

Tugas Akhir
STUDY PANJANG LONCAT AIR
PADA “ TILTING FLUME “
(PENELITIAN LABORATORIUM)



Disusun Oleh :

M. Idris Putra
No. Mhs : 9 0 3 1 0 1 7 8
NIRM : 900051013114120158

Doa Setiawan
No. Mhs : 9 0 3 1 0 0 0 4
NIRM : 900051013114120004

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

TUGAS AKHIR
STUDY PANJANG LONCAT AIR
PADA “TILTING FLUME”

Diajukan Untuk dipertahankan Dalam Sidang Penguji Sebagai
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-I
Pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan

Oleh:

M. Idris Putra
No. Mhs : 90 310 178
NIRM : 90005103114120158

Doa Setiawan
No. Mhs : 90 310 004
NIRM : 900051013114120004

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL dan PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1998

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
STUDY PANJANG LONCAT AIR
PADA “TILTING FLUME”

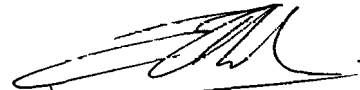
Disusun Oleh:

M. Idris Putra
No. Mhs : 90 310 178
NIRM : 90005103114120158

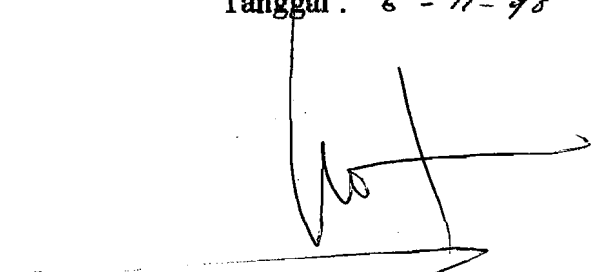
Doa Setiawan
No. Mhs : 90 310 004
NIRM : 900051013114120004

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Ir. Endang Tantrawati, MT
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 6 - 11 - 98

Ir. Lalu Makruf, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal :

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirohim.

Assalamu'alaikum wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir baik penelitian maupun karya tulisnya, yang merupakan salah satu syarat dalam menempuh pendidikan sarjana strata satu (S₁) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penelitian dengan judul " Study Panjang Loncat Air Pada Tilting Flume" dilakukan pada bulan Juni tahun 1998, bertempat dilaboratorium Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penelitian ini dimaksudkan untuk memperaktekkan teori yang diperoleh dibangku kuliah, serta memperluas wawasan untuk bekal memasuki dunia kerja.

Mengingat terbatasnya waktu penelitian serta terbatasnya tingkat kemampuan penulis, penulis menyadari bahwa hasil yang diperoleh jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyelesaian yang lebih baik bahkan yang terbaik.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Ir Widodo MSCE, Ph.d. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. H. Tadjudin BA, Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ir. Endang Tantrawati, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Kepala laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, atas arahan dan bimbingannya.
4. Bapak Ir. Lalu Makruf, MT. selaku Dosen Pembimbing II, atas kritik dan ketelitiannya dalam membimbing penelitian dan penyusunan karya tulis.
5. Sdr. Heriyanto, selaku staf laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, atas bantuan yang diberikan.
6. Bapak dan ibu H. Zawawi MS (orang tua Doa Setiawan) serta Bapak dan ibu H.M. Samin Djalil, (orang tua M. Idris Putra), atas dorongan dan Do'anya.
7. Sdri. Muliani, Amd. Selaku tunangan penulis (Doa Setiawan), serta sdri. Attinda, selaku istri penulis (M. Idris Putra).
8. Serta rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhirnya, besar harapan penulis semoga karya tulis ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan bagi para peminat masalah hidrolika pada umumnya.

Merdekaaa.....!

Wallohulmuwafiq ila aqwamittoriq

Wassalamu'alaikum wr,wb.

Yogyakarta, 1998

Penulis

MOTTO

⇒Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.....

(QS. AL - MUJADALAH : 11)

⇒ Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.

(HR. Muslim dari Abu Hurairah, r.a)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
MOTTO.....	vii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
INTISARI.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pendahuluan.....	4
2.2. Hasil Kajian Panjang Loncat Air.....	4
BAB III. LANDASAN TEORI.....	6
3.1. Pendahuluan.....	6
3.2. Aliran Air.....	6
3.3. Klasifikasi Aliran.....	7
3.4. Kondisi Aliran.....	8

3.5. Loncat Air.....	10
3.6 . Tipe Loncat Air.....	10
3.7. Panjang Loncat Air.....	12
3.8. .Model Bangunan Air Yang Digunakan.....	14
3.8.1.Pintu Sorong.....	14
3.8.2.Bendung Ambang Lebar.....	15
3.8.3.Bendung Ambang Tajam.....	15
3.8.4.Bendung Tipe Ogee.....	16
3.9. Aliran Modular dan Batas Modular.....	18
3.10. Ihktiar	18
BAB IV. METODELOGI PENELITIAN.....	20
4.1. Pendahuluan.....	20
4.2. Cara Kerja Alat.....	21
4.2.1. Saluran.....	21
4.2.2. Tangki Air.....	22
4.2.3. Pelat Pembendungan.....	23
4.2.4. Tangki Pengukuran debit.....	23
4.2.5. Point Gauge.....	24
4.2.6. Piezometer.....	25
4.2.7. Pompa Air, Pengatur Debit dan Stabilizer.....	26
BAB V. PELAKSANAAN PENELTIAN.....	27
5.1.Pendahuluan.....	27

5.2. Prosedur Penelitian Pintu Sorong.....	27
5.2.1. Jalannya Penelitian.....	27
5.3. Prosedur Penelitian Bendung Ambang tajam.....	29
5.3.1. Jalannya Penelitian.....	29
5.4. Prosedur Penelitian Bendung Ambang Lebar.....	30
5.4.1. Jalannya Penelitian.....	31
5.5. Prosedur Penelitian Pada Bendung Ogee.....	32
5.5.1. Jalannya Penelitian.....	33
 BAB VI. ANALISA DATA dan PEMBAHASAN.....	 35
6.1. Pendahuluan.....	35
6.2. Regresi Linier.....	35
6.3. Regresi Nonlinier.....	36
6.3.1. Model geometrik.....	37
6.4. Tabel Perhitungan.....	38
6.4. Pembahasan.....	41
 BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN.....	 45
7.1. Kesimpulan.....	45
7.2. Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halam an
5.1. Hasil Pengamatan dan Pengukuran pada Pintu Sorong.....	28
5.2. Hasil Pengamatan dan Pengukuran pada Bendung Ambang Tajam.....	30
5.3. Hasil Pengamatan dan Pengukuran pada Bendung Ambang Lebar.....	32
5.4. Hasil Pengamatan dan Pengukuran pada Bendung Tipe Ogee.....	34
6.1 Tabel Analisis Data Untuk Regresi Linier.....	36
6.2 Tabel Analisis Data Untuk Regresi Nonlinier.....	38
6.3 Tabel Analisis Data Untuk Perhitungan Dengan Regresi Linier.....	39
6.4 Tabel Analisis Data Untuk Perhitungan Dengan Regresi Nonlinier.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1. Klasifikasi Aliran.....	8
3.2. Loncatan Berombak	11
3.3. Loncatan Lemah.....	11
3.4. Loncatan Berosilasi.....	11
3.5. Loncatan Tetap.....	12
3.6. Loncatan Kuat.....	12
3.7. Profil Loncatan Air.....	13
3.8. Aliran Air Melalui Pintu Sorong.....	14
3.9. Aliran Melalui Bendung Ambang Lebar.....	15
3.10. Aliran Melalui Ambang Tajam.....	16
3.11. Aliran Air Pada Bendung Ogee.....	16
3.12. Distribusi Tekanan Yang Didapat Oleh Para Ahli.....	17
4.1. Tilting Flume.....	21
4.2. Rel Point Gauge.....	22
4.3. Tangki Penampungan.....	22
4.4. Pelat Pembendungan Didalan Saluran "Outlet" Pada 20°.....	23
4.5. Papan Duga Pada tangki Penampungan.....	24
4.6. Point Gauge.....	25
4.7. Piezometer.....	25

4.8. Pompa Dan Komponen Pelengkapya.....	26
5.1. Panjang Loncat Air Pada Pintu Sorong.....	28
5.2. Panjang Loncat Air Pada Ambang Tajam.....	30
5.3. Panjang Loncat Air Pada Ambang Lebar.....	32
5.4. Panjang Loncat Air Pada Bendung Tipe Ogee.....	33
6.1. Grafik Hubungan Koeffisien Panjang Loncat air dengan $X = h_2/h_1$	40
6.2. Grafik hubungan Koeffisien panjang Loncat Air dengan $Z = h_2/h_1$	41

INTISARI

Koeffisien panjang loncat air (C) merupakan angka tak berdimensi sebagai koreksi dari hasil formulasi matematika panjang loncat air yang terjadi akibat adanya perubahan aliran dari superkritik menjadi aliran subkritik . Dari beberapa formulasi yang ada nilai koeffisien panjang loncat air (C) ditetapkan dengan nilai tertentu. Pada rumus Smetana dan Weyeiski telah diambil nilai koeffisien panjang loncat air (C) yang tetap, yaitu 6 pada rumus Smetana dan koeffisien (C) = $c - 0.05 h_2/h_1$ dengan nilai $c=8$ pada rumus Woyeiski.

Penelitian dengan judul “*Study Panjang Loncat Air Pada Tilting Flume*” merupakan penelitian evaluasi, yang bertujuan untuk membandingkan nilai koeffisien C yang diperoleh dilaboratorium dengan nilai koeffisien panjang loncat air (C) dari formulasi yang telah ada, yakni formulasi Smetana dengan nilai koeffisien $C = 6$ dan nilai koeffisien panjang loncat air (C) hasil penelitian dilaboratorium Mekanika Fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang nilainya berkisar antara 4,5 sampai dengan 7. Pengukuran panjang loncat air dilakukan dengan cara pengukuran pada daerah olakan air yang terendah (h_1) sampai pada daerah yang tertinggi (h_2) dari olakan air tersebut.

Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Hidrolika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari penelitian tersebut didapat hasil-hasil sebagai berikut :

- a. Nilai koeffisien panjang loncat air (C) yang didapatkan oleh peneliti mempunyai variasi yang mendekati kisaran nilai koeffisien panjang loncat air (C) yang dihasilkan oleh laboratorium Mekanika fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yaitu 4.5 - 7, dan bila nilai koeffisien panjang loncat air tersebut dibandingkan dengan nilai koeffisien C yang oleh Smetana ditetapkan sama dengan 6, maka akan terlihat nilai yang berbeda dalam perhitungan panjang loncat air.
- b. Dari penelitian ini, dapat dibuat formulasi baru untuk mencari besarnya nilai koeffisien panjang loncat air (C) dengan menggunakan regresi nonlinier yang memakai model Geometrik yaitu:

$$C = 6.9295 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^{-0.1426}$$

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang.

Dalam tahun-tahun terakhir ini proyek pengembangan sumber air dan pekerjaan teknik hidrolis telah berkembang dengan pesat di seluruh dunia. Oleh karena itu, ilmu hidrolis saluran-terbuka yang merupakan dasar perencanaan berbagai bangunan air juga mengalami kemajuan yang sangat pesat.

Jenis aliran dalam saluran-terbuka di golongan menurut berbagai parameter aliran dalam ruang dan waktu. Untuk penyederhanaan, kedalaman aliran di ambil sebagai parameter aliran dalam penggolongan ini. Penggolongan keadaan aliran berdasarkan interval kesamaan aliran dengan memperhatikan kekentalan dan gravitasi. Kesamaan aliran didasarkan pada besarnya bilangan Froude.

Pada kenyataannya di alam, aliran yang melewati bangunan di asumsikan sebagai aliran seragam. Tetapi akibat terjadinya penurunan atau kenaikan dasar saluran pada titik tertentu dalam saluran yang dilewati aliran, dapat menyebabkan timbulnya energi yang berasal dari olakan (turbulensi) dan bahkan timbul putaran (rotasi). Energi yang dihasilkan tersebut pada bangunan air khususnya bendung adalah sangat berbahaya apabila tidak diperhitungkan, karena dapat menyebabkan kerusakan serius pada bangunan tersebut seperti penggerusan dasar sungai dibagian hilir, sehingga bendung kehilangan kestabilannya. Oleh karena itu untuk mengantisipasi kerusakan-kerusakan

yang mungkin terjadi, maka diperlukan bangunan peredam energi yang dilengkapi dengan kolam olak. Dalam membuat bangunan peredam energi nilai panjang loncat air sangat penting dalam perhitungan perencanaannya.

Dari permasalahan yang ada di atas, maka akan di coba melakukan kajian untuk mencari pendekatan antara pengukuran di laboratorium dengan analisis teoritis yang sudah ada sekarang ini tentang panjang loncat air. Rumus teoritis untuk mencari panjang loncat air mengacu pada rumus teori yang sudah ada meskipun untuk mencari panjang loncat air (L_j), tidak ada rumus yang pasti. Dalam perhitungan untuk mencari panjang loncat air, maka salah satu dari rumus yang ada tersebut dapat digunakan. Percobaan laboratorium yang dilakukan adalah untuk mencari panjang loncat air yang terjadi dibelakang bangunan air seperti pada pintu sorong, bendung ambang tajam, bendung ambang lebar serta bendung tipe ogee.

Pada percobaan laboratorium yang dilakukan oleh sebagian peneliti di laboratorium Mekanika Fluida Universitas Gadjah Mada untuk tampang saluran segi empat, koefisien panjang loncat air C berkisar antara 4,5 sampai 7. Tetapi dalam rumus teoritis yang beredar sekarang ini untuk koefisien panjang loncat air (C) mempunyai nilai yang berbeda-beda, jadi perlu di berikan koreksi dengan mencoba mencari besarnya nilai koefisien panjang loncat air (C) yang sudah ditetapkan pada rumus yang sudah ada tersebut.

Untuk mencari/mengevaluasi terjadinya perbedaan dalam menentukan nilai koefisien panjang loncat air (C) tersebut, maka dilakukan percobaan laboratorium hidrolika dengan menggunakan alat saluran multi guna yang berupa **Glass sided Tilting**

Flume dan rumus-rumus yang ada sebagai acuannya. Alat ini memberikan kemudahan dalam penelitian hidrolika, khususnya hidrolika pada saluran terbuka, kemudahan ini antara lain:

- a. Air dapat di alirkan melalui model dengan debit secara terus-menerus.
- b. Kemiringan dasar pada "**Tilting Flume**" dapat diatur sesuai dengan keperluan.

1.2. Batasan Masalah.

Untuk memberikan hasil penelitan yang baik, maka penelitian ini di batasi oleh kondisi dan alat yang tersedia di laboratorium hidrolika, antara lain:

- a. Aliran melalui beberapa model bendung bangunan air pada "**Tilting Flume**" di batasi pada aliran modular dengan dasar kemiringan datar.
- b. Penelitian ini bersifat evaluasi terhadap panjang loncat air yang terjadi dilaboratorium dengan panjang loncat air yang dicari dengan menggunakan rumus yang sudah ada, dalam hal ini dipakai sebagai perbandingannya adalah formula yang diciptakan oleh Smetana (1933).

1.3. Maksud dan Tujuan:

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengkaji panjang loncat air yang terjadi dibelakang model bangunan air, yang kemudian hasil penelitian dibandingkan dengan rumus panjang loncat air yang ada.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan formula koefisien panjang loncat air (C) yang ada dengan penelitian laboratorium terhadap perhitungan panjang loncat air (L_j).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan.

Pada hidrolika saluran terbuka, banyak fenomena aliran yang tidak bisa dianalisa secara tepat dengan formulasi matematika ini dikarenakan dalam pendekatannya melakukan pengabaian-pengabaian terhadap sifat dasar zat cair dan aliran seperti:

- a. Sifat kekentalan zat cair diabaikan.
- b. Rapat massa zat cair selalu tetap sehingga perubahan diabaikan.

Mengacu terhadap pernyataan seorang pakar (Ir. Bambang Triatmodjo) yang mengatakan bahwa untuk mencari panjang loncat air (L_j), tidak ada rumus teoritis yang pasti dapat digunakan untuk menghitungnya dan panjang loncat air tersebut hanya dapat dicari melalui penelitian laboratorium maka untuk menjembatani kesenjangan tersebut, perlu diupayakan angka koreksi terhadap perhitungan teoritis yang diperoleh melalui pengujian-pengujian terhadap beberapa model hidrolik.

2.2. Hasil Kajian Panjang Loncat Air.

Pada buku Hidrolika II (karangan Dr. Ir. Budi Santoso WS) terdapat beberapa study tentang panjang loncat air yang menghasilkan beberapa rumus empiris sebagai berikut:

1). Woyeiski (1931)

$$L_j = \left(c - 0.05 \frac{h_2}{h_1} \right) (h_2 - h_1) \text{ dimana } c = 8$$

2). Smetana (1933)

$$L_j = C (h_2 - h_1)$$

dimana:

L_j = Panjang loncat air.

$h_1=y_1$ = Ketinggian air terendah didepan loncat air

$h_2=y_2$ = Ketinggian air tertinggi dibelakang loncat air

dalam percobaan tersebut, Smetana menetapkan besarnya angka koefisien panjang loncat air (C) adalah 6. Sedangkan peneliti lainnya yaitu Woyeiski (1931) menetapkan nilai koefisien panjang loncat air (C) = $c - 0.05 \frac{h_2}{h_1}$. Tetapi dalam penelitian yang dilakukan dilaboraturium Mekanika Fluida, UGM Yogyakarta mendapatkan besarnya nilai koefisien panjang loncat air (C) berkisar antara 4.5 sampai 7.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pendahuluan.

Aliran air didalam saluran terbuka mempunyai sifat khusus bila dibandingkan dengan aliran air didalam pipa, yaitu antara lain:

- a. Aliran air pada saluran terbuka memiliki permukaan bebas ("free surface").
- b. Tekanan air pada permukaan bebas sama dengan tekanan atmosfer.
- c. Terjadinya saling ketergantungan antara luas tampang basah, kekentalan zat cair, kemiringan dasar saluran, kekasaran dasar, dan bervariasinya geometrik saluran.

Penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka lebih sulit bila dibandingkan dengan aliran dalam pipa karena terjadinya saling ketergantungan pada sifat kekentalan zat cair, gravitasi dan kondisi hidrolis saluran (Van Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka, 1985).

3.2. Aliran Air.

Aliran air dalam saluran dapat berupa aliran saluran terbuka maupun aliran pipa. Kedua jenis aliran tersebut sama dalam banyak hal, namun berbeda dalam satu hal penting yaitu Aliran saluran terbuka harus memiliki kondisi permukaan bebas, sedangkan aliran dalam pipa adalah aliran bertekanan. Aliran dalam pipa dipengaruhi oleh kekasaran dinding pipa pada bagian dalam saluran, akibatnya kecepatan aliran

yang terjadi sangat dipengaruhi oleh keadaan kekasaran dinding bagian dalam pipa tersebut.

3.3. Klasifikasi Aliran.

Aliran saluran muka air bebas dapat diklasifikasikan kedalam beberapa klas berdasarkan pada perubahan kedalaman aliran mengikuti ruang dan waktu. Berdasarkan fungsi waktu, maka aliran dapat dibedakan:

a. Aliran Tetap. ('Steady Flow'),

Aliran dalam saluran terbuka dikatakan tetap apabila kedalaman aliran tidak berubah menurut waktu atau dapat dianggap tetap dalam suatu interval waktu, dengan demikian kecepatan aliran juga tidak berubah menurut waktu, jadi $\partial h/\partial t=0$; $\partial u/\partial t=0$ tertentu.

b. Aliran Tak Tetap ("Unsteady Flow")

Aliran dikatakan tak tetap bila kedalaman berubah sesuai dengan waktu ; $\partial h/\partial t \neq 0$, demikian pula dengan kecepatannya berubah menurut waktu; $\partial u/\partial t \neq 0$.

sedangkan berdasarkan fungsi ruang, maka aliran dapat dibedakan sebagai:

a. Aliran seragam ('Uniform Flow')

Aliran saluran terbuka dikatakan seragam bila kedalaman aliran sama pada setiap penampang; $\partial h/\partial s=0$ dan kecepatannya tidak berubah menurut waktu; $\partial u/\partial s=0$.

b. Aliran tidak seragam ('Ununiform Flow')

Sedangkan aliran saluran terbuka dikatakan tidak seragam bila kedalaman aliran berubah pada setiap penampang; $\partial h/\partial s \neq 0$ dan kecepatannya berubah menurut waktu; $\partial u/\partial s \neq 0$.

Aliran ini dapat berupa:

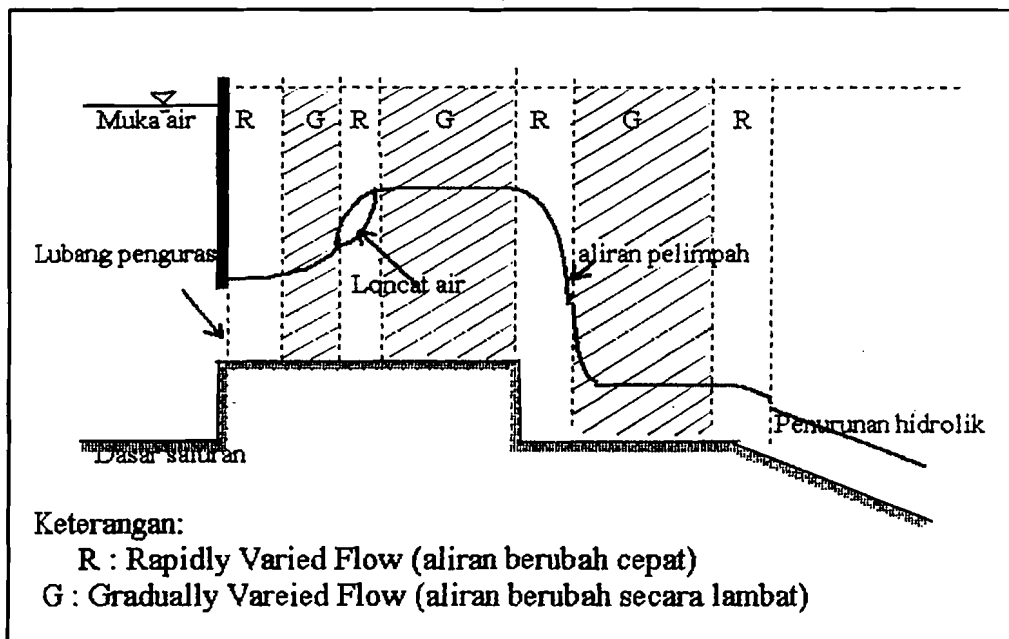
1. Aliran berubah lambat laun (“Gradually Varied Flow”).

Disebut aliran berubah lambat laun karena kedalamannya berubah pada jarak yang cukup panjang, yaitu

2. Aliran berubah tiba-tiba (“rapidly varied Flow”)

Aliran disebut berubah tiba-tiba bila kedalamannya mendadak berubah dengan cepat pada jarak yang cukup pendek.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar (3.1) yang menerangkan klasifikasi aliran.



Gambar 3.1. Klasifikasi Aliran.

3.4. Kondisi Aliran.

Kondisi aliran ditentukan oleh pengaruh kekentalan dan gravitasi secara relatif

dibandingkan dengan gaya inertiannya Karena pengaruh kekentalan kinematiknya aliran dapat bersifat laminar atau turbulen. Pengaruh kekentalan kinematik tersebut dapat dinyatakan dengan angka Reynold, yang didefinisikan sebagai:

$$R_e = (uL)/\nu \quad (3.1)$$

dengan:

u : Kecepatan aliran (m/det).

L : Panjang karakteristik (m),

pada saluran muka air bebas $L = R$

R : Jari-jari hidrolik saluran.

ν = Kekentalan kinematik (m^2/det)

Sedangkan pengaruh gaya gravitasi dan inertiannya dinyatakan dengan angka Froude yang didefinisikan sebagai:

$$Fr = u / \sqrt{gL} \quad (3.2)$$

dengan:

u : Kecepatan rata-rata aliran (m/det).

g ; gaya gravitasi (m^2/det)

L : Panjang karakteristik (m),

pada saluran muka air bebas $L = D$

D : Kedalaman hidrolik.

Keadaan aliran dapat diketahui dengan mengetahui angka froudenya yaitu untuk $Fr = 1$, aliran dinyatakan sebagai aliran kritis, sedang apabila $Fr < 1$ disebut sebagai aliran subkritis dan untuk $Fr > 1$ alirannya disebut superkritis.

3.5. Loncat Air.

Loncat air terjadi apabila suatu aliran superkritis berubah menjadi aliran subkritis dan pada perubahan itu terjadi pelepasan energi.

Pada mulanya teori mengenai loncatan air dikembangkan untuk saluran-saluran horisontal atau yang kemiringannya kecil, sehingga pengaruh berat air terhadap sifat-sifat loncatan air dapat diabaikan, akan tetapi hasil yang diperoleh, dapat diterapkan pada sebagian besar saluran-saluran yang ada. Untuk saluran yang gradiennya besar, pengaruh berat air pada loncatan cukup besar sehingga harus dimasukkan dalam perhitungan.

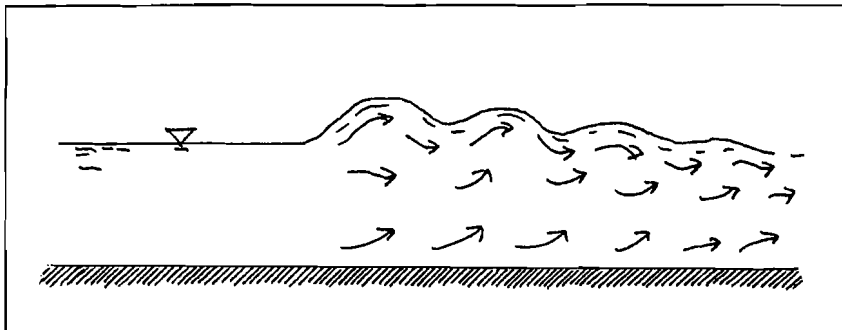
Pemakaian praktis dari perhitungan panjang loncatan air adalah untuk perencanaan bangunan peredam energi pada bendungan, saluran dan struktur hidrolis yang lain untuk mencegah pengikisan struktur dibagian hilir.

3.6. Tipe Loncat Air.

Berdasarkan bilangan Froude, loncat air pada saluran yang datar dapat dibedakan menjadi 5 yaitu:

a. $Fr = 1 - 1,7$

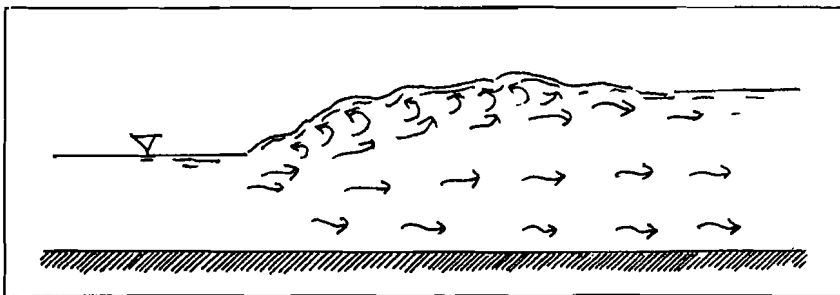
Untuk $Fr = 1 - 1.7$ akan terjadi ombak pada permukaan air, dan loncatan yang terjadi dinamakan *loncatan berombak*



Gambar 3.2. Loncatan berombak

b. $Fr = 1,7 - 2,5$

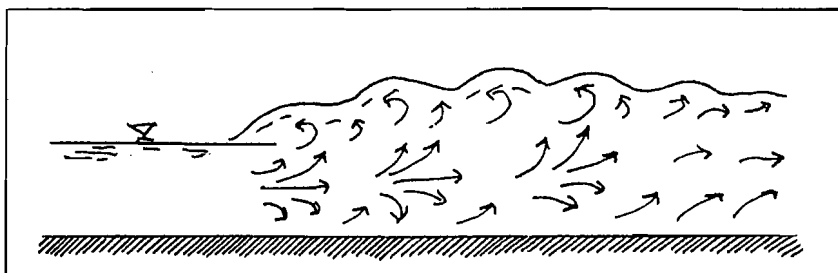
Pada angka Fr seperti, akan terbentuk rangkaian ombak pada permukaan loncatan, tetapi permukaan air dihilir tetap halus.



Gambar 3.3. Loncatan lemah

c. $Fr = 2,5 - 4,5$

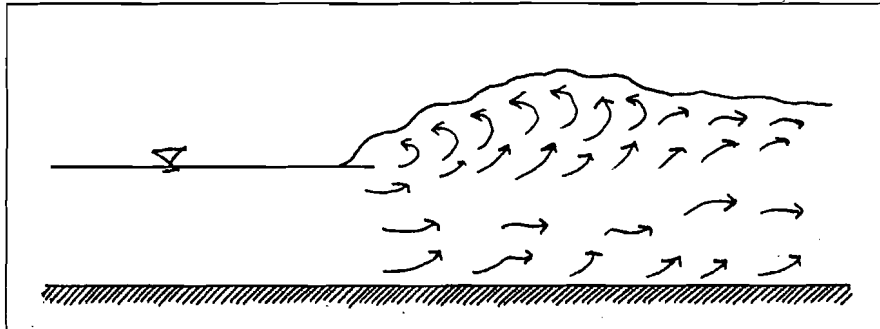
Untuk Fr 2.5 sampai 4.5, terdapat semburan berosilasi menyertai dasar loncatan bergerak kepermukaan dan kembali lagi tanpa periode tertentu. Loncatan ini dinamakan *loncatan berosilasi*



Gambar 3.4. Loncatan berosilasi.

d. $Fr = 4,5 - 9,0$

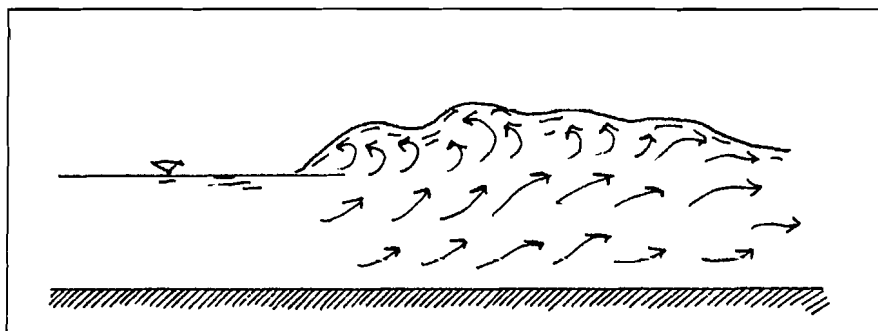
Untuk $Fr = 4.5$ sampai 9.0 , ujung-ujung permukaan hilir akan bergulung dan titik dimana kecepatan semburannya tinggi cenderung memisahkan diri dari aliran.



Gambar 3.5. Loncatan tetap.

e. $Fr > 9,0$

Untuk $Fr = 9.0$ dan yang lebih besar, kecepatan semburan yang tinggi akan memisahkan hempasan gelombang gulung dari permukaan loncatan, menimbulkan gelombang-gelombang hilir, jika permukaan kasar akan mempengaruhi gelombang yang akan terjadi dan gerakan loncatan jarang terjadi, loncatan ini dinamakan loncatan kuat.



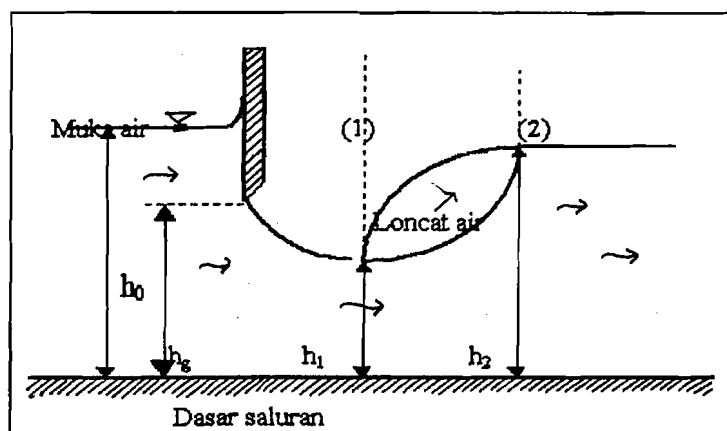
Gambar 3.6. Loncatan kuat.

3.7. Panjang Loncat Air.

Panjang loncat air dapat didefinisikan sebagai jarak yang diukur dari titik tepat

dihulu (didepan) olakan sampai dengan titik tepat dihilir (dibelakang) olakan.

Seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Profil Loncatan Air.

Gambar (3.7), terlihat bahwa loncat air terjadi bila aliran h_1 menjadi h_2 melalui transisi ("zone of transition"). Jadi loncat air terjadi jika terdapat perubahan sifat aliran dari super kritis (1) ke sub kritis (2).

Dari beberapa penyelidikan, panjang loncat air ditentukan dengan rumus empiris yang bentuk umumnya antara lain:

a. Woyeiski (1931)

$$L_j = (c - 0.05 \frac{h_2}{h_1})(h_2 - h_1), \text{ dim ana } (c) = 8$$

$$C = c - 0.05 h_2/h_1$$

b. Smetana (1933)

$$L_j = C(h_2 - h_1), \text{ dimana } C = 6$$

Sedangkan dari laboratorium mekanika fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta didapat $C = 4,5 - 7$

dengan:

l_j = Panjang loncat air.

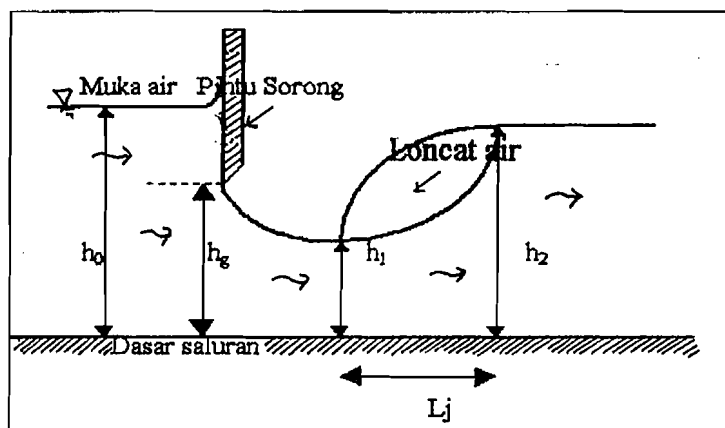
h_2, h_1 = 'conjugate depth'

3.8. Model Bangunan Air yang Digunakan.

Model bangunan air yang digunakan adalah model yang dibelakang bangunan air tersebut terjadi loncat air yang menimbulkan olakan. Beberapa model yang digunakan dalam penelitian ini adalah pintu sorong, bendung ambang lebar, bendung ambang tajam dan bendung tipe ogee.

3.8.1. Pintu Sorong.

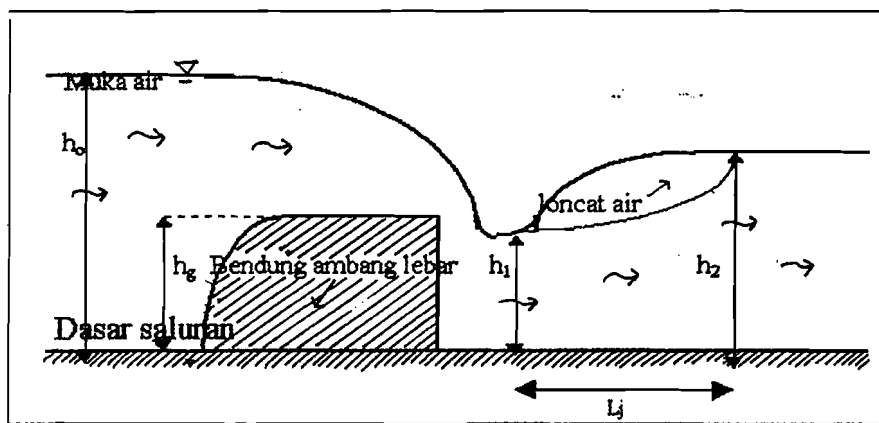
Bentuk pintu sorong dalam penerapannya sebagai pengatur besarnya aliran yang lewat dibawah bagian bangunan pintu sorong (besarnya debit) dalam hal ini dapat didefinisikan sebagai bangunan yang dapat menghasilkan hubungan antara kedalaman, debit yang lewat dan panjang loncat air yang terjadi.



Gambar 3.8. Aliran air melalui pintu sorong

3.8.2. Bendung Ambang Lebar.

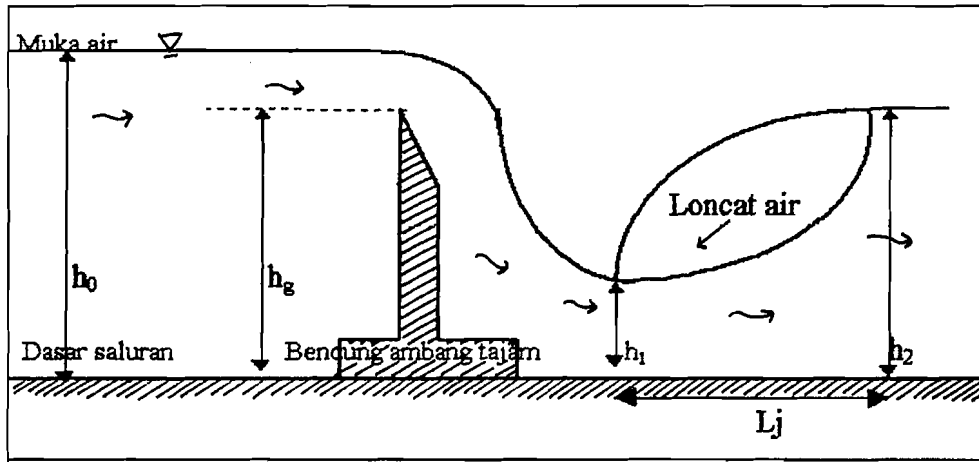
Fungsi dari bendung ambang lebar adalah sebagai pembendung aliran yang kemudian melimpaskan aliran ke hilir ambang, akibat dari melimpasnya air ke hilir maka akan terjadi loncatan air yang kemudian panjang dari loncat air tersebut dapat diketahui yaitu dengan penyelidikan di laboratorium.



Gambar 3.9. Aliran melalui bendung ambang lebar.

3.8.3. Bendung Ambang Tajam.

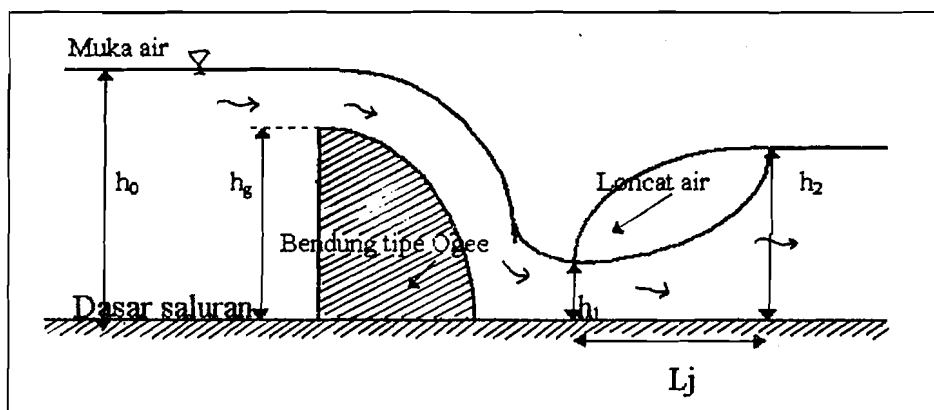
Bendung ambang tajam adalah bangunan yang memiliki fungsi meninggikan muka air, melimpahkan air ke hilir dan sebagai alat untuk mengetahui berapa panjang loncat air yang terjadi di hilir bangunan tersebut. Disebut ambang tajam karena panjang ambang tidak mempengaruhi hubungan antara tinggi energi dengan debit ($H_1/L > 15$). Pada prakteknya panjang ambang maksimum 2 mm, sehingga akan mengakibatkan aliran yang melimpas di atas ambang berupa pancaran.



Gambar 3.10. Aliran air melalui ambang tajam

3.8.4. Bendung Tipe Ogee.

Mercu Ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang rendah, air akan memberikan tekanan kebawah pada mercu.



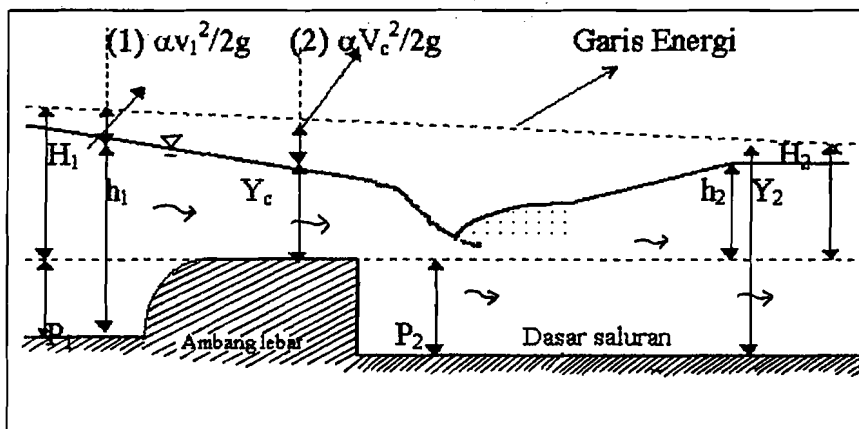
3.10. Aliran air pada bendung Ogee

3.9. Aliran Modular dan Batas Modular.

Suatu aliran mempunyai debit yang dihitung dengan kontinuitas $Q = VA$, dengan kata lain apabila pada suatu penampang aliran diketahui kecepatan rerata aliran (V) dan luas penampang (A) maka besarnya debit (Q) yang lewat pada penampang tersebut dapat diketahui. Besarnya V dicari dengan persamaan bernoulli yakni:

$$Z_1 + P_1/\rho g + \alpha V^2/2g = Z_2 + P_2/\rho g + \alpha V^2/2g \dots \dots (3.3)$$

Pada gambar 3.11. dibawah ini dapat dilihat penguraian perstatemen variabel.



3.11. Distribusi Tekanan Yang didapatkan Oleh Para Ahli

Jika pada penampang-penampang terjadi aliran kritis dengan kedalaman Y_c dan bidang referensinya adalah puncak ambang, maka $Z_1 = Z_2 = 0$.

$$H_1 = \alpha V_1^2 + h_1 = \alpha V_2^2 + Y_c$$

$$V_2 = (2g(H_1) - Y_c)^{0.5} \alpha^{0.5}$$

Hubungan antara $H_1 - Y_c$ dicari dari persamaan sebelumnya diatas:

$$H_1 = Y_c + V_c^2/2g$$

$$V_c^2/2g = A_c/2B_c$$

A_c merupakan fungsi dari B_c dan Y_c , tetapi karena B_c sudah tetap (karena lebar bagian kontrol yang sudah ditentukan maka $A_c/2B_c$ hanya merupakan fungsi dari Y_c).

$$H_1 = f(Y_c) \text{ atau } Y_c = f(H_1)$$

$$\text{maka: } Q = A_c [(2g(H_1) - f(H_1))]^{0.5} \alpha^{0.5}$$

Untuk mencapai kedalaman kritis, tinggi muka air disebelah hilir bagian kontrol harus cukup rendah dimaksudkan agar air disebelah hilir tidak berpengaruh pada tinggi muka air disebelah hulu. Aliran kritik pada kondisi ini disebut **aliran modular** (Modular Flow).

Tinggi muka air dihilir maksimum yang diperoleh agar terjadi aliran modular biasanya dinyatakan dalam perbandingan tinggi energi hilir dengan tinggi energi hulu (H_2/H_1). Yang disebut **batas modular** didefinisikan adalah suatu perbandingan tinggi energi total hilir dengan hulu (H_2/H_1) diukur diatas ambangt atau saluran, pada keadaan tepat mulai terpengaruh oleh muka air hilir dan debit yang lewat adalah sebesar 99% dari debit pada pengaliran modular.

3.10. Ikhtisar.

Dari kajian pustaka dapat ditentukan jenis eksperimen yang akan dilakukan, yaitu eksperimen evaluasi yang bertujuan membuat evaluasi panjang loncat air. Dari eksperimen tersebut akan diperoleh nilai/angka panjang loncat air serta angka koefisien panjang lompat air atau disebut juga koefisien C. Setelah diperoleh angka koefisien C tersebut lalu ditentukan formula matematika yang dapat digunakan untuk mencari nilai panjang loncat air (L_j).

Dengan melakukan pengukuran langsung dilaboratorium hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia akan diperoleh beberapa variabel yang berpengaruh terhadap panjang loncat air seperti perbedaan tinggi muka air dibelakang model.

Setelah diperoleh angka koefisien panjang lompat air atau koefisien C dari perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan rumus $L_j = C (Y_2 - Y_1)$ maka hasilnya dibandingkan dengan angka koefisien panjang loncat air (C) yang didapat dari formula yang dihasilkan oleh peneliti.

BAB IV

METODELOGI PENELITIAN

4.1. Pendahuluan.

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan pengamatan langsung dilaboratorium hidrolika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Analisis hasil dilakukan setelah penelitian di laboratorium selesai dilakukan.

Kegiatan penelitian yang paling banyak dilakukan adalah pelaksanaan pengukuran panjang loncat air, disamping pengamatan terhadap fenomena aliran yang melalui empat model bangunan air pada kondisi tertentu.

Tujuan dari pelaksanaan pengukuran adalah untuk mengetahui nilai konstanta c terhadap panjang loncat air antara yang diukur dengan nilai yang sudah ada baik melalui perbandingan terhadap percobaan lain (percobaan yang dilakukan oleh peneliti lain) atau terhadap rumus yang sudah beredar dewasa ini. Namun dalam kenyataannya setiap kali melaksanakan pengukuran yang diulang-ulang dengan teliti, hasilnya hampir selalu berbeda meskipun perbedaannya kecil.

Oleh karena itu diperlukan suatu formula yang dapat digunakan untuk mencari harga terdekat dengan nilai yang didapatkan dari data percobaan.

4.2. Cara Kerja Alat.

Didalam pelaksanaan penelitian laboratorium, cara kerja alat merupakan bagian yang tidak bisa terpisahkan dengan prosedur diatas.

Perlengkapan utama yang digunakan selama penelitian adalah 'glass sided tilting flume' yaitu bagian yang tidak dapat dibongkar (dipisahkan). Adapun bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut.

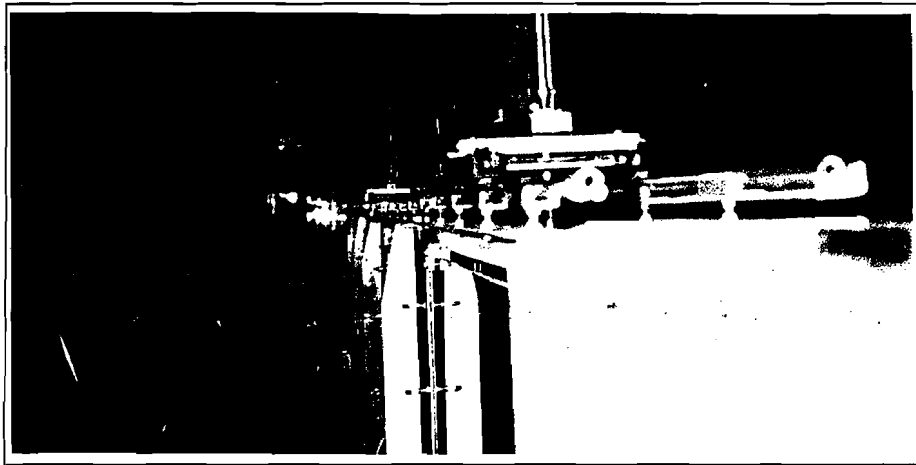
4.2.1. Saluran.

Dinding saluran terbuat dari kaca campuran dengan ketebalan 1 cm, panjang saluran 6 m, lebar saluran (dalam dinding) 10 cm, dan kedalaman 35 cm. Pada bagian pangkalnya terdapat lubang pemasukan ('intake') dan bagian ujungnya terdapat lobang pengeluaran air ('outlet'). Pada sisi atas sepanjang 'tilting flume terdapat rel sebagai jalur untuk memudahkan pergerakan alat ukur "point gauge".



Gambar 4.1. "Tilting Flume"

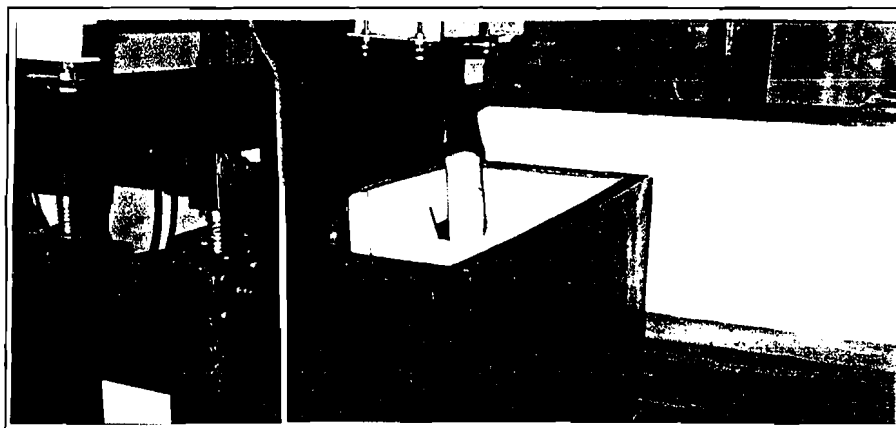
Disamping “tilting flume”, pada sisi atas terdapat rel sebagai jalur untuk memudahkan pergerakan alat ukur “Point Gauge”.



Gambar 4.2. Rel “Point Gauge”

4.2.2. Tangki Air.

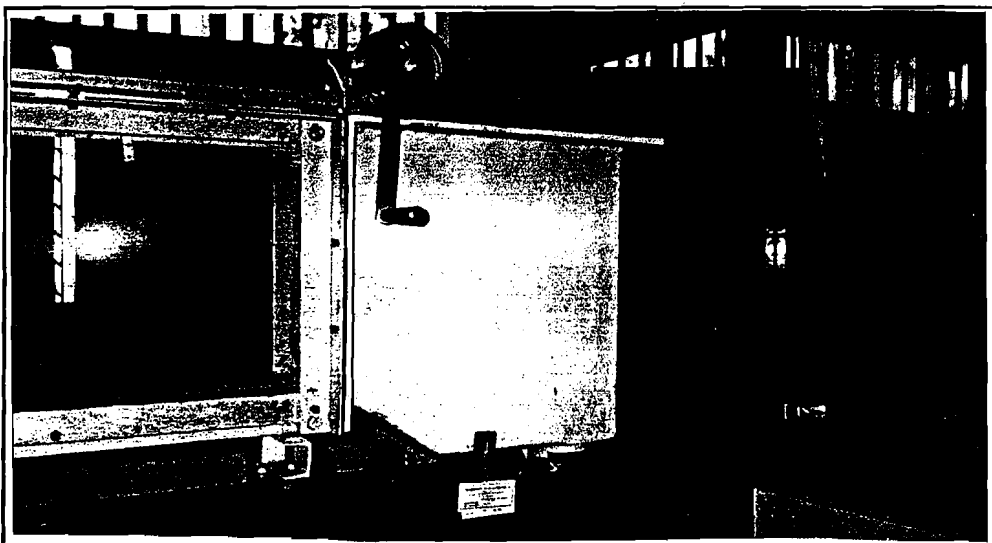
Tangki air digunakan untuk menampung air yang akan dialirkan pada “tilting flume” dan pada bagian lainnya digunakan untuk mengukur debit aliran



Gambar 4.3. Tangki Penampungan

4.2.3. Pelat Pembendungan.

Pelat pembendungan ini terletak didalam saluran pengeluaran (outlet), yaitu sebelum pengeluaran. Posisinya dapat diatur dari 0° terhadap dasar saluran sampai 90° . Disini dapat dilihat bahwa apabila sudut pelat diperbesar, aliran dalam saluran akan terbendung, sehingga membentuk kurva aliran balik ("back water curva") pada "tilting flume". Apabila pelat dalam posisi tidur maka akan mengalir lepas keluar melalui "outlet", masuk kedalam tangki penampungan.



Gambar 4.4. Posisi Pelat Pembendungan (ditunjukkan oleh posisi engkol pemutar)

4.2.4. Tangki Pengukuran Debit.

Untuk mengukur debit diperlukan benjana yang telah diketahui volumenya, sehingga dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengisi volume benjana tersebut dari aliran yang melewati "tilting flume", maka diketahui debit aliran tersebut. Diketahui

bahwa lebar sisi-sisi dari pengukur debitnya 50 cm dan diukur waktu penampungan setiap air melampui tinggi 5 cm.

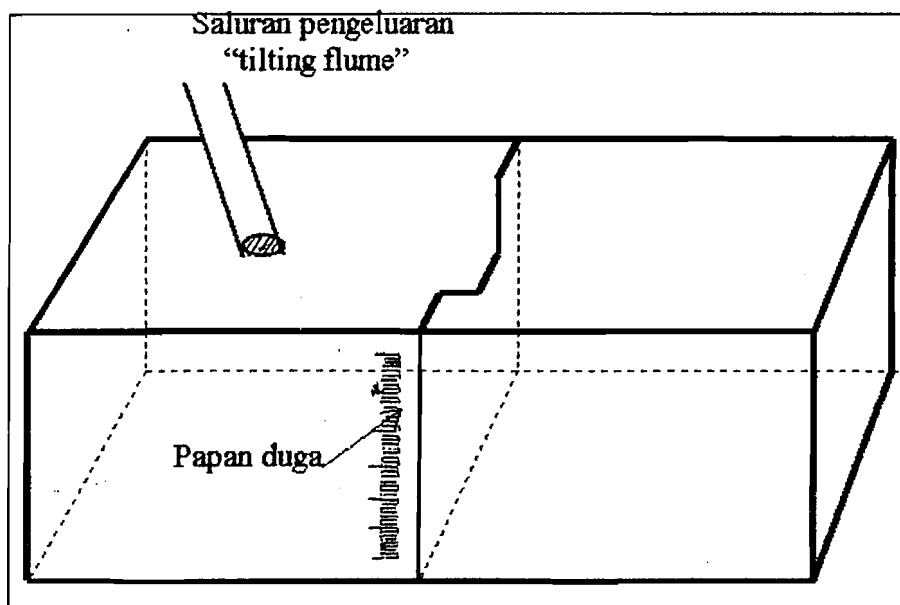
$$Q = \frac{V}{T} (\text{m}^3 / \text{det}) \quad (4.1.)$$

dengan:

V : Volume tampungan (m^3).

T : waktu penampungan (det)

Q : Debit (m^3/det)



Gambar 4.5. Papan duga pada tangki penampungan

4.2.5. "Point Gauge"

"Point Gauge" adalah alat untuk mengukur tinggi permukaan air. Pada komponennya terdapat batang seperti jarum dengan skala ukuran yang diatur panjangnya sehingga menyentuh permukaan air.



Gambar 4.6. "Point Gauge"

4.2.6. "Piezometer"

Fungsi "Piezometer" adalah untuk mengukur tinggi tekanan atau tinggi permukaan air dan sebagai penunjuk terjadinya fluktuasi aliran pada "tilting flume".

"Piezometer" yang terdapat pada "tilting flume" sebanyak 6 buah tabung, masing-masing tabung dihubungkan dengan selang dibawah dasar saluran setiap jarak 100 cm, dan setiap selang terletak ditengah-tengah antara kedua dinding saluran.



Gambar 4.7. "Piezometer"

4.2.7. Pompa air, Pengatur debit dan “stabilizer”

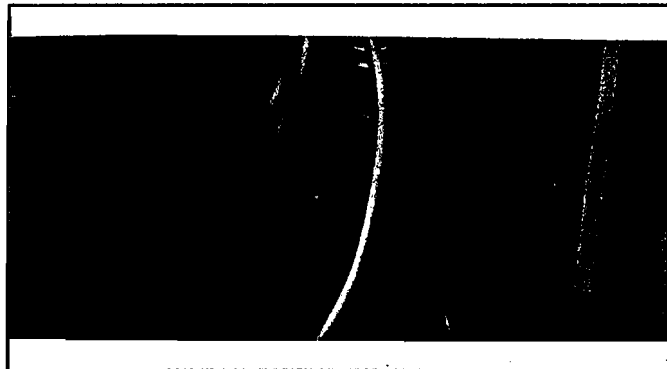
Pompa air digunakan untuk menaikkan air dari volume tampungan menuju ke “tilting flume”. Kapasitas pompanya adalah sebagai berikut:

Merek pompa : National.

Debit maksimum : 340 liter/menit.

Catu Daya : 400 watt.

Untuk mengurangi fluktuasi aliran pompa yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan listrik maka perlu dipasang “stabilizer”, sedangkan untuk mengatur agar aliran pada “tilting flume” pada debit tertentu, maka diatur dengan kran pengatur debit.



Gambar 4.8. Pompa dan Komponen Pelengkapya

BAB V

PELAKSANAAN PENELITIAN

5.1. Pendahuluan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur koefesien panjang loncat air (C) yang berpengaruh terhadap nilai panjang loncat air. Sebelum diadakan penelitaian "Point gauge" terlebih dahulu dikalibrasi pada titik nol supaya dalam pengukuran tinggi loncatan yang terjadi dapat diukur dengan tepat.

5.2. Prosedur Penelitian Pintu Sorong.

Alat yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

- a. "tilting flume"
- b. model pintu sorong.
- c. "stop watch"
- d. "point gauge".
- e. penggaris.
- f. "plastisin"

5.2.1. Jalannya Penelitian:

- 1). Atur saluran hingga mendatar.
- 2). Letakkan pintu sorong pada titik pengamatan.

5.3. Prosedur Penelitian Bendung Ambang Tajam.

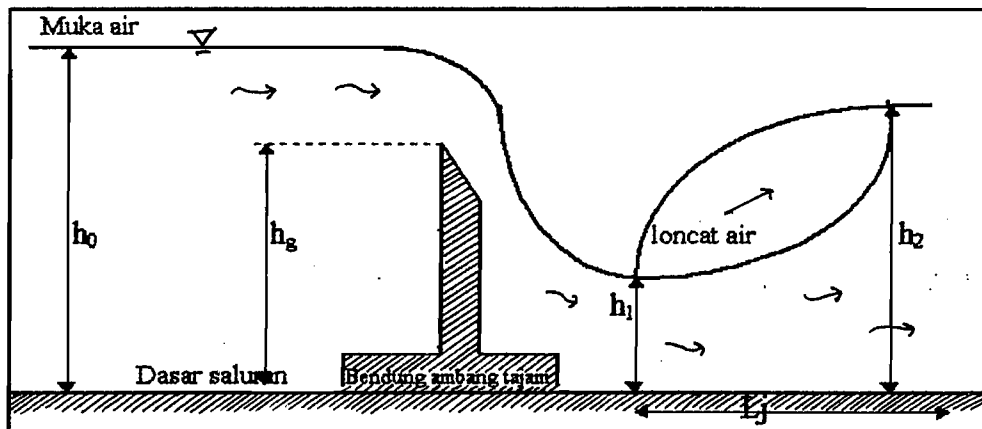
Alat yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

- a. model bendung ambang tajam.
- b. "tilting flume"
- c. "stop watch"
- d. "point gauge".
- e. penggaris.
- f. "plastisin"

5.3.1. Jalannya penelitian:

- 1). Atur saluran mendatar dengan pengatur tinggi muka air dalam keadaan terbuka penuh.
- 2). Letakkan bendung ambang tajam pada dasar saluran dan rapatkan sisi dan sadarnya dengan plastisin.
- 3). Alirkan air kedalam saluran dengan perlahan-lahan hingga muka air tepat melewati ambang bendung.
- 4). Hentikan aliran dan catat tinggi muka air sampai pada puncak bendung (kedalaman air datum).
- 5). Posisi point gauge agak ke hulu pada muka air diam tersebut.
- 6). Atur debit aliran sehingga didapatkan panjang loncat air yang melewati bangunan model tersebut.
- 7). Ukur dan catat debitnya (Q).

- 8). Lakukan pengamatan dan pencatatan untuk beberapa nilai L_j (dengan interval sekitar 10 mm untuk pengaturan h_0).
- 9). Buat sketsa bentuk aliran yang terjadi pada bendung ambang tajam.



Gambar 5.2. Panjang loncat air pada ambang tajam

Tabel 5.2. Hasil Pengamatan dan pengukuran

No.	Percobaan	1	2	3
1.	Tinggi bukaan (h_g)	110	110	110
2.	Kedlmn air hulu (h_0)	180	160	140
3.	Kedlmn air hilir (h_1)	7.6	2.2	1.6
4.	Kedlmn air hilir (h_2)	14.0	7.8	6.2
5.	Debit	0.00236	0.0025	0.00154

5.4. Prosedur Penelitian Bendung Ambang Lebar.

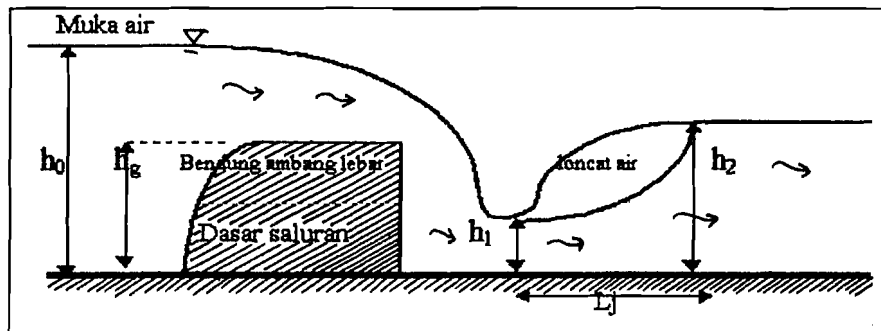
Alat yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

- model bendung ambang lebar.
- "tilting flume"
- "stop watch"

- d. "point gauge".
- e. penggaris.
- f. "plastisin"

5.4.1. Jalannya penelitian:

- 1). Atur saluran mendatar dan pengatur tinggi muka air dalam keadaan terbuka penuh.
- 2). Letakkan bendung ambang lebar pada dasar saluran.
- 3). Rapatkan sisi dan dasarnya dengan plastisin.
- 4). Alirkan air kedalam saluran dengan perlahan-lahan hingga muka air tepat melewati ambang bendung.
- 5). Hentikan aliran, catat tinggi muka air sampai puncak bendung (kedalaman air datum).
- 6). Posisikan point gauge agak ke hulu pada muka air diam tersebut.
- 7). Atur debit aliran kedalam saluran hingga kedalaman h_0
- 8). Ukur dan catat h_0 , h_1 , h_2 , dan L_j serta kecepatan permukaan pada bagian hulu dan hilir model yang digunakan untuk mencari debit dengan cara mengukur debit pada ketinggian $0,6h$ dibawah permukaan air.
- 9). Lakukan pengamatan dan pencatatan untuk beberapa nilai h_0 (interval sekitar 10mm).



Gambar 5.3. Panjang loncat air pada ambang lebar.

Tabel 5.3. Hasil Pengamatan dan pengukuran

No.	Percobaan	1	2	3	4
1.	Tinggi bukaan (h_g)	103	103	103	103
2.	Kedlmn air hulu (h_0)	160	140	120	130
3.	Kedlmn air hilir (h_1)	1.9	2.2	1.9	1.4
4.	Kedlmn air hilir (h_2)	8.5	6.3	7.24.5	10.5.7
5.	Debit	0.00205	0.00137	0.00294	0.00088

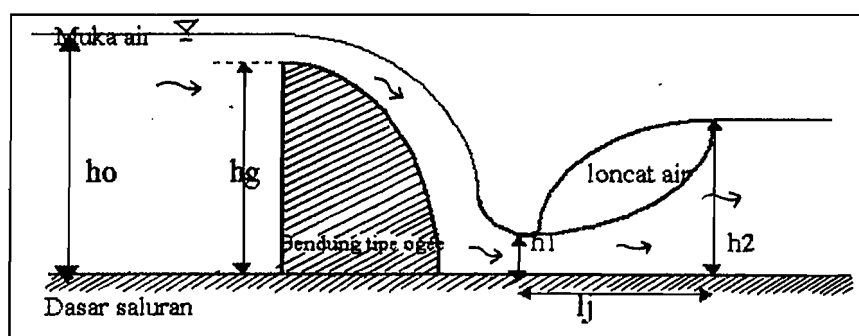
5.4. Prusedur penelitian pada bendung Ogee.

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bendung Ogee.
- b. "tilting flume"
- c. "stop watch"
- d. "point gauge".
- e. penggaris.
- f. "plastisin"

5.4.1. Jalannya penelitian:

- 1). Atur saluran mendatar dan pengatur tinggi muka air dalam keadaan terbuka penuh.
- 2). Letakkan bendung ambang lebar pada dasar saluran.
- 3). Rapatkan sisi dan dasarnya dengan plastisin.
- 4). Alirkan air kedalam saluran dengan perlahan-lahan hingga muka air tepat melewati ambang bendung.
- 5). Hentikan aliran, catat tinggi muka air sampai puncak bendung (kedalaman air datum).
- 6). Posisikan point gauge agak ke hulu pada muka air diam tersebut.
- 7). Atur debit aliran kedalam saluran hingga kedalaman h_0
- 8). Ukur dan catat h_0 , h_1 , h_2 , dan L_j serta kecepatan permukaan pada bagian hulu dan hilir model yang digunakan untuk mencari debit dengan cara mengukur debit pada ketinggian $0,6h$ dibawah permukaan air.
- 9). Lakukan pengamatan dan pencatatan untuk beberapa nilai h_0 (interval sekitar 10 mm)



Gambar 5.4. Panjang loncat air pada bendung tipe Ogee

Tabel 5.4. Hasil Pengamatan dan pengukuran

No.	Percobaan	1	2	3	4	5	6
1.	Tinggi bukaan (h_g)	178	178	178	178	178	178
2.	Kedlmn air hulu (h_0)	240	240	220	220	200	200
3.	Kedlmn air hilir (h_1)	1.5	1.5	1.0	1.2	1.2	0.7
4.	Kedlmn air hilir (h_2)	10.5	11.1	8.4	8.3	6.6	5.95
5.	Debit	0.003 63	0.003 67	0.002	0.002	0.001 05	0.000 64

BAB VI

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

6.1. Pendahuluan.

Analisis data adalah proses pengolahan data-data yang didapat dari percobaan dilaboratorium. Analisis data berfungsi untuk melihat sejauh mana data-data yang dihasilkan melalui percobaan dapat dipergunakan untuk merumuskan suatu teori secara benar dan baik. Pada percobaan dilaboratorium Hidrolika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dihasilkan data-data yang berhubungan dengan parameter panjang loncat air yang kemudian data tersebut dianalisis, untuk menentukan bentuk hubungan dari berbagai parameter yang ada pada loncat air.

Jika ada data yang terdiri dari dua atau lebih variabel, maka dapat ditentukan hubungan dari variabel tersebut dalam bentuk persamaan matematika, teknik yang banyak digunakan untuk menentukan hubungan diatas adalah analisis regresi dalam teknik statistik. Jenis regresi yang banyak digunakan adalah regresi linier atau regresi berpangkat.

6.2. Regresi Linier.

Bentuk persamaan matematika yang ingin dicari dari regresi linier adalah

$$y = mx + u \dots\dots\dots (6.1)$$

dalam analisis data untuk regresi linier dilakukan dengan membuat tabulasi berikut: :

6.1. Tabel analisis data untuk regresi linier.

No	$x = h_2/h_1$	$y = C$	x^2	y^2	xy
n	$\sum x_n$	$\sum y_n$	$\sum x_n^2$	$\sum y_n^2$	$\sum x_n y_n$
Σ	$\sum x_n$	$\sum y_n$	$\sum x_n^2$	$\sum y_n^2$	$\sum x_n y_n$

dengan:

$$u = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(6.2)$$

$$m = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(6.3)$$

6.3. Regresi Nonlinier.

Regresi nonlinier dipakai apabila data yang diperoleh dan dimasukkan dalam diagram pencar maka akan terlihat bahwa regresi linier yang didapat hasilnya memperlihatkan grafik yang kasar.

Karena itu perlu memperbaikinya regresi nonlinier. Regresi nonlinier terdiri antara lain :

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| a. Parabola kuadrat | $y = a + bx + cx^2$ |
| b. Parabola kubik | $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ |
| c. Geometrik | $y = ax^b$ |
| d. Eksponensial | $y = ab^x$ |
| e. Logistik | $y = \frac{1}{ab^x}$ |

Dari beberapa contoh regresi nonlinier diatas, akan dipilih salah satunya yang dianggap termudah dalam menyelesaikan perhitungan untuk mencari besarnya nilai y.

6.3.1. Model Geometrik.

Untuk analisis data yang diperoleh dari laboratorium disamping menggunakan regresi linier, juga menggunakan regresi nonlinier geometrik dengan persamaan :

$$C = az^b \dots\dots\dots (6.4)$$

Untuk menjadikan persamaan linier maka persamaan tersebut harus dirubah kedalam bentuk logaritma :

$$\text{Log } C = b \text{ Log } z + \text{Log } a \dots\dots\dots (6.5)$$

Bentuk (6.1) tidak lain adalah :

$$Y = mx + u$$

dengan :

$$y = \text{Log } C; x = \text{Log } z; m = b; u = \text{Log } a$$

Dari persamaan (6.4) dapat disusun tabel untuk analisis regresi nonlinier sebagai berikut :

6.2. Tabel analisis data untuk regresi nonlinier.

No	$z = h_2/h_1$	$Y = c$	$x = \text{Log } z$	$y = \text{Log } C$	x^2	y^2	xy
1	z_1	c_1	x_1	y_1	x_1^2	y_1^2	$x_1 y_1$
n	Z_n	C_n	X_n	Y_n	X_n	Y_n	$X_n Y_n$
Σ	Z_n	C_n	X_n	Y_n	X_n	Y_n	$X_n Y_n$

dengan :

$$b = m$$

$$a = 10^u$$

$$C = az^b$$

$$C = a (h_2/h_1)^b$$

6.4. Tabel Perhitungan.

Dibawah ini dapat dilihat perhitungan dengan mempergunakan tabel regresi linier dan regresi nonlinier sebagai berikut :

6.3. Tabel analisis data untuk regresi linier.

No	$x = h_2/h_1$	$y = C$	x^2	Y^2	xy
1	1.8421	6.4062	3.3933	41.0394	11.8009
2	2.3684	5.7692	5.6093	33.2837	13.6638
3	2.8636	4.6340	8.2002	21.4739	13.2700
4	3.5454	6.9640	12.5699	48.4973	24.6902
5	3.8750	6.7391	15.0156	45.4155	26.1140
6	4.0714	4.4186	16.5763	19.5240	17.9899
7	4.2000	7.0000	17.6400	49.0000	29.4000
8	4.2353	6.3636	17.9378	40.4954	26.9520
9	4.4737	4.0909	20.0140	16.7355	18.3015
10	4.5652	6.9512	20.8410	48.3192	31.7336
11	4.8636	6.9412	23.6546	48.1802	33.7592
12	5.5000	4.0740	30.2500	16.5975	22.4070
13	6.6667	6.7640	44.4449	45.7517	45.0935
14	6.9167	6.6197	47.8407	43.8204	45.7865
15	7.0000	5.2222	49.0000	27.2693	36.5554
16	7.0714	4.7058	50.0047	22.1445	33.2766
17	7.4000	5.5208	54.7600	30.4792	40.8539
18	8.4000	3.6486	70.5600	13.3123	30.6482
19	8.4286	4.8077	71.0413	23.1140	40.5222
Σ	98.2871	107.6408	579.3536	634.4530	542.8184

Dari persamaan (6.3) maka akan didapatkan besarnya nilai $u = 6.6870$ dan $m = -$

0.1975

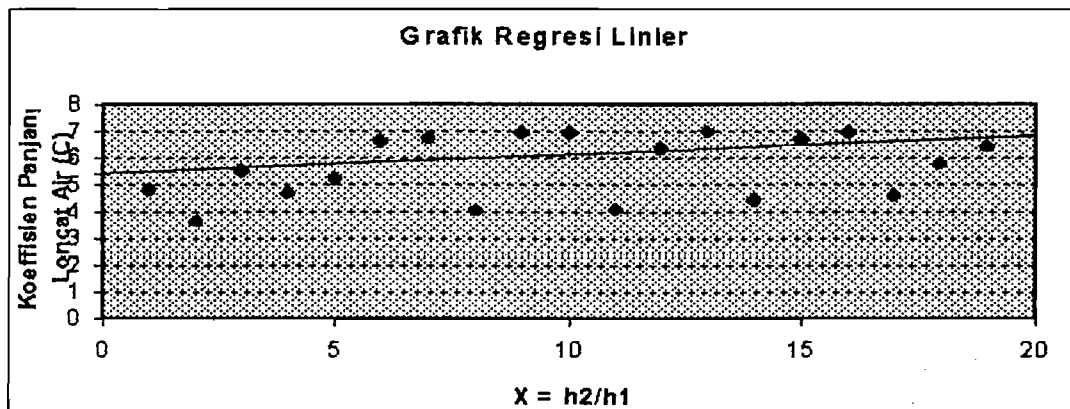
Dengan penerapan persamaan (6.1) yakni:

$$y = mX + u, \text{ maka;}$$

$$y = -0.1975 (h_2/h_1) + 6.6870; \text{ dengan } y = C$$

$$L_j = (-0.1975 (h_2/h_1) + 6.6870 (h_2 - h_1))$$

6.1. Grafik Hubungan Koeffisien Panjang Loncat Air (C) Dengan $X = h_2/h_1$



Sedangkan untuk perhitungan dengan mempergunakan logaritma dapat dilihat dibawah ini (perhitungan dengan menggunakan tabel analisis nonlinier).

6.4. Tabel analisis data untuk perhitungan dengan regresi nonlinier

no	$z = h_2/h_1$	$c = C$	$x = \log z$	$y = \log c$	$(x)^2$	$(y)^2$	Xy
1	1.8421	6.4062	0.2653	0.8066	0.0703	0.6506	0.2140
2	2.3684	5.7692	0.3745	0.7611	0.1402	0.5793	0.2850
3	2.8636	4.6340	0.4569	0.6659	0.2087	0.4434	0.3042
4	3.5454	6.9640	0.5497	0.8428	0.3022	0.7103	0.4633
5	3.8750	6.7391	0.5882	0.8286	0.3460	0.6866	0.4874
6	4.0714	4.4186	0.6098	0.6453	0.3718	0.4164	0.3935
7	4.2000	7.0000	0.6232	0.8451	0.3884	0.7142	0.5267
8	4.2353	6.3636	0.6269	0.8037	0.3930	0.6459	0.5038
9	4.4737	4.0909	0.6507	0.6118	0.4234	0.3743	0.3981
10	4.5652	6.9512	0.6595	0.8421	0.4349	0.7091	0.5554
11	4.8636	6.9412	0.6870	0.8414	0.4720	0.7079	0.5780
12	5.5000	4.0740	0.7404	0.6100	0.5482	0.3721	0.4516
13	6.6667	6.7640	0.8239	0.8302	0.6788	0.6892	0.6840
14	6.9167	6.6197	0.8398	0.8208	0.7053	0.6737	0.6893
15	7.0000	5.2222	0.8453	0.7178	0.7145	0.5752	0.6067
16	7.0714	4.7058	0.8495	0.6726	0.7216	0.4524	0.5714
17	7.4000	5.5208	0.8693	0.7420	0.7557	0.5505	0.6450
18	8.4000	3.6486	0.9244	0.5621	0.8545	0.3159	0.5196
19	8.4286	4.8077	0.9259	0.6819	0.8573	0.4650	0.6314
Σ	98.287	107.640	12.9102	14.1318	9.3686	10.6720	9.5084

Dengan persamaan (6.2);

$$u = 0.8407$$

$$a = 10^u = 10^{0.8407} = 6.9295$$

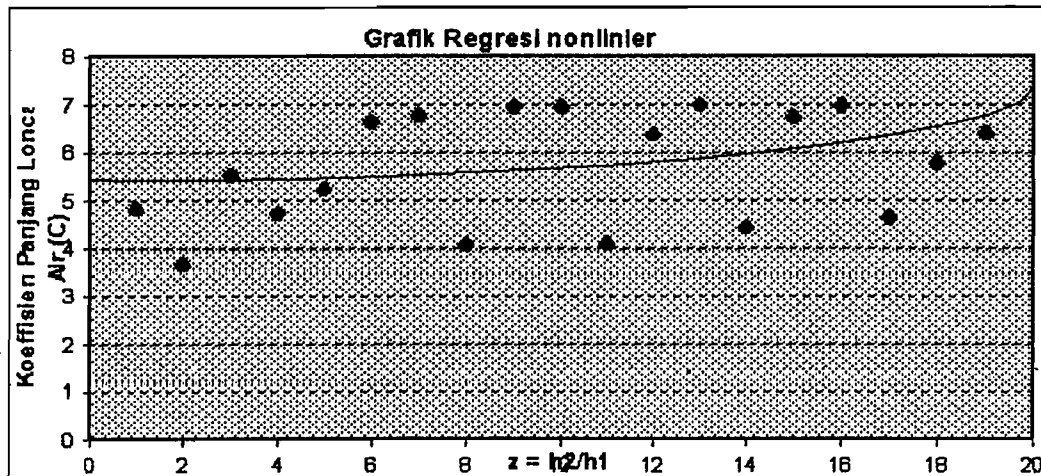
$$b = m = -0.1426$$

$$C = az^b$$

$$C = a (h_2/h_1)^b$$

$$L_j = 6.9295 (h_2/h_1)^{-0.1426} (h_2 - h_1)$$

6.2. grafik Hubungan Panjang oncat Air (C) dengan $z = h_2/h_1$



6.5. Pembahasan.

Pada penelitian panjang loncat air ini rumus yang di jadikan acuan oleh peneliti adalah rumus Smetana yakni $L_j = c (h_2 - h_1)$ dengan c adalah koefisien panjang loncat air (C), h_2 adalah tinggi muka air pada batas dihilir loncat air dan h_1 adalah tinggi muka air pada batas hulu loncat air dari olakan air yang terjadi pada saat aliran

superkritik berubah menjadi aliran subkritik yang terjadi pada saluran terbuka. Pemilihan rumus Smetana sebagai rumus acuan oleh peneliti adalah pertama rumus tersebut adalah rumus yang sering digunakan, termasuk didalam percobaan-percobaan Hidrolika di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Alasan yang kedua rumus Smetana digunakan peneliti sebagai acuan adalah karena nilai dari koefisien panjang loncat air (C) yang merupakan bahan kajian yang penting dalam penelitian ini, pada rumus Smetana ditetapkan dengan nilai koefisien $C = 6$, nilai koefisien panjang loncat air (C) tersebut masih berada dalam nilai koefisien panjang loncat air (C) yang dihasilkan melalui penelitian laboratorium Mekanika Fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yakni 4,5 - 7.

Pada rumus Smetana ditetapkan nilai dari koefisien panjang loncat air (C) atau koefisien C adalah 6, dimana nilai yang ditetapkan tersebut menurut dari beberapa literatur adalah nilai koefisien panjang loncat air (C) hasil dari penelitian Smetana yang tidak diterangkan secara rinci bagaimana perilaku, kondisi atau jalannya penelitian itu. Dari keterangan yang terbatas ini peneliti tidak melihat alasan yang benar-benar jelas dikemukakan oleh Smetana mengapa dia memasukan variabel h_1 dan h_2 didalam rumus panjang loncat air yang diciptakanya. Oleh karena itu peneliti memperkirakan bahwa alasan yang dapat diterima mengapa kedua variabel tersebut dimasukan kedalam rumus Smetana adalah karena defenisi awal dari panjang loncat air itu sendiri yaitu jarak yang diukur dari titik terendah muka air dihilir (h_1) sampai dengan titik tertinggi dari muka air dihilir (h_2).

Setelah peneliti mengadakan percobaan di laboratorium Mekanika Fluida Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan membuktikan kebenaran defenisi awal dari panjang loncat air tersebut, maka peneliti memandang perlu untuk memasukkan kedua variabel itu sebagai bahan kajian dalam penelitiannya terutama yang berhubungan dengan koefisien panjang loncat air.

Untuk menentukan hubungan koefisien panjang loncat air dengan variabel-variabel yang diduga langsung mempengaruhinya, maka sebagai alat analisis data yang dipilih adalah regresi linier, kemudian dikembangkan dengan regresi non linier model geometrik meskipun pada akhirnya model tersebut dikembalikan lagi menjadi regresi linier dengan tujuan untuk mendapatkan hasil analisa data yang lebih baik.

Pada grafik yang didapat dari pengolahan data terlihat besarnya nilai koefisien C yang mempengaruhi panjang loncat air, dimana nilai panjang loncat air tersebut diambil dari seluruh percobaan dengan menggunakan 4 model sebagai alat bantu dan rumus Smetana sebagai pembanding yaitu $L_j = C (h_2 - h_1)$. Grafik yang ditampilkan dengan memuat variabel hasil analisa regresi terlihat bahwa apabila perbandingan permukaan dihilir dan hilir pada bagian hilir model semakin besar maka terdapat penurunan angka koefisien panjang loncat air

Penurunan angka koefisien panjang loncat air menunjukkan penurunan yang relatif kecil namun mempunyai pengaruh bagi panjang loncat air pada suatu saluran terbuka pada kemiringan nol derajat atau datar yaitu apabila koefisien panjang loncat air semakin kecil maka panjang loncat air akan semakin kecil pula.

Nilai koefisien panjang loncat air (C) yang didapatkan oleh peneliti mempunyai variasi yang mendekati kisaran nilai koefisien panjang loncat air (C) yang dihasilkan melalui penelitian laboratorium Mekanika Fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yaitu 4,5 - 7 , dan bila nilai koefisien panjang loncat air (C) tersebut dibandingkan dengan nilai koefisien C yang oleh Smetana ditetapkan sama dengan 6, maka akan terlihat nilai yang berbeda dalam perhitungan panjang loncat air.

Penyimpangan yang terjadi dari nilai koefisien $C = 4.5 - 7$ tetap ada, ini dimungkinkan karena faktor-faktor yang tidak mendukung ketelitian daripada percobaan yang dilakukan dilaboratorium. Dalam hal ini faktor manusia sangat memungkinkan karena pada saat mengukur dan menentukan garis yang membuat suatu “olakan air” atau posisi dari loncat air dilapangan adalah sangat sulit untuk diterapkan. Selain itu juga faktor alat yang dipakai dapat menimbulkan ke-tidak telitian. Karena alat uji “Tilting Flume” yang dialiri air menggunakan mesin yang kadang kala terganggu (tidak konstan), ini karena terjadinya fluktuasi aliran listrik yang dipakai.

Dari faktor-faktor inilah dapat terjadi penyimpangan-penyimpangan data yang dihasilkan sehingga sangat berpengaruh juga terhadap hasil kajian panjang loncat air yang diamati.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan.

Berdasarkan analisa data-data yang diperoleh dari pengukuran dilaboratorium Hidrolika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Pada seluruh model yang dipakai nilai koefesien panjang loncat air (C) akan semakin kecil apabila perbandingan antara tinggi muka air dihilir (h_2) dengan tinggi muka air dihilir (h_1) bertambah besar.
- b. Nilai panjang loncat air (L_j) yang didapatkan dari perngukuran langsung dilaboratorium bila dibandingkan dengan nilai panjang loncat air (L_j) yang dihasilkan menggunakan rumus Smetana dengan memasukan nilai koefisien $C=6$ yang ditetapkanya, maka akan menghasilkan nilai panjang loncat air (L_j) yang berbeda.
- c. Kisaran nilai koefesien panjang loncat air (C) yang dihasilkan oleh peneliti mendekati nilai koefesien panjang loncat air (C) yang dihasilkan berdasarkan penelitian dilaboratorium Mekanika Fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yakni 4.5 - 7.
- d. Dari kedua uraian diatas (2 dan 3), peneliti kemudian mencoba menemukan rumus yang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien panjang loncat air (C). Dari penelitian dan pengolahan data dihasilkan dua rumus, kemudian



diambil rumus yang paling mendekati hasil perhitungannya dengan data koefisien panjang loncat air (C) hasil pengukuran dilaboratorium. Rumus yang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien panjang loncat air (C) tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$C = 6,9295 (z)^{-0,1426}$$

C = Koefisien panjang loncat air (C)

$$z = h_2 / h_1$$

7.2. Saran.

Berdasarkan kesulitan yang terjadi pada saat penelitian di laboratorium maka penulis mengajukan saran sebagai berikut:

- a. Pengaturan debit secara manual dan terjadinya fluktuasi aliran listrik mengurangi ketelitian saat pembacaan angka pada alat ukur yang berfungsi mengukur kedalaman air dititik tertentu, sehingga pengukuran panjang loncat air yang terjadi kurang tepat .Oleh karena itu untuk mempermudah dan menambah ketelitian penelitian disarankan penggunaan alat yang dioperasikan secara digital, baik pada pengaturan debit maupun pada pengukuran kedalaman air.
- b. Pada alat “Tilting Flume” panjang loncat air yang terjadi dipengaruhi oleh pelat pembendungan, tetapi pada bagian ini tidak terdapat suatu alat yang dapat menunjukkan derajat kemiringan dari pelat pembendungan pada saat penggunaannya. Oleh karenanya peneliti menyarankan agar dibuat alat yang dapat menunjukkan derajat kemiringan pada plat pembendungan disaluran “Tilting Flume”.

- c. Hendaknya dilakukan kajian ulang atau penelitian lagi tentang pengukuran koefisien C dengan model-model yang lainnya tapi dengan syarat menggunakan alat ukur yang standart sehingga didapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anton Dajan , 1972, Pengantar Metode Statistik Jilid I, Lembaga Penelitian Pendidikan dan Penerangan Ekonomi dan Sosial, Jakarta.
2. Anonim, 1996, Panduan Praktikum Mekanika Fluida dan Hidrolika, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik UII, Yogyakarta.
3. Bambang Triatmojo, Mekanika Fluida, PAU, Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
4. Budi Santoso, Dr. Ir, 1988, Hidrolika II, Keluarga Mahasiswa teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
5. Djoko Legono dan Nizam, 1988, Hidrolika Eksperimen, PAU, Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta
6. Sudjana, Dr. M.A. Msc, 1984, Metoda Statistik, Penerbit Tarsito, Bandung.
7. Sudjarwadi, 1987/1988, Penjelasan Model Pintu Irigasi, PAU, Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
8. Van Te Chow, 1985, Hidrolika Saluran Terbuka, Penerbit Erlangga, Jakarta
(terjemahan)

LAMPIRAN

PENGAMATAN DAN PENGUKURAN

1. Pintu Sorong.

Percobaan A

#. Percobaan I

$$Y_0 = 200 \text{ mm}$$

$$Y_g = 20 \text{ mm}$$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
2.5	5.0	6.5	7.8	8.5	9.3	9.8	9.8	9.9	9.9	9.8	9.5	9.3	9.0	8.8	8.8	8.5	8.5
2.5	2.7	2.9	3.2	3.7	4.3	5.6	7.2	9.9	9.9	9.8	9.5	9.3	9.0	8.8	8.8	8.5	8.5

$$Y_1 = 1.4$$

$$Y_2 = 9.9$$

$$X_r = 44$$

$$X_u = 4$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

$$L_j = 44 - 4 = 40$$

$$40 = C * (9.9 - 1.4)$$

$$C = 4.7058$$

$$Q_u = A * V_{h_u} \quad , \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,2) = 0,012 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_u} = \frac{0,2}{1,2} = 0,166 \text{ m / dt}$$

$$= 0,012 * 0,166$$

$$= 0,002 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * V_{hr} \quad , \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,085) = 0,051 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{hr} = \frac{0,3}{0,8} = 0,375 \text{ m/dt}$$

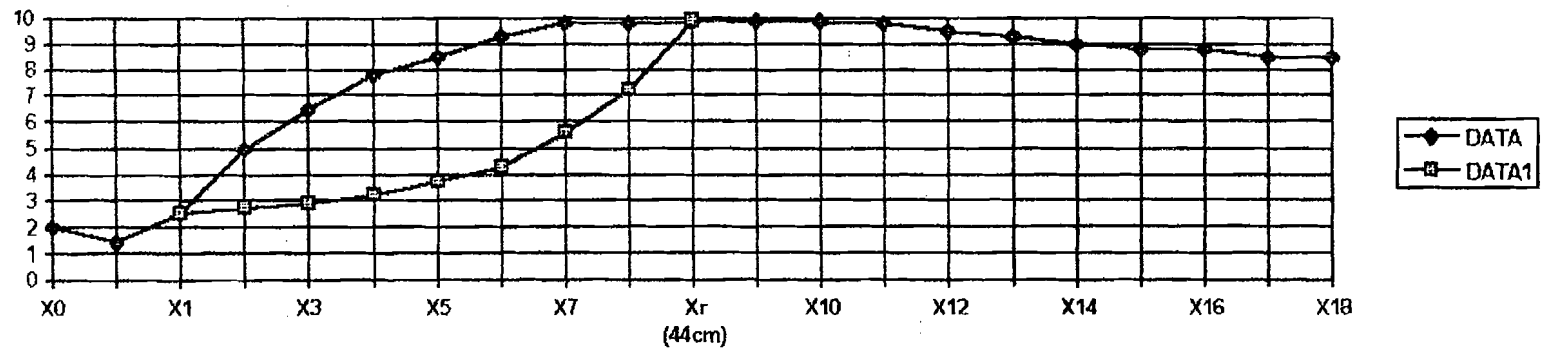
$$= 0,051 * 0,375$$

$$= 0,0019 \approx 0,002 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_A = A * V \quad , \quad A = 0,5 * 0,494 = 0,247 \text{ m}^2 \quad , \quad V = \frac{0,05}{5} = 0,01$$

$$= 0,247 * 0,01$$

$$= 0,00247 \text{ m}^3/\text{dt.}$$



#. Percobaan II

$$Y_0 = 200 \text{ mm}$$

$$Y_f = 20 \text{ mm}$$

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	3.5	4.5	5.5	6.2	6.5	7.7	8.0	7.8	7.5	7.2
1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	2.9	3.0	5.5	8.0	7.8	7.5	7.2

$$Y_1 = 1.2$$

$$Y_2 = 8.0$$

$$X_r = 84$$

$$X_u = 38$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \longrightarrow L_j = 46$$

$$C = 6.7647$$

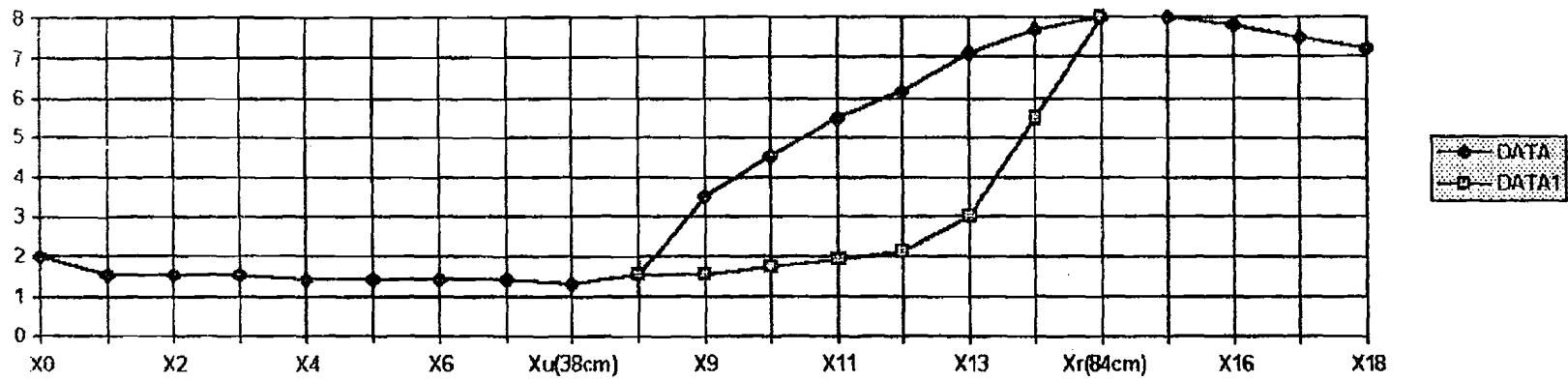
$$Q_u = A * V_{h_u} \quad , \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,18) = 0,01 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_u} = \frac{0,2}{1,2} = 0,166 \text{ m/dt}$$
$$= 0,01 * 0,166$$
$$= 0,002 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * V_{h_r} \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,072) = 0,04 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_r} = \frac{0,3}{0,7} = 0,375 \text{ m/dt}$$
$$= 0,5 * 0,375$$
$$= 0,0019 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_A = A * V, \quad A = 0,5 * 0,494 = 0,247 \text{ m}^2, \quad V = \frac{0,05}{5} = 0,01 \text{ m}^3/\text{dt}.$$

$$= 0,247 * 0,01$$

$$= 0,00247 \text{ m}^3/\text{dt}.$$



Percobaan B

Percobaan I

Catuk $Y_0 = 190 \text{ mm}$

$Y_g = 30 \text{ mm}$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}			
2.0	2.6	3.5	4.7	5.9	6.5	6.7	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.9	6.9	6.8	6.6	6.5	6.1
2.0	2.1	2.3	2.5	2.8	3.1	4.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.9	6.9	6.8	6.6	6.5	6.1			

$Y_1 = 1.7$

$Y_2 = 7.2$

$X_8 = 4$

$X_9 = 39$

$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$

$L_j = 35$

$C = 6.3636$

$Q_u = A * V_{h_u}$

$= 0.1 * (3.6 * 0.19) * \frac{0.2}{1.033}$

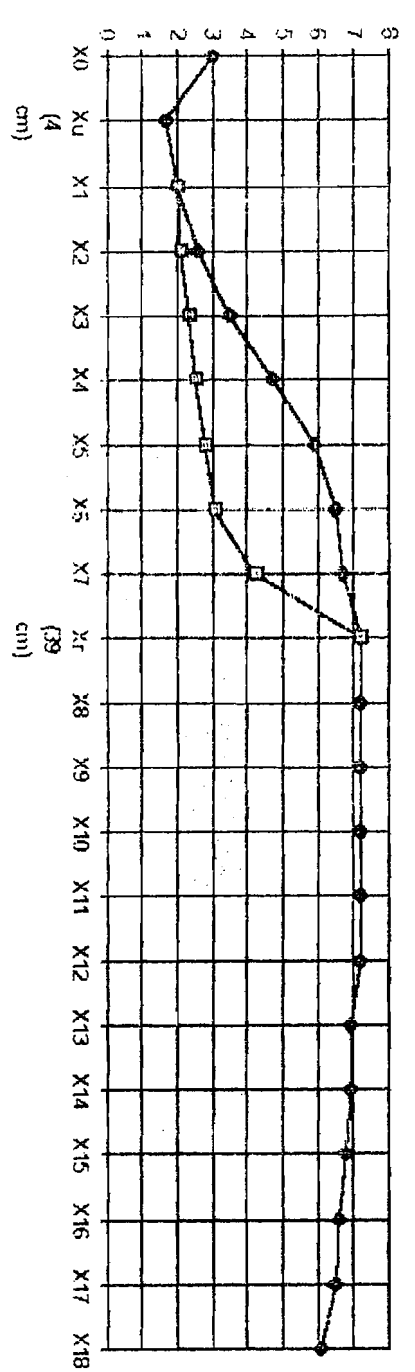
$= 0.00220 \text{ m}^3/\text{det.}$

$Q_s = A * V_{h_s}$

$= 0.1 * (0.6 * 0.061) * \frac{0.3}{0.54}$

$= 0.002 \text{ m}^3/\text{det.}$

$$\begin{aligned}
 Q_A &= A * V \\
 &= 0,5 * 0,494 * \frac{0,05}{4,3} \\
 &= 0,00241 \text{ m}^3/\text{det.}
 \end{aligned}$$



◆ DATA
 □ DATA1

#. Percobaan II

$$Y_0 = 190 \text{ mm}$$

$$Y_g = 30 \text{ mm}$$

X_U	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_r	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}
2.2	2.4	4.2	5.6	6.7	7.5	8.0	8.7	9.5	9.8	10.2	10.4	10.6	10.7	10.6	10.4	10.2	9.0
2.2	2.4	2.6	2.7	3.2	3.5	3.6	3.8	4.0	4.5	6.0	7.5	9.5	10.7	10.6	10.4	10.2	9.0

$$Y_1 = 2.2$$

$$Y_2 = 10.7$$

$$X_u = 4$$

$$X_r = 63$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

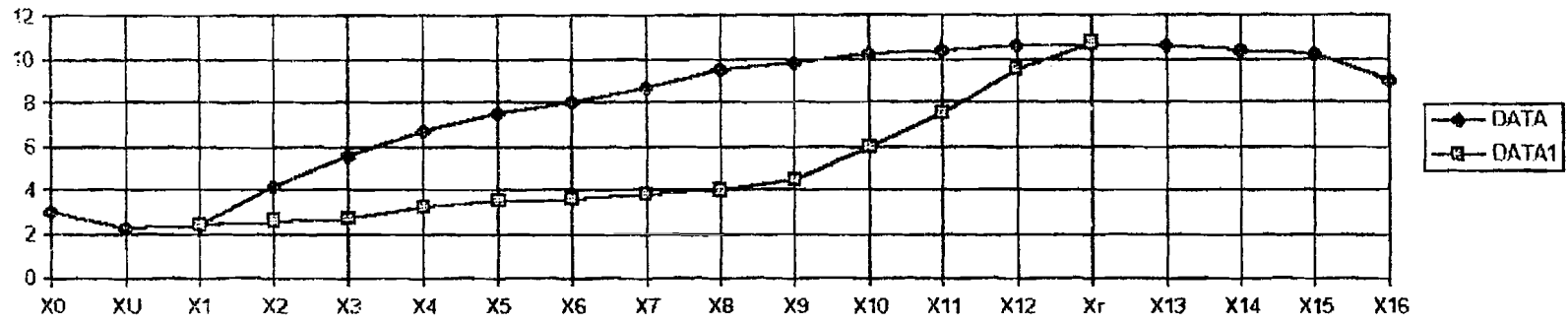
$$L_j = 59$$

$$C = 6.9412$$

$$\begin{aligned} Q_u &= A * Vh_u \\ &= 0,1 * (0,6 * 0,19) * \frac{0,2}{1} \\ &= 0,00228 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_r &= A * Vh_r \\ &= 0,1 * (0,6 * 0,09) * \frac{0,3}{0,7} \\ &= 0,00231 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_A &= A * V \\
 &= 0,5 * 0,494 * \frac{0,05}{4,5} \\
 &= 0,00274 \text{ m}^3/\text{det.}
 \end{aligned}$$



Percobaan C

Untuk $Y_0 = 180 \text{ mm}$
 $Y_R = 40 \text{ mm}$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
2.8	3.0	3.5	4.4	5.0	6.0	7.0	7.7	8.5	8.7	9.0	10.0	10.5	10.5	10.5	10.0	10.0	10.0
2.8	3.0	3.2	3.8	4.3	4.7	5.5	6.3	7.0	7.2	7.7	8.0	10.5	10.5	10.5	10.0	10.0	10.0

$Y_1 = 2.5$

$Y_2 = 10.5$

$X_r = 65$

$X_u = 9$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \quad L_j = 56$$

$$56 = C * (10.5 - 2.5)$$

$$C = 7.0$$

$$Q_u = A * V_{h_u} \quad , \quad A = 0,1 * (0,8 * 0,18) = 0,014 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_u} = \frac{0,2}{0,85} = 0,235 \text{ m / dt}$$

$$= 0,014 * 0,235$$
$$= 0,00338 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

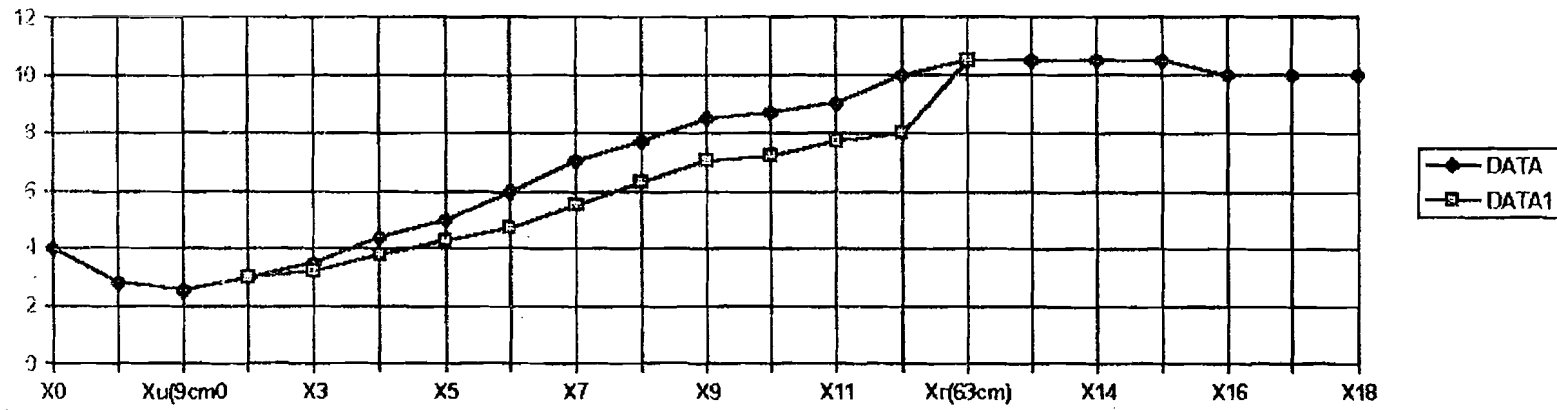
$$Q_r = A * V_{h_r} \quad , \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,1) = 0,006 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_r} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5 \text{ m / dt}$$

$$= 0,006 * 0,5$$
$$= 0,003 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_A = A * V, \quad A = 0,5 * 0,494 = 0,247 \text{ m}^2, \quad V = \frac{0,05}{3,566} = 0,014 \text{ m/dt.}$$

$$= 0,247 * 0,014$$

$$= 0,00346 \text{ m}^3/\text{dt.}$$



#. Percobaan II

$$Y_o = 180 \text{ mm}$$

$$Y_f = 40 \text{ mm}$$

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
2.5	3.5	5.7	6.4	7.3	8.3	9.3	9.7	10.1	10.3	10.4	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	9.4	9.4
2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	4.2	5.2	6.0	7.5	8.0	9.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	9.4	9.4

$$Y_1 = 2.3$$

$$Y_2 = 10.5$$

$$h_u = 3$$

$$h_r = 60$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \quad ; \quad L_j = 57$$

$$C = 6.9512$$

$$Q_u = A * V_{h_u} \quad , \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,18) = 0,018 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_u} = \frac{0,2}{0,7} = 0,2857 \text{ m/dt}$$

$$= 0,018 * 0,2857$$

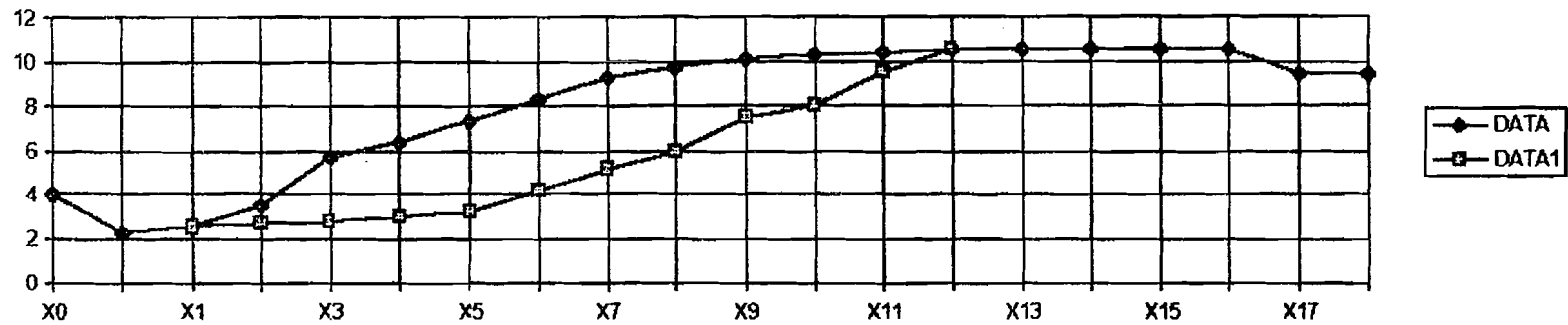
$$= 0,00308 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * V_{h_r} \quad , \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,094) = 0,0056 \text{ m}^2 \quad , \quad V_{h_r} = \frac{0,3}{0,55} = 0,556 \text{ m/dt}$$

$$= 0,0056 * 0,556$$

$$= 0,003 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$\begin{aligned}
 Q_A &= A * V, \quad A = 0,5 * 0,494 = 0,247 \text{ m}^2, \quad V = \frac{0,05}{3,5} = 0,0142 \text{ m/dt.} \\
 &= 0,247 * 0,0142 \\
 &= 0,00343 \text{ m}^3/\text{dt.}
 \end{aligned}$$



Keterangan:

- Untuk perhitungan X_0 (dimana model diletakkan) sampai X_{12} memakai kelipatan 5 untuk perbarisnya, sedangkan dari X_{12} sampai dengan X_{15} memakai kelipatan 10 dan mulai dari X_{15} sampai dengan X_{18} memakai kelipatan 30.

2. Bendung Ambal Tajam

#. Percobaan A

Dipakai $Y_0 = 180 \text{ mm}$
 $Y_g = 110 \text{ mm}$
 $dc = 60 \text{ mm}$
 $H = 10 \text{ mm}$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
15.3	11.5	10.5	10.7	11.5	11.9	12.0	12.3	14.0	14.0	14.0
15.3	11.5	9.3	8.4	8.0	7.6	8.3	11.5	14.0	14.0	14.0

$$Y_1 = 7.6$$

$$Y_2 = 14.0$$

$$X_u = 29$$

$$X_t = 70$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \quad L_j = 41$$

$$41 = C * (14 - 7.6)$$

$$C = 6.40625$$

$$Q_u = A * Vh_u, \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,18) = 0,0108 \text{ m}^2, \quad Vh_u = \frac{0,2}{0,8} = 0,25 \text{ m/dt}$$

$$= 0,0108 * 0,25$$

$$= 0,0027 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * Vh_r, \quad A = 0,1 * (0,6 * 0,14) = 0,008 \text{ m}^2, \quad Vh_r = \frac{0,3}{1,066} = 0,281 \text{ m/dt}$$

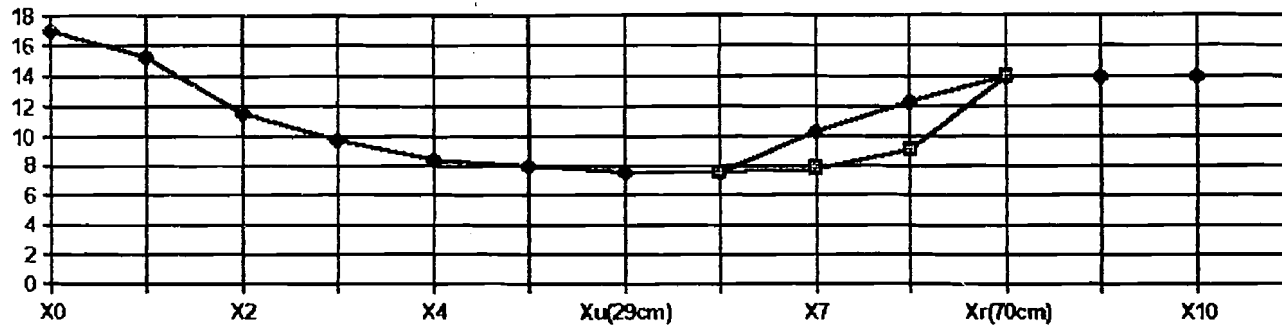
$$= 0,008 * 0,281$$

$$= 0,0027 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_A = A * V \quad A = 0,5 * 0,494 = 0,247 \quad V = \frac{0,05}{3,2} = 0,0156$$

$$= 0,247 * 0,0156$$

$$= 0,00236 \text{ m}^3/\text{dt.}$$



#. Percobaan B

Dipakai $Y_0 = 160 \text{ mm}$
 $Y_g = 110 \text{ mm}$
 $dc = 40 \text{ mm}$
 $H = 10 \text{ mm}$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
11.4	3.5	2.8	4.0	5.5	6.5	7.3	7.8	7.5	7.5	7.5
11.4	3.5	2.8	3.0	3.5	4.3	5.2	7.8	7.5	7.5	7.5

$$Y_1 = 2.2$$

$$Y_2 = 7.8$$

$$X_u = 14$$

$$X_r = 53$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

$$L_j = 39$$

$$39 = C * (7.8 - 2.2)$$

$$C = 6.964$$

$$Q_u = A * Vh_u$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,16) * \frac{0,2}{1}$$

$$= 0,00192 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * Vh_r$$

$$= 0,11 * (0,6 * 0,075) * \frac{0,3}{0,75}$$

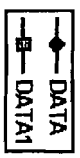
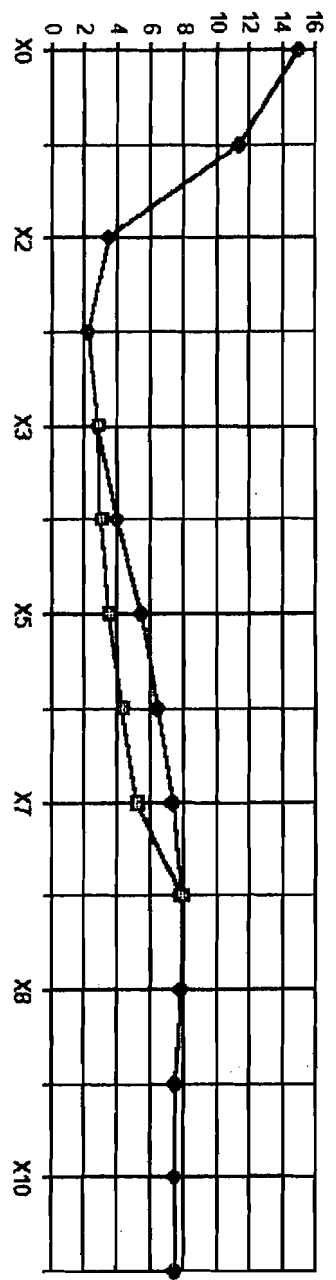
$$= 0,0018 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Q_A

$$= A * V$$

$$= 0,5 * 0,494 * \frac{0,05}{4,8}$$

$$= 0,0025 \text{ m}^3/\text{dt.}$$



#. Percobaan C

Dipakai

$$Y_0 = 140 \text{ mm}$$

$$Y_g = 110 \text{ mm}$$

$$dc = 25 \text{ mm}$$

$$H = 5 \text{ mm}$$

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
2.0	2.3	3.7	5.0	5.5	6.0	6.2	6.0	6.0	6.0	6.0
2.0	2.3	3.7	3.9	4.1	4.5	5.3	6.0	6.0	6.0	6.0

$$Y_1 = 1.6$$

$$Y_2 = 6.2$$

$$X_u = 12$$

$$X_r = 43$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \quad L_j = 31$$

$$31 = C * (6.2 - 1.6)$$

$$C = 6.7391$$

$$Q_u = A * Vh_u$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,14) * \frac{0,2}{12}$$

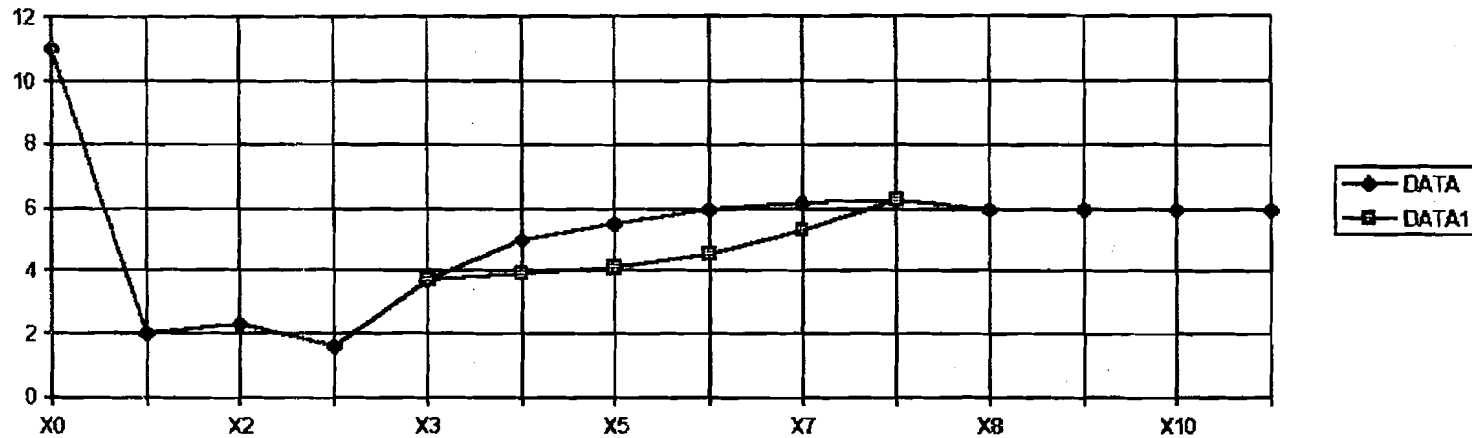
$$= 0,0014 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * Vh_r$$

$$= 0,11 * (0,6 * 0,06) * \frac{0,3}{0,9}$$

$$= 0,0012 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$\begin{aligned}
 Q_A &= A * V \\
 &= 0,5 * 0,4941 * \frac{0,05}{8} \\
 &= 0,00154 \text{ m}^3/\text{dt.}
 \end{aligned}$$



Keterangan:

- Makin tinggi Y_0 , makin panjang loncat air yang terjadi diikuti pula oleh semakin besarnya debit yang ada di bak penampungan tetapi gelembung-gelembung udara didaerah pergolakan air semakin sedikit (berkurang).
- Makin rendah Y_0 yang ada, semakin pendek panjang loncat air yang terjadi begitu pula dengan debit yang ada semakin kecil, dan untuk gelembung-gelembung didaerah pergolakan air semakin banyak.
- Tetapi semakin rendah Y_0 yang ada, angka koefesien (C) pada percobaan ini menunjukkan grafik kenaikan.

3. Bending Ambal Lebar

4. Percobaan A

$$Y_1 = 160 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 103 \text{ mm}$$

$$d_0 = 32 \text{ mm}$$

$$H = 25 \text{ mm}$$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
9.0	8.2	7.3	6.0	7.8	8.3	8.4	8.5	8.5	8.4	8.0	8.0	8.0	7.8	7.5
9.0	8.2	7.3	6.0	4.3	5.4	6.5	8.5	8.1	8.0	8.0	8.0	7.8	7.5	7.5

$$Y_1 = 1.9$$

$$Y_2 = 8.5$$

$$X_0 = 13$$

$$N = 40$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \quad L_j = 27$$

$$C = 4.0909$$

$$Q_1 = A * V_{h_0}$$

$$= 0.1 * (0.6 * 0.16) * \frac{0.2}{0.9}$$

$$= 0.00213 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_2 = A * V_{h_1}$$

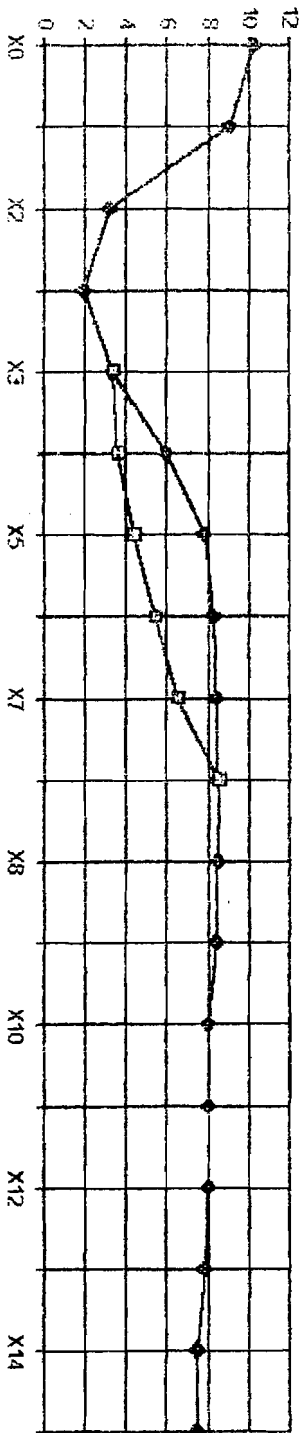
$$= 0.11 * (0.6 * 0.075) * \frac{0.3}{0.7}$$

$$= 0.00193 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_A = A * V$$

$$= 0,5 * 0,4941 * \frac{0,05}{6}$$

$$= 0,00205 \text{ m}^3/\text{dt}$$



—◆— DATA
 —□— DATAM

4. Percobaan B

$Y_0 = 140 \text{ mm}$
 $Y_1 = 105 \text{ mm}$
 $d_0 = 22 \text{ mm}$
 $H = 15 \text{ mm}$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
2.2	3.3	5.0	6.2	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	6.0
2.2	3.3	4.0	4.5	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	6.0

$Y_1 = 2.2$
 $Y_2 = 6.3$
 $Y_3 = 10$
 $Y_4 = 29$

$L_j = C * (6.3 - 2.2) \longrightarrow L_j = 19 \longrightarrow C = 4.634$

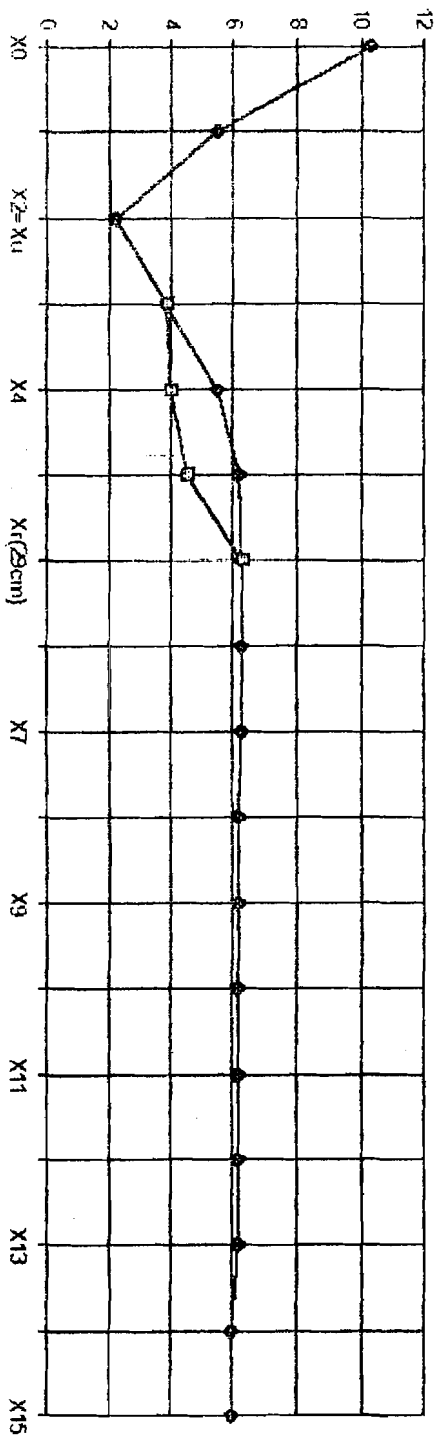
$Q_1 = A * V_{th}$
 $= 0.1 * (0.6 * 0.14) * \frac{0.2}{1.733}$
 $= 0.00097 \text{ m}^3/\text{dt}$

$Q_2 = A * V_{th}$
 $= 0.1 * (0.6 * 0.06) * \frac{0.3}{1.133}$
 $= 0.000953 \text{ m}^3/\text{dt}$

$$Q_A = A * V$$

$$= 0.5 * 0.4941 * \frac{0.05}{9}$$

$$= 0.00137 \text{ m}^3/\text{dt}$$



—◆— DATA
 -□- DATAI

#. Percobaan C

Dipakai $Y_0 = 120$ mm
 $Y_g = 103$ mm
 $dc = 7$ mm
 $H = 10$ mm

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
3.2	2.9	4.0	4.5	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
3.2	2.9	4.0	4.5	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

$Y_1 = 1.9$
 $Y_2 = 4.5$
 $X_u = 6.0$
 $X_r = 21$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1) \quad L_j = 15$$

$$C = 5.7692$$

$$Q_u = A * Vh_u$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,12) * \frac{0,2}{4,33}$$

$$= 0,00033 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

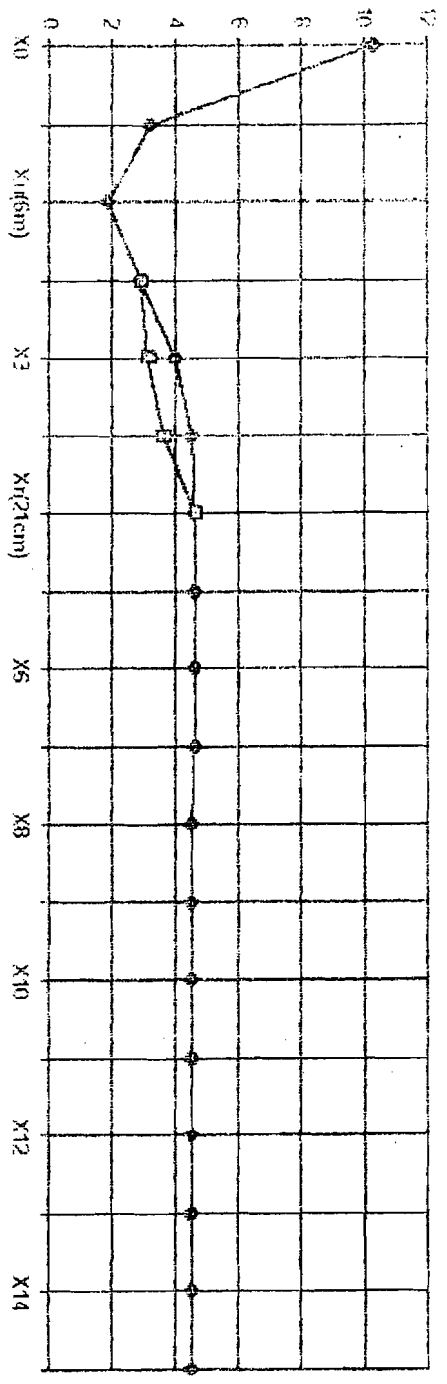
$$Q_r = A * Vh_r$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,045) * \frac{0,3}{2,5}$$

$$= 0,000324 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

0.3 0.4 0.5

$$= 0.000294 \text{ m}^3/\text{dt}$$
$$= 0.5 \times 0.4911 \times \frac{0.05}{12}$$



DATA
DATA

#. Percobaan D

Dipakai

$$Y_0 = 130 \text{ mm}$$

$$Y_5 = 103 \text{ mm}$$

$$d_c = 7 \text{ mm}$$

$$H = 10 \text{ mm}$$

N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i	N_i	X_i
15	1.4	3.9	5.3	5.5	5.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
15	1.4	1.7	2.5	3.4	5.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5

$$Y_1 = 1.4$$

$$Y_2 = 5.7$$

$$X_m = 10$$

$$N = 29$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

$$C = 4.4186$$

$$L_j = 19$$

$$Q_1 = A * Vh_u$$

$$= 0.1 * (0.6 * 0.13) * \frac{0.2}{2.6}$$

$$= 0.0006 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_2 = A * Vh_r$$

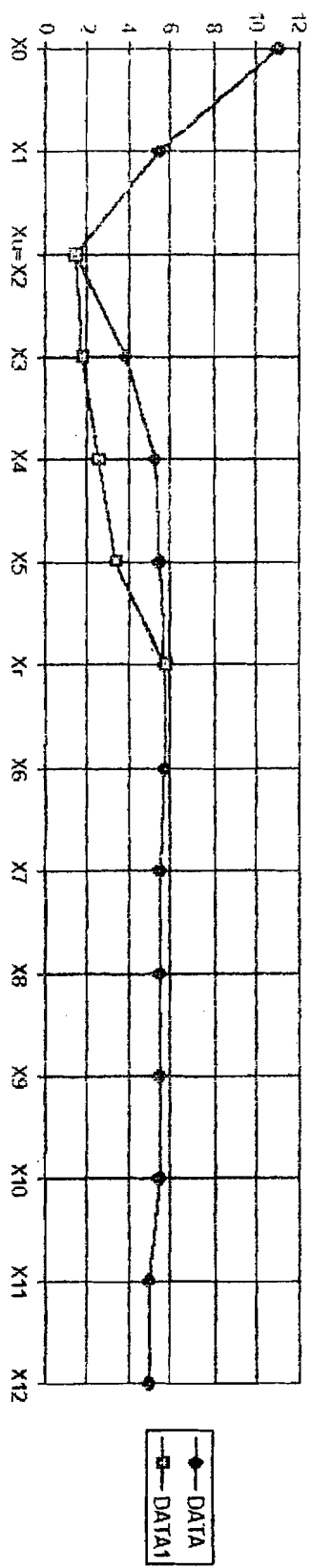
$$= 0.1 * (0.6 * 0.05) * \frac{0.3}{1.8}$$

$$= 0.0005 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_{\text{v}} = A \cdot v$$

$$= 0,5 \cdot 0,494 \cdot \frac{0,05}{1,4}$$

$$= 0,00088 \text{ m}^3/\text{dt}$$



IV. Bendung Ogee

#. Percobaan I

$$Y_0 = 240 \text{ mm}$$

$$Y_g = 178 \text{ mm}$$

$$d_c = 4,2 \text{ mm}$$

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
20	15	2.7	1.7	4.4	6.5	7.7	9.0	9.2	9.5	10.1	10.4	10.5	10.5	10.0	10.0	9.8	9.8
20	15	2.7	1.7	1.8	2.4	2.6	3.1	3.7	4.7	6.0	8.0	10.5	10.5	10.0	10.0	9.8	9.8

$$Y_1 = 1.5$$

$$Y_2 = 10.5$$

$$X_r = 65$$

$$X_b = 18$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

$$L_j = 47$$

$$47 = C * (10.5 - 1.5)$$

$$C = 5.222$$

$$Q_b = A * Vh_b$$

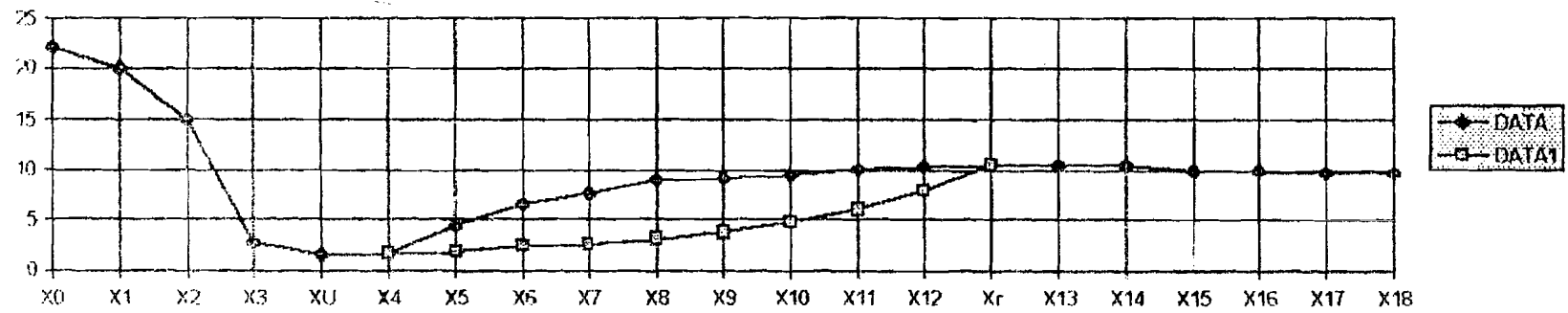
$$= 0,1 * (0,6 * 0,24) * \frac{0,2}{0,85}$$

$$= 0,00338 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_r = A * Vh_r$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,098) * \frac{0,3}{0,6} = 0,003 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$\begin{aligned}
 Q_A &= A * V \\
 &= 0,5 * 0,494 * \frac{0,05}{3,4} \\
 &= 0.00363 \text{ m}^3/\text{dt.}
 \end{aligned}$$



#. Percobaan II

$$Y_0 = 240 \text{ mm}$$

$$Y_g = 178 \text{ mm}$$

$$d_c = 42 \text{ mm}$$

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
21	14.0	2.0	1.8	1.7	1.8	2.5	3.5	4.9	6.0	7.1	8.5	10.5	11.1	11.0	11.0	10.8	10.8
21	14.0	2.0	1.8	1.7	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.7	3.7	5.5	11.1	11.0	11.0	10.8	10.8

$$Y_1 = 1.5$$

$$Y_2 = 11.1$$

$$X_r = 75$$

$$X_u = 22$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

$$L_j = 53$$

$$53 = C * (11.1 - 1.5)$$

$$C = 5.5208$$

$$Q_u = A * Vh_u$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,24) * \frac{0,2}{0,85}$$

$$= 0,00338 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

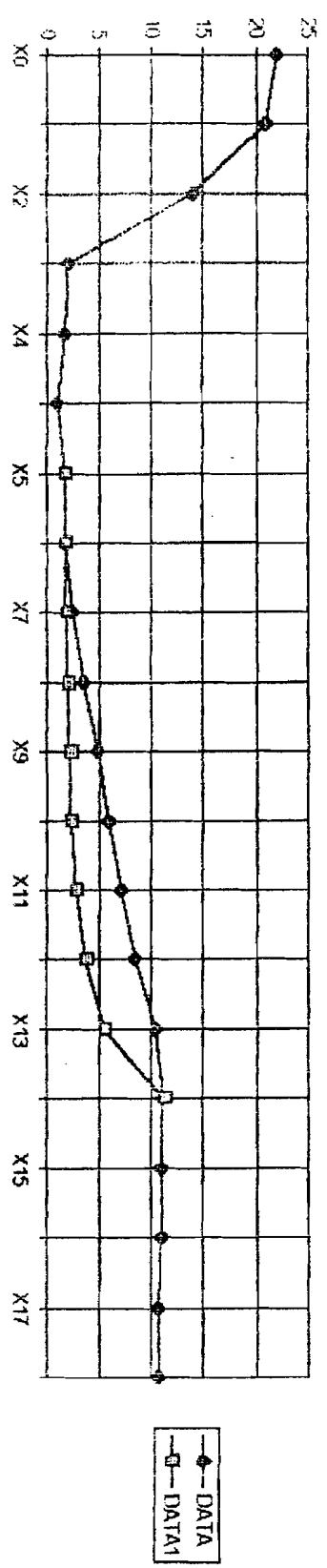
$$Q_r = A * Vh_r$$

$$= 0,1 * (0,6 * 0,108) * \frac{0,3}{0,683} = 0,003 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_A = A * V$$

$$= 0,5 * 0,494 * \frac{0,05}{3,36}$$

$$= 0,00367 \text{ m}^3/\text{dt.}$$



4 Percolahan III

$V_1 = 220 \text{ mm}$

$V_2 = 178 \text{ mm}$

$d_c = 28 \text{ mm}$

N_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
187	11.3	1.8	1.0	5.0	6.6	7.1	8.3	8.4	8.4	8.4	8.3	7.9	7.9	7.8	7.7	7.5	7.5
187	11.3	1.8	1.0	1.7	2.5	3.0	5.0	6.0	8.4	8.4	8.3	7.9	7.9	7.8	7.7	7.5	7.5

$V_3 = 10$

$V_4 = 8.4$

$N_1 = 46$

$N_2 = 19$

$L_1 = C^* (Y_2 - Y_1)$

$L_1 = 27$

$27 = C^* (8.4 - 1.0)$

$C^* = 3.6486$

$Q_1 = A^* V H_p$

$= 0.1^* (0.22) * \frac{0.2}{1.396}$

$= 0.00189 \text{ m}^3/\text{dl}$

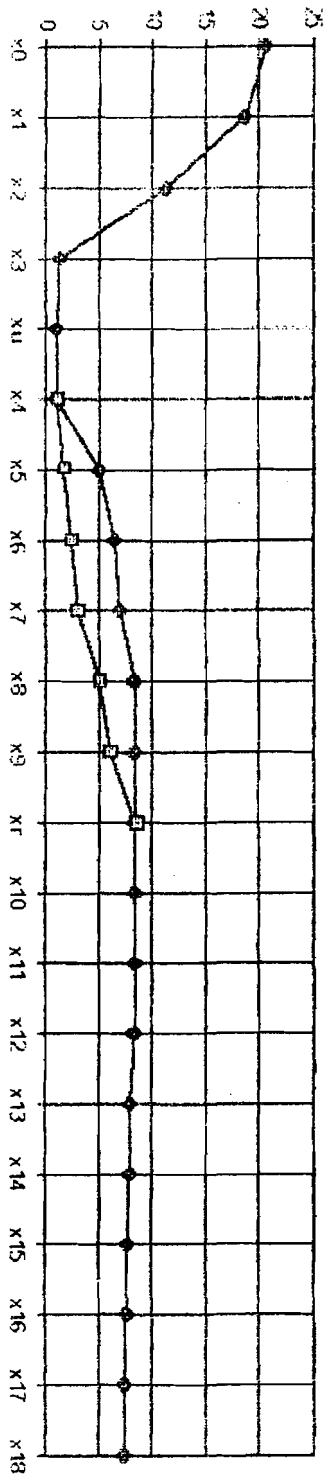
$Q_2 = A^* V H_p$

$= 0.1^* (0.6 * 0.075) * \frac{0.3}{0.7}$

$= 0.00193 \text{ m}^3/\text{dl}$

0.3 = A * V

$$= 0,5 + 0,194 * \frac{0,05}{6,033}$$
$$= 0,0020 \text{ m}^3/\text{dt.}$$



◆ DATA
□ DATA1

7. Percolaman IV

$T_1 = 220 \text{ mm}$

$T_2 = 178 \text{ mm}$

$d = 28 \text{ mm}$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
19.5	12.0	1.6	0.8	0.0	2.3	3.8	5.1	5.7	6.6	7.2	7.2	8.3	8.0	8.0	7.9	7.6	7.6
19.5	12.0	1.6	0.8	0.0	1.3	1.5	2.0	2.6	3.0	3.2	4.7	8.3	8.0	8.0	7.9	7.6	7.6

$T_1 = 12$

$T_2 = 83$

$N = 68$

$N_0 = 21$

$$L_1 = C^* (33 - T_1)$$

$$L_2 = 47$$

$$L_3 = C^* (83 - T_2)$$

$$C^* = 6.6197$$

$$A^* = A^* V L_1$$

$$= 0.1^* (0.6^* 0.22) = \frac{0.2}{1.383}$$

$$= 0.00191 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$A^* = A^* V L_2$$

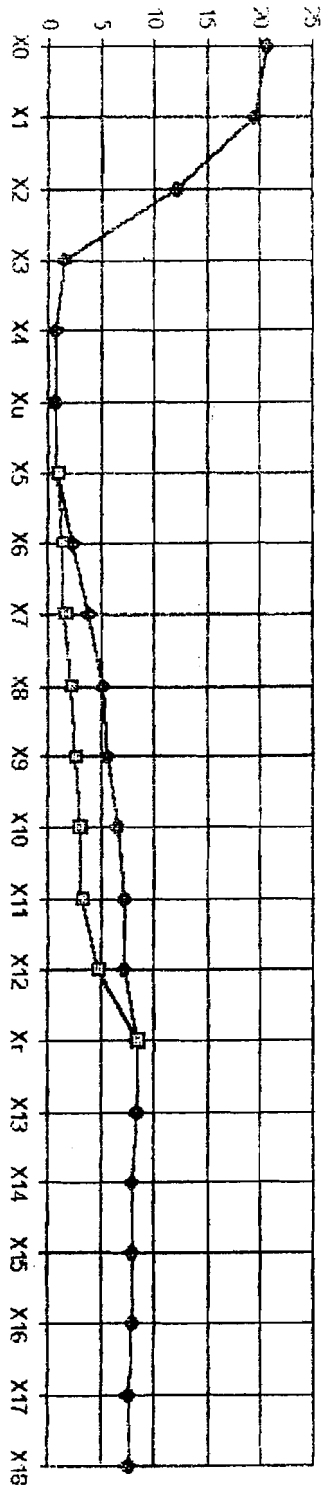
$$= 0.1^* (0.6^* 0.076) = \frac{0.3}{0.726}$$

$$= 0.0019 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Q₃ = A * V

$$= 0,5 * 0,494 * \frac{0,05}{6}$$

$$= 0,0021 \text{ m}^3/\text{dt}$$



—◆— DATA
-□- DATAM

7. Percobaan V

$Y_0 = 200 \text{ mm}$

$Y_8 = 178 \text{ mm}$

$d_c = 19 \text{ mm}$

Y_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
185	112	12	15	48	59	63	66	65	65	65	65	65	63	63	63	60	60
185	112	12	15	25	33	53	66	65	65	65	65	65	63	63	63	60	60

$Y_1 = 1.2$

$Y_2 = 6.6$

$X_c = 37$

$X_m = 15$

$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$

$L_j = 22$

$27 = C * (6.6 - 1.2)$

$C = 40740$

$Q_{20} = A * V_{10}$

$= 0.1 * (0.6 * 0.20) * \frac{0.2}{2.96}$

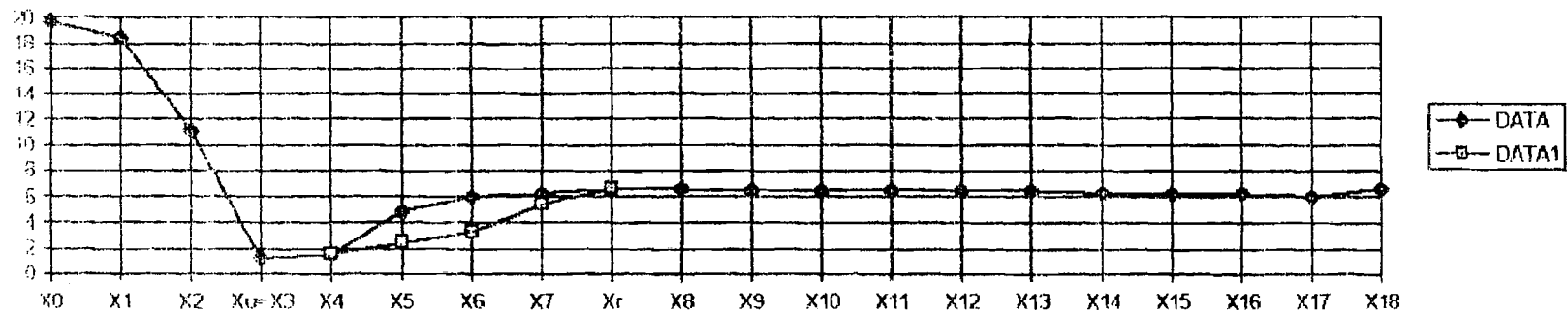
$= 0.00081 \text{ m}^3/\text{dt}$

$Q_{10} = A * V_{10}$

$= 0.1 * (0.6 * 0.06) * \frac{0.3}{1.4}$

$= 0.00077 \text{ m}^3/\text{dt}$

$$\begin{aligned}
 &= A \cdot V \\
 &= 0.5 \cdot 0.191 \cdot \frac{0.05}{11.8} \\
 &= 0.00105 \text{ m}^2/\text{dt.}
 \end{aligned}$$



#. Percobaan VI

$$Y_3 = 200 \text{ mm}$$

$$Y_8 = 178 \text{ mm}$$

$$d_c = 19 \text{ mm}$$

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
19.0	10.5	0.7	0.8	4.0	5.0	5.5	5.9	5.9	5.9	5.8	5.5	5.5	5.5	5.4	5.2	4.9	4.9
19.0	10.5	0.7	0.8	1.2	2.0	3.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.5	5.5	5.5	5.4	5.2	4.9	4.9

$$Y_1 = 0.7$$

$$Y_2 = 5.9$$

$$X = 40$$

$$X_n = 15$$

$$L_j = C * (Y_2 - Y_1)$$

$$L_j = 25$$

$$25 = C * (5.9 - 0.7)$$

$$C = 4.8077$$

$$Q_1 = A * Vh_1$$

$$= 0.1 * (0.6 * 0.2) * \frac{0.2}{3.8}$$

$$= 0.00063 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_2 = A * Vh_2$$

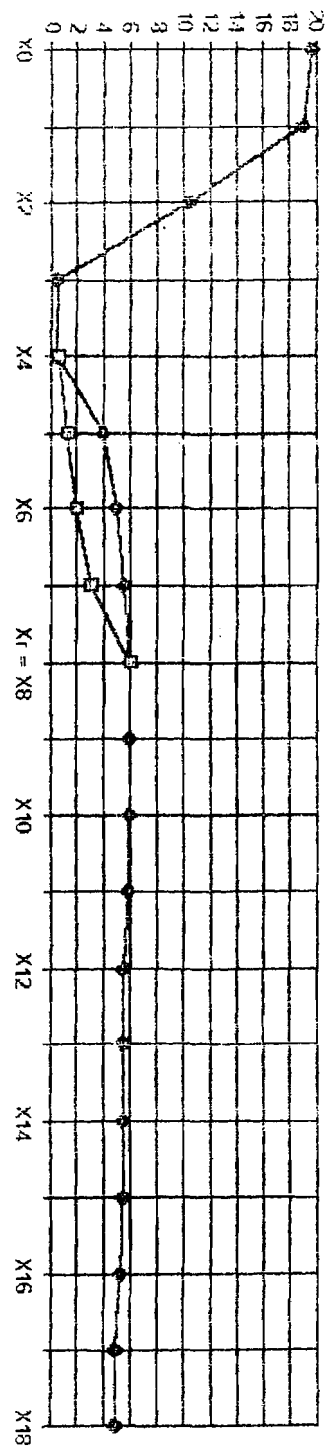
$$= 0.1 * (0.6 * 0.049) * \frac{0.3}{1.406}$$

$$= 0.000627 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

GA = A * V

$$= 0.5 * 0.494 * \frac{0.05}{19.31}$$

$$= 0.00064 \text{ m}^3/\text{dt}$$



◆ DATA
□ DATAM