterangan :

- H₀ = Tinggi rata-rata
- S = Standard Deviasi
- n = Jumlah data



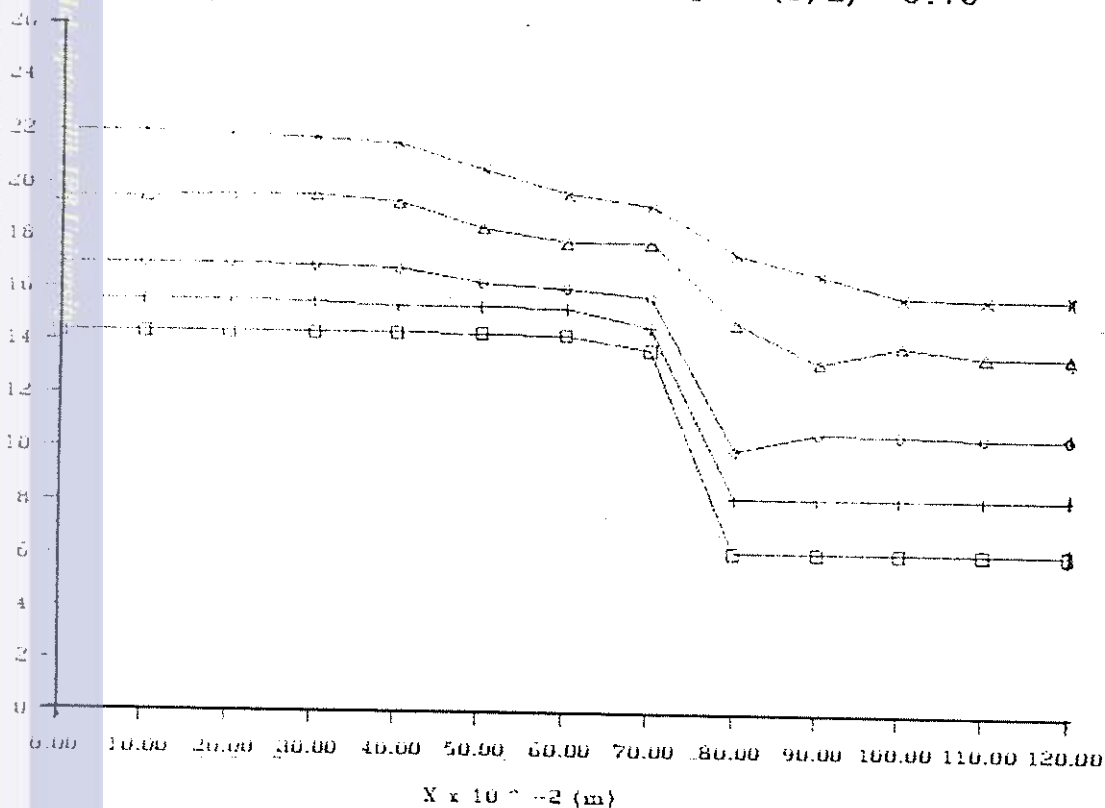
Lampiran 9. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan gigi runcing sebelah hilir

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50



Lampiran 9. (Lanjutan)

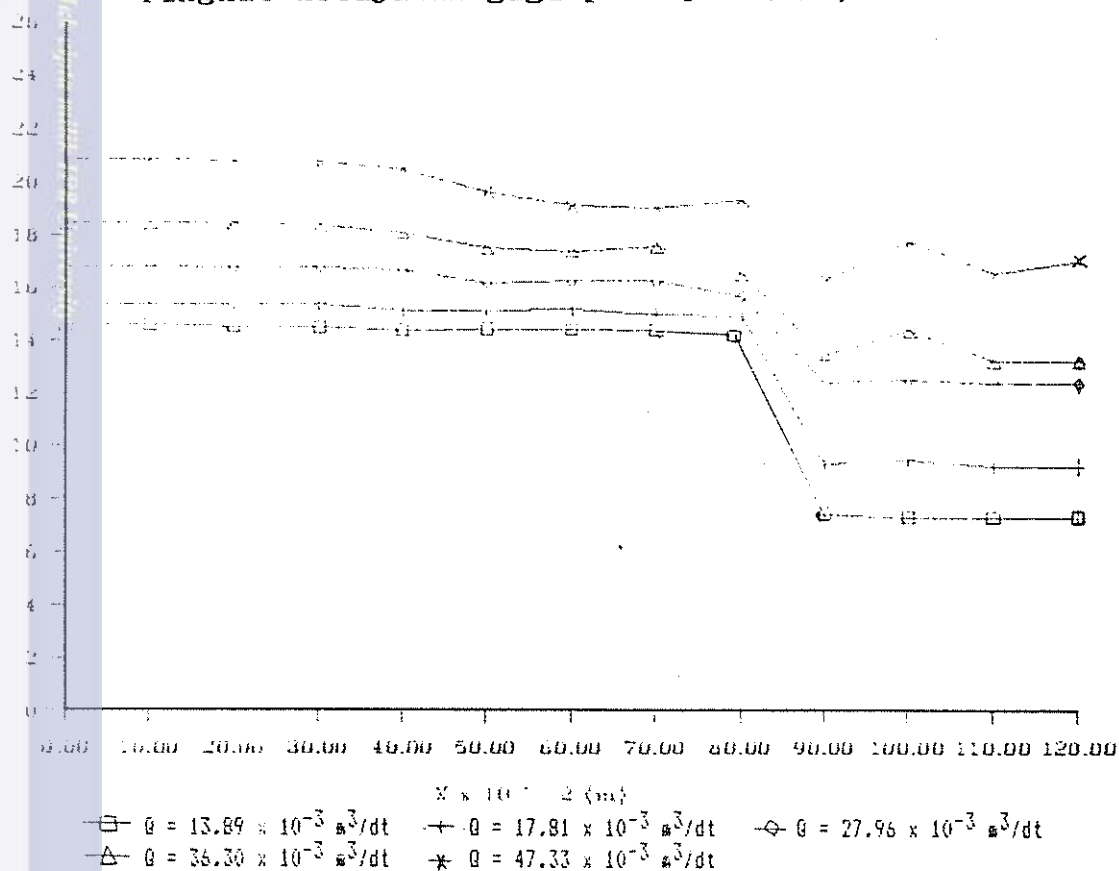
Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.75



$\square Q = 7.28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $+$ $Q = 14.34 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\diamond Q = 22.61 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$
 $\triangle Q = 35.13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\times Q = 47.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$

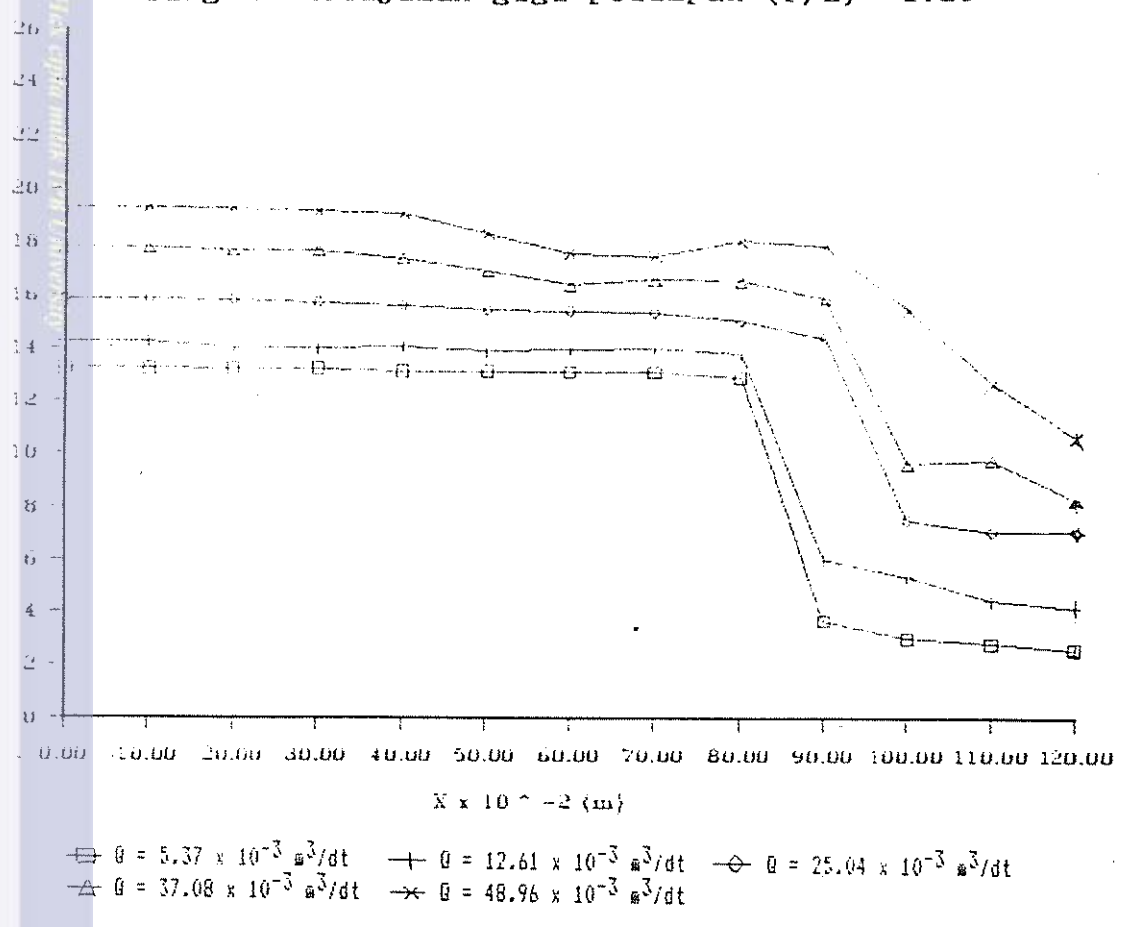
Lampiran 9. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.00



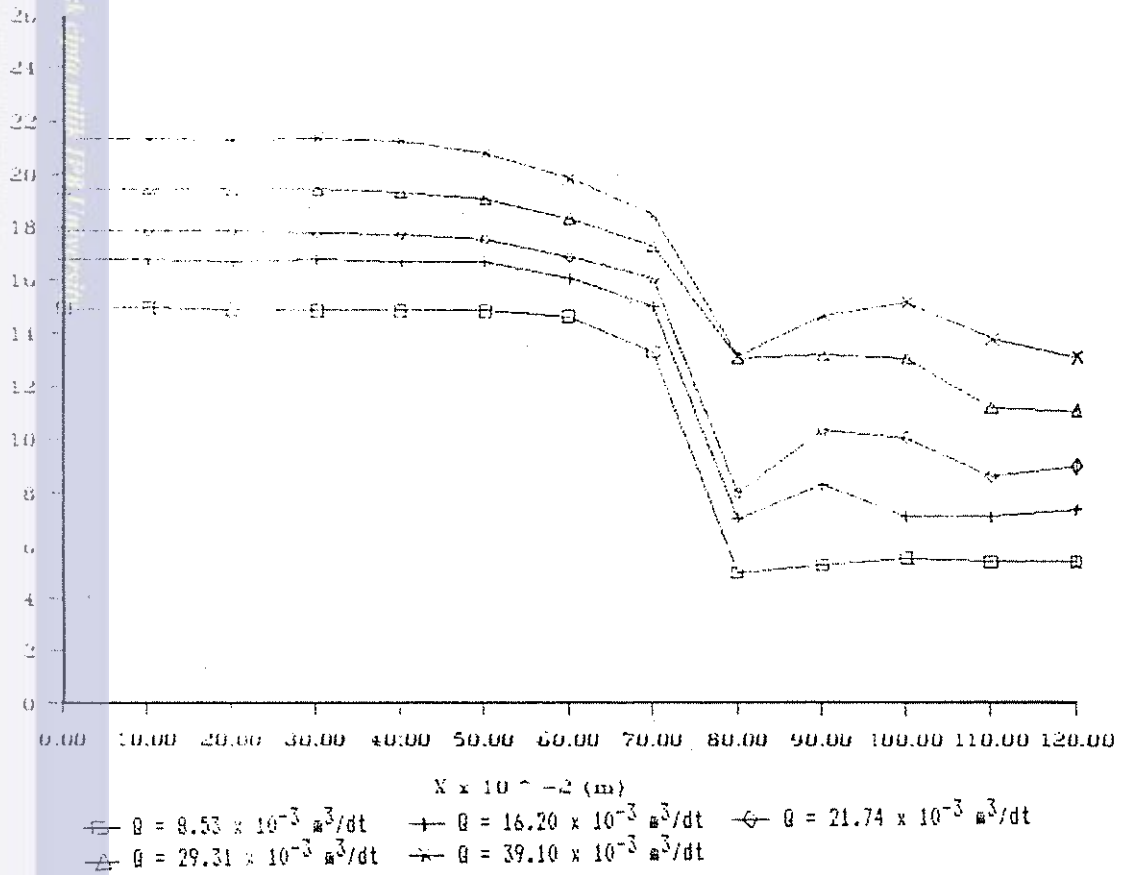
Lampiran 9. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.25



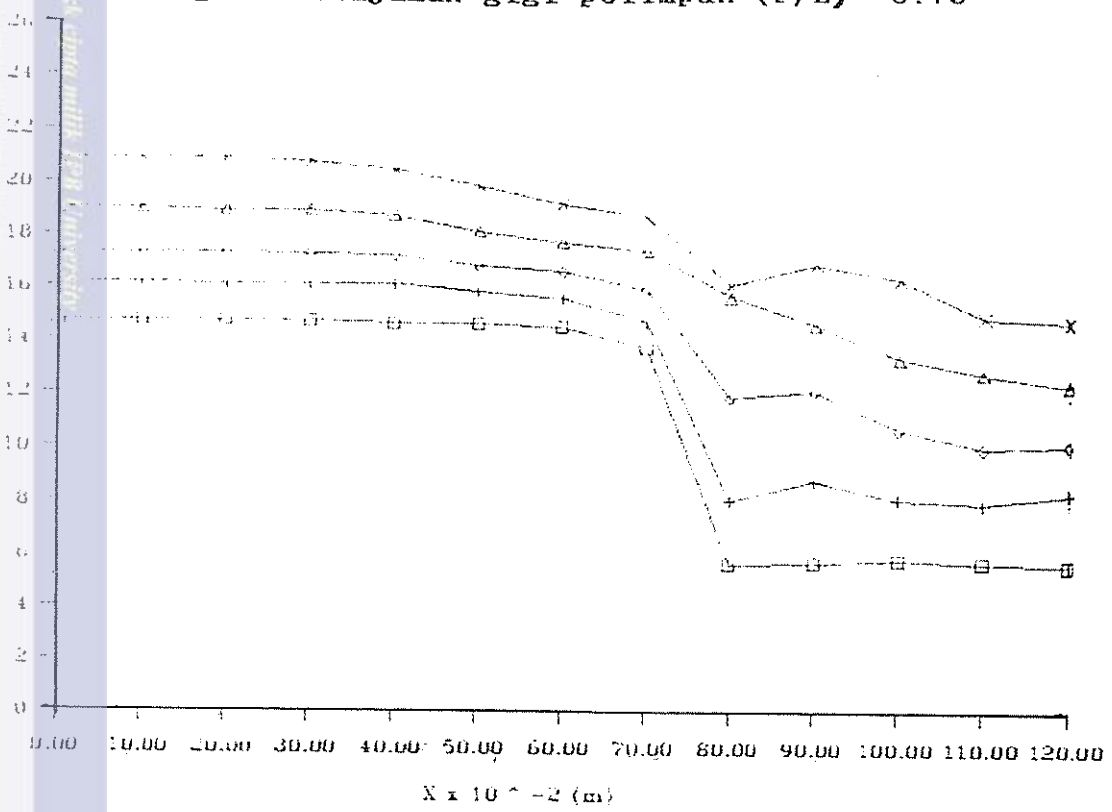
Lampiran 10. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan gigi runcing sebelah hulu

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50



Lampiran 10. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.75

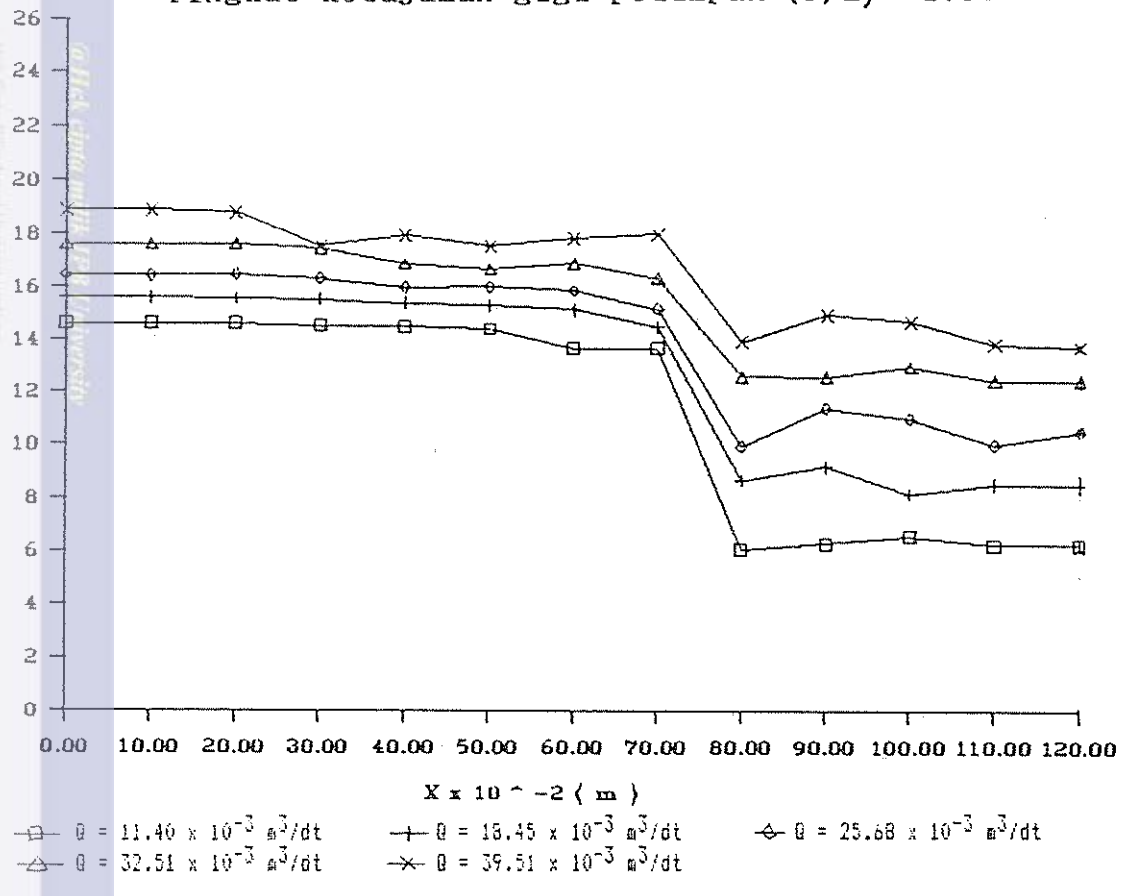


$\square$ $Q = 8.86 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $+$ $Q = 17.68 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\diamond$ $Q = 24.73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$
 $\triangle$ $Q = 32.51 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\times$ $Q = 41.17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$

1. Mengukur kecepatan aliran air yang keluar dari mulut ikan pada saat ikan berenang.
 2. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 3. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 4. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 5. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 6. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 7. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 8. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 9. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.
 10. Mengukur waktu yang diperlukan untuk ikan berenang dari mulut ke mulut.

Lampiran 10. (Lanjutan)

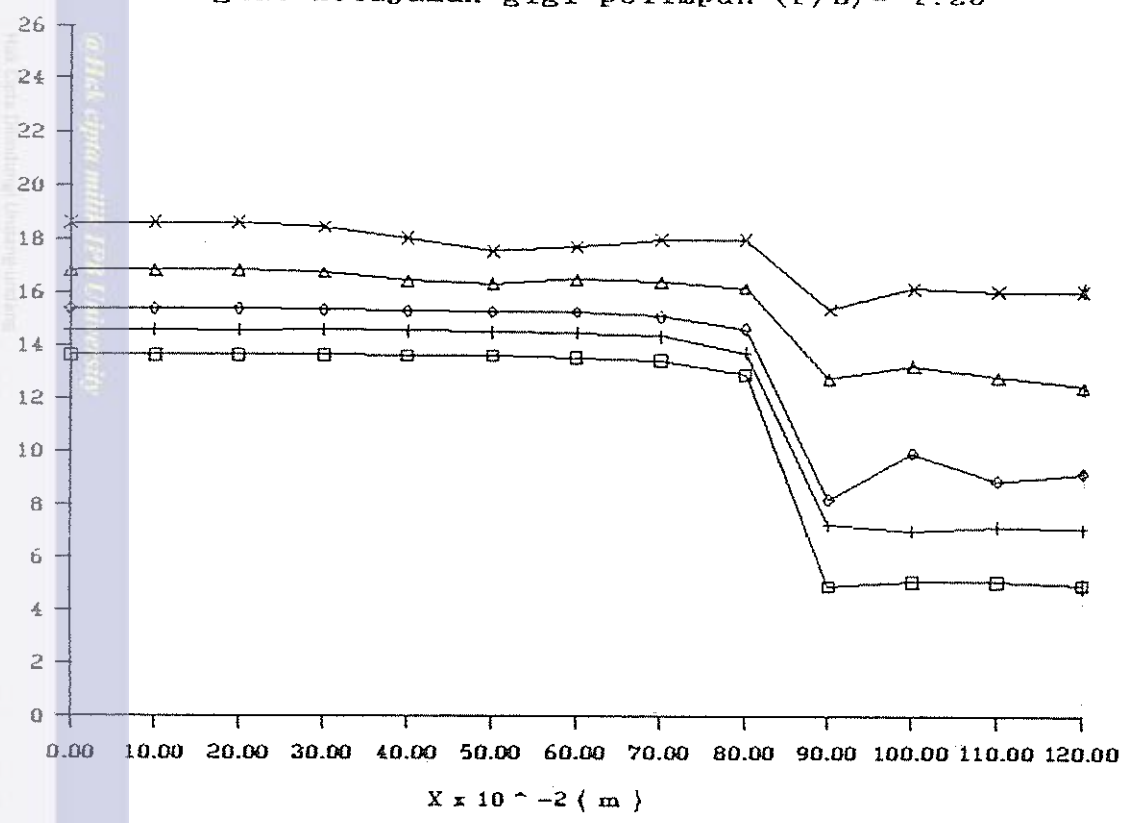
Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.00



1. Mengukur panjang saluran air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 2. Mengukur lebar saluran air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 3. Mengukur kedalaman saluran air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 4. Mengukur waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 5. Mengukur debit air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 6. Mengukur kecepatan aliran air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 7. Mengukur tekanan air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 8. Mengukur suhu air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 9. Mengukur pH air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.
 10. Mengukur kandungan oksigen terlarut (DO) air yang mengalir dari saluran pembuangan ke saluran pembuangan air limbah.

Lampiran 10. (Lanjutan)

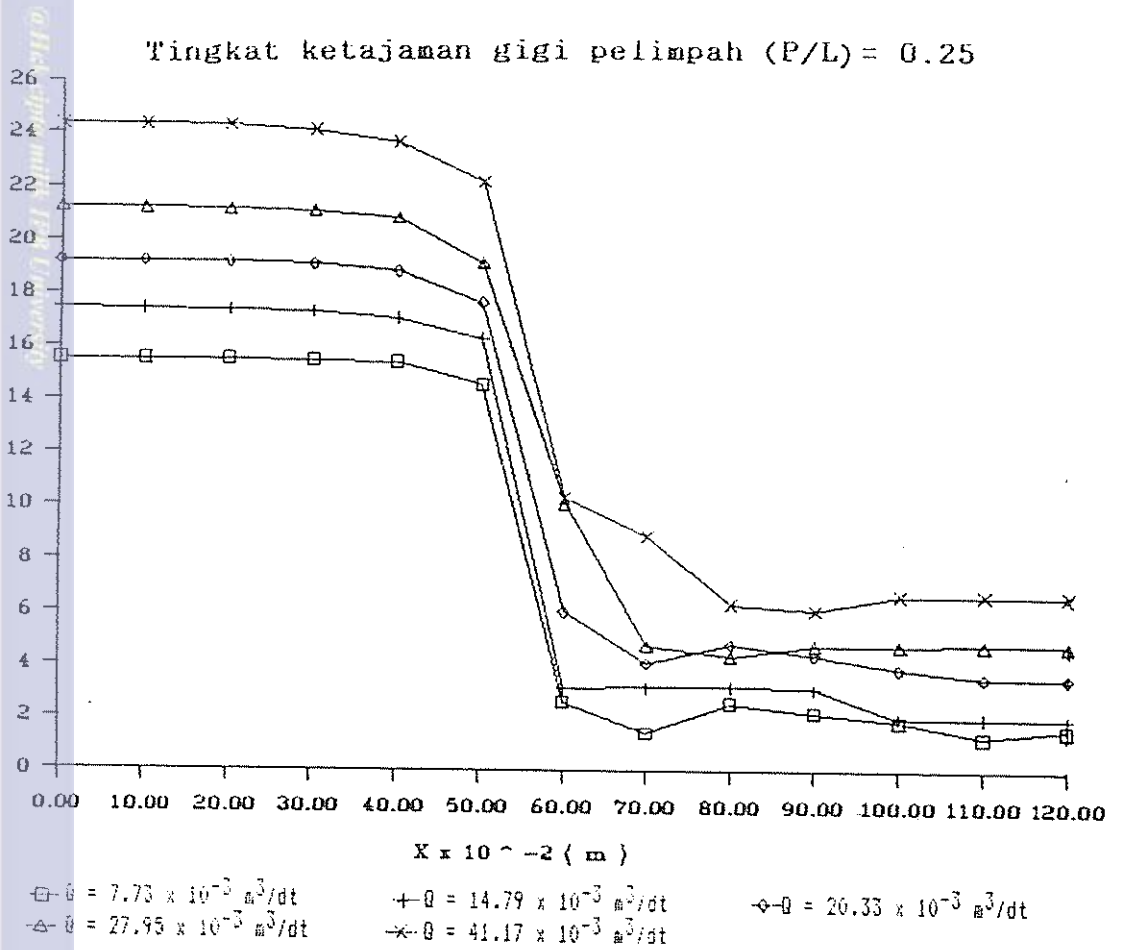
Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 1.25



$\square \bar{Q} = 7.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $+ \bar{Q} = 14.56 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\diamond \bar{Q} = 21.74 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$
 $\triangle \bar{Q} = 31.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\times \bar{Q} = 42.45 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$

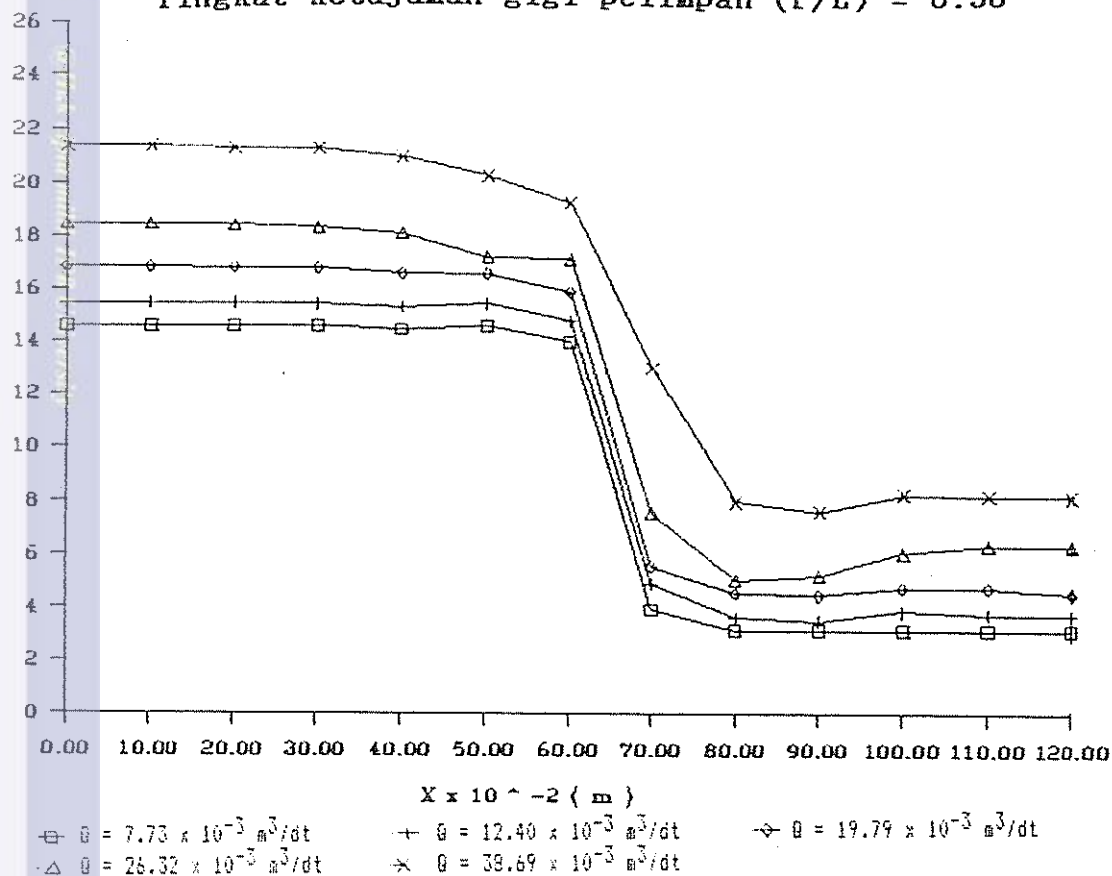
1. Diketahui: ...
 2. Ditanyakan: ...
 3. Diketahui: ...
 4. Ditanyakan: ...
 5. Diketahui: ...
 6. Ditanyakan: ...
 7. Diketahui: ...
 8. Ditanyakan: ...
 9. Diketahui: ...
 10. Ditanyakan: ...

Lampiran 11. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan pemotongan (penumpulan) gigi sebelah hilir

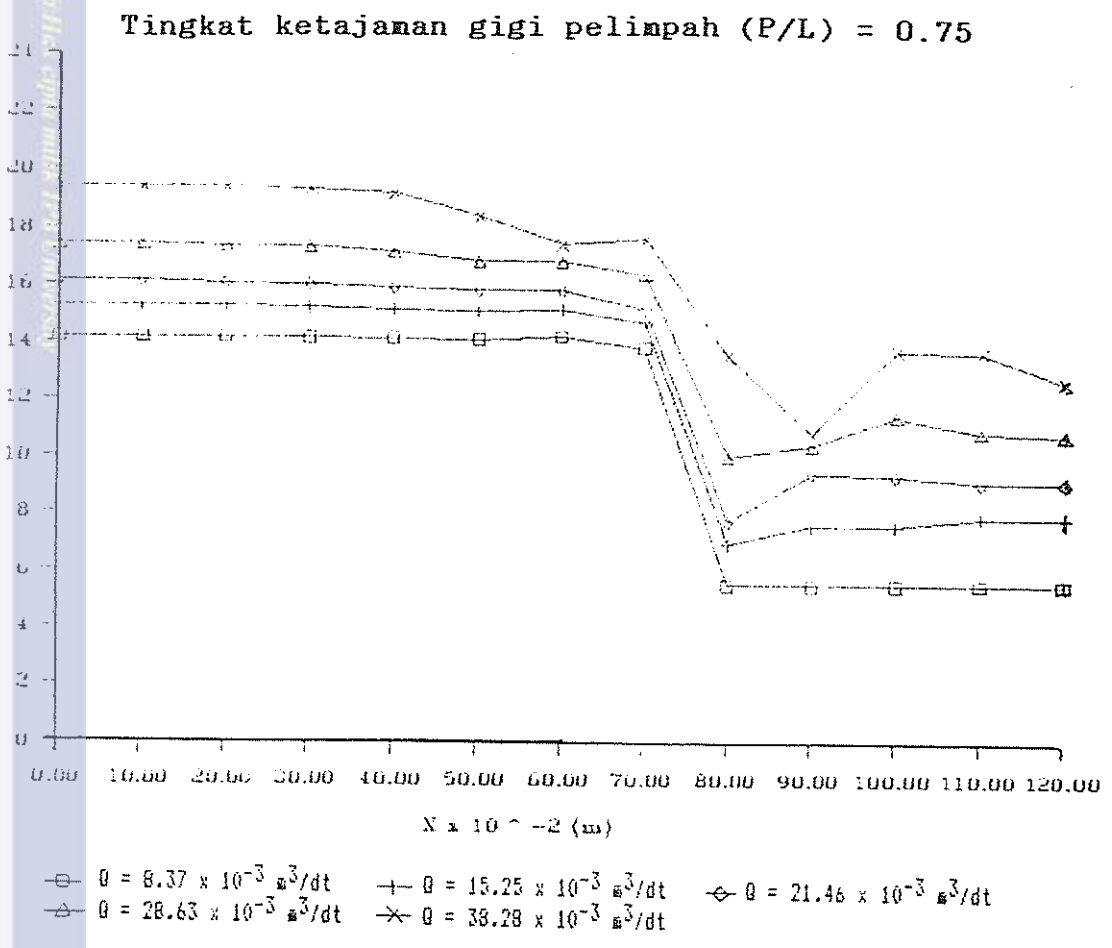


Lampiran 11. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50

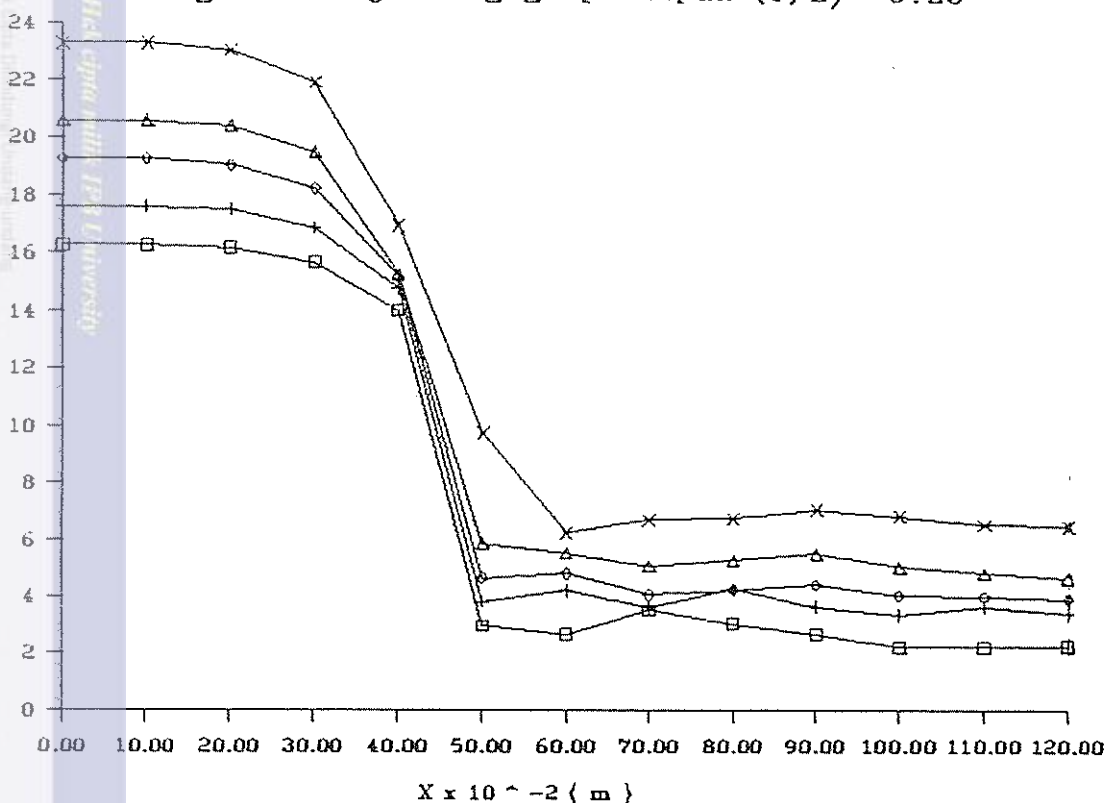


Lampiran 11. (Lanjutan)



Lampiran 12. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji dengan pemotongan (penumpulan) gigi sebelah hulu

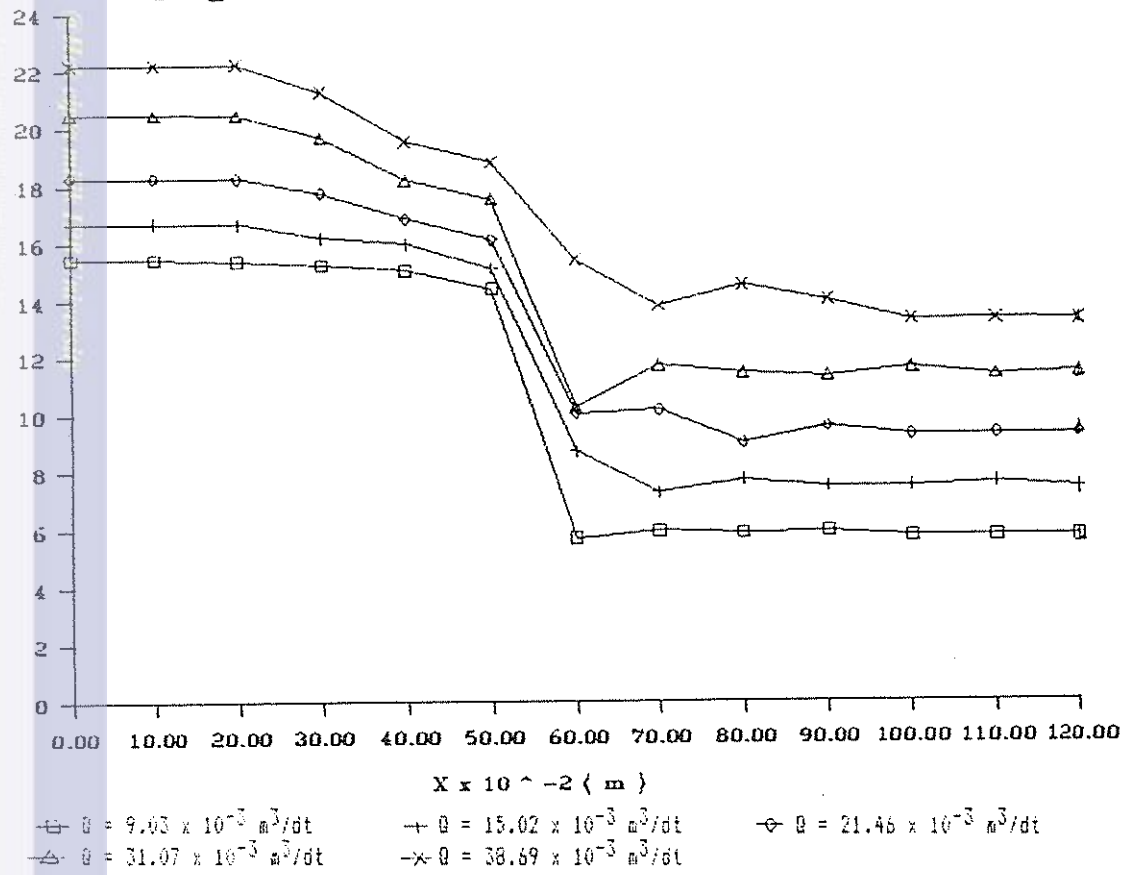
Tingkat ketajaman gigi pelimpah $(P/L) = 0.25$



$\square Q = 9.03 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $+ Q = 13.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\diamond Q = 19.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$
 $\triangle Q = 25.36 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ $\times Q = 36.69 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$

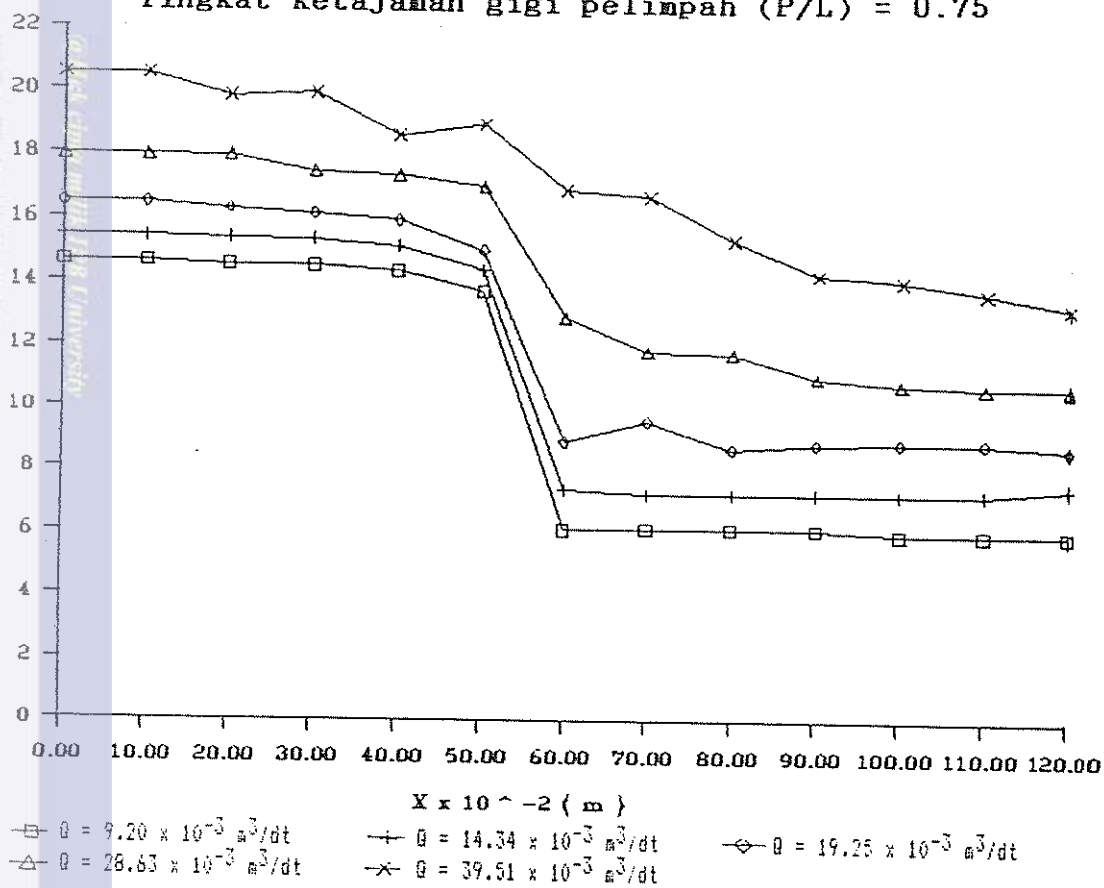
Lampiran 12. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.50



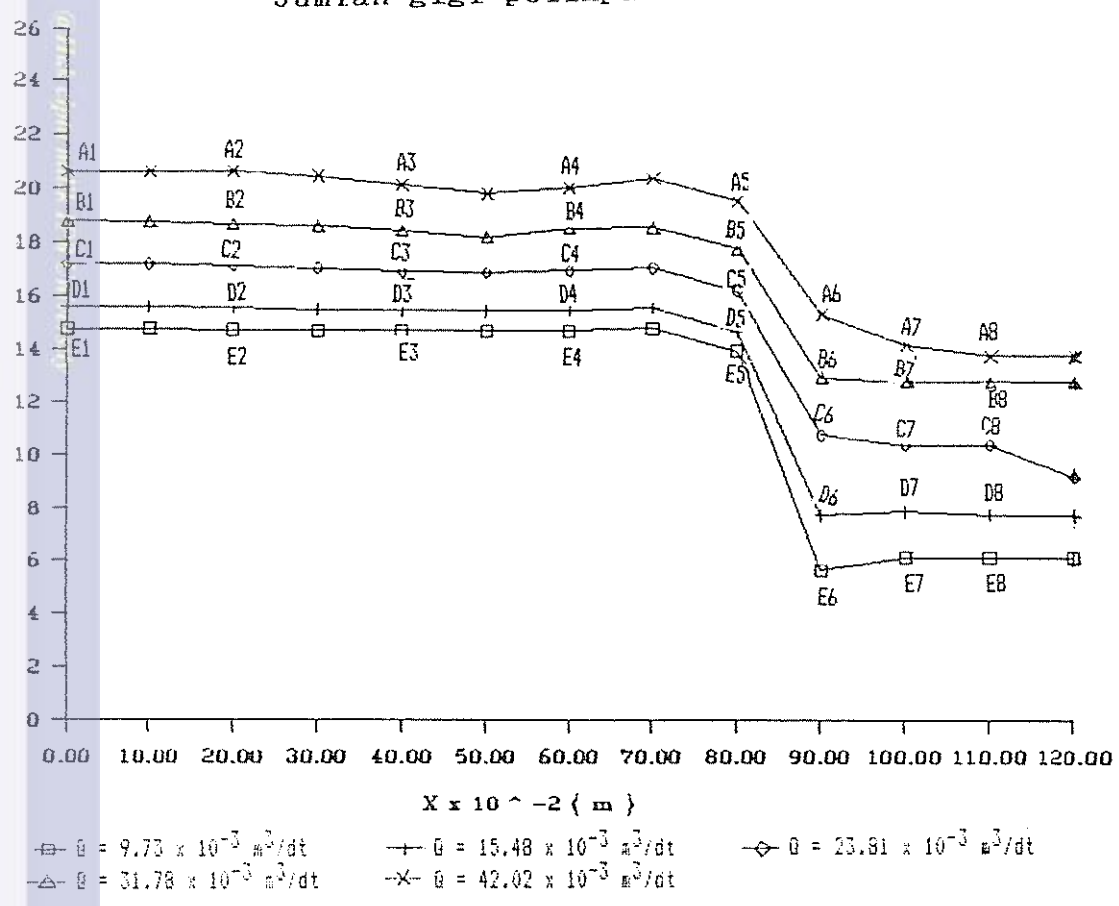
Lampiran 12. (Lanjutan)

Tingkat ketajaman gigi pelimpah (P/L) = 0.75



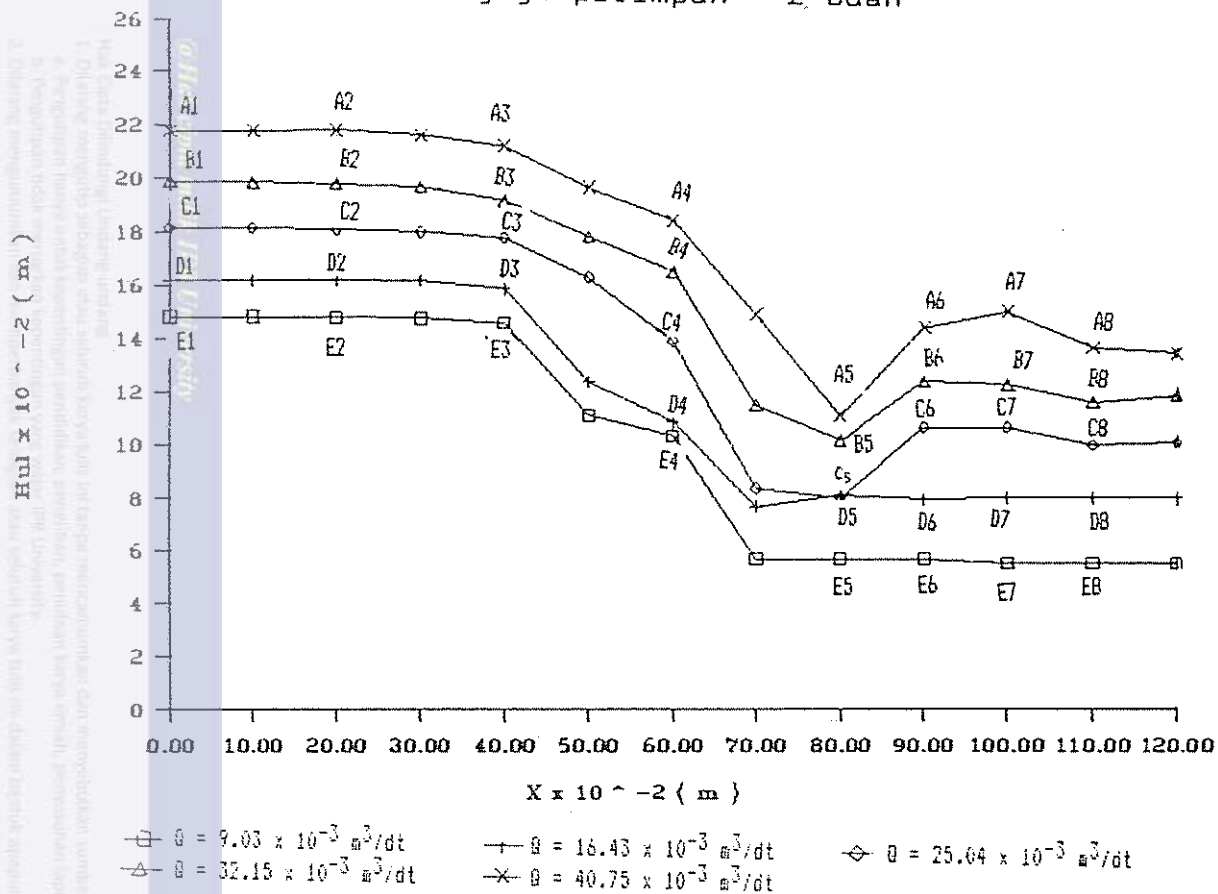
Lampiran 13. Kurva profil aliran pelimpah bendung gergaji pada variasi jumlah gigi pelimpah

Jumlah gigi pelimpah = 1 buah



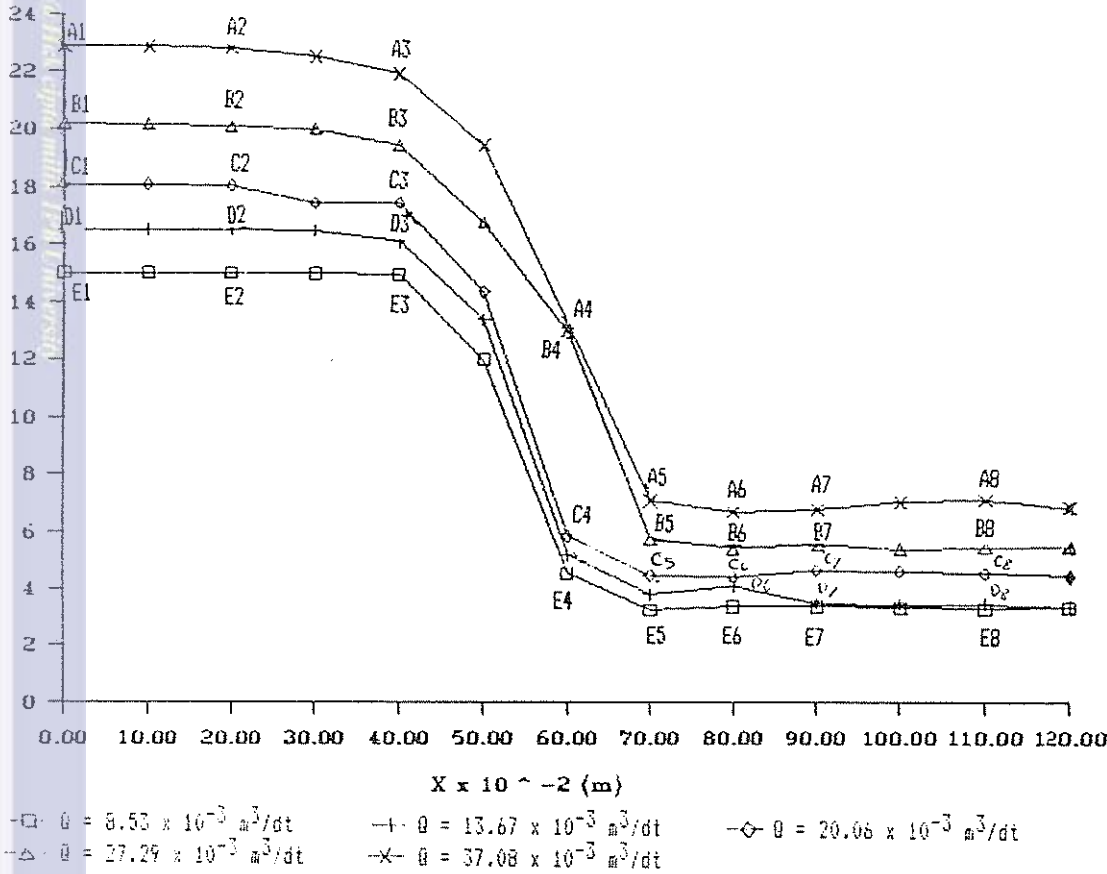
Lampiran 13. (Lanjutan)

Jumlah gigi pelimpah = 2 buah



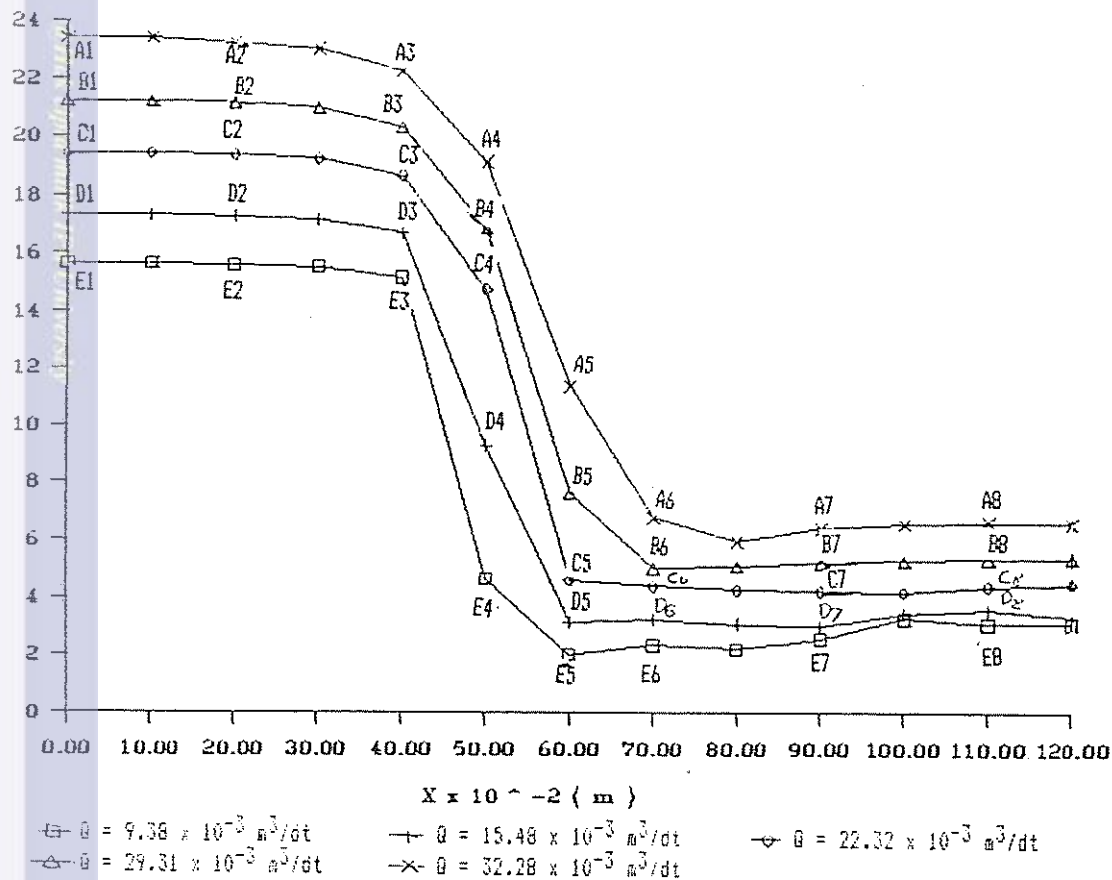
Lampiran 13. (Lanjutan)

Jumlah gigi pelimpah = 4 buah



Lampiran 13. (Lanjutan)

Jumlah gigi pelimpah = 6 buah



1. Diketahui matriks $A = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ dan matriks invers $A^{-1} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$. Berapakah nilai $a + b + c + d$?

Lampiran 14. Tabel hasil perhitungan bilangan Froude pelimpah bendung gergaji

Jumlah gigi pelimpah = 1 buah

Titik ^{*)}	Q ($\times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{dt}$)	Hul ($\times 10^{-2} \text{ m}$)	v (m^2/dt)	Fr	Keterangan (aliran)
A1	42.02	20.60	0.51	0.36	Sub kritis
A2		20.60	0.51	0.36	Sub kritis
A3		20.10	0.52	0.37	Sub kritis
A4		19.99	0.53	0.38	Sub kritis
A5		19.50	0.54	0.39	Sub kritis
A6		15.32	0.69	0.56	Sub kritis
A7		14.19	0.74	0.63	Sub kritis
A8		13.75	0.76	0.66	Sub kritis
B1	31.78	18.79	0.42	0.31	Sub kritis
B2		18.65	0.43	0.32	Sub kritis
B3		18.41	0.43	0.32	Sub kritis
B4		18.51	0.43	0.32	Sub kritis
B5		17.73	0.45	0.34	Sub kritis
B6		12.93	0.61	0.55	Sub kritis
B7		12.77	0.62	0.56	Sub kritis
B8		12.77	0.62	0.56	Sub kritis
C1	23.81	17.19	0.35	0.27	Sub kritis
C2		17.10	0.35	0.27	Sub kritis
C3		16.90	0.35	0.27	Sub kritis
C4		16.95	0.35	0.27	Sub kritis
C5		16.17	0.37	0.29	Sub kritis
C6		10.77	0.55	0.53	Sub kritis
C7		10.39	0.57	0.57	Sub kritis
C8		10.38	0.57	0.57	Sub kritis
D1	15.48	15.63	0.25	0.20	Sub kritis
D2		15.55	0.25	0.20	Sub kritis
D3		15.45	0.25	0.20	Sub kritis
D4		15.49	0.25	0.20	Sub kritis
D5		14.66	0.26	0.22	Sub kritis
D6		7.72	0.50	0.58	Sub kritis
D7		7.87	0.49	0.56	Sub kritis
D8		7.75	0.50	0.57	Sub kritis
E1	9.73	14.78	0.16	0.14	Sub kritis
E2		14.72	0.16	0.14	Sub kritis
E3		17.69	0.14	0.10	Sub kritis
E4		14.69	0.17	0.14	Sub kritis
E5		13.93	0.17	0.14	Sub kritis
E6		5.62	0.43	0.58	Sub kritis
E7		6.10	0.43	0.56	Sub kritis
E8		6.10	0.43	0.56	Sub kritis

*) Ket. : kedudukan titik-titik tertera pada kurva Lampiran 13

Lampiran 14. (Lanjutan)

Jumlah gigi pelimpah = 2 buah

TitikP ^{*)}	Q ($\times 10^{-2}$ m ³ /dt)	Hu ($\times 10^{-2}$ m)	V (m ² /dt)	Fr	Keterangan (aliran)
A1	40.75	21.76	0.47	0.32	Sub kritis
A2		21.78	0.47	0.32	Sub kritis
A3		21.15	0.48	0.33	Sub kritis
A4		18.39	0.55	0.41	Sub kritis
A5		11.08	0.92	0.88	Sub kritis
A6		14.37	0.71	0.60	Sub kritis
A7		14.97	0.68	0.56	Sub kritis
A8		13.62	0.75	0.65	Sub kritis
B1	32.15	19.86	0.40	0.29	Sub kritis
B2		19.76	0.41	0.29	Sub kritis
B3		19.14	0.42	0.31	Sub kritis
B4		16.49	0.49	0.38	Sub kritis
B5		10.15	0.79	0.79	Sub kritis
B6		12.37	0.65	0.59	Sub kritis
B7		12.25	0.66	0.60	Sub kritis
B8		11.58	0.69	0.65	Sub kritis
C1	25.04	18.17	0.34	0.26	Sub kritis
C2		18.09	0.35	0.26	Sub kritis
C3		17.78	0.35	0.27	Sub kritis
C4		13.88	0.45	0.39	Sub kritis
C5		7.99	0.78	0.89	Sub kritis
C6		10.64	0.59	0.58	Sub kritis
C7		10.64	0.59	0.58	Sub kritis
C8		9.98	0.63	0.64	Sub kritis
D1	16.43	16.20	0.25	0.20	Sub kritis
D2		16.18	0.25	0.20	Sub kritis
D3		15.85	0.26	0.21	Sub kritis
D4		10.86	0.38	0.37	Sub kritis
D5		8.08	0.51	0.57	Sub kritis
D6		7.92	0.52	0.59	Sub kritis
D7		7.96	0.52	0.58	Sub kritis
D8		7.96	0.52	0.58	Sub kritis
E1	9.03	14.83	0.15	0.13	Sub kritis
E2		14.79	0.15	0.13	Sub kritis
E3		14.56	0.16	0.13	Sub kritis
E4		10.32	0.22	0.22	Sub kritis
E5		5.65	0.40	0.54	Sub kritis
E6		5.65	0.40	0.54	Sub kritis
E7		5.49	0.41	0.56	Sub kritis
E8		5.49	0.41	0.56	Sub kritis

*) Ket. : kedudukan titik-titik tertera pada Lampiran 13

Jumlah Gigi Pelimpah = 4 buah

Titik ^{*)}	Q (x 10 ⁻² m ³ /dt)	Hu (x 10 ⁻² m)	V (m ² /dt)	Fr	Keterangan (aliran)
A1	37.08	22.87	0.41	0.27	Sub kritis
A2		22.79	0.41	0.27	Sub kritis
A3		21.89	0.42	0.29	Sub kritis
A4		13.27	0.70	0.61	Sub kritis
A5		7.08	1.31	1.57	Super kritis
A6		6.67	1.39	1.72	Super kritis
A7		6.77	1.37	1.68	Super kritis
A8		7.09	1.31	1.57	Super kritis
B1	27.29	20.20	0.34	0.24	Sub kritis
B2		20.10	0.34	0.24	Sub kritis
B3		19.43	0.35	0.25	Sub kritis
B4		12.95	0.53	0.47	Sub kritis
B5		5.74	1.19	1.58	Super kritis
B6		5.42	1.26	1.73	Super kritis
B7		5.55	1.23	1.67	Super kritis
B8		5.45	1.25	1.71	Super kritis
C1	20.06	18.11	0.28	0.21	Sub kritis
C2		18.07	0.28	0.21	Sub kritis
C3		17.45	0.29	0.22	Sub kritis
C4		5.84	0.86	1.14	Super kritis
C5		4.47	1.12	1.70	Super kritis
C6		4.41	1.14	1.73	Super kritis
C7		4.66	1.08	1.59	Super kritis
C8		4.55	1.10	1.65	Super kritis
D1	13.67	16.55	0.21	0.61	Sub kritis
D2		16.53	0.21	0.61	Sub kritis
D3		16.10	0.21	0.17	Sub kritis
D4		5.19	0.66	1.29	Super kritis
D5		3.81	0.90	1.47	Super kritis
D6		4.10	0.83	1.31	Super kritis
D7		3.50	0.98	1.67	Super kritis
D8		3.48	0.98	1.68	Super kritis
E1	8.53	15.02	0.14	0.12	Sub kritis
E2		15.01	0.14	0.12	Sub kritis
E3		14.94	0.14	0.12	Sub kritis
E4		4.55	0.47	0.70	Sub kritis
E5		3.27	0.65	1.15	Super kritis
E6		3.40	0.63	1.09	Super kritis
E7		3.40	0.63	1.09	Super kritis
E8		3.31	0.64	1.13	Super kritis

*) Ket. : kedudukan titik-titik tertera
pada Lampiran 13

Lampiran 14. (Lanjutan)

Jumlah gigi pelimpah = 6 buah

Titik*)	Q ($\times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{dt}$)	Hu ($\times 10^{-2} \text{ m}$)	V (m^2/dt)	Fr	Keterangan (aliran)
A1	32.28	23.38	0.35	0.23	Sub kritis
A2		23.20	0.35	0.23	Sub kritis
A3		22.24	0.36	0.25	Sub kritis
A4		19.12	0.42	0.31	Sub kritis
A5		11.36	0.71	0.67	Sub kritis
A6		6.76	1.19	1.47	Super kritis
A7		6.39	1.26	1.60	Super kritis
A8		6.59	1.22	1.52	Super kritis
B1	29.31	21.22	0.35	0.24	Sub kritis
B2		21.16	0.35	0.24	Sub kritis
B3		20.30	0.36	0.26	Sub kritis
B4		16.86	0.43	0.34	Sub kritis
B5		12.61	0.58	0.52	Sub kritis
B6		5.02	1.46	2.08	Super kritis
B7		5.19	1.41	1.98	Super kritis
B8		5.32	1.38	1.91	Super kritis
C1	22.32	19.43	0.29	0.21	Sub kritis
C2		19.38	0.29	0.21	Sub kritis
C3		18.66	0.30	0.22	Sub kritis
C4		14.75	0.38	0.31	Sub kritis
C5		4.63	1.21	1.79	Super kritis
C6		4.41	1.27	1.92	Super kritis
C7		4.24	1.32	2.04	Super kritis
C8		4.40	1.27	1.93	Super kritis
D1	15.48	17.34	0.22	0.17	Sub kritis
D2		17.27	0.22	0.17	Sub kritis
D3		16.69	0.23	0.18	Sub kritis
D4		9.28	0.42	0.44	Sub kritis
D5		3.18	1.22	2.18	Super kritis
D6		3.27	1.18	2.09	Super kritis
D7		3.03	1.28	2.34	Super kritis
D8		3.57	1.08	1.83	Super kritis
E1	9.38	15.65	0.15	0.12	Sub kritis
E2		15.59	0.15	0.12	Sub kritis
E3		15.16	0.15	0.13	Sub kritis
E4		4.65	0.50	0.75	Sub kritis
E5		2.04	1.15	2.57	Super kritis
E6		2.38	0.99	2.04	Super kritis
E7		2.59	0.91	1.20	Super kritis
E8		3.13	0.75	1.13	Super kritis

*) Ket. : kedudukan titik-titik tertera
pada Lampiran 13

Lampiran 15. Contoh perhitungan pemilihan gigi pelimpah gergaji

3. Contoh Perhitungan

Suatu bendung dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu akan dibangun dengan menggunakan pelimpah tipe gergaji. Data di lapangan sebagai berikut :

- lebar bentang bendung rencana = 10.0 m
- debit rencana = 60 m³/dt
- elevasi muka air hulu maksimum = 1.5 m

Skala model dapat ditetapkan :

$$n = \frac{L_d}{L_m} = \frac{10.0}{0.40} = 25$$

- Debit aliran model

$$Q_m = \frac{Q_d}{n^{5/2}} = \frac{60}{(25)^{5/2}} = 20.80 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Tinggi muka air hulu (dari mercu bendung)

$$Ha_m = \frac{Ha_d}{n} = \frac{1.5}{25} = 6.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

- Tinggi muka air hulu (dari lantai hulu bendung)

$$\begin{aligned} Hul_m &= Ha_m + T_m \\ &= (6.0 \times 10^{-2}) + (12.20 \times 10^{-2}) \\ &= 18.20 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 15B maka untuk $Hul_m = 18.20 \times 10^{-2} \text{ m}$ dan $Q_m = 20.80 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{dt}$ ditetapkan jumlah gigi pelimpah = 3 buah. Dengan 3 buah gigi pelimpah ini, maka :

$$H_{ul_m} = 17.80 \times 10^{-2} \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} H_{a_m} &= H_{ul_m} - T_m \\ &= (17.80 - 12.20) \times 10^{-2} \\ &= 5.6 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{a_p} = (5.6 \times 10^{-2}) \times 25 = 1.40 \text{ meter}$$

Bila dibandingkan dengan menggunakan pelimpah

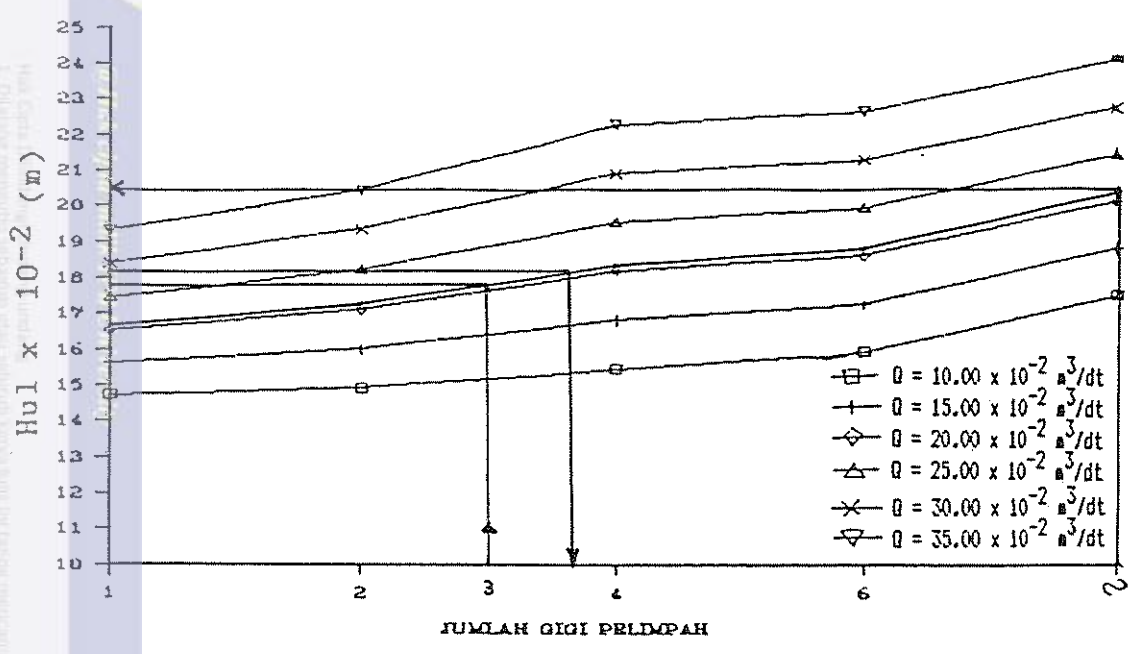
lurus, maka :

$$H_{ul_m} = 20.40 \times 10^{-2} \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} H_{a_m} &= H_{ul_m} - T_m \\ &= (20.40 - 12.20) \times 10^{-2} \\ &= 8.20 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{a_p} &= (8.20 \times 10^{-2}) \times 25 \\ &= 2.05 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan pelimpah gergaji tinggi muka air di atas mercu = 1.40 m, sedangkan dengan pelimpah lurus tinggi muka air diatas mercu = 2.05 m. Jadi perbedaannya = 2.05 - 1.40 = 0.65 meter. Perhitungan ini membuktikan penggunaan pelimpah bendung tipe gergaji dapat menurunkan tinggi muka air di hulu bendung bila dibandingkan dengan pelimpah bendung tipe lurus. Sehingga pelimpah gergaji sangat efektif untuk mencegah terjadinya limpahan air di hulu bendung yang dapat menyebabkan banjir.



Gambar 20. Keterangan penentuan jumlah gigi pelimpah gergaji dengan menggunakan grafik



DAFTAR PUSTAKA

1. Chow, V. T. 1959. Open Channel Hydraulics. McGraw - Hill Book Company, Inc., New York.
2. Dirjen Pengairan, DPU. 1986. Standar Perencanaan Irigasi KP - 02. DPU, Bandung.
3. Dirjen Pengairan, DPU. 1986. Standar Perencanaan Irigasi KP - 04. DPU, Bandung.
4. Gilles, R. V. 1977. Fluid Mechanics and Hydraulics. McGraw - Hill Book Company, Inc., Singapore.
5. Hoffman, C. J. 1961. Spillway. Di dalam F. E. Dominy (ed) Desain of Small Dams, p. 247. Bureau of Reclamation, Washington.
6. Hoffman, C. J. dan J. M. Lara. 1961. Hydraulics Computations. Di dalam F. E. Dominy (ed) Desain of Small Dams, p. 433. Bureau of Reclamation, Washington.
7. Houston, K. L. 1982. Hydraulics Model Study of Ute Dam Labyrinth Spillway. Bureau of Reclamation, Colorado.
8. King, H. W., C. O. Wisler, dan J. G. Woodburn. 1963. Hydraulics. John Wiley and sons, Inc., New York.
9. Linsley, Jr. R. K., M. A. Kohler, dan J. L. H. Pulhus. 1982. Hydrologi for Engineers. McGraw - Hill Book Company, Inc., New York.
10. Memed, M. 1990. Optimasi Demensi Hidrolis Bendung dan Splillway Tipe Gergaji. Makalah Seminar on Theory and Application on Hydraulic Phenomena of Hydraulic Structure, January 22 - 27, 1990. Puslitbang Pengairan dan JICA, Bandung.
11. Memed, M., A. Setiadi, dan Yulianti. 1990. Penggunaan Bendung Tipe Gergaji (REGE). Puslitbang Pengairan, Bandung.
12. Memed, M. dan E. Mawardi. 1990. Pemakaian Beberapa tipe Peredam Energi Bendung di Indonesia. Makalah Seminar on Theory and Application on Hydraulic Phenomena of Hydraulic Structure, January 22 - 27, 1990. Puslitbang Pengairan dan JICA, Bandung.

13. Memed, M., E. Ariani, L. Sadeli, dan E. Mawardi. 1990. Pemakaian Beberapa Tipe Peredam Energi Bendung di Indonesia. Makalah Seminar on Theory and Application on Hydraulic Phenomena of Hydraulic Structure, January 22 - 27, 1990. Puslitbang Pengairan dan JICA, Bandung.
14. Murphy, G. 1950. Simitude in Engineering. The Ronald Press Company, New York.
15. Puslitbang Pengairan dan JICA. 1990. Pedoman Desain Bendung. Makalah Seminar on Theory and Application on Hydraulic phenomena of Hydraulic Structures, January 22 - 27, 1990, Puslitbang Pengairan dan JICA, Bandung.
16. Sosrodarsono, S. dan Kensaku Takeda. 1977. Bendung Type Urugan. Pradnya Paramita, Jakarta.
17. Sosrodarsono, S. dan Kensaku Takeda. 1980. Hidrologi untuk Pengairan, Pradnya Paramita, Jakarta.



12/05/09



o Hek cipta milik IPB University

Maka Cipta Jalinanring, Lintang Lintang

1. Dikawatir meringkas sebagai etas, sebuah karya yang terdapat mencantumkan dan mempedikan nomor :
 - a. Perbaikan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan untuk masalah
 - b. Penyediaan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dikawatir menggunakan dan mengembangkannya sebagai atau sebuah karya tulis ini dalam rangka apapun tanpa izin IPB University.