

628.112

840

u a



**KAJIAN
PENGARUH KONFIGURASI BANGUNAN KRIB
PADA BELOKAN SUNGAI DENGAN
SUDUT BELOKAN 90°**

TESIS

**Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan
Program Magister Teknik Sipil**

Oleh :

SANTOSO

NIM : L 4A 099 040

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2004**

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN
PENGARUH KONFIGURASI BANGUNAN KRIB
PADA BELOKAN SUNGAI DENGAN
SUDUT BELOKAN 90°**

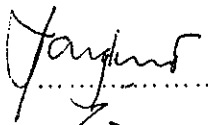


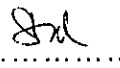

Diajukan oleh :

SANTOSO
NIM : L4A 099040

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :
24 Maret 2004

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

Tim Penguji :


1. Ketua : Ir. Sri Sangkawati, MS. 
2. Sekretaris : Ir. Sriyana, MS. 
3. Anggota 1 : Dr. Ir. Suripin, M.Eng. 
4. Anggota 2 : Ir. Salamun, MS. 
5. Anggota 3 : Dr. Ir. Suharyanto, M.Sc. 

Semarang, Maret 2004

Universitas Diponegoro
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil

Ketua,




Dr. Ir. Suripin, M.Eng.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat Nya sehingga penulisan tesis dengan judul **“Pengaruh Konfigurasi Bangunan Krib pada Belokan Sungai dengan sudut belokan 90° “** ini dapat penulis selesaikan.

Tesis ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Magister Teknik Sipil jurusan Sumber Daya Air, pada Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.

Pada kesempatan ini kami sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ketua Program MTS Universitas Diponegoro, Ir. Sri Sangkawati, MS selaku Dosen Pembimbing I dan Ir. Sriyana, MS selaku Dosen Pembimbing II, Dosen Penguji, Dosen dan Staf S2 MTS Universitas Diponegoro, Ketua dan Staf Laboratorium Pengaliran Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro, yang telah memberikan fasilitas, bimbingan, dorongan dan masukan-masukan yang sangat berharga, sehingga tesis ini dapat kami selesaikan.

Ucapan terima kasih tak lupa kami sampaikan kepada keluarga dan juga teman-teman yang selalu mendorong, menyemangati dan membantu penulis sampai tersusunnya tesis ini.

Akhirnya semoga tesis ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua dan dapat dipakai sebagai bagian dari penelitian selanjutnya.

Semarang, Maret 2004

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI ..	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRACT	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Sasaran Penelitian	2
1.2.1. Tujuan Penelitian	2
1.2.2. Sasaran Penelitian	2
BAB II. STUDI PUSTAKA	3
2.1. Pengertian Aliran	3
2.2. Transportasi Sedimen	3
2.3. Belokan Sungai	5
2.4. Bangunan Krib (groyne)	9
2.5. Rancangan Model	12
2.5.1. Kesebangunan	12
2.5.2. Skala Model Sungai	14
2.5.3. Model Terdistorsi	16
2.6. Material Dasar	18
2.7. Analisa Regresi Linier	19
2.7.1. Regresi dengan Varian Normal	21
2.7.2. Regresi Linier Berganda	22

BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1. Umum	26
3.2. Batasan Penelitian	26
3.3. Perencanaan Model Fisik	27
3.3.1. Model Saluran Terbuka.....	27
3.3.2. Model Krib	29
3.3.3. Komponen Model	30
3.3.4. Alat dan Bahan Pembuatan Model	30
3.4. Konfigurasi Pemasangan Krib	31
3.5. Penentuan Konfigurasi Dasar Saluran	36
3.6. Pencatatan Data	37
3.7. Analisa Data	37
3.8. Diagram Penelitian	39
BAB IV. PELAKSANAAN PENELITIAN	40
4.1. Umum	40
4.2. Pembuatan Model	40
4.3. Kalibrasi Pengukuran Debit	42
4.4. Debit Aliran (Q)	42
4.5. Kedalaman Aliran	42
4.6. Kecepatan Aliran	44
4.7. Verifikasi Model Saluran	43
4.8. Running	47
4.9. Pengambilan Data.....	49
BAB V. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
5.1. Analisis Hasil Penelitian	51
5.1.1. Umum	51
5.1.2. Kedalaman Gerusan	51
5.1.3. Kecepatan Aliran	65
5.1.4. Morfologi Dasar Saluran	71
5.2. Analisa Persamaan Gerusam	75

5.3. Pembahasan	75
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1. Kesimpulan	81
6.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Shields	5
Gambar 2.2	Sket Aliran Superkritik pada Belokan	6
Gambar 2.3	Skema Penampang Lintang Belokan Sungai	8
Gambar 3.1	Skema Model Saluran Terbuka	28
Gambar 3.2	Bangunan Krib Lulus Air	29
Gambar 3.4	Konfigurasi Krib dengan 5 buah Krib $a = 90$	33
Gambar 3.5	Konfigurasi Krib dengan 5 buah Krib $a = 60$	33
Gambar 3.6	Konfigurasi Krib dengan 6 buah Krib $a = 90$	34
Gambar 3.7	Konfigurasi Krib dengan 6 buah Krib $a = 60$	34
Gambar 3.8	Konfigurasi Krib dengan 7 buah Krib $a = 90$	35
Gambar 3.9	Konfigurasi Krib dengan 7 buah Krib $a = 60$	35
Gambar 3.10	Propil Pengukuran Gerusan	36
Gambar 4.1	Kurva Butiran	46
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan kedalaman Gerusan	47
Gambar 5.1	Foto Gerusan Belokan Saluran Tanpa Krib	51
Gambar 5.2	Foto Gerusan Belokan Saluran Terpasang Krib $R1 a=90$	52
Gambar 5.3	Foto Gerusan Belokan Saluran Terpasang Krib $R1 a=60$	52
Gambar 5.6	Grafik Gerusan pada $P1 ; R_c=80; a = 60$	54
Gambar 5.7	Grafik Gerusan pada $P10 ; R_c=80; a = 60$	54
Gambar 5.8	Grafik Gerusan pada $P19 ; R_c=80; a = 60$	56
Gambar 5.9	Grafik Gerusan pada $P1 ; R_c=80; a = 90$	56
Gambar 5.10	Grafik Gerusan pada $P10 ; R_c=80; a = 90$	58
Gambar 5.11	Grafik Gerusan pada $P19 ; R_c=80; a = 90$	58
Gambar 5.12	Grafik Gerusan pada $P1 ; R_c=105; a = 60$	60
Gambar 5.13	Grafik Gerusan pada $P10 ; R_c=105; a = 60$	60
Gambar 5.14	Grafik Gerusan pada $P19 ; R_c=105; a = 60$	62
Gambar 5.15	Grafik Gerusan pada $P1 ; R_c=105; a = 90$	62
Gambar 5.16	Grafik Gerusan pada $P10 ; R_c=105; a = 90$	64

Gambar 5.17	Grafik Gerusan pada P19 ; $R_c=105$; $a = 90$	64
Gambar 5.18a	Grafik Kecepatan Aliran di tikungan ($R50$, $a=60$)	67
Gambar 5.18b	Grafik Kecepatan Aliran di tikungan ($R50$, $a=90$)	68
Gambar 5.18c	Grafik Kecepatan Aliran di tikungan ($R75$, $a=60$)	69
Gambar 5.18d	Grafik Kecepatan Aliran di tikungan ($R75$, $a=90$)	70
Gambar 5.19	Kontur Saluran R_c 80, Running $Q = 12855$ cm ³ /dt	71
Gambar 5.20	Kontur Saluran R_c 50, Running $Q = 12855$ cm ³ /dt	73
Gambar 5.20a	Kontur Saluran R_c 105, Running $Q=12855$ cm ³ /dt	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Empirik dalam Alvares (1977)	8
Tabel 2.3	Perbandingan Model Terdistorsi dan Tak Terdistorsi	18
Tabel 4.1	Dimensi Saluran	41
Tabel 4.2	Dimensi Krib	41
Tabel 4.3	Ketinggian Alira (H)	43
Tabel 4.4	Kecepatan Aliran (V)	44
Tabel 4.5	Gerusan Menurut Apmant (1972)	44
Tabel 4.6	Gerusan Menurut Alvares (1977)	45
Tabel 4.7	Percobaan Campuran Material Dasar Saluran	45
Tabel 4.8	Komposisi Butiran	45
Tabel 4.9	Perbandingan Gerusan	47
Tabel 4.10	Konfigurasi Pemasangan Krib	48
Tabel 4.11	Pengambilan Data (Exixting)	49
Tabel 4.12	Pengambilan Dara (Running Formasi K5A)	50
Tabel 4.13	Data Kalibrasi Thompson	50
Tabel 4.14	Data Kecepatan Aliran	50
Tabel 5.1	Kedalaman Gerusan $R_c=80$; $a = 60$; P1	53
Tabel 5.2	Kedalaman Gerusan $R_c=80$; $a = 60$; P10	53
Tabel 5.3	Kedalaman Gerusan $R_c=80$; $a = 60$; P19	55
Tabel 5.4	Kedalaman Gerusan $R_c=80$; $a = 90$; P1	55
Tabel 5.5	Kedalaman Gerusan $R_c=80$; $a = 90$; P10	57
Tabel 5.6	Kedalaman Gerusan $R_c=80$; $a = 90$; P19	57
Tabel 5.7	Kedalaman Gerusan $R_c=105$; $a = 60$; P1	59
Tabel 5.8	Kedalaman Gerusan $R_c=105$; $a = 60$; P10	59
Tabel 5.9	Kedalaman Gerusan $R_c=105$; $a = 60$; P19	61
Tabel 5.10	Kedalaman Gerusan $R_c=105$; $a = 90$; P1	61
Tabel 5.11	Kedalaman Gerusan $R_c=105$; $a = 90$; P10	63
Tabel 5.12	Kedalaman Gerusan $R_c=105$; $a = 90$; P19	63

Tabel 5.13a	Kecepatan Aliran di tikungan (pada formasi Krib miring $a = 60$)	65
Tabel 5.13b	Kecepatan Aliran di tikungan (pada formasi Krib tegak $a = 90$)	66
Tabel 5.14	Perbandingan Persamaan gerusan dengan data laborat	75
Tabel 5.15	Perbandingan Gerusan $a=60$ dan $a=90$ (pada P0 ; R 50 ; K5)	79
Tabel 5.16a	Perbandingan Gerusan dengan Jumlah Krib (pada P0 ; R 75 ; $a = 60$)	79
Tabel 5.16b	Perbandingan Gerusan dengan Jumlah Krib (pada P0 ; R 75 ; $a = 90$)	80

NOTASI

ρ_s	= rapat massa butiran	(kg/m ³)
ρ_w	= rapat massa air	(kg/m ³)
θ	= sudut aliran	(tanpa dimensi)
ν	= kekentalan kinematik = 10 ⁻⁶	(m ² /dt)
ρ	= rapat masa air	(kg/m ³)
Δ	= $(\rho_s - \rho) / \rho$	(tanpa dimensi)
θ	= tegangan geser	(tanpa dimensi)
τ_c	= tegangan geser dasar kritik	(N/m ²)
τ_o	= tegangan geser dasar	(N/m ²)
ρ_s	= rapat masa sediment	(kg/m ³)
A_m	= luas penampang basah model	(m ²)
C_d	= koefisien Thomson	(tanpa dimensi)
b_m	= lebar model saluran	(m)
h_m	= tinggi air model	(m)
D_{mxb}	= kedalaman gerusan maksimum	(m)
D_{mxs}	= kedalaman air maksimum bagian hulu	(m)
d_{50}	= diameter butiran	(m)
d_s	= kedalaman gerusan	(m)
\mathcal{E}	= koefisien (Alvares)	(tanpa dimenensi)
Fr	= bilangan <i>Froude</i>	(tanpa dimensi)
g	= gravitasi bumi	(m/dt ²)
H	= kedalaman air pada bak pengukur debit	(m)
$RK5a$	= konfigurasi pemasangan krib	(tanpa dimensi)
L	= panjang karakteristik	(m)
L_p	= panjang prototip	(m)
L_m	= panjang model	(m)
L_H	= skala horizontal	(tanpa dimensi)
L_V	= skala vertikal	(tanpa dimensi)
n_L	= skala tak terdistorsi	(tanpa dimensi)

n	= koefisien (Apmant)	(t tanpa dimensi)
Pm	= keliling basah model	(m)
Q	= debit aliran	(m ³ / det)
Qm	= debit model	(lt / det)
Rm	= jari-jari hidrolis model	(cm ²)
R	= jari-jari tikungan sungai.....	(m)
Rc	= jari-jari tikungan luar sungai.....	(m)
Re	= angka <i>Reynolds</i>	(tanpa dimensi)
S	= kemiringan memanjang saluran	(t tanpa dimensi)
T	= waktu running	(menit)
t	= kemiringan lereng / talud	(tanpa dimensi)
u	= rata-rata kecepatan aliran	(m/dt)
U	= kecepatan aliran	(m/dt)
U*	= kecepatan geser butiran	(m/dt)
U* _c	= kecepatan rata rata geser	(m/dt)
U _c	= kecepatan rata rata saat butiran bergerak.	(m/dt)
W	= Lebar permukaan air	(m)
Vm	= kecepatan aliran model	(cm/dt)
X	= persamaan garis lurus X atas Y	(tanpa dimensi)
y	= kedalaman aliran	(m)
Y	= persamaan garis lurus Y atas X	(tanpa dimensi)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMP: A.1	ANALISA GERUSAN	LA. 1
LAMP: A.2	KALIBRASI PINTU THOMSON	LA. 4
LAMP: A.3	PERSAMAAN LABORATORIUM	LA. 5
LAMP: A.4	ANALISA KETINGGIAN ALIRAN (H)	LA.8
Lamp: A.5	ANALISA KECEPATAN ALIRAN (V)	LA.8
LAMP: A.6	PERHITUNGAN DEBIT ALIRAN	LA.9
LAMP: A.7	PERHITUNGAN TAMPANG SALURAN	LA.9
LAMP: A.8	PERENCANAAN MODEL HIDRAULIK	LA 10
LAMP: B. 1	DATA EXIXTING PROPIL SALURAN	LB. 1
LAMP: B. 2	DATA RUNNING (FORMASI K 5A, R50)	LB. 4
LAMP: B. 3	DATA RUNNING (FORMASI K 6A, R50)	LB.5
LAMP: B. 4	DATA RUNNING (FORMASI K 7A, R50)	LB.14
LAMP: B. 5	DATA RUNNING (FORMASI K 0, R75)	LB.18
LAMP: B. 6	DATA RUNNING (FORMASI K 5A, R75)	LB.22
LAMP: B. 7	DATA RUNNING (FORMASI K 6A, R75)	LB.27
LAMP: B. 8	DATA RUNNING (FORMASI K 7A, R75)	LB.29
LAMP: B. 9	DATA RUNNING (FORMASI K 5B, R75)	LB.30
LAMP: B. 10	DATA RUNNING (FORMASI K 6B, R75)	LB.31
LAMP: B. 11	DATA RUNNING (FORMASI K 7B, R75)	LB.32
LAMP: B. 12	DATA KECEPATAN DITIKUNGAN (SEBELUM KRIB).....	LB.33
LAMP: B. 13	DATA KECEPATAN DITIKUNGAN (KRIB MIRING $\alpha=60$)....	LB.33
LAMP: B. 14	DATA KECEPATAN DITIKUNGAN (KRIB TEGAK $\alpha=90$)	LB.34
LAMP: B. 15	DATA KALIBRASI PINTU THOMSON	LB.35
LAMP: B. 16	DATA KORDINAT PENGUKURAN	LB.36
LAMP: C. 1a	FOTO KONDISI AWAL SALURAN	LC.1
LAMP: C.1b	FOTO KONDISI AWAL SALURAN	LC.1
LAMP: C.2a	FOTO RUNNING	LC.2
LAMP: C.2b	FOTO RUNNING	LC.2
LAMP: C. 3	FOTO HASIL RUNNING (K 0)	LC.3

LAMP: C. 4	FOTO HASIL RUNNING (K 7)	LC.3
LAMP: C. 5	FOTO ALAT UKUR DEBIT THOMSON	LC.4
LAMP: C. 6	FOTO POINT GAUGE & CURRENT METER	LC.4
LAMP: C. 7a	FOTO TINJAUAN DOSEN PEMBIMBING	LC.5
LAMP: C. 7b	FOTO TINJAUAN DOSEN & MAHASISWA	LC.5
LAMP: C. 8	GAMBAR JENIS KRIB	LC.6
LAMP: C. 9	GAMBAR FUNGSI KRIB	LC. 7

ABSTRACT

Research on scouring at the river bend and effectivity of river structures as river bank protection, particularly at the curve are limited. So far, the works were mainly carried out to overcome the damage caused by floods. Prediction on scouring and river bank failures at the river bend are limited.

This research is aimed to optimise the function of groynes as protecting river bank particularly of the river bend. The research was carried out in the laboratory by developing *physical model*. The variables observed were the distance of the groyne, inclination, discharge and duration.

The results show that the perpendicular groyne is more effective than the inclined one. It was also indicated that the closer the distance, the possibility of bank failure is smaller. The installation of groyne infrequently 27,50 cm at the curve with 105 cm outer radius (R_c) and 60° inclination angle of groyne to the river bank (oblique up at downstream), the scouring is 1,71 cm depth and the effectivity is 70,7 %. For the perpendicular groyne installation, the scouring is 1,28 cm depth and the effectivity is 93,3 %.

INTI SARI

Penelitian mengenai gerusan pada belokan sungai maupun efektifitas bangunan-bangunan air sebagai pelindung tebing khususnya sebagai pelindung tebing pada tikungan masih jarang dilakukan. Yang banyak dilakukan terutama oleh para praktisi lapangan adalah upaya-upaya untuk mengatasi atau memperbaiki kerusakan yang telah terjadi pada belokan sungai akibat diterjang banjir. Masih jarang adanya upaya untuk memprediksi gerusan atau kelongsoran tebing pada belokan sungai /saluran.

Guna memanfaatkan fungsi krib secara optimal sebagai pengaman tebing tersebut, maka diadakan percobaan / penelitian terhadap pengaruh bangunan krib pada belokan sungai. Untuk mengetahui respon / fenomena yang akan terjadi, digunakan cara dengan membuat *model fisik* sungai untuk dilakukan penelitian dilaboratorium. Dalam model penelitian dilakukan percobaan dengan variasi jarak krib dan orientasi arah kemiringan / tata letak krib dengan debit dan waktu pengaliran tertentu.

Hasil penelitian menunjukkan, krib dengan posisi tegak lurus tebing lebih baik dari pada krib yang dipasang miring, dan juga makin rapat pemasangan krib, tebing sungai makin aman terhadap gerusan karena kelongsoran tebing akibat gerusan dasar berkurang. Pemasangan krib dengan jarak 27,50 cm pada tikungan Rc105 cm dan sudut kemiringan krib 60° terhadap tebing (miring kearah hilir), gerusanyang terjadi adalah 1,71 cm dan efektifitas terhadap gerusan adalah sebesar 70,7 %. Sedang pada krib yang sama dengan pemasangan tegak lurus tebing gerusan yang terjadi sebesar 1,28 cm dan memberikan efektifitas lebih besar yaitu 93,3 %.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai sebagai salah satu badan air yang sangat penting untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup manusia, perlu mendapat perhatian agar tetap dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Persoalan sungai yang menarik untuk diamati adalah terjadinya perubahan morfologi sungai. Perubahan ini terjadi secara alami maupun karena banyaknya perlakuan yang ada disepanjang sungai, misal adanya bendungan, waduk, jembatan, dan karena kondisi alam yang tak dapat dihindarkan seperti adanya tikungan pada sungai.

Pada perencanaan saluran terbuka, adanya tikungan saluran pada alinemen seringkali tidak dapat dihindarkan. Kesulitan untuk merancang seringkali ditimbulkan oleh kompleksnya aliran disekitar tikungan tersebut. Garis arusnya tidak berupa kurva linier, tetapi jalin-menjalin dan adanya gaya sentrifugal yang terjadi pada aliran yang mengelilinginya.

Pembangunan perbaikan sungai, seperti normalisasi pada belokan sungai, telah lama dilakukan. Namun pembangunannya sering tidak memberikan hasil yang memuaskan, karena mengalami kerusakan sebelum memenuhi fungsinya.

Keruntuhan atau kerusakan bangunan normalisasi pada belokan sungai dapat disebabkan oleh adanya perubahan konfigurasi dasar dan tebing. Bangunan pengamanan belokan saluran / sungai, pada umumnya berupa bangunan *krib* yang berfungsi sebagai pengarah arus atau berfungsi untuk memperbaiki alinemen saluran / sungai.

Kegagalan konstruksi *krib* dapat disebabkan oleh adanya arus air yang masih cukup kuat disekitar *krib*, sehingga menimbulkan gerusan dasar / tebing disekitar *krib*. Pada suatu tingkat gerusan tertentu dapat membahayakan kestabilan lereng dan kestabilan *krib* itu sendiri. Hal ini sering terjadi pada bangunan *krib* pada belokan sungai.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diatas, diperlukan pengetahuan mengenai pola aliran, pola erosi dan sedimentasi yang terjadi pada sungai terutama pada tikungan. Untuk itu diperlukan suatu uji model hidraulik dengan *model fisik*.

Penelitian mengenai gerusan pada belokan sungai maupun efektifitas bangunan-bangunan air sebagai pelindung tebing khususnya sebagai pelindung tebing pada tikungan masih jarang dilakukan. Yang banyak dilakukan terutama oleh para pelaksana lapangan adalah upaya-upaya untuk mengatasi atau memperbaiki kerusakan yang telah terjadi pada belokan sungai akibat diterjang banjir. Masih jarang adanya upaya untuk memprediksi gerusan atau kelongsoran tebing sungai /saluran, dan selanjutnya diadakan upaya untuk mempertahankan alinemen saluran / tebing sungai dengan bangunan krib.

1.2 Tujuan dan Sasaran Penelitian

1.2.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui pengaruh konfigurasi bangunan krib pada belokan sungai dengan sudut belokan 90°.

1.2.2 Sasaran Penelitian

Sedangkan sasaran bahasan penelitian adalah :

- Mengetahui besarnya gerusan yang terjadi pada belokan sungai.
- Mengkaji efektifitas bangunan *krib* yang dipasang pada belokan sungai sebelah luar.

Disini akan dicari seberapa besar gerusan yang terjadi pada dasar maupun tebing saluran di tikungan akibat aliran air terutama pada debit maksimum / debit banjir. Besarnya gerusan di tikungan yang terjadi dapat dipergunakan sebagai masukan dalam perencanaan pengamanan tebing pada belokan sungai.

Dengan beberapa konfigurasi pemasangan bangunan krib juga akan diketahui konfigurasi krib mana yang lebih baik sebagai bangunan pelindung tebing di tikungan sebuah sungai.

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Pengertian Aliran

Menurut ilmu mekanika fluida aliran diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya-gaya inersia (*inertial forces*) dan gaya-gaya kekentalan (*viscous forces*) menjadi tiga, yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen (French, 1980). Variabel yang dipakai adalah bilangan *Reynolds* yang didefinisikan sebagai berikut.

$$Re = \frac{uR}{\nu}$$

dimana :

u = kecepatan rata-rata (m/dt).

R = jari-jari hidraulik (m).

ν = kekentalan kinematik (10^{-6} m²/dt)

Klasifikasi aliran berdasarkan bilangan *Reynolds* dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti berikut ini (French, 1980)

- ❖ $Re < 500$ aliran laminar
- ❖ $500 < Re < 12.500$ aliran transisi
- ❖ $Re > 12.500$ aliran turbulen

Umumnya aliran pada saluran terbuka mempunyai $Re > 12.500$ sehingga alirannya termasuk dalam kategori aliran turbulen (French, 1980; Rajaratnam, 1987).

2.2. Transportasi Sedimen

Dalam mempelajari proses gerusan, maka tidak lepas untuk mempelajari karakteristik sedimen yang ada. Transportasi sedimen dan sifat-sifat aliran, merupakan beberapa hal yang biasanya digunakan dalam mengidentifikasi masalah tentang interaksi antara aliran fluida dan campuran material granular.

Permulaan pergerakan partikel sedimen dalam sebuah aliran akan diketahui, ketika timbulnya gaya untuk menarik dan mengangkat partikel yang menyebabkan partikel bergerak, melebihi gaya gravitasi bumi yang ada. Gerakan tersebut berawal dari suatu status keseimbangan gaya-gaya pada partikel yang dikenal kondisi gerak awal

(*initiation of motion*) dimana partikel berada dalam ambang batas atau keadaan diam menuju awal gerakan.

- a. Apabila nilai geser di dasar aliran baru saja melampaui nilai kritis kecepatan geser untuk gerak awal, maka partikel akan menggelinding atau menggeser atau gabungan keduanya dengan selalu bertumpu pada dasar saluran (*rolling and sliding*).
- b. Apabila nilai kecepatan geser di dasar saluran bertambah lagi, maka partikel akan bergerak sepanjang dasar dengan cara meloncat-loncat (*saltation*).
- c. Bila kecepatan geser di dasar bertambah besar dan melampaui kecepatan jatuh partikel maka partikel akan terangkat / melayang (*suspended*).

Untuk sedimen seragam pada aliran, tegangan geser dinyatakan dalam *entrainment function* yang dikemukakan oleh *Sheilds*, yaitu tegangan geser non dimensional, yang merupakan fungsi dari angka *Reynolds* dan butiran.

$$\theta = \frac{\tau_c}{\rho g \Delta d} = \frac{u_{*c}^2}{g \Delta d} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho \dots\dots\dots (2.2)$$

$$U_{*c} = \sqrt{(\theta g \Delta d)} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\tau_c = \theta \rho g \Delta d \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\tau_o = (\rho g y_o S) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$U_* = \left(\frac{\tau_o}{\rho} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.6)$$

di mana :

U_{*c} = kecepatan rata rata geser (m/dt)

U_* = kecepatan geser (m/dt)

ρ_s = rapat masa sediment (kg/m³)

ρ_w = rapat masa air (kg/m³)

d = diameter butiran (m)

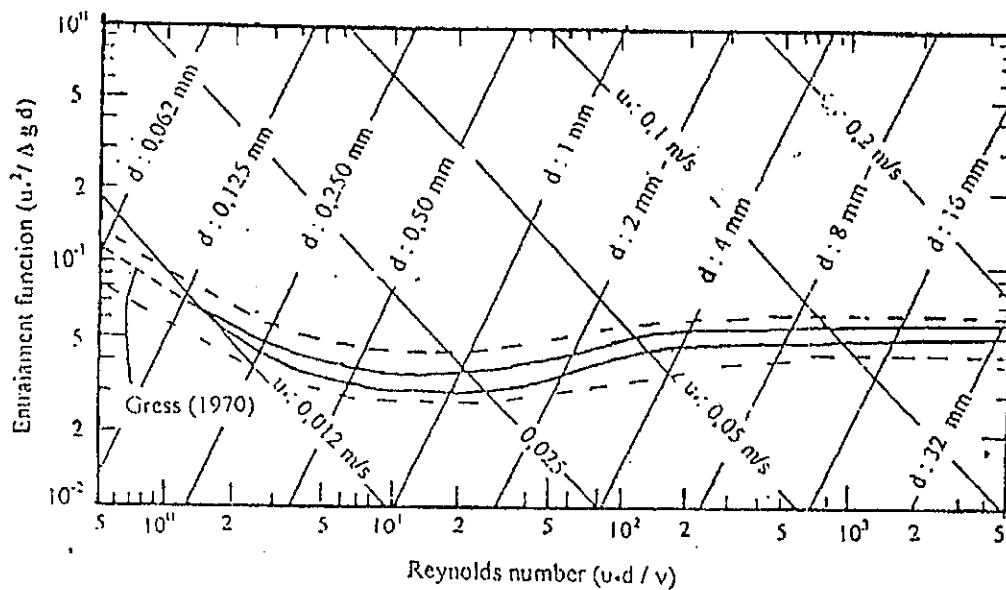
g = percepatan grafitasi (m/dt²)

y_o = ketinggian aliran (m)

S = kemiringan dasar saluran

- τ_0 = tegangan geser tanpa dimensi
- τ_o = tegangan geser dasar (N/m^2)
- τ_c = tegangan geser dasar kritis (N/m^2)

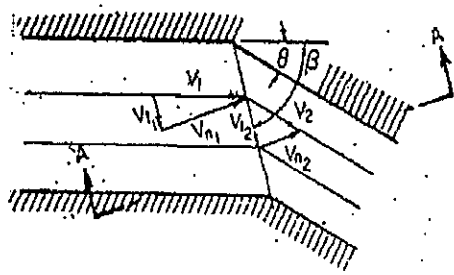
Diagram *Shields* yang merupakan fungsi dari angka *Reynolds* dan butiran dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram *Shields*
(Raudkivi, 1991)

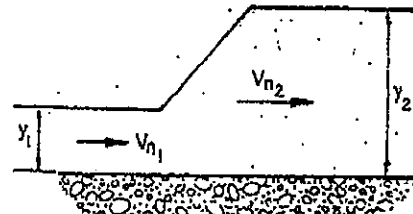
2.3. Belokan Sungai

Aliran cepat atau aliran superkritik pada saluran yang melengkung menghasilkan pola gangguan berupa gelombang silang yang berlangsung kearah hilir. Pola gangguan ini merupakan akibat dari keadaan yang tidak seimbang berlangsung terus menerus karena gelombang silang tersebut tidak dapat mengalir kearah hulu. Efek balik dari dinding tidak jatuh pada seluruh jaringan aliran pada saat yang sama dan keseimbangan aliran terganggu.



Tampak atas

Tampak Atas



Potongan A - A

Potongan A - A

Gambar 2.2. Sket aliran pada belokan

Gambar diatas membantu untuk menganalisa pola gelombang silang pada lengkungan sungai dengan aliran superkritik. Elevasi permukaan air dapat dihitung dengan asumsi-asumsi :

- a. Aliran tersebut 2 dimensi.
- b. Kecepatan adalah konstan
- c. Salurannya horizontal
- d. Tak ada batasan tegangan geser
- e. Dinding saluran vertikal.

Dari analisa gambar dan persamaan lompatan hidroulik dapat dibuat rumus sebagai berikut:

$$V_{m1} = \left(\frac{gy_2}{2} \left(1 + \frac{y_2}{y_1} \right) \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Knap (1951) dalam *Dynamics of Gravel-bed Rivers*, John Wiley & Sons Ltd, mengembangkan rumus yang lebih mudah dan memberikan hasil lebih baik untuk memperkirakan kedalaman maksimum sebagai berikut :

$$y = \frac{V^2}{g} = \sin^2\left(\beta + \frac{\theta}{2}\right) \dots\dots\dots(2.8)$$

$$- \sin \beta = \frac{1}{Fr}$$

$$-\theta = \tan^{-1}\left\{\frac{2W}{(2r_c + W)\tan \beta}\right\} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- r_c = radius lengkungan
- W = lebar saluran

Elevasi dasar minimum pada lengkungan sungai yang stabil diperlukan untuk merencanakan pengamanan tepi sungai. Metode empirik tahun 1990 oleh Watanabe, Hasegawa, dan Houjyou sangat sesuai dengan observasi data yang dipakai. Kedalaman dasar maksimum pada belokan sungai merupakan fungsi dari R_c / W , aspek rasio, dan kedalaman rata-rata. Batasan dari metode ini adalah $R_c / W = 1.5$ sampai 10, dan $W / D_{mnc} = 20$ sampai 125. (Stephen T. Maynord, 1996)

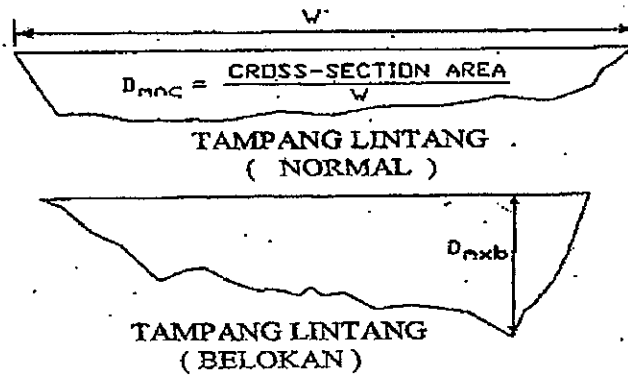
Apmant (1972) dalam *Highways in The River Environment Hydraulic and Environmental Design Considerations*, Colorado State University, 1974,, menyelidiki hubungan kedalaman air maksimum pada lengkungan (D_{mxb}) dibandingkan dengan kedalaman air rata-rata, yaitu dengan persamaan :

$$\frac{D_{mxb}}{D_{mm}} = \frac{(n+1)(W / R_c)}{1 - (1 - W / R_c)^{n+1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana :

- W = lebar permukaan air
- R_c = jari-jari luar lengkungan
- n = koefisien (analisa Apmant $n = 2.5$)

Skema untuk menguraikan hal diatas terlihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.3. Skema penampang lintang belokan sungai

Alvares (1977) dalam *Dynamics of Gravel-bed Rivers*, John Wiley & Sons Ltd, menganalisa gerusan pada dasar lengkungan saluran berdasar pemakaian data lapangan yang terbatas, dan menemukan :

$$D_{mxb} = \varepsilon D_{mxs} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana :

D_{mxs} = kedalaman air maksimum bagian hulu

sedangkan harga ε dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Faktor Empirik dalam Alvares (1977)

Parameter	Values
W / R_c	0.50, 0.333, 0.25, 0.20, 0.166
ε	3.0, 2.57, 2.2, 1.84, 1.48

2.4. Bangunan Krib (Groyne)

Problem perbaikan alur sungai yang berubah karena terjadi erosi dan sedimentasi, tidak dapat diselesaikan secara teoritis, karena karakteristik alirannya yang sangat kompleks (Jansen dkk, 1979). Pengujian model dan formulasi empirik merupakan alat utama yang digunakan untuk merencanakan perbaikan alur sungai.

Salah satu metode untuk melindungi tebing sungai adalah dengan menggunakan bangunan *krib* yang berfungsi untuk mengarahkan aliran dan menghindarkan arus kuat dari sepanjang tepi sungai, termasuk pada belokan sungai. Perlindungan semacam ini merupakan perlindungan tak langsung.

Penentuan jarak antara bangunan *krib* merupakan hal yang perlu mendapat perhatian. Untuk satu seri pemasangan *krib* diperlukan persyaratan jarak antara *krib* sesuai syarat (Jansen, 1979)

$$\frac{2gl}{C^2h} < 1 \dots\dots\dots(2.12)$$

Selain jarak, parameter lain yang harus dipertimbangkan adalah dimensi *krib*, tipe / bentuk *krib*, letak terhadap sisi belokan serta elevasi *krib*. Nikel (1970) dan Press (1958) menyatakan bahwa jarak krib ditentukan dalam hubungannya dengan lebar sungai, jarak maksimum antara 1 - 2 x lebar sungai, dan 0.5 - 1 x lebar sungai (untuk sungai sempit).

Adapun fungsi dan jenis krib menurut SK SNI T - 01 - 1990 - F sebagai berikut:

A. Fungsi *Krib*.

- *Krib* sebagai perlindungan tebing sungai secara tidak langsung dari gerusan lokal, atau bahaya gejala meander. Misalnya pada tebing sungai yang dekat daerah potensial, pada belokan sungai.
- *Krib* sebagai pengatur / pengarah arus sungai sesuai dengan tujuannya, misalnya pada bagian atas bangunan pengambilan terjadi perubahan arah arus.

- *Krib* sebagai perbaikan alinemen sungai untuk keperluan tertentu. *Krib* dipasang pada kiri-kanan tebing sungai untuk mempertahankan lebar dan kedalaman sungai yang dipakai untuk navigasi.

B. Jenis Krib

1). Berdasarkan bahan pembuatannya

- *Krib* beton bertulang
- *Krib* kayu
- *Krib* pasangan batu
- *Krib* bronjong

2). Berdasar sifat hidraulik

- *Krib* lulus air
- *Krib* kedap air
- *Krib* semi lulus air

3). Berdasar arah pemasangannya

- *Krib* melintang sungai, dipasang melintang arah aliran
- *Krib* memanjang, dipasang sejajar arah aliran

4). Berdasar letak pemasangan terhadap muka air

- *Krib* yang mencunya setinggi batas bantaran
- *Krib* yang diletakkan didasar sungai.

C. Penentuan Tata Letak

Penentuan tata letak krib dengan meninjau hal-hal sebagai berikut :

- 1). Pertimbangan terhadap perencanaan sungai terpadu, pemasangan konstruksi krib untuk perlindungan tebing maupun perbaikan arah aliran pada suatu daerah krib, harus mempertimbangkan perencanaan sungai secara keseluruhan, dalam rangka mewujudkan konsep pengelolaan sungai secara terpadu.
- 2). Letak krib didaerah lokasi krib :
 - (1). Krib dipasang dengan jarak optimal

- (2). Pemasangan krib tegak lurus maupun menyerong.
- (3). Pangkal krib diletakkan pada tebing yang mantap untuk menghindari terobosan arus dibelakang krib dan agar tahan terhadap longsoran tebing.
- (4). Krib untuk pendalaman alur bagi navigasi diletakkan pada kedua tebing sungai sepanjang alur yang dikehendaki dengan arah tegak atau arah tajam.
- (5). Peletakan krib sepanjang daerah krib, diambil berdasarkan panjang tebing yang perlu dilindungi dengan memperhitungkan kemungkinan perubahan arus pada keadaan krib terpasang.

D. Dimensi Krib

Dimensi krib yang perlu diperhatikan adalah :

- 1). Elevasi mercu krib, dapat dibuat :
 - (1). Sama tinggi dengan elevasi muka air pada debit alur penuh (*bank full discharge*).
 - (2). Miring kearah ujung
 - (3). Jika panjang krib terbatas, misalnya tiang pancang dari kayu, mercu krib bisa dibuat bertingkat.
- 2). Panjang krib, hal yang perlu diperhatikan adalah :
 - (1). Panjang krib untuk pengarah arus ditentukan sedemikian rupa sehingga didapatkan pola aliran baru sesuai dengan yang diharapkan.
 - (2). Perbandingan panjang krib dan jarak antar krib dibuat sedemikian rupa sehingga kecepatan arus di tepi tebing cukup aman untuk kestabilan tebing.
 - (3). Untuk krib yang berfungsi memperdalam alur bagi navigasi, panjang krib ditentukan oleh faktor lebar dan kedalaman alur yang diperhitungkan untuk navigasi, material sedimen dan sifat aliran sungai.
- 3). Jarak krib dibuat sedemikian rupa sehingga susunan krib menghasilkan suatu model krib yang paling efektif, untuk memastikan hal ini dapat digunakan penyelidikan hidraulik dengan model.

- 4). Dimensi dan jarak antar tiang ditentukan berdasarkan persyaratan hidraulik dan persyaratan stabilitas konstruksi.
- 5). Panjang tiang krib ditentukan berdasarkan elevasi mercu krib dan kedalaman pemancangan tiang menurut persyaratan keamanan dan stabilitas.

2.5. Rancangan Model

Tampang sungai biasanya mempunyai dimensi horizontal yang jauh lebih besar dari dimensi vertikal. Jika rancangan model sungai dibuat dengan skala horizontal dan skala vertikal yang sama, maka kedalaman air pada model menjadi sangat kecil. Kecilnya kedalaman air akan mempersulit pada waktu melakukan pengukuran. Untuk menghindari keadaan ini maka dibuat model dengan skala distorsi yang membedakan skala horisontal dan skala vertikal (Triatmojo, 1992).

2.5.1. Kesebangunan.

Dalam desain suatu bangunan besar pembuatan model sangat perlu karena :

1. Dalam perencanaan sering kali dibuat suatu asumsi untuk menyederhanakan masalah. Namun dalam praktek tidak semua asumsi tersebut terdapat penyimpangan dari asumsi awal. Pemodelan dapat mengkaji sejauh mana penyimpangan tersebut terjadi dan cara mengatasinya.
2. Tidak semua masalah hidraulik dapat dengan mudah diselesaikan secara matematik, sehingga pembuatan model diharapkan dapat menyelesaikan masalah tersebut.
3. Pelaksanaan prototipe berbiaya mahal, untuk menghindari kesalahan didalam pelaksanaan dan mengkaji perilaku hidraulik sebelum pelaksanaan konstruksi pembuatan sangat penting disamping menghemat biaya.
4. Mencari kemungkinan terjadinya suatu gangguan yang mungkin terjadi di dalam pengoperasian prototipe.

5. Mengkoreksi dimensi yang ada yang tidak dilakukan didalam pekerjaan perencanaan, sehingga terhindar dari terjadinya dimensi terlalu besar.

Dalam penetapan skala, harus diperhatikan kesebangunan (*similitude*) antara model dan prototipe. Kesebangunan dalam model fisis meliputi :

- ❖ kesebangunan geometrik
- ❖ kesebangunan kinematik
- ❖ kesebangunan dinamik

Kesebangunan Geometrik

Kesebangunan geometrik, disebut juga kesebangunan bentuk, mensyaratkan bahwa model harus sebangun dengan bentuk prototipe. Hal ini berarti bahwa semua besaran linear pada model dan prototipe dihubungkan dengan suatu nilai konstanta.

$$n_L = n_h$$

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots(2.13)$$

Skala besaran yang lain mengikuti hubungan diatas

$$n_A = n_L \cdot n_h \quad (\text{skala luas})$$

$$n_v = n_L^2 \cdot n_h \quad (\text{skala volume})$$

Berkaitan dengan kesebangunan geometrik ini, dikenal dua jenis model yaitu model distorsi dan tak-terdistorsi (*distorted and undistorted model*). Model terdistorsi adalah model dengan skala panjang dan skala tinggi tidak sama, sedang model tak-terdistorsi skala panjang dan skala tinggi sama model terdistorsi : $n_L \neq n_h$, model tak-terdistorsi : $n_L = n_h$

Kesebangunan Kinematik

Kesebangunan kinematik, disebut juga kesebangunan aliran, mensyaratkan bahwa pola aliran di model dan prototipe sebangun. Hal tersebut berarti bahwa kecepatan aliran di model dan prototipe di titik-titik yang sama besarnya menurut nilai perbandingan tertentu.

$$n_t = \frac{t_p}{t_m} \quad (\text{skala waktu}) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$n_u = \frac{L_p / t_p}{L_m / t_m} = \frac{L_p / L_m}{t_p / t_m} = n_L \cdot n_t^{-1} \quad (\text{skala kecepatan})$$

$$n_a = n_L \cdot n_t^{-2} \quad (\text{skala percepatan}) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$n_Q = n_L^3 \cdot n_t^{-1} \quad (\text{skala debit}) \dots\dots\dots(2.16)$$

Kesebangunan Dinamik

Agar kesebangunan kinematik terpenuhi, maka gaya yang bekerja pada model harus sebanding dengan gaya yang bekerja pada prototipe. Hal tersebut hanya akan terpenuhi bila model memenuhi kesebangunan dinamik. Kesebangunan dinamik mensyaratkan bahwa perbandingan antara gaya di model dan di prototipe mempunyai nilai yang konstan. Sebagai ukuran gaya pada model dan prototipe biasanya dipakai suatu gaya imajiner yang disebut gaya inersia yang nilainya didapat berdasar persamaan berikut :

$$\text{Gaya inersia } F_i = m \cdot a$$

$$MLT^{-1} = \rho L^3 LT^{-2} = \rho L^3 T^{-2} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$n_m = \frac{m_p \cdot a_p}{m_m \cdot a_m} = n_\rho \cdot n_L^4 \cdot n_T^{-2} \quad (\text{Skala gaya inersia}) \dots\dots\dots(2.18)$$

2.5.2. Skala Model Sungai

Aliran dengan permukaan bebas terutama dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya gesekan akibat kekentalan fluida. Kedua pengaruh ini dicerminkan pada nilai dua besaran dominan pada aliran dalam pipa, sedang pengaruh gaya gravitasi dominan pada aliran di sungai.

Pengaruh gesekan dan gaya gravitasi dijumpai pada aliran melalui bangunan sungai. Dalam studi model, kedua hal tersebut perlu diperhatikan dalam penetapan skala. Pengaruh gesekan yang dominan mensyaratkan bahwa nilai angka *Reynold* di model dan prototipe sama, atau $n_{Re} = 1$, sedang pengaruh gaya gravitasi yang dominan mensyaratkan bahwa nilai angka *Froude* di model, dan prototipe sama atau $n_{Fr} = 1$. Dalam studi model ini berkaitan dengan sifat aliran di mana pengaruh gaya gravitasi dominan, sehingga skala didasarkan pada syarat $n_{Fr} = 1$. Sedangkan bilangan / angka *Froude* adalah :

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{g \cdot y}} \dots\dots\dots(2.18a)$$

di mana :

- Fr = bilangan *Froude*
- U = kecepatan aliran (m/det)
- g = gravitasi bumi (m/det²)
- y = kedalaman aliran

$$\begin{aligned} \rightarrow n_{Fr} &= 1 \\ [Fr]_m &= [Fr]_p \\ \left[\frac{\mu}{\sqrt{gh}} \right]_m &= \left[\frac{\mu}{\sqrt{gh}} \right]_p \\ \frac{\mu_m}{\mu_p} &= \sqrt{\frac{g_m \cdot h_m}{g_p \cdot h_p}} \\ n_\mu &= n_g^{1/2} \cdot n_h^{1/2} \\ \text{karena } n_g &= 1 \text{ maka } n_\mu = n_h^{1/2} \dots\dots\dots(2.19) \end{aligned}$$

Skala waktu diturunkan berdasar skala kecepatan di atas.

$$\begin{aligned} n_\mu &= n_L \cdot n_t^{-1} \\ n_h^{1/2} &= n_L \cdot n_t^{-1} \quad \implies n_t = n_L \cdot n_h^{-1/2} \dots\dots\dots(2.20) \end{aligned}$$

Untuk model tak terdistorsi maka $n_t = n_L^{1/2}$

Skala *Chezy* . Formula *Chezy* $V = C \sqrt{RI}$

$$\begin{aligned} n_{\mu} &= n_c \cdot n_L^{1/2} \cdot n_I \quad \longrightarrow \quad n_I = n_L / n_L = 1, \quad n_{\mu} = n_L^{1/2} \\ n_c &= n_L^{1/2} \cdot n_I^{-1/2} = n_L^{1/2} \cdot n_L^{-1/2} = 1 \dots\dots\dots(2.21) \end{aligned}$$

Skala *Manning* . Formula *Manning*

$$\begin{aligned} n_{\mu} &= \frac{1}{n_n} \cdot n_L^{2/3} \cdot n_I \\ n_L^{1/2} &= \frac{1}{n_n} \cdot n_L^{2/3} \cdot n_I \\ n_n &= n_L^{2/3} / n_L^{1/2} = n_L^{1/6} \dots\dots\dots(2.22) \end{aligned}$$

Skala besaran-besaran lainnya ditetapkan dengan cara yang sama. Skala besaran-besaran yang lain yang penting disajikan dibawah Skala model untuk berbagai besaran dalam model tak terdistorsi.

2.5.3. Model Terdistorsi

Dalam beberapa kasus, diperlukan pembuatan model yang tidak setara benar dengan prototipnya. Khususnya untuk model-model yang sangat luas, misalnya sungai, estuari, pelabuhan, proses pantai dan lain-lain model tidak dapat dibuat sebesar yang seharusnya. Dari segi biaya dan ruang, lebih diinginkan pembuatan model yang lebih kecil. Namun hal ini menyebabkan kedalaman akan menjadi hanya beberapa milimeter, demikian juga kekasaran permukaan, sehingga kondisi turbulen tidak dapat tercapai. Oleh karena itu diperlukan jalan keluar untuk memenuhi kedua persyaratan tersebut dan sekaligus pertimbangan biaya dan ruang. Jalan keluar yang dapat ditempuh

yaitu suatu model di mana skala dimensi vertikal tidak sama dengan skala dimensi horizontal. Ada beberapa alasan dalam memakai model terdistorsi, yaitu :

- Mengurangi biaya
- Memperkecil ruang
- Mempercepat kecepatan aliran
- Memperpendek waktu pengetesan model

- Meningkatkan bilangan *Reynolds* dalam model
- Memperbaiki secara relatif tingkat akurasi pengukuran
- Mengurangi kehilangan air dalam model

Model terdistorsi vertikal adalah alat untuk mencapai sedekat mungkin kesetaraan terhadap proses alamiah dengan memperhatikan parameter karakteristik tertentu yang dominan. Model ini selalu dipakai ketika kesetaraan geometri model tidak terdistorsi secara teknis tidak dapat dibuat.

Ada beberapa keterbatasan dalam membuat model terdistorsi, yaitu :

- Ketersediaan ruang dalam laboratorium membatasi ukuran maksimum model yang akan dibuat (*scale -limit space*)
- Toleransi maksimum yang diperkenankan dalam membuat model jugamembatasi batas maksimum skala model yang mungkin dibuat.
- Untuk menghindari kekerasan model yang berlebihan, kekasaran model K_m tidak boleh lebih dari sepuluh kali dari kekasaran prototip K_p . Ketentuan ini juga berperan ikut menentukan skala model. $K_m/K_p = K_s$.
- Jika material granular tidak kohesif (*non-cohesive*) dipakai untuk model dasar tidak tetap (*moveble bed*), ukuran partikel harus cukup besar untuk mencegah terjadinya transportasi partikel tersebut oleh aliran (*smoothness limit*).
- Kapasitas debit maksimum pada laboratorium juga mungkin menjadi penentu skala model yang dibuat (*discharge limit*).

Dalam model terdistorsi dikenal apa yang disebut faktor distorsi atau laju distorsi “n” yang menyatakan hubungan antara skala horizontal terhadap skala vertikal, $n = L_H/L_V > 1$ untuk model terdistorsi vertikal, dan $n = L_H/L_V = 1$ untuk model tidak terdistorsi.

Tabel 2.2. Perbandingan Model Terdistorsi dan Tak terdistorsi.

Quantitas fisik	Satuan	Tak terdistorsi	Terdistorsi
Panjang	M	n_L	L_H
Lebar	M	n_L	L_H
Tinggi, kedalaman	M	n_L	L_V
Luas	M^2	n_L^2	$L_H \cdot L_V$ atau L_H^2
Volume	M^3	n_L^3	$L_H^2 \cdot L_V$
Waktu	dt	$n_L^{1/2}$	$(L_H \cdot n)^{0,5} = (L_H^2 / L_V)^{0,5}$
Frekuensi	1/dt	$n_L^{-1/2}$	$(L_H \cdot n)^{-0,5} = (L_H^2 / L_V)^{-0,5}$
Kecepatan	M/dt	$n_L^{1/2}$	$(L_H/n) = L_V$
Percepatan	M/dt^2	n_L^0	$1/n = L_V/L_H$
Debit	m^3/dt	$n_L^{2,5}$	$(L_H^{2,5}/n^{1,5}) = L_H/L_V^{1,5}$
Gaya	N	n_L^3	-
Tekanan	N/m^2	n_L	$L_H/n = L_V$
Berat spesifik	N/m^3	n_L^0	$1/n = L_V/L_H$
Bilangan Reynolds	-	$n_L^{1,5}$	$(L_H/n)^{1,5} = L_V^{1,5}$

Keterangan : L_H = skala horizontal, L_V = skala vertikal

2.6. Material Dasar

Metode penelitian ini menggunakan tipe gerusan pada air bersih (*clear water*) dan sedimen dasar yang dapat bergerak sesuai dengan kecepatan aliran yang direncanakan. Persyaratan utama dalam suatu model dasar yang bergerak adalah bahwa bahan dasar tersebut harus bergerak (Yalin, 1972; Dake, 1983). Untuk menentukan bahan dasar itu bergerak atau tidak, dapat digunakan rumus Shields (syarat $\pi > \pi_c = 0.03$).

$$\frac{\rho_w * U_*^2}{(\rho_s - \rho_w)d_s} = \pi_c \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan kecepatan geser butiran sebesar :

$$U_* = \sqrt{(g * h * I)} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

- d_s = diameter butiran(m)
- g = gravitasi bumi (m/dt²);
- h = kedalaman air (m);
- I = kemiringan memanjang saluran;
- ρ_s = rapat massa butiran (kg/m³);
- ρ_w = rapat massa air (kg/m³);
- U_* = kecepatan geser butiran (m/dt);

Bila kecepatan geser kritis butiran (U_{*cr}) dari partikel bahan dasar lebih besar dari kecepatan geser butiran (U_*), maka bahan dasar tersebut tidak bergerak. Bila yang terjadi adalah sebaliknya, kecepatan geser kritis butiran (U_{*c}) dari partikel bahan dasar lebih kecil dari kecepatan geser butiran (U_*), maka bahan dasar tersebut bergerak.

2.7. Analisa Regresi Linier

Bila dua variabel berpasangan misal X da Y dimana harga Y akan bergantung dari nilai X digambarkan dalam suatu hubungan, maka akan didapat garis kurva linier sederhana dalam suatu persamaan regresi garis lurus sebagai berikut :

(Alfredo H.S. Ang, 1987)

$$E (Y | X = x) = \alpha + \beta x \dots\dots\dots(2.25)$$

dimana : α dan β adalah konstanta

Y varian bebas atau merupakan fungsi dari x

Dari persamaan tersebut diatas akan terdapat beberapa garis lurus, tergantung nilai α dan β ditinjau dari data yang ada. Untuk mendapatkan garis yang melalui titik-titik data dengan kesalahan terkecil, digunakan metode kuadrat terkecil (*method of least squares*) sebagai berikut :

$$\Delta^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \alpha - \beta x_i)^2$$

yang selanjutnya akan menghasilkan persamaan berikut ini :

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^n 2(y_i - \alpha - \beta x_i)(-1) = 0$$

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial \beta} = \sum_{i=1}^n 2(y_i - \alpha - \beta x_i)(-x_i) = 0$$

Dari sini kita peroleh *perkiraan kuadrat terkecil* dari α dan β ,

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum y_i - \frac{\hat{\beta}}{n} \sum x_i = \bar{y} - \hat{\beta} \bar{x} \dots \dots \dots (2.26)$$

dan

$$\hat{\beta} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \dots \dots \dots (2.27)$$

dimana $\sum = \sum_{i=1}^n$

Jadi, garis regresi kuadrat terkecil adalah :

$$E(Y | x) = \hat{\alpha} + \hat{\beta} x \dots \dots \dots (2.28)$$

Persamaan 2.24 dan 2.28 disebut sebagai *regresi Y terhadap X*. Jika X dan Y keduanya merupakan variabel acak, kita juga bisa mendapatkan *regresi kuadrat terkecil X terhadap Y* dengan menggunakan prosedur yang sama; dalam kasus terakhir, kita akan dapatkan persamaan regresi untuk $E(X|y)$. Secara umum, persamaan regresi ini berbeda dengan $E(Y|x)$; namun, kedua garis regresi tersebut selalu berpotongan di (\bar{x}, \bar{y}) .

Untuk kasus dimana varians bersyarat $\text{Var}(Y|x)$ dianggap konstan dalam rentang x yang ditinjau, perkiraan varians yang tidak bias tetap adalah :

$$S_{Y|}^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2$$

$$= \frac{1}{n-2} \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \hat{\beta}^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \dots \dots \dots (2.29)$$

Perhatikan bahwa ,

$$S_{Y|x}^2 = \frac{\Delta^2}{n-2} \dots\dots\dots(2.29a)$$

Jadi deviasi standar *bersyarat* yang bersangkutan adalah $S_{Y|x}$

Koefisien $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\beta}$ dan $S_{Y|x}^2$ masing-masing adalah taksiran dari nilai α , β dan $\text{Var}(Y|x)$ yang sesungguhnya. Jika di asumsikan bahwa Y memiliki distribusi normal terhadap garis regresi $E(Y|x)$ untuk semua nilai x, maka $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\beta}$ masing-masing memiliki distribusi $-t$. Dalam hal ini, nilai regresinya.

$$E(Y|x) = \hat{\alpha} + \hat{\beta}x$$

Juga akan memiliki distribusi- t . Berdasarkan hal ini, selang keyakinan yang dikehendaki dapat ditentukan. Perlu diingat di sini bahwa selang untuk α , β , $E(Y|x)$, dan $\text{Var} E(Y|x)$ ini akan menurun sesuai dengan bertambahnya n.

Pengaruh nyata dari regresi linier Y terhadap X dapat diukur dengan reduksi asal Y, S_Y^2 , yang diperoleh dengan memperhitungkan kecenderungan umum pada X. Reduksi ini dinyatakan dengan :

$$r^2 = 1 - \frac{S_{Y|x}^2}{S_Y^2} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$S_Y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

adalah variasi sampel Y.

2.7.1 Regresi dengan varian normal.

Asumsi tentang model linier dan konstannya variasi yang mendasari regresi linier pada hakekatnya adalah sifat bawaan populasi yang keduanya normal. Jika X dan Y keduanya memiliki distribusi normal, maka nilai tengah dan varians bersyarat Y bila $X = x$ adalah sebagai berikut :

$$E(Y|x) = \mu_Y + \rho \frac{\sigma_Y}{\sigma_X} (x - \mu_X)$$

$$\text{Var}(Y|x) = \sigma_Y^2 (1 - \rho^2)$$

di mana ρ adalah koefisien korelasi.

Hasil ini menunjukkan bahwa jika kedua variat bersifat normal, regresi Y terhadap X akan linier dengan varians bersyarat yang konstan (yakni, tidak bergantung pada x); karena khusus untuk kasus ini, persamaan liniernya akan seperti Persamaan 2.25 dengan

$$\beta = \rho \frac{\sigma_Y}{\sigma_X}$$

dan

$$\alpha = \mu_Y - \beta \mu_X$$

Persamaan untuk α dan β diatas dapat dibandingkan dengan perkiraan kuadrat-terkecil untuk $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\beta}$ dalam persamaan 2.26 dan 2.27

2.7.2 Regresi Linier Berganda

Nilai dari suatu variabel rekayasa dapat tergantung pada beberapa faktor. Dalam hal yang demikian, purata dan varians dari variabel tak bebas akan merupakan fungsi dari nilai-nilai beberapa variabel. Bila fungsi nilai purata dimisalkan linier, maka analisis yang dihasilkan dikenal sebagai *regresi linier berganda (multiple linear regression)*.

Analisis regresi linier untuk lebih dari dua variabel hanyalah merupakan perluasan umum dari analisis regresi . Andaikanlah bahwa Y adalah variabel tak bebas yang sedang ditelaah, dan yang merupakan fungsi linier dari m variabel X_1, X_2, \dots, X_m .

Asumsi-asumsi yang mendasari analisis regresi berganda diberikan sebagai berikut :

1. Nilai purata Y merupakan fungsi linier dari X_1, X_2, \dots, X_m ; yaitu :

$$E(Y \mid x_1, \dots, x_m) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ adalah konstanta-konstanta yang akan ditentukan berdasarkan data pengamatan.

2. Varians bersyarat (conditional variance) Y untuk x_1, x_2, \dots, x_m yang diketahui adalah konstan; yakni

$$\text{Var} (Y \mid x_1, \dots, x_m) = \sigma^2$$

Atau berbanding lurus terhadap fungsi yang diketahui dari x_1, x_2, \dots, x_m atau

$$\text{Var} (Y \mid x_1, \dots, x_m) = \sigma^2 g^2 (x_1, \dots, x_m)$$

Maka analisis regresi menentukan taksiran untuk $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ dan σ^2 berdasarkan sehimpunan data pengamatan $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{mi})$ $i = 1, 2, \dots, N$.

Persamaan 2.31 juga dapat dituliskan sebagai :

$$E (Y \mid x_1, \dots, x_m) = \alpha + \beta_1 (x_1 - \bar{x}_1) + \dots + \beta_m (x_m - \bar{x}_m) \dots \dots \dots (2.32)$$

dimana \bar{x}_i merupakan purata sampel dari X_i dan α merupakan sekedar konstanta yang disesuaikan kembali.

Sekali lagi, kita membatasi penurunan rumus-rumus hanya untuk kasus dalam mana varians bersyarat $\text{Var} (Y \mid x_1, \dots, x_m)$ adalah konstan. Perjumlahan dari kesalahan kuadrat dari sejumlah n titik-titik dapat menjadi

$$\begin{aligned} \Delta^2 &= \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2 \\ &= \sum_{i=1}^n [y_i - \alpha - \beta_1 (x_{i1} - \bar{x}_1) - \dots - \beta_m (x_{mi} - \bar{x}_m)]^2 \dots \dots \dots (2.33) \end{aligned}$$

Menurut kriterium kuadrat minimum (terkecil), kita meminumkan Δ^2 untuk memperoleh sistem persamaan berikyt, yang dapat digunakan untuk menghitung α dan $\beta_j, j = 1, 2, \dots, m$.

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial \alpha} = 2 \sum \left[y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 (x_{i1} - \bar{x}_1) - \dots - \hat{\beta}_m (x_{mi} - \bar{x}_m) \right] = 0$$

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial \beta_1} = 2 \sum \{ [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 (x_{i1} - \bar{x}_1) - \dots$$

$$\hat{\beta}_m (x_{mi} - \bar{x}_m)] (x_{i1} - \bar{x}_1) \} = 0$$

$$\dots \dots \dots (2.34)$$

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial \beta_m} = 2 \sum \{ [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 (x_{i1} - \bar{x}_1) - \dots$$

$$- \hat{\beta}_m (x_{mi} - \bar{x}_m)(x_{mi} - \bar{x}_m) = 0$$

dimana $\sum = \sum_{i=1}^n$. Dari persamaan yang pertama kita mendapatkan

$$\sum y_i - n \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 \sum (x_{1i} - \bar{x}_1) - \dots - \hat{\beta}_m \sum (x_{mi} - \bar{x}_m) = 0$$

namun

$$\sum (x_{1i} - \bar{x}_1) = \dots = \sum (x_{mi} - \bar{x}_m) = 0; \text{ dengan demikian}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum y_i}{n} = \bar{y} \dots \dots \dots (2.35)$$

Dengan mengalihkan nilai α ini ke dalam persamaan lainnya dalam persamaan 2.34, kita dapatkan

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_1 \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \hat{\beta}_2 \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) + \dots \\ + \hat{\beta}_m \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{mi} - \bar{x}_m) = \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)(y_i - \bar{y}) \end{aligned} \dots \dots \dots (2.35)$$

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_1 \sum (x_{mi} - \bar{x}_m)(x_{1i} - \bar{x}_1) + \hat{\beta}_2 \sum (x_{mi} - \bar{x}_m)(x_{2i} - \bar{x}_2) + \dots \\ + \hat{\beta}_m \sum (x_{mi} - \bar{x}_m)^2 = \sum (x_{mi} - \bar{x}_m)(y_i - \bar{y}) \end{aligned}$$

Dapat diamati bahwa ini merupakan sehimpunan m persamaan linier simultan yang melibatkan m besaran $\hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_m$.

Penyelesaian persamaan 2.36 menghasilkan koefisien-koefisien $\hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_m$, yang kemudian digunakan untuk memperoleh persamaan regresi kuadrat minimum.

$$\begin{aligned} E(Y | x_1, \dots, x_n) &= \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 (x_{1i} - \bar{x}_1) + \dots + \hat{\beta}_m (x_{mi} - \bar{x}_m) \\ &= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \dots + \hat{\beta}_m x_m \dots \dots \dots (2.37) \end{aligned}$$

dimana:

$$\hat{\beta}_0 = \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 \bar{x}_1 - \dots - \hat{\beta}_m \bar{x}_m$$

Varians dari Y terhadap fungsi ini, yaitu $\text{Var} (Y \mid x_1, \dots, x_m)$, merupakan pengukur dari dispersi bersyarat terhadap persamaan regresi. Taksiran yang tidak bias dari varians bersyarat ini adalah:

$$S_{Yx_1, \dots, x_m}^2 = \frac{\Delta^2}{n - m - 1} = \frac{\sum [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1(x_{1i} - \bar{x}_1) - \dots - \hat{\beta}_m(x_{mi} - \bar{x}_m)]^2}{n - m - 1} \dots\dots\dots(2.38)$$

Deviasi standar bersyarat yang bersangkutan dengan demikian adalah :

$$S_{Yx_1, \dots, x_m} = \frac{\Delta}{\sqrt{n - m - 1}} \dots\dots\dots(2.38a)$$

Jelaslah kiranya bahwa persamaan 2.38 berlaku hanya jika ukuran sampel n lebih besar dari $m + 1$. Sekali lagi, asumsi distribusi normal untuk Y dapat digunakan untuk menetapkan selang keyakinan pada koefisien regresi dan untuk menghitung probabilitas yang berkenaan dengan variabel acak Y.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konfigurasi bangunan krib pada belokan sungai dengan sudut belokan 90° , maka dalam penelitian ini digunakan model belokan sungai dengan bahan dasar saluran yang dapat tergerus.

Penelitian dan pembuatan model dilakukan di laboratorium Pengaliran, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, dengan pertimbangan dalam ruang tertutup, sehingga model tidak terganggu dan penelitian dapat dilakukan sepanjang waktu tanpa terpengaruh oleh cuaca (hujan maupun panas matahari). Model penelitian digunakan saluran terbuka dengan tampang morfologi sungai dari pasir halus yang dimungkinkan dasar dan tebing saluran akan tergerus akibat adanya arus air. Untuk keperluan running menggunakan air yang dialirkan ke model dengan sistem sirkulasi tertutup sehingga praktis tidak ada air yang hilang.

Komponen pelengkap model disini antara lain adalah bak kontrol untuk mengatur debit konstan, bak penenang (bak kalibrasi), bak pengatur muka air, alat ukur berupa " *point gauge* " untuk mengukur kedalaman / konfigurasi dasar saluran. Untuk keperluan sistem sirkulasi air tertutup digunakan pompa dengan kapasitas 6 lt/detik. Alat ukur debit aliran dipakai alat ukur *Thompson*, yang sebelumnya telah dikalibrasi.

3.2. Batasan Penelitian

Sebagaimana tujuan dan sasaran penelitian diatas, perlu adanya batasan-batasan dalam dari penelitian ini agar pembahasan yang akan dilakukan lebih lebih terfokus pada tujuan dan sasaran tersebut.

Batasan-batasan penelitian antara lain sebagai berikut:

- Belokan saluran digunakan 2 buah dengan sudut belokan 90° dan jari-jari belokan masing-masing $Rc1 = 80$ cm dan $Rc2 = 105$ cm.
- Air yang digunakan tanpa sedimen (air bersih)

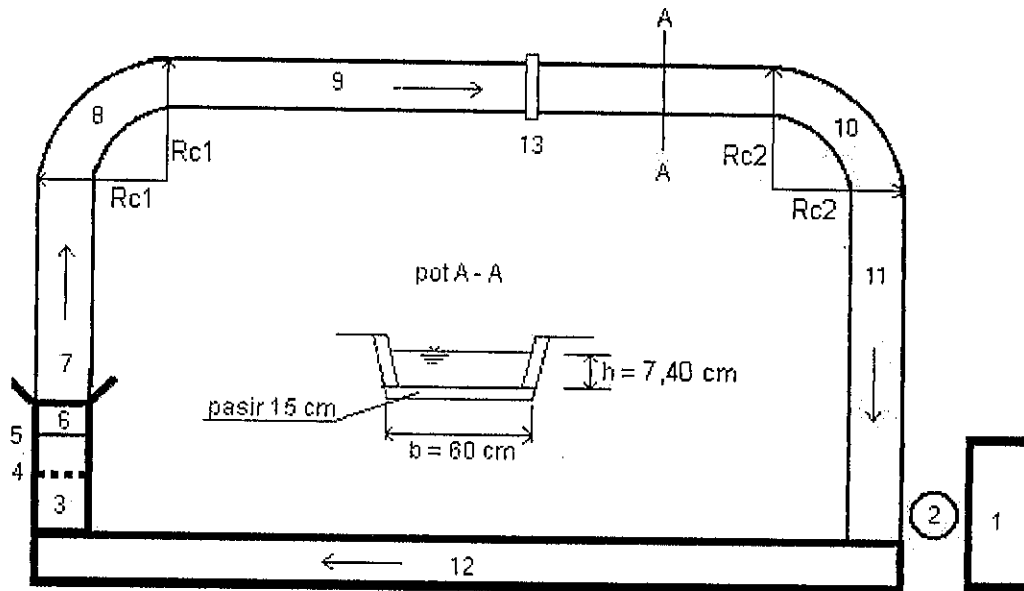
- Running dilakukan dengan debit dan waktu tetap
- Krib yang digunakan adalah krib lulus air
- Penempatan krib dengan 2 (dua) cara yaitu krib tegak lurus tebing $\alpha = 90^\circ$ dan krib miring kearah hilir dengan sudut penempatan $\alpha = 60^\circ$
- Model fisik ini tidak ditujukan untuk memodelkan pola gerusan pada tikungan sungai dalam arti kuantitatif, karena ukuran dan karakteristik dari material sedimen tidak dimodelkan dari material sedimen prototip.

3.3. Perencanaan Model Fisik

3.3.1. Model Saluran Terbuka

Pada penelitian ini menggunakan saluran terbuka (*flume*) dengan 2 belokan dengan sudut belokan 90° dan jari-jari belokan masing-masing adalah $R_{c1} = 80$ cm dan $R_{c2} = 105$ cm. Model dilengkapi dengan pelengkap model antara lain adalah bak kontrol untuk mengatur debit konstan, bak penenang (bak kalibrasi), pompa, peluap *Thompson*. Adapun skema model yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 3.1. dibawah ini.

Gambar 3.1. Skema Model Saluran Terbuka



Keterangan Gambar :

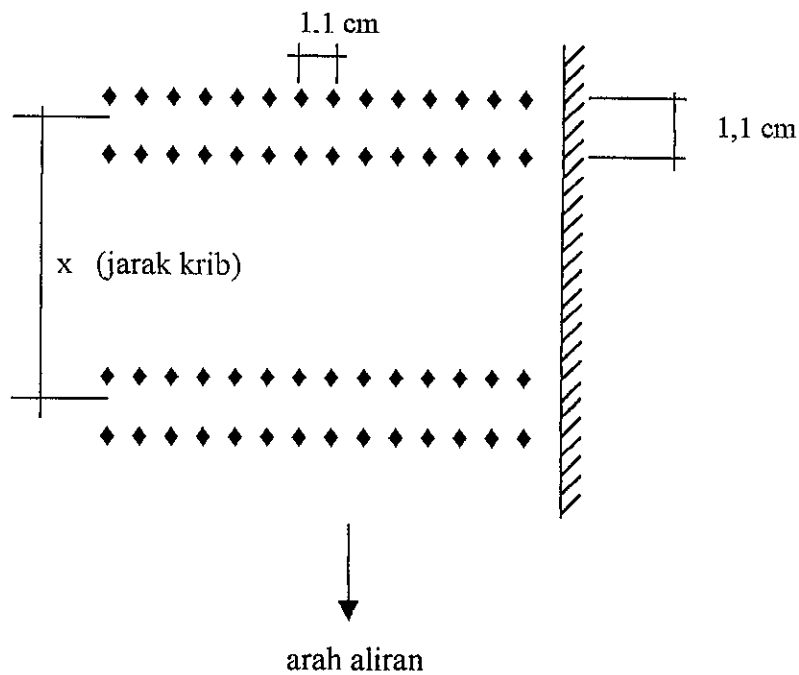
1. Kolam tando air
2. Pompa
3. Bak tampung
4. Kisi - kisi penenang air
5. Alat ukur debit Thompson
6. Bak penenang
7. Saluran lurus I
8. Belokan I
9. Saluran lurus II
10. Belokan II
11. Saluran lurus III
12. Saluran sirkulasi
13. Alat ukur kedalaman gerusan (*point gauge*)

Rc = Jari -jari belokan sungai

3.3.2. Model Krib.

Bangunan krib yang dipakai pada model adalah krib lurus air, terbuat dari batang bambu ukuran 0.30 x 0.30 cm yang disusun menjadi rangkaian model krib lurus air. Model krib ini akan ditempatkan pada tikungan luar saluran terbuka dengan tujuan mengarahkan arus dan menghasilkan sedimentasi. Gambar 3.2 memperlihatkan contoh model krib yang akan dipakai dalam percobaan ini.

Gambar 3.2. Bangunan Krib lurus air



x = jarak antar krib antara 0,5 – 1 x lebar sungai untuk sungai sempit
(Nikel, 1970 dan Press, 1958).

Pemasangan krib dapat dikatakan berhasil apabila :

- Pemasangan krib dapat memotong arus pada bagian alur sungai yang tergerus dan atau dapat membelokkan arus kearah bagian alur sungai dimana terjadi endapan sedimen.
- Pada bagian alur dimana arusnya terpotong, diharap terjadi arus yang cukup lambat sehingga memungkinkan terjadinya endapan.
- Sebaiknya pada bagian alur yang biasanya terjadi sedimentasi diharap dapat terjasi erosi, dan yang biasanya tererosi menjadi terproteksi, sehingga memungkinkan alur sungai itu akan kembali.

3.3.3 Komponen model

Komponen model, dimana sebelum digunakan untuk pelaksanaan pengujian perlu dikalibrasi terlebih dahulu. Komponen tersebut antara lain :

- Bak Tampungan
- Alat Ukur Debit
- Bak Pengukur Debit
- Pencatat waktu (*stopwach*)
- Peluap *Thompson*
- Saluran terbuka
- Saluran Kembali (*return flow*)
- Kolam Tampungan
- Pipa pengatur Debit

3.3.4 Alat dan Bahan Pembuat Model

a. Alat.

- Pompa
- Mistar
- Benang
- Jangka Sorong
- *Current meter*
- *Stop Wacth*
- *Point gauge*

b. Bahan.

* Butiran (sedimen) campuran yang terdiri dari 2 material :

- Pasir Muntilan
- Pasir halus (latri) kali Banjir Kanal Barat.

c. Bahan pendukung

- Papan kayu sebagai alas pembuatan model saluran
- Plastik sebagai bahan kedap air
- Krib dari besi stainless

3.4 Konfigurasi Pemasangan Krib

Untuk mencapai sasaran yang diinginkan dalam penelitian ini yaitu mengetahui besarnya gerusan yang terjadi pada belokan, dan mengkaji efektifitas bangunan krib yang dipasang pada belokan sungai, maka dilakukan running dengan 2 (dua) tahap yaitu:

- Running sebelum dipasang krib, untuk mengetahui besarnya gerusan pada dasar dan tebing saluran pada tikungan luar (konfigurasi K0)
- Running dengan konfigurasi pemasangan krib, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap gerusan pada tikungan, sebagai bahan kajian lebih lanjut.

Running dilakukan dalam 3 (tiga) variasi besaran debit aliran (Q), dimana penentuan besaran debit aliran ini akan sangat tergantung dari kapasitas saluran dan kapasitas pompa yang tersedia.

Penempatan bangunan krib diatur dengan beberapa konfigurasi pada masing-masing belokan, dimana pada masing-masing belokan terdapat 2 macam cara pemasangan krib yaitu :

- Pemasangan krib tegak lurus tebing dengan $\alpha = 90^0$
- Pemasangan krib miring terhadap tebing dengan $\alpha = 60^0$

Pada setiap running terjadi 2 kali konfigurasi yaitu konfigurasi krib pada $R_c = 80$ cm dan konfigurasi krib pada $R_c = 105$ cm. Variasi pemasangan krib terdapat 3 kali yaitu pemasangan dengan jumlah krib 5 buah, 6 buah, dan krib 7 buah, sehingga jumlah konfigurasi pemasangan krib selama percobaan ada 12 kali yaitu :

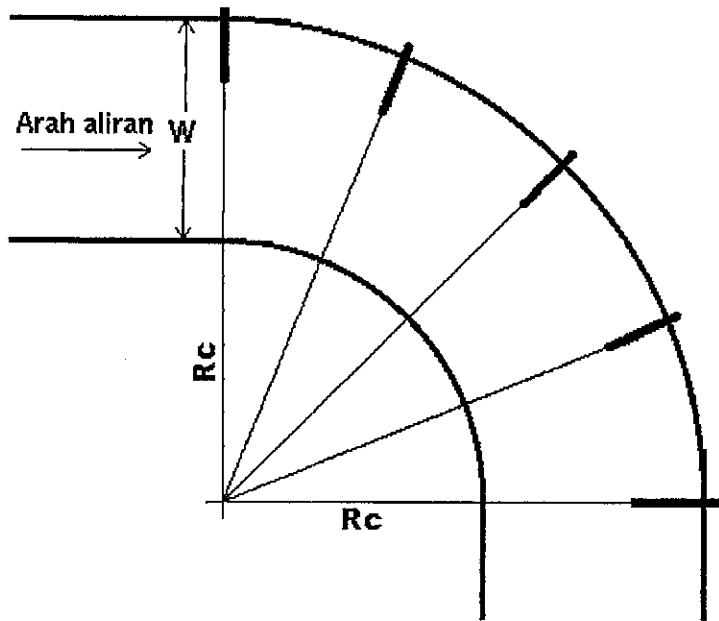
Konfigurasi pada tikungan $R_c = 80$ cm

- Konfigurasi 5 buah krib dengan pemasangan tegak lurus
- Konfigurasi 6 buah krib dengan pemasangan tegak lurus
- Konfigurasi 7 buah krib dengan pemasangan tegak lurus
- Konfigurasi 5 buah krib dengan pemasangan miring
- Konfigurasi 6 buah krib dengan pemasangan miring
- Konfigurasi 7 buah krib dengan pemasangan miring

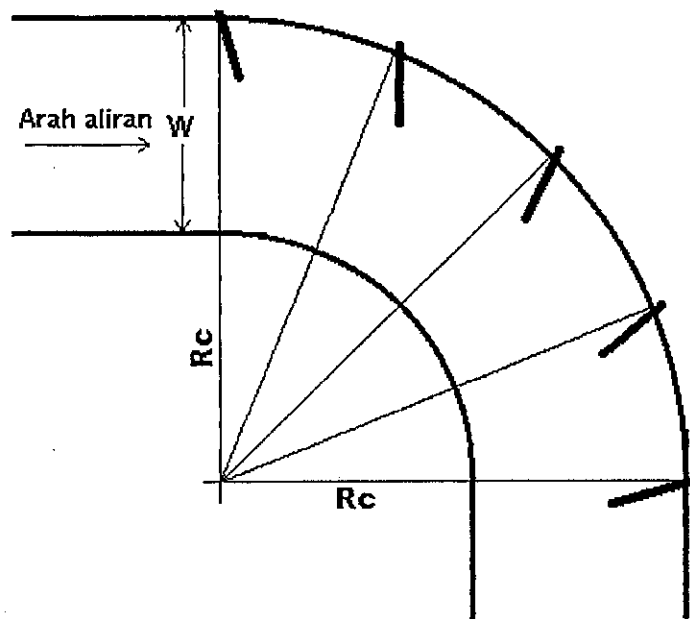
Konfigurasi pada tikungan $R_c = 105$ cm

- Konfigurasi 5 buah krib dengan pemasangan tegak lurus
- Konfigurasi 6 buah krib dengan pemasangan tegak lurus
- Konfigurasi 7 buah krib dengan pemasangan tegak lurus
- Konfigurasi 5 buah krib dengan pemasangan miring
- Konfigurasi 6 buah krib dengan pemasangan miring
- Konfigurasi 7 buah krib dengan pemasangan miring

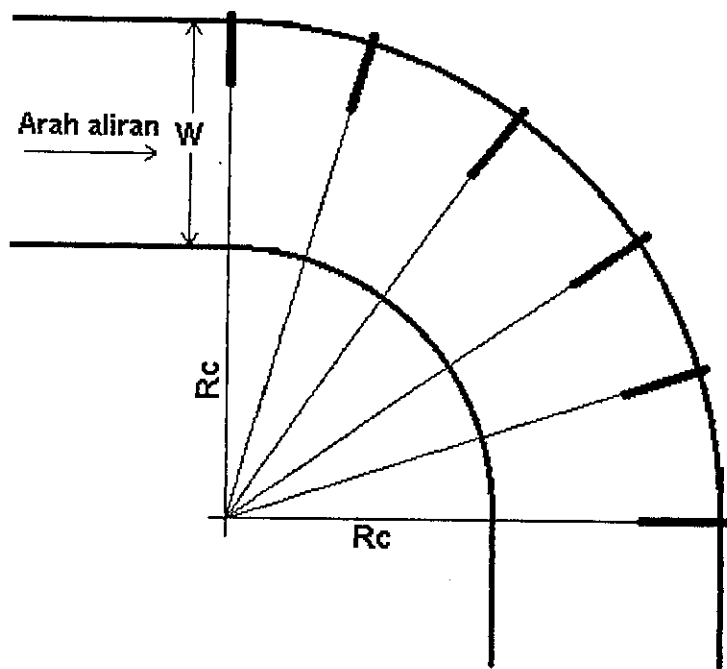
Konfigurasi pemasangan krib dapat dilihat pada Gambar : 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, dan 3.9 dibawah ini :



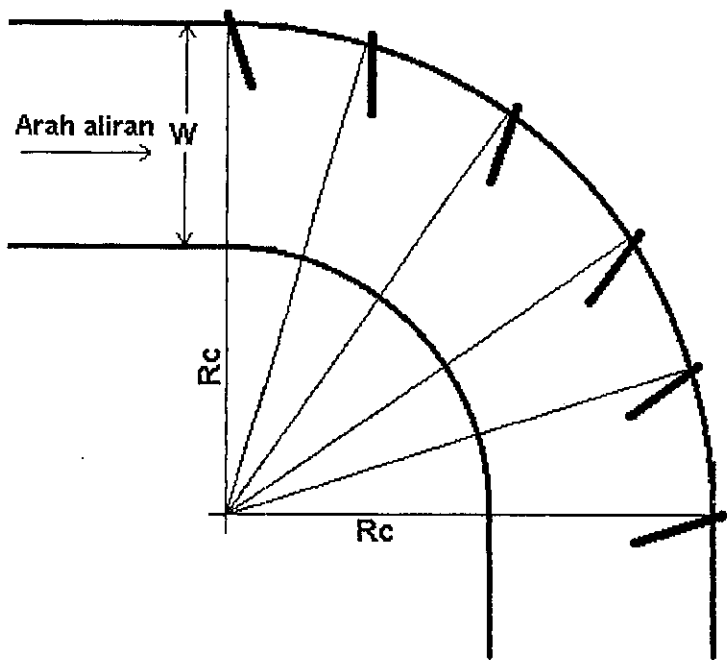
Gambar 3.4. Konfigurasi dengan 5 buah krib $\alpha : 90^\circ$



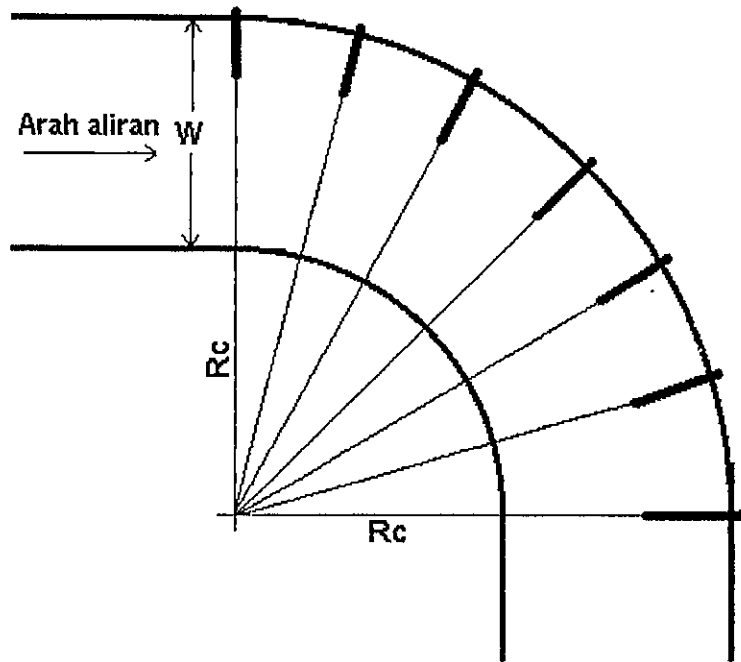
Gambar 3.5. Konfigurasi dengan 5 buah krib $\alpha : 60^\circ$



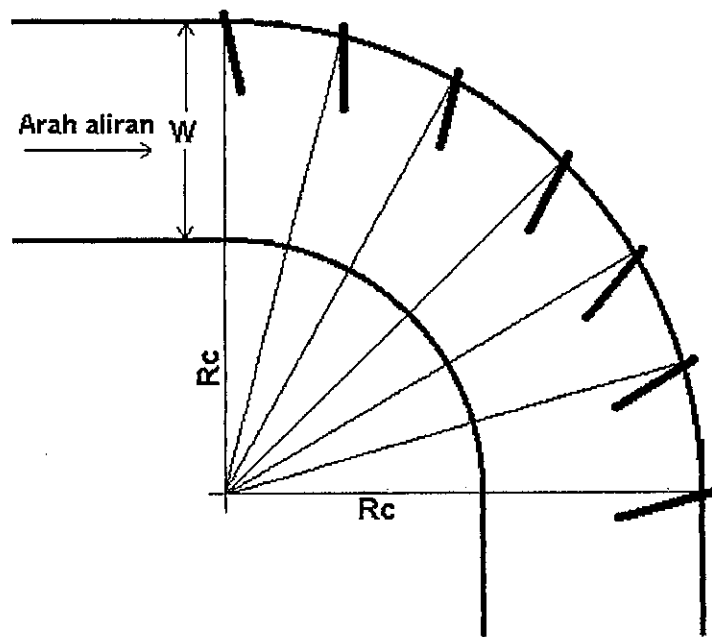
Gambar 3.6. Konfigurasi dengan 6 buah krib $\alpha : 90^\circ$



Gambar 3.7. Konfigurasi dengan 6 krib $\alpha : 60^\circ$



Gambar 3.8. Konfigurasi dengan 7 krib $\alpha : 90^{\circ}$

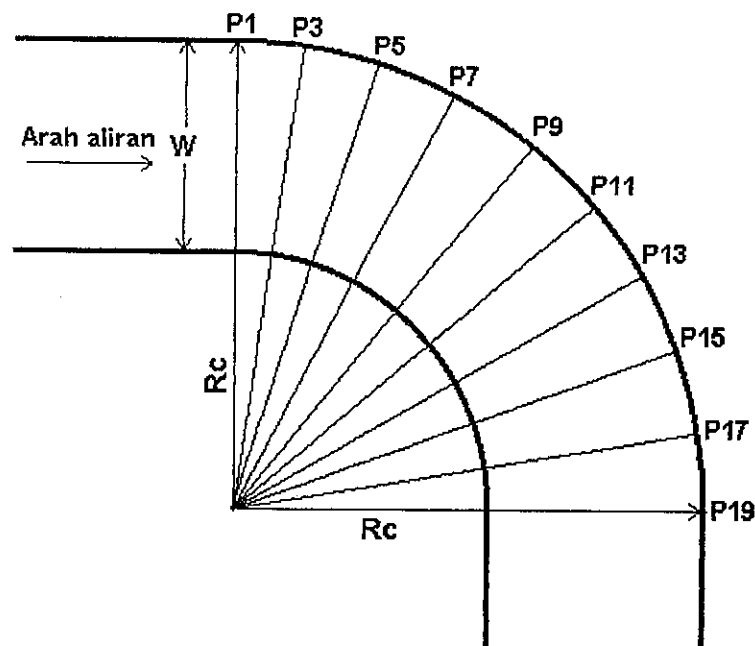


Gambar 3.9. Konfigurasi dengan 7 krib $\alpha : 60^{\circ}$

3.5. Penentuan Konfigurasi Dasar Saluran

Konfigurasi dasar saluran / sungai ditentukan setelah dilaksanakan running dengan beberapa model krib. Pengamatan dilakukan setelah saluran dikosongkan dari air. Konfigurasi dasar saluran ditentukan dengan mengukur kedalaman dasar saluran pada daerah pengamatan dengan menggunakan " *point gauge* " .

Titik-titik pengamatan berupa profil pengamatan yang hasilnya dapat digambarkan dalam satu bidang kontur ketinggian (konfigurasi) dasar saluran. Profil pengukuran gerusan seperti terlihat pada Gambar : 3.10



Gambar : 3.10. Profil pengukuran gerusan.

Keterangan gambar

- P1, P2, P3,P19 profil pengukuran dengan sudut terhadap garis datar adalah 90, 85, 80,.....0 derajat.
- Kedalaman kontur diukur dari ketinggian referensi (H referensi)
- Titik-titik pengukuran berjarak P (cm) terhadap pusat jari-jari lingkaran Rc

3.6. Pencatatan Data

Hal yang penting dalam setiap penelitian adalah pencatatan data. Pada dasarnya yang diambil adalah data yang akan digunakan sebagai parameter dalam analisa. Pencatatan data dilakukan pada setiap kondisi, yaitu data kondisi awal sebelum *running*, data pada saat *running*, dan data setelah dilakukan *running*.

a) Data sebelum *running* antara lain :

- Konfigurasi awal dari dasar saluran. Pengukuran dilakukan melalui profil pengukuran (Gambar 3.10). Ketinggian dasar saluran diukur dengan menggunakan *point gauge*.

b) Data saat *running* yang perlu dicatat adalah :

- Debit air (Q), diukur dengan menggunakan pengukur debit Thomson, dengan rumus debit :

$$Q = (8/15) * C_d * H^{2.5} * \sqrt{2 * g}$$

dimana :

Q : debit aliran (m^3/dt)

C_d : koefisien Thompson (tanpa dimensi)

G : grafitasi bumi (m/dt^2)

H : kedalaman air pada bak pengukur debit (m)

- Ketinggian air h (cm) diukur dengan *point gauge*
- Kecepatan aliran v (cm^3/det), diukur dengan *current meter*
- Waktu *running* t (menit), diukur dengan menggunakan stop watch

c) Data setelah *running* :

Adalah perubahan yang terjadi setelah dilaksanakan *running*, dengan terlebih dahulu mengosongkan saluran percobaan dari air.

- Perubahan konfigurasi dasar saluran, dengan mengukur ketinggian dasar melalui profil pengukuran dan diukur dengan *point gauge*

3.7. Analisa Data

Dari data lapangan / laboratorium kemudian diolah sebagai bahan analisa terhadap hasil kajian ini, sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang

diolah adalah data yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisa hasil penelitian, antara lain :

- data debit running ($Q \text{ cm}^3/\text{det}$)
- data kecepatan aliran ($v \text{ cm}/\text{det}$)
- data konfigurasi krib (jarak antar krib)
- data kedalaman gerusan (cm)

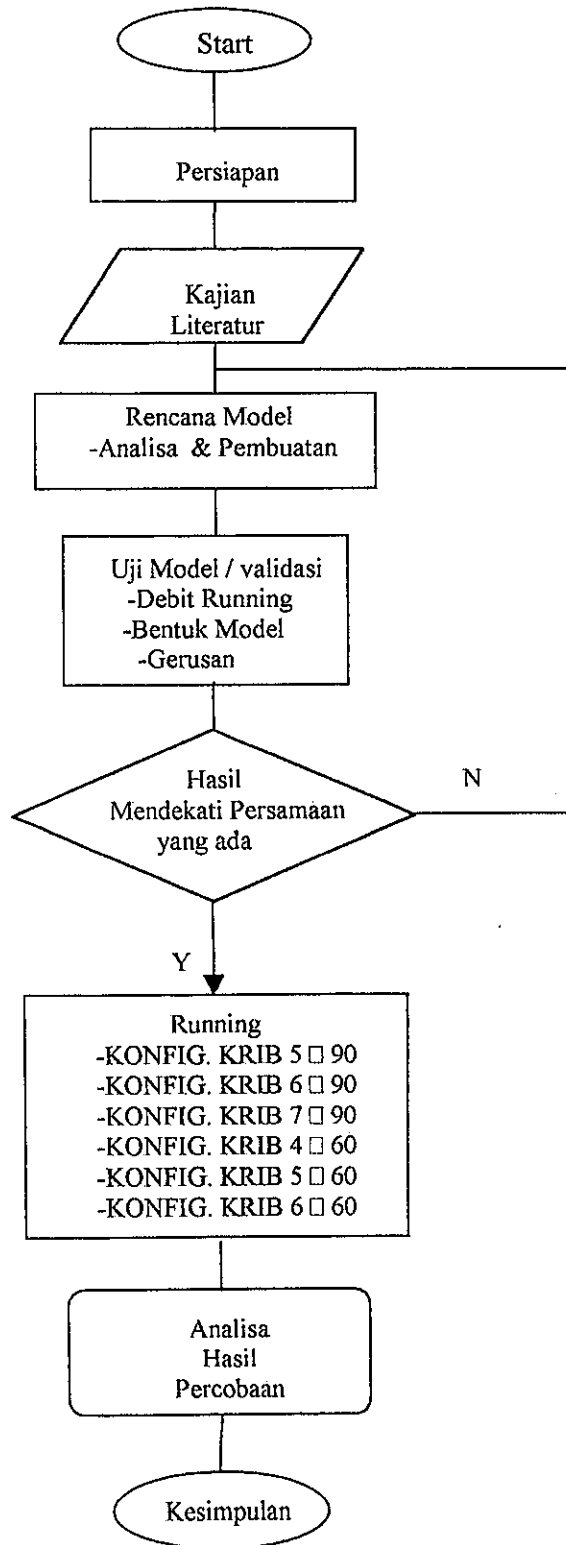
Analisa Gerusan

Untuk menganalisa gerusan yang terjadi, yaitu dengan metode statistik dari data gerusan. Dengan menggunakan regresi linier akan diperoleh hubungan antara parameter-parameter yang diukur, yaitu antara gerusan yang terjadi dengan debit aliran atau ketinggian aliran dan jarak antar krib.

Analisa terhadap Efektifitas Bangunan Krib

Untuk mengetahui efektifitas bangunan krib terhadap fungsinya sebagai penahan gerusan, yaitu dengan memperbandingkan gerusan yang terjadi pada running sebelum terpasang krib dengan gerusan yang terjadi setelah konfigurasi pemasangan krib.

3.8. Diagram Alir Penelitian



BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Umum

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, pengujian model hidraulik dilakukan pada model saluran terbuka (flume) dengan belokan sebagai sasaran kajian. Pelaksanaan penelitian dengan mengacu pada rancangan yang telah diskenario, adalah untuk mendapatkan data sebagai bahan kajian / analisa.

Model fisik ini dimaksudkan untuk mempelajari dan mengetahui pola gerusan pada tikungan luar sungai, dan menentukan bangunan krib yang paling efektif dalam upaya memperbaiki alinemen pada tikungan sungai yang tergerus, dengan variasi penempatan krib dengan waktu dan debit tetap. Pengamatan elevasi muka air di titik pengamatan (krib) dilakukan secara manual.

Informasi gerusan pada tikungan yang diperoleh dari model hidraulik ini merupakan informasi gerusan rata-rata dari beberapa pengujian. Adapun secara umum urutan pelaksanaan pengujian adalah :

- a. Pembuatan model saluran
- b. Pengambilan data awal
- c. Kalibrasi alat ukur (pengukur debit Thompson)
- d. Verifikasi model
- e. Pelaksanaan pengujian
- f. Pengambilan data
- g. Analisis hasil pengukuran

4.2. Pembuatan Model

Model saluran dan krib dibuat sesuai dengan skema pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 Dimensi model disesuaikan dengan kondisi ruangan yang tersedia (Model dibuat pada ruangan tertutup di Laboratorium Pengaliran Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro)

Dimensi model saluran dan krib dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.1. Dimensi Saluran

No	Saluran	Model	Satuan
1	B (lebar saluran)	60	cm
2	H (tinggi tebing)	10	cm
3	Tinggi aliran h1	8,15	cm
	h2	7,74	cm
	h3	7,25	cm
4	Rc1 (jari-jari luar tikungan)	80 & 105	cm
5	Debit aliran Q1	12.855	cm ³ /dt
	Q2	8466	cm ³ /dt
	Q3	5126	cm ³ /dt
6	Kecepatan V1	8,25	cm/det
	V2	7,14	cm/det
	V3	6,05	cm/det
7	I (kemiringan saluran)	0.001	-
9	n (kemiringan lereng / t alud)	0,5	-
10	g (grafitasi)	981	cm/dt ²
11	t (waktu running)	60	mnt

Tabel. 4.2. Dimensi Krib

NO	PARAMETER	DIMENSI
1	Ukuran batang krib	0,30 x 0,30 cm
2	Jarak antar batang krib	1,00 cm
3	Panjang Krib	15 cm
4	Jarak krib (konfigurasi Rc1K5)	31,42 cm
5	Jarak krib (konfigurasi Rc1K6)	15,13 cm
6	Jarak krib (konfigurasi Rc1K7)	20,94 cm
7	Jarak krib (konfigurasi Rc2K5)	41,25 cm
8	Jarak krib (konfigurasi Rc2K6)	33,00 cm
9	Jarak krib (konfigurasi Rc2K7)	27,50 cm

4.3. Kalibrasi Pengukur Debit (Thompson)

Kalibrasi dilakukan terhadap alat ukur debit thompson dimaksudkan untuk menentukan koefisien debit C_d , berdasarkan rumus debit :

$$Q = (8/15) * C_d * H^{2.5} * (2 * g)^{0.5}$$

Pada prinsipnya untuk menentukan nilai C_d dari persamaan diatas harus diketahui nilai H untuk suatu debit Q . Agar C_d didapat lebih teliti, maka menentukan nilai C_d dilakukan beberapa kali, untuk nilai Q dan H yang berbeda.

Dari hasil kalibrasi menunjukan bahwa variasi nilai C_d untuk beberapa kali pembacaan adalah cukup kecil, dan perbedaan yang terjadi kemungkinan disebabkan karena kesalahan / ketidakteelitian dalam pembacaan. Hasil koefisien debit rata-rata alat ukur debit Thompson yang digunakan dalam penelitian ini adalah $C_d = 0,893$ (Lampiran: A. 3)

4.4. Debit aliran (Q)

Dimensi model dan kemampuan pompa menentukan debit maksimum yang dapat dialirkan. Debit maksimum yang dapat dialirkan pada model tercapai pada ketinggian Thompson $h_T = 13$ cm. Dalam hal ini dipakai 3 (tiga) besaran debit yang diukur dari ketinggian Thompson (h_T) sebagai berikut :

$$Q = (8/15) * C_d * H^{2.5} * (2 * g)^{0.5}$$

$$h_{T1} = 13 \text{ cm} \longrightarrow Q_1 = 12855 \text{ cm}^3/\text{det}$$

$$h_{T2} = 11 \text{ cm} \longrightarrow Q_2 = 8466 \text{ cm}^3/\text{det}$$

$$h_{T3} = 9 \text{ cm} \longrightarrow Q_3 = 5126 \text{ cm}^3/\text{det}$$

4.5. Kedalaman aliran

Kalibrasi terhadap kedalaman aliran (y) dilakukan guna mendapatkan kedalaman aliran. Dimana kedalaman aliran diukur pada saat running tanpa konfigurasi pemasangan krib yaitu kedalaman aliran rerata yang terjadi diukur pada tengah saluran. Pengukuran kedalaman aliran dengan menggunakan alat ukur

berupa *point gouge* . Kedalaman aliran rata-rata pada debit $Q = 12855 \text{ cm}^3/\text{dt}$ adalah $y = 7,74 \text{ cm}$. (Tabel 4.3).

Tabel : 4.3. Ketinggian aliran (H)

Rc	PROFIL	EL. SAL	EL M.A	H (cm)
80	P1	27,83	20,00	7,83
	P10	27,63	20,05	7,58
	P19	27,83	20,45	7,38
105	P1	28,88	21,10	7,78
	P10	29,10	21,10	8,00
	P19	29,32	21,45	7,87
				7,74

4.6. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran (v) adalah kecepatan aliran air yang terjadi pada saat dilakukan running dan diukur dengan alat pengukur kecepatan (*current meter laboratorium*). Pengukuran dengan *current meter* dilakukan pada penampang saluran lurus dan diukur di tiga posisi yaitu tepi kiri, tengah, dan tepi kanan saluran. Pada masing-masing pengukuran, *current meter* ditempatkan pada $0.6 H$ dari dasar saluran, untuk pengukuran dengan satu titik (Petunjuk praktikum Hidrolika, Laboratorium Pengaliran Undip). Dengan ketinggian air disaluran rata-rata $7,74 \text{ cm}$, *current meter* yang dipakai adalah dengan propeler yang terkecil yaitu propeler no. 6 – 44585 dengan formula kecepatan adalah $v = 0,1035 n + 0,021$

dimana : v = kecepatan air (m/det)

n = banyaknya putaran / detik

Kecepatan aliran merupakan kecepatan rata-rata dari tiga posisi pengukuran, dan didapat kecepatan $v = 8,25 \text{ cm/det}$ (Tabel 4.4)

Tabel : 4.4 Kecepatan aliran (v)

Rc	POSISI	n (dalam 60 det)	v cm/det
80	Kiri	37	7,48
	Tengah	38	7,66
	Kanan	32	6,62
105	Kiri	34	4,31
	Tengah	36	7,31
	Kanan	34	6,97
		35,67	7,15

4.7. Verifikasi Model Saluran

Guna mendapatkan model saluran yang mendekati benar maka model saluran tersebut perlu diverifikasi. Verifikasi dititik beratkan pada pengamatan dan pengukuran gerusan dasar pada belokan saluran akibat adanya aliran air tanpa pemasangan krib.

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan besarnya gerusan dasar pada belokan saluran hasil penelitian dengan persamaan gerusan pada tikungan yang ada (persamaan 2.4 dari Apmant dan persamaan 2.5 dari Alvares). Formula gerusan adalah perkiraan maksimal gerusan yang terjadi pada tikungan, sehingga apabila gerusan hasil laboratorium < dari perhitungan maka saluran tersebut dianggap mendekati kebenaran. Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 adalah batasan batasan gerusan saluran.

Tabel 4.5 Gerusan menurut Apmant (1972)

W	b	h	Rc	Koef n	A	Dmnc	Dmxb	Gerusan
66	60	6,5	80	2,5	205	3,10	8,28	1,97 cm
66	60	6,5	105	2,5	205	3,10	8,15	2,15 cm

Tabel 4.6 Gerusan menurut Alvares (1977)

W	b	h	Rc	A	W/Rc	e	Dmnc	Dmxb	Gerusan
66	60	6,5	80	205	0,83	3,00	3,11	7,97	2,28 cm
66	60	6,5	105	205	0,63	2,50	3,11	7,81	1,81 cm

Percobaan dilakukan dengan variasi campuran bahan dasar pembentuk saluran. Dari 3 kali percobaan campuran material dasar, maka ditentukan campuran bahan pembentuk material dasar yaitu campuran pasir Muntilan : pasir halus dari Kali Banjir Kanal Barat yang berupa latri adalah 1 : 3 dan lolos saringan 1 mm. Tabel 4.7 menunjukkan hasil percobaan campuran tersebut.

Tabel : 4.7. Percobaan Campuran Material Dasar Saluran.

No percobaan	Campuran pasir		Gerusan terjadi	Keterangan
	Muntilan	Latri		
1	1	0	-	Saluran tidak bisa dibentuk
2	1	2	2,50 - 3,5 cm	Gerusan masih besar / saluran mudah longsor.
3	1	3	1,50 cm	Gerusan memenuhi syarat / saluran mudah dibentuk

Dari analisa butiran (grain size analysis) dengan campuran 1 pasir : 3 latri diperoleh komposisi butiran dan kurva butiran sebagai berikut :

Tabel : 4.8. Komposisi butiran

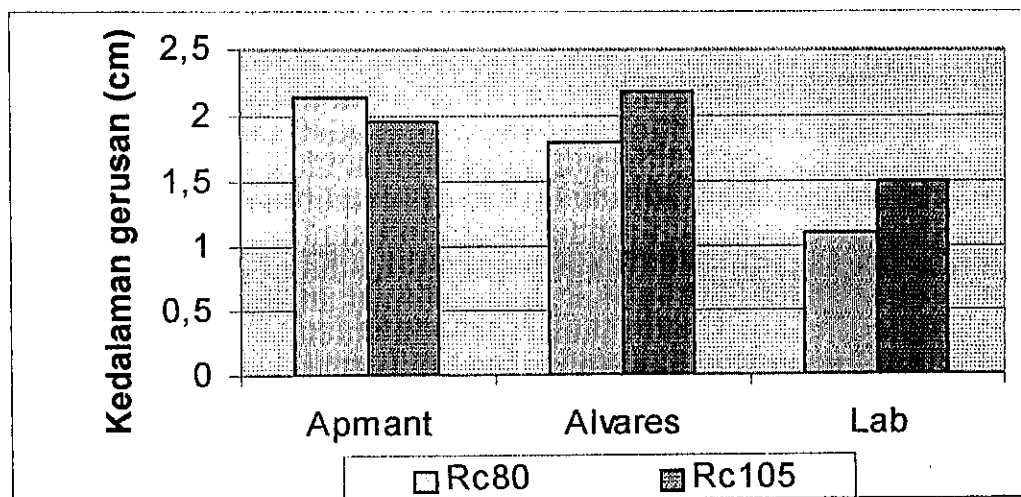
Jenis butiran	Diameter (mm)	Komposisi (%)	Kumulatif (%)
Gravel	2,00 - 10,00	-	-
Sand	0,06 - 2,00	10,5	100
Silt	0,002 - 0,06	79,3	69,5
Clay	0,0001 - 0,002	10,2	10,2

Hasil pengukuran kedalaman gerusan pada saluran dengan campuran 1 bagian pasir Muntilan dan 2 bagian latri, pada tikungan dengan R50 (Rc80) sebesar 1,10 cm < dari hasil perhitungan sebesar 1,80 cm, dan pada tikungan dengan R75 (Rc105) sebesar 1,5 cm < dari hasil perhitungan sebesar 1,91 cm. Hasil perhitungan gerusan yang merupakan hasil ferifikasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.9 Perbandingan gerusan

Rc	Hasil perhitungan		Hasil Laboratorium
	Apmant	Alvares	
80	2,15 cm	1,81 cm	1,10 cm
105	1,97 cm	2,28 cm	1,50 cm

Gambar 4.2. Grafik perbandingan kedalaman gerusan



4.8. Running

Proses running dilaksanakan dengan mengalirkan air kesaluran model (Gambar 3.1) dengan menggunakan pompa. Air dialirkan melalui saluran sirkulasi ke bak tampung, dan melewati alat ukur debit Thompson kemudian ke saluran pengamatan. Running dilakukan untuk memperoleh data dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Debit yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah
 $Q_1 = 12.855 \text{ cm}^3/\text{dt}$
 $Q_2 = .8485 \text{ cm}^3/\text{dt}$
 $Q_3 = 5126 \text{ cm}^3/\text{dt}$
- b. Lama pengaliran (*running*) : waktu yang digunakan selama pengujian
 $T = 60$ menit.
- c. Krib diletakkan sepanjang belokan saluran masing-masing pada belokan dengan $Rc_1 = 80 \text{ cm}$ dan $Rc_2 = 105 \text{ cm}$
- d. Variasi / konfigurasi pemasangan Krib seperti terlihat pada tabel 4.10 dibawah :

Tabel 4.10. Konfigurasi pemasangan krib

NO	KONFIGURASI	JML. KRIB (BH)	Rc (CM)	α
1	R1K0	0	80	90^0
2	R1K5a	5	80	90^0
3	R1K6a	6	80	90^0
4	R1K7a	7	80	90^0
5	R1K5b	5	80	60^0
6	R1K6b	6	80	60^0
7	R1K7b	7	80	60^0
8	R2K0	0	105	90^0
9	R2K5a	5	105	90^0
10	R2K6a	6	105	90^0
11	R2K7a	7	105	90^0
12	R2K5b	5	105	60^0
13	R2K6b	6	105	60^0
14	R2K7b	7	105	60^0

4.9. Pengambilan Data

Data konfigurasi dasar saluran merupakan data utama yang diperlukan, disamping data pendukung antara lain data kalibrasi Thompson, dan data kecepatan aliran saat running.

Sesuai Gambar : 3.10 dibuat tabel pengukuran data konfigurasi dasar saluran. Semua pengambilan data diukur secara manual saat running / setelah running selama 60 menit. Contoh pengambilan data pada Tabel 4.11, 4.12, 4.13 , dan 4.14

Tabel 4.11. Pengambilan data (Existing)

Rc	TITIK	SUDUT	H	P	HREF=37.5-H
80	P1				
	1	90	18,25	90	19,05
	2	90	18,71	80	18,59
	3	90	27,54	75	9,76
	4	90	27,6	50	9,7
	5	90	27,63	25	9,67
	6	90	18,7	20	18,6
	7	90	18,26	10	19,04
Rc	TITIK	SUDUT	H	P	HREF=39.3-H
105	P1				
	1	90	19,20	115	20,10
	2	90	19,31	105	19,99
	3	90	28,45	100	10,85
	4	90	28,71	75	10,59
	5	90	28,38	50	10,92
	6	90	19,08	45	20,22
	7	90	19,59	35	19,71

Tabel 4.12. Pengambilan data (Running Formasi K5a, $Q=12655 \text{ cm}^3/\text{dt}$)

Rc	TITIK	SUDUT	H	P	HREF=37.5-H
80	P1				
	1	90	18,25	90	19,05
	2	90	18,71	80	18,59
	3	90	27,54	75	9,76
	4	90	27,6	50	9,7
	5	90	27,63	25	9,67
	6	90	18,7	20	18,6
	7	90	18,26	10	19,04
Rc	TITIK	SUDUT	H	P	HREF=39.3-H
105	P1				
	1	0	19,20	115	20,10
	2	0	19,31	105	19,99
	3	0	22,97	103	16,33
	4	0	28,45	100	10,85
	5	0	28,50	95	10,80
	6	0	28,71	75	10,59
	7	0	28,38	50	10,92

Tabel : 4.13. Data kalibrasi Thompson

No Uji	Tinggi (cm)	Waktu (det)	Volume (ltr)	Debit (ltr / det)
1	9,6	1,9	12,00	6,316
2	9,6	2,0	12,26	6,13
3	9,6	2,0	12,00	6,00
4	9,6	2,6	13,16	5,62
5	9,6	2,0	12,10	6,05

Tabel : 4.14. Kecepatan aliran (jumlah putaran *current meter* / menit)

P	n (dalam 60 detik)		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	29	36	41
2	25	38	46
3	24	27	35

Catatan : Kelengkapan data dapat dilihat pada Lampiran B

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

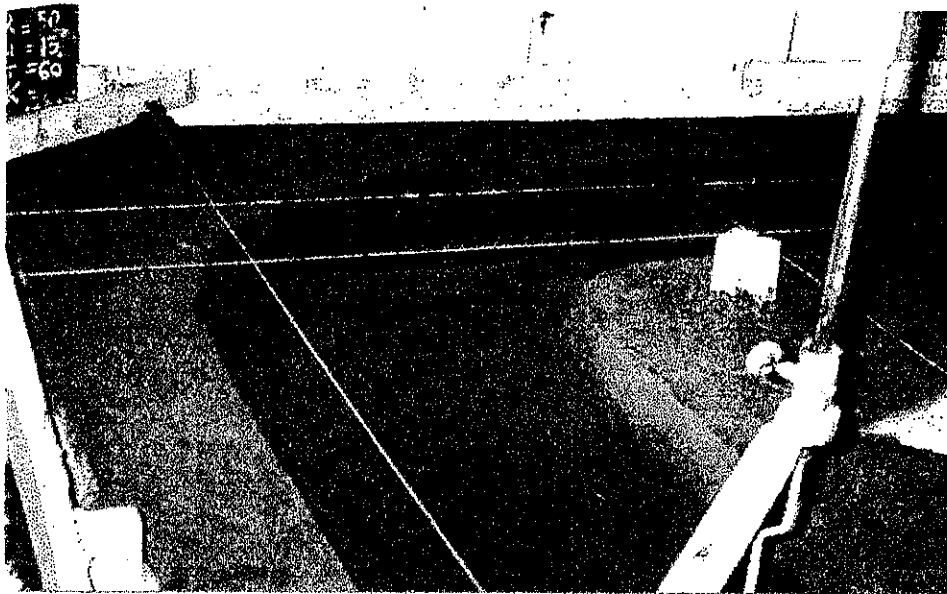
5.1. Analisis Hasil Penelitian

5.1.1. Umum

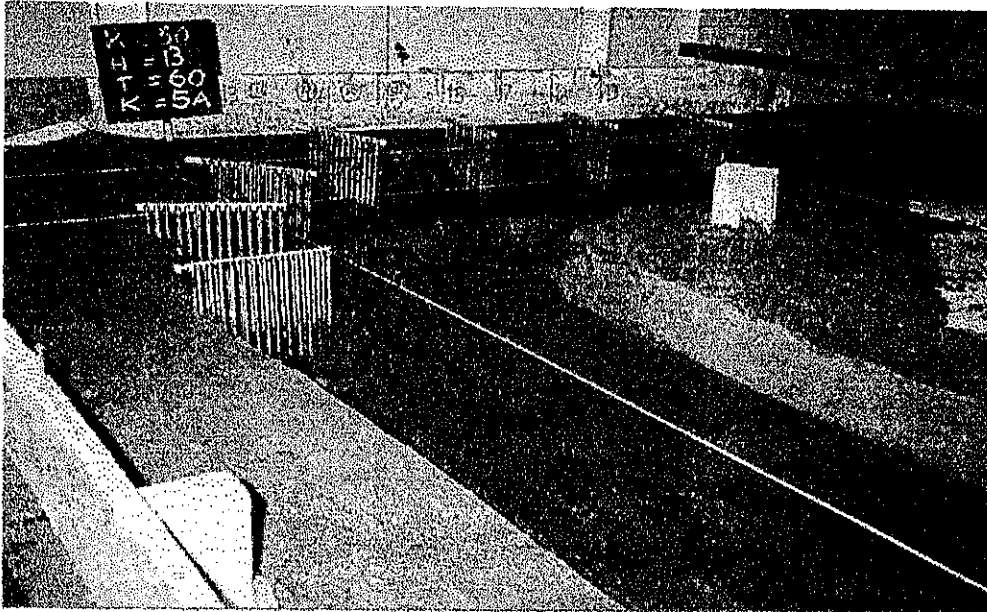
Seperti telah disebutkan pada bab-bab terdahulu bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perkiraan kedalaman gerusan pada tikungan saluran. Hasil yang disajikan dari penelitian ini adalah informasi tentang kedalaman gerusan hasil pengukuran.

5.1.2. Kedalaman gerusan

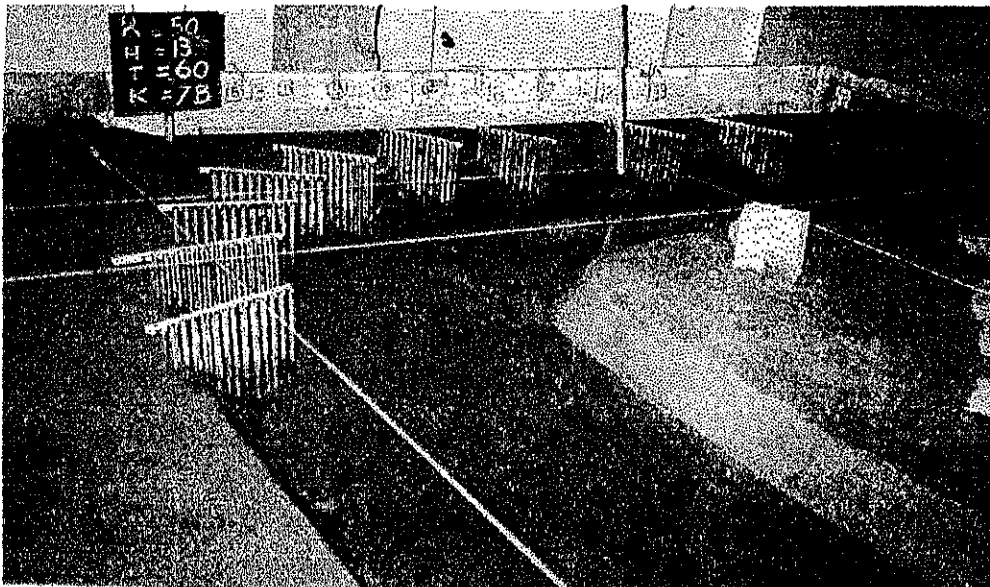
Gerusan yang terjadi akibat running, baik gerusan dasar maupun gerusan tebing saluran dapat dilihat pada Gambar 5.1 s/d Gambar 5.17 dan Tabel 5.1 s/d Tabel 5.12 dibawah. Gambar dan Tabel tersebut menunjukkan kondisi gerusan sebelum terpasang krib, maupun gerusan yang terjadi setelah pemasangan krib pada daerah pengamatan (tikungan saluran)



Gambar 5.1. Foto gerusan belokan saluran tanpa krib



Gambar 5.2. Foto gerusan belokan saluran terpasang krib $R_c = 80 \text{ cm}$, $\alpha : 90^\circ$



Gambar 5.3. Foto gerusan belokan saluran terpasang krib $R_c = 90 \text{ cm}$, $\alpha : 60^\circ$

Tabel 5.1.

Kedalaman gerusan Rc=80 cm, a = 60

P 1 (awal belokan)

x	y	Konfigurasi Krib				
		Awal	R1K0	R1K5b	R1K6b	R1K7b
5		16				
10		16				
12		16	16			
13		16	10,4	12,4	16	
14		16	8,5	10,1	12,05	
15		16	8	8,4	10,09	16
16		16	6,6	7,2	8,8	11,8
17,5		12	5,8	6,5	7,2	8,8
20,9		6	4,9	5,3	5,7	6,2
25		6	4,9	5,2	5,2	5,7
31		6	5,3	5,3	5,5	5,7
35		6	5,2	5,3	5,58	5,7
40		6	5,6	5,39	5,8	5,7
45		6	5,7	5,95	6	6
50		6	6	6		
55		6	6,08			
60		6	6,04			
65		6				
70		6				
75		6				
80		6				
85		16				
90		16				
95		16				

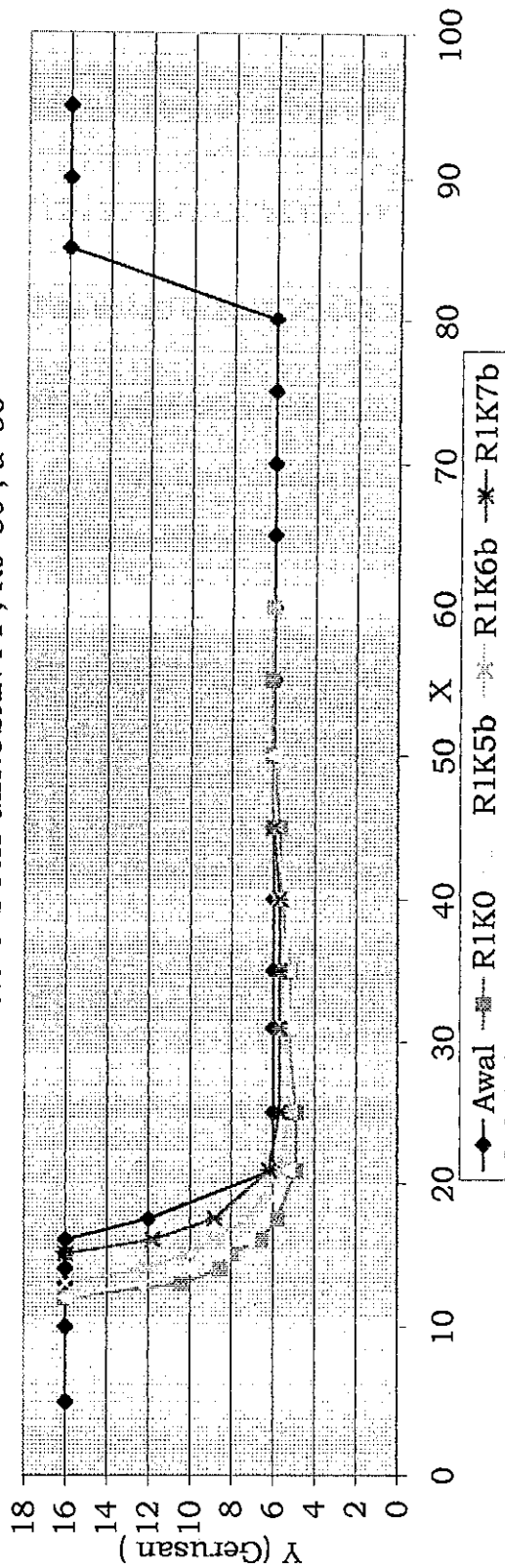
Tabel 5.2.

Kedalaman gerusan Rc=80 cm, a = 60

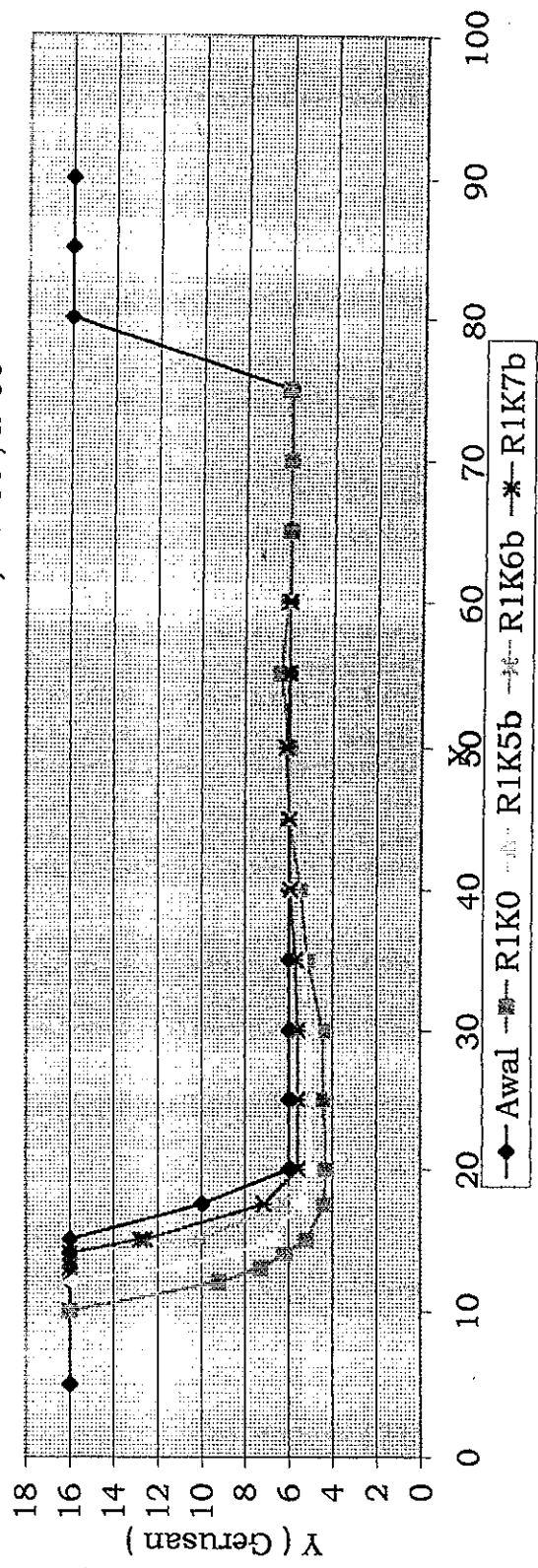
P 10 (tengah belokan)

x	y	Konfigurasi Krib				
		Awal	R1K0	R1K5b	R1K6b	R1K7b
5		16				
10		16	16			
12		16	9,2	16		
13		16	7,3	11,15		16
14		16	6,17	8,57	16	16
15		16	5,2	6,6	10,1	12,8
15		16	5,2	7	10,08	12,6
17,5		10	4,4	5,5	6,3	7,15
20		6	4,3	5,1	5,6	5,6
25		6	4,4	5,1	5,43	5,6
30		6	4,46	5	5,54	5,6
35		6	5,14	5,49	5,66	5,72
40		6	5,48	5,95	5,78	5,95
45		6	6	6	6	6
50		6	6			6,16
55		6	6,4			6
60		6	6,1			6
65		6	6			6
70		6	6			
75		6	6,1			
80		16				
85		16				
90		16				
90		16				

GAMBAR: 5.6 GRAFIK GERUSAN P1 ; Rc=80 ; a=60



GAMBAR: 5.7 GRAFIK GERUSAN P10 ; Rc=80 ; a=60



Tabel 5.3.

Kedalaman gerusan Rc=80 cm, a = 60

P 19 (akhir belokan)

x \ y	Konfigurasi Krib				
	Awal	RIK0	RIK5b	RIK6b	RIK7b
5	16				
10	16				
12	16	16	16	16	
13	16	8,4	12,4	12,4	
14	16	6,9	8,4	11	16
15	16	6	7,66	8,9	12,07
15	16	5,93	7,6	8,84	11,93
17,5	10	5,01	5,69	6,4	7,2
20	6	4,62	5,3	5,5	5,74
25	6	4,29	4,91	5,2	5,3
30	6	4,6	5,1	5,4	5,3
35	6	4,8	5,2	5,5	5,6
40	6	5,1	5,27	5,8	5,7
45	6	5,67	5,95	6	6
50	6	6	6	6	6
55	6	6			
60	6	6,09			
65	6	6,09			
70	6	6,09			
75	6	6,3			
80	6	6,2			
85	16				
90	16				
95	16				

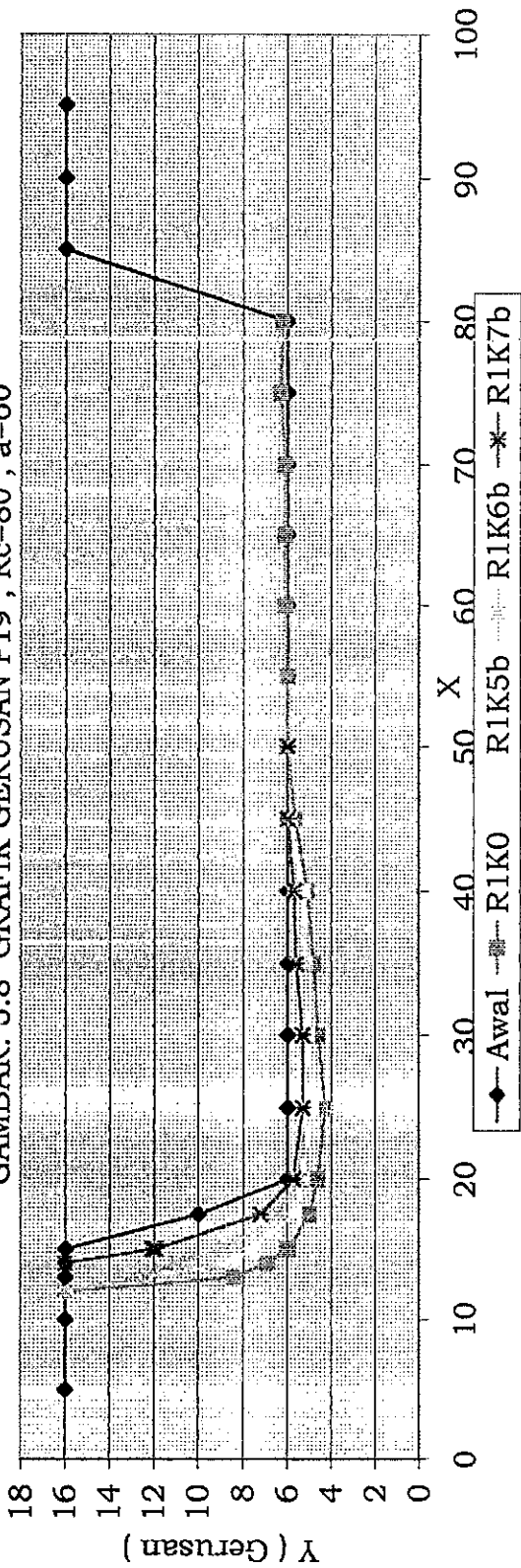
Tabel 5.4.

Kedalaman gerusan Rc=80 cm, a = 90

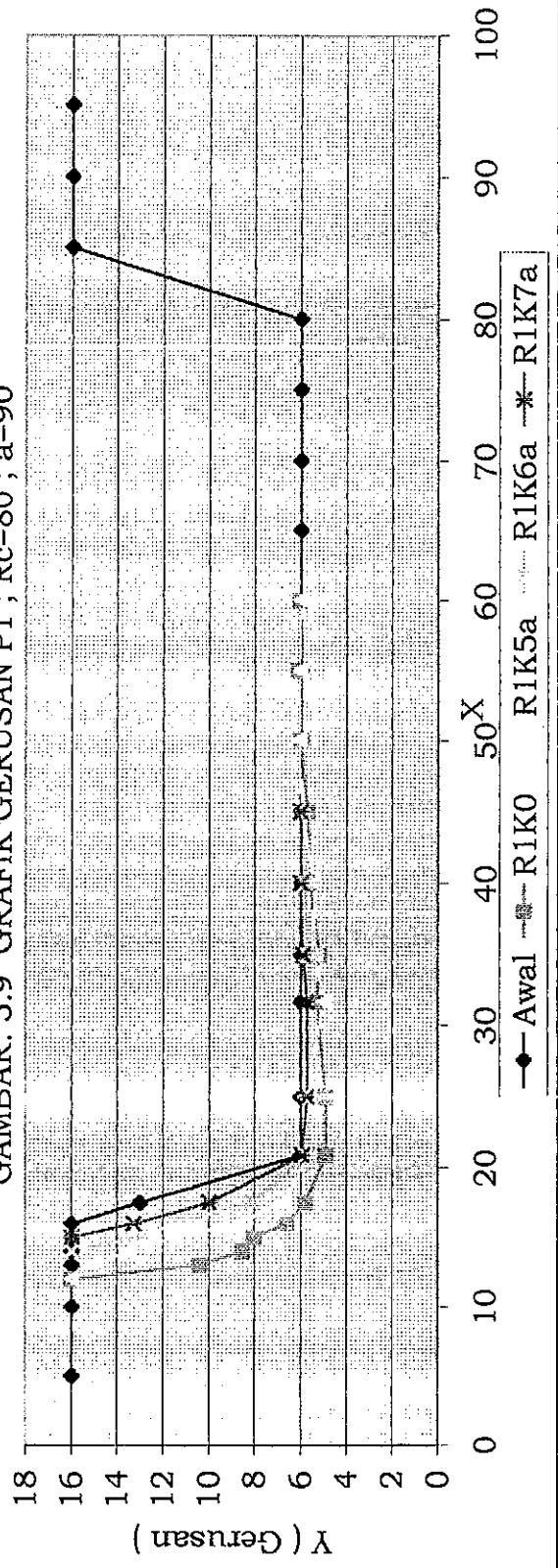
P 1 (awal belokan)

x \ y	Konfigurasi Krib					
	Awal	RIK0	RIK5a	RIK6a	RIK7a	
5	16					
10	16					
12	16	16	16			
13	16	10,4	15			
14	16	8,5	13,5	16		
15	16	8	11,5	13	16	
16	16	6,6	8,7	11,5	13,27	
17,5	13	5,8	6,8	8,1	10	
20,9	6	4,9	5,7	5,74	5,96	
25	6	4,9	5,8	5,7	5,73	
31,6	6	5,3	5	5,7	5,73	
35	6	5,2	5,35	5,69	5,91	
40	6	5,6	5,46	5,8	6	
45	6	5,7	5,95	6	6	
50	6	6	6,08			
55	6	6,08	6,04			
60	6	6,04	6			
65	6					
70	6					
75	6					
80	6					
85	16					
90	16					
95	16					

GAMBAR: 5.8 GRAFIK GERUSAN P19 ; Rc=80 ; a=60



GAMBAR: 5.9 GRAFIK GERUSAN P1 ; Rc=80 ; a=90



Tabel 5.5.

Kedalaman gerusan Rc=80 cm, a = 90

P 10 (tengah belokan)

y x		Konfigurasi Krib				
		Awal	RIK0	RIK5a	RIK6a	RIK7a
5	16					
10	16	16				
12	16	9,2	16			
13	16	7,3	16			
14	16	6,17	12	16	16	16
15	16	5,2	9,7	11,8	16	16
15	16	5,2	10,8	13,6	16	16
17,5	10	4,4	6	6,51	8,11	8,11
20	6	4,3	5,22	5,7	5,83	5,83
25	6	4,4	4,97	5,58	5,83	5,83
30	6	4,46	5,2	5,73	5,82	5,82
35	6	5,14	5,67	5,78	5,88	5,88
40	6	5,48	5,94	5,95	6,03	6,03
45	6	6	6	6	6,2	6,2
50	6	6	6	6	6,24	6,24
55	6	6,4	6	6	6	6
60	6	6,1	6	6		
65	6	6	6	6		
70	6	6	6	6		
75	6	6	6	6		
80	16	16	16	16	16	16
85	16	16	16	16	16	16
90	16	16	16	16	16	16
90	16	16	16	16	16	16

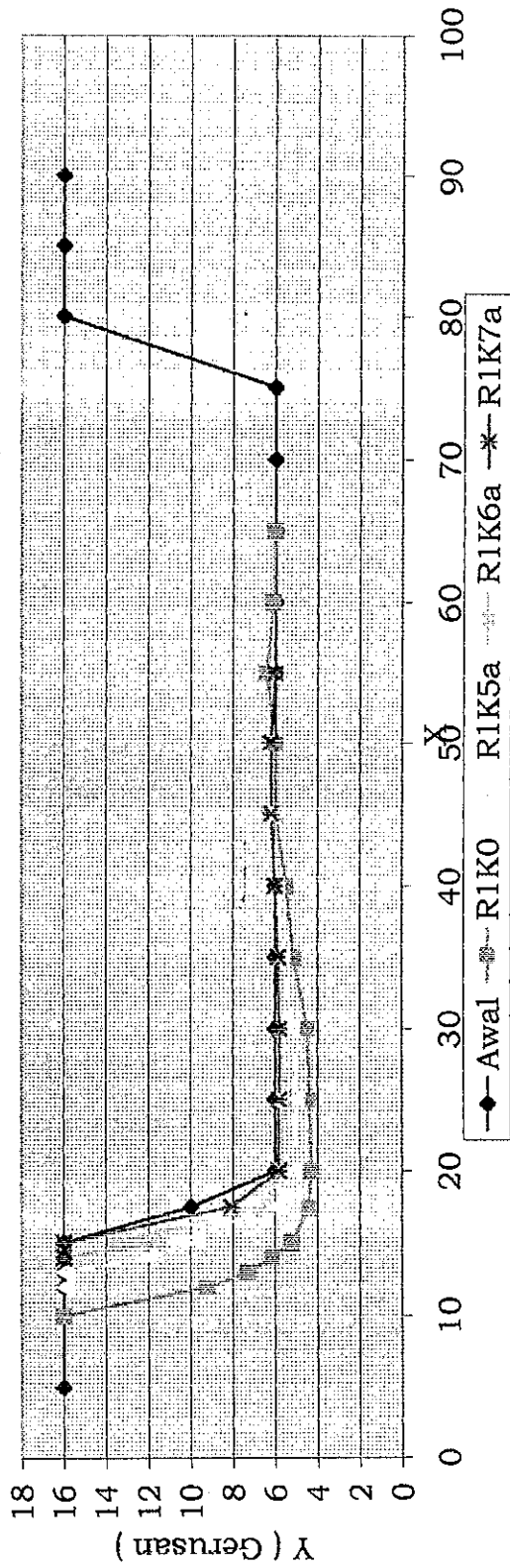
Tabel 5.6.

Kedalaman gerusan Rc=80 cm, a = 90

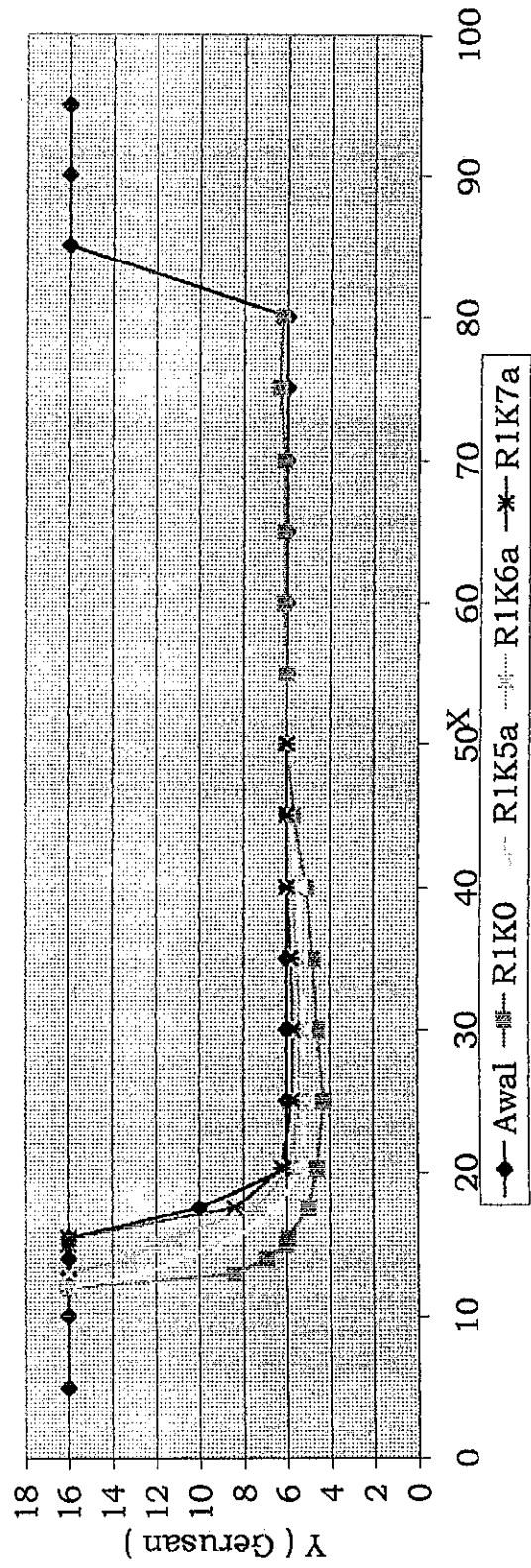
P 19 (akhir belokan)

y x		Konfigurasi Krib				
		Awal	RIK0	RIK5a	RIK6a	RIK7a
5	16					
10	16					
12	16	16	16	16	16	16
13	16	8,4	8,4	12,6	16	16
14	16	6,9	6,9	10,67	13,2	16
15	16	6	6	9,36	12,26	16
15,4	16	5,93	5,93	8,4	11,2	16
17,5	10	5,01	5,01	6,4	7,39	8,4
20,3	6	4,62	4,62	5,4	5,87	6,2
25	6	4,29	4,29	5,1	5,4	5,74
30	6	4,6	4,6	5,2	5,4	5,69
35	6	4,8	4,8	5,4	5,5	5,8
40	6	5,1	5,1	5,41	5,8	6
45	6	5,67	5,67	5,95	6	6
50	6	6	6	6	6	6
55	6	6	6	6	6	6
60	6	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09
65	6	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09
70	6	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09
75	6	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
80	6	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
85	16	16	16	16	16	16
90	16	16	16	16	16	16
95	16	16	16	16	16	16

GAMBAR: 5.10 GRAFIK GERUSAN P10 ; Rc=80 ; a=90



GAMBAR: 5.11 GRAFIK GERUSAN P19 ; Rc=80 ; a=90



Tabel 5.7.

Kedalaman gerusan Rc=105 cm, a = 60

P 1 (awal belokan)

x	y	Konfigurasi Krib				
		Awal	R2K0	R2K5b	R2K6b	R2K7b
5		16				
10		16				
12		16	16	16	16	16
13		16	10,47	12,4	13,7	16
14		16	8	9,2	11	16
15,1		16	6,74	7,6	9,54	12,55
15		16	7,1	7,46	9,6	12,98
17,5		11	5,3	5,6	6,53	7,75
20		6	4,8	5,1	5,5	5,95
25		6	4,53	4,8	5,2	5,6
30		6	4,85	5	5,4	5,43
35		6	5,04	5,2	5,5	5,6
40		6	5,43	5,45	5,8	5,7
45		6	5,87	5,95	6	6
50		6	6	6		
55		6	5,94			
60		6				
65		6				
70		6				
75		6				
80		6				
85		16				
90		16				
95		16				

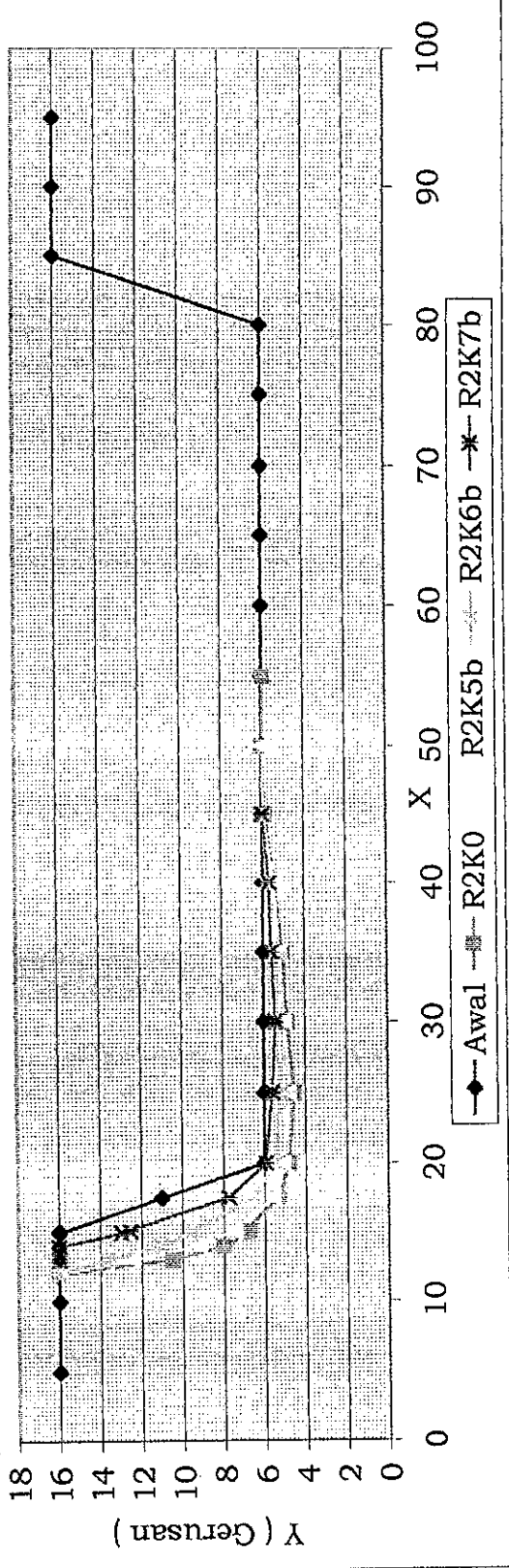
Tabel 5.8.

Kedalaman gerusan Rc=105 cm, a = 60

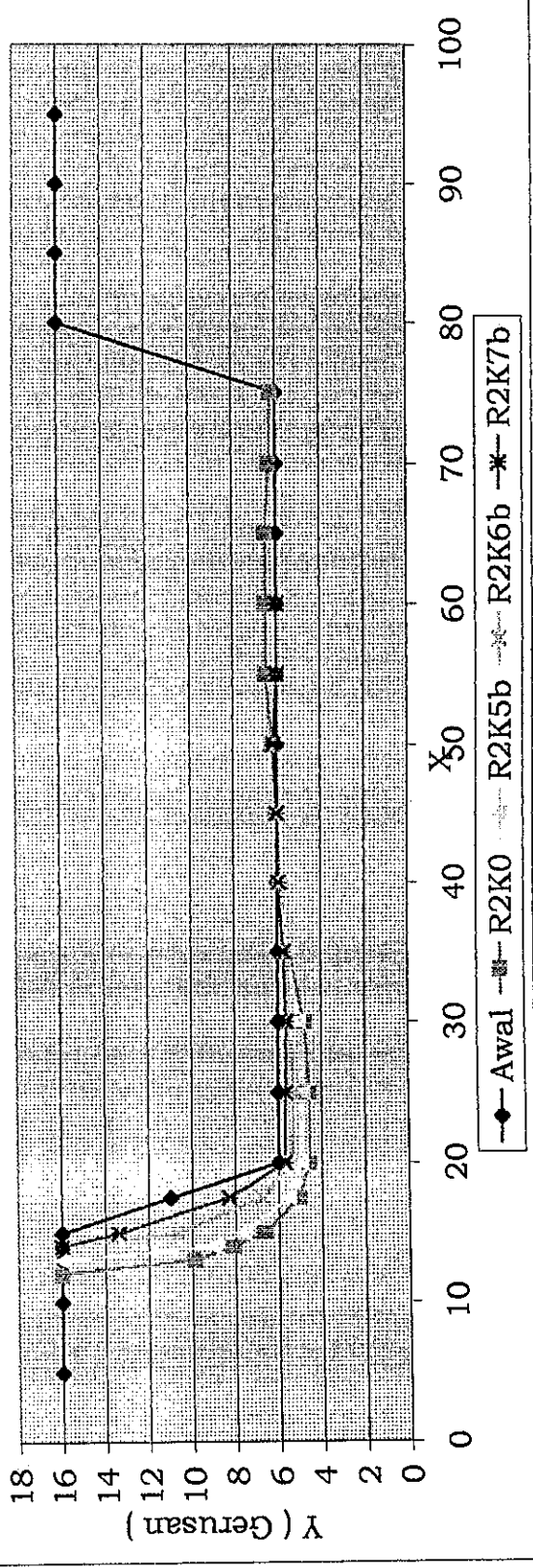
P 10 (tengah belokan)

x	y	Konfigurasi Krib				
		Awal	R2K0	R2K5b	R2K6b	R2K7b
5		16				
10		16				
12		16	16			
13		16	9,9	16		
14		16	8,11	9,03	16	16
15		16	6,71	7,68	10,7	13,38
15		16	6,63	7,6	10,7	13,38
17,5		11	5,05	5,53	6,74	8,29
20		6	4,58	4,97	5,4	5,71
25		6	4,58	4,89	5,26	5,67
30		6	4,77	5,05	5,54	5,62
35		6	5,51	5,49	5,66	5,72
40		6	5,88	5,95	5,91	5,95
45		6	6	6	6	6
50		6	6,2			6,16
55		6	6,5			6
60		6	6,5			6
65		6	6,5			
70		6	6,3			
75		6	6,2			
80		16				
85		16				
90		16				
95		16				

GAMBAR: 5.12 GRAFIK GERUSAN P1 ; Rc=105 ; a=60



GAMBAR: 5.13 GRAFIK GERUSAN P10 ; Rc=105 ; a=60



Tabel 5.9.

Kedalaman gerusan $R_c=105$ cm, $a = 60$

P 19 (akhir belokan)

x \ y	Konfigurasi Krib				
	Awal	R2K0	R2K5b	R2K6b	R2K7b
5	16				
10	16				
12	16	16	16	16	
13	16	10,17	12,4	14,19	
14	16	7,58	9,37	11,38	16
15	16	6,57	7,36	9,23	10,9
15	16	6,49	7,29	9,23	10,9
17,5	11	5,01	5,6	6,52	6,9
20	6	4,78	5,1	5,5	5,75
25	6	4,5	4,8	5,2	5,3
30	6	4,64	5	5,4	5,3
35	6	4,91	5,2	5,5	5,6
40	6	5,29	5,37	5,8	5,7
45	6	5,6	5,95	6	6
50	6	6,2	6	6	6
55	6	6,4			
60	6	6,42			
65	6	6,45			
70	6	6,5			
75	6	6,3			
80	6	6,2			
85	16				
90	16				
95	16				

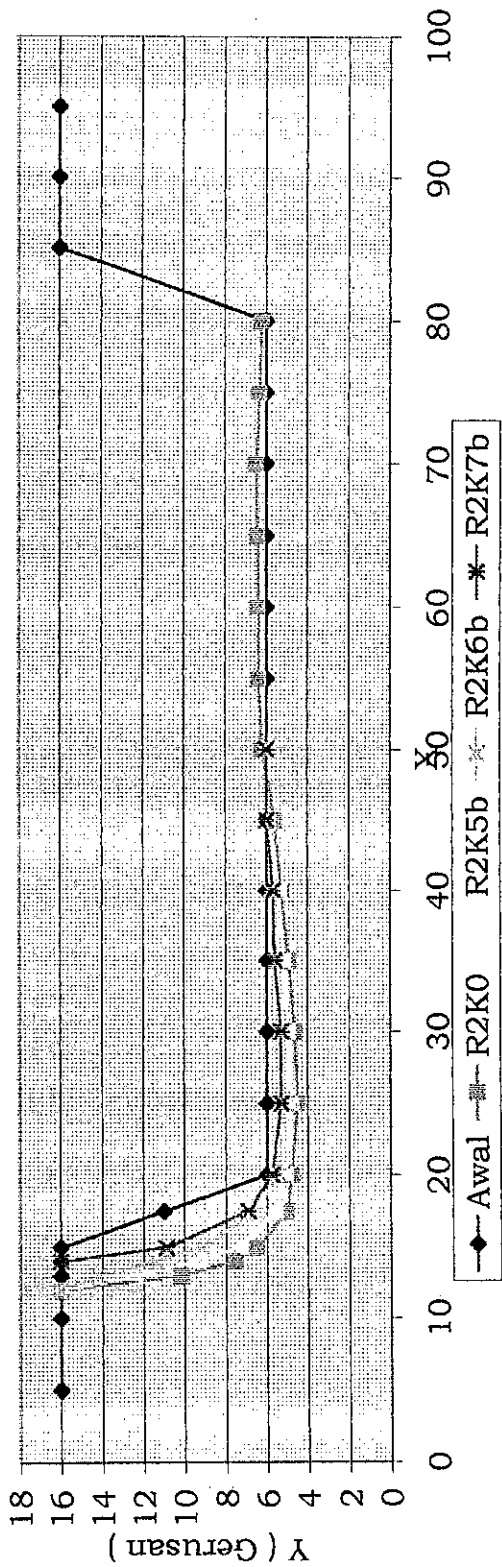
Tabel 5.10.

Kedalaman gerusan $R_c=105$ cm, $a = 90$

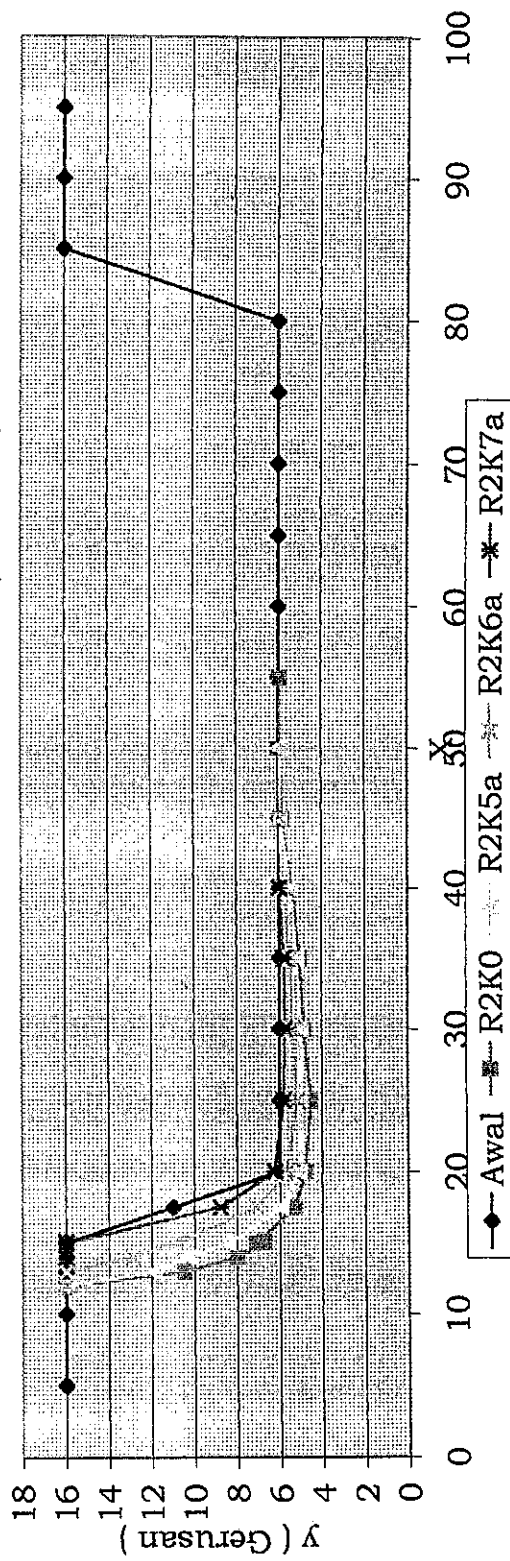
P 1 (awal belokan)

x \ y	Konfigurasi Krib					
	Awal	R2K0	R2K5a	R2K6a	R2K7a	
5	16					
10	16					
12	16	16	16	16		
13	16	10,47	11,87	16		
14	16	8	10,25	12,84	16	
15,1	16	6,74	8,4	10,9	16	
15	16	7,1	8,4	10,8	16	
17,5	11	5,3	5,95	7,1	8,8	
20	6	4,8	5,09	5,67	6,24	
25	6	4,53	5,02	5,2	5,81	
30	6	4,85	5	5,4	5,74	
35	6	5,04	5,2	5,5	5,8	
40	6	5,43	5,45	5,88	6	
45	6	5,87	5,95	6		
50	6	6	6			
55	6	5,94				
60	6					
65	6					
70	6					
75	6					
80	6					
85	16					
90	16					
95	16					

GRAFIK: 5.14 GERUSAN P19 ; Rc=105 ; a=60



GAMBAR: 5.15 GRAFIK GERUSAN P1 ; Rc=105 ; a=90



Tabel 5.11.

Kedalaman gerusan Rc=105 cm, a = 90

P 10 (awal belokan)

x	y	Konfigurasi Krib				
		Awal	R2K0	R2K5a	R2K6a	R2K7a
5		16				
10		16				
12		16	16	16		
13		16	9,9	16		
14		16	8,11	12,1	16	16
15		16	6,71	8,54	12,3	16
15		16	6,63	8,54	11,93	16
17,5		11	5,05	5,96	7,36	9
20		6	4,58	5,16	5,7	6,32
25		6	4,58	5,1	5,58	5,83
30		6	4,77	5,32	5,73	5,82
35		6	5,51	5,67	5,78	5,88
40		6	5,88	5,94	5,95	6,03
45		6	6	6	6	6,2
50		6	6,2	6,03	6,16	6,07
55		6	6,5	6	6	6
60		6	6,5	6	6	6
65		6	6,5			6
70		6	6,3			
75		6	6,2			
80		16				
85		16				
90		16				
95		16				

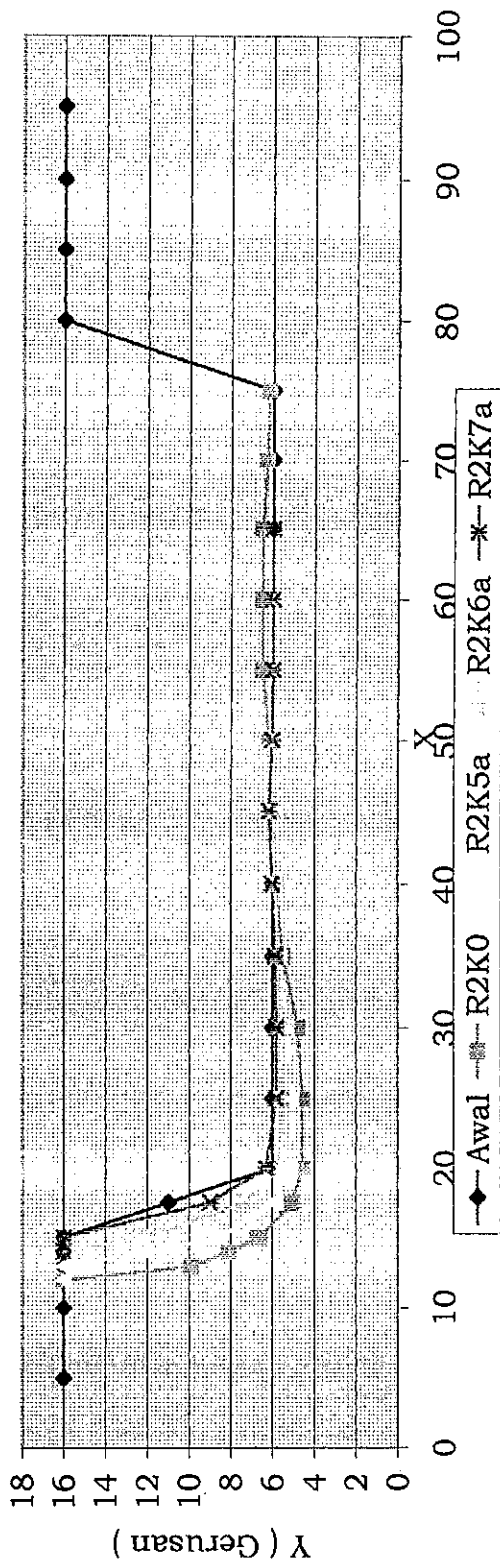
Tabel 5.12.

Kedalaman gerusan Rc=105 cm, a = 90

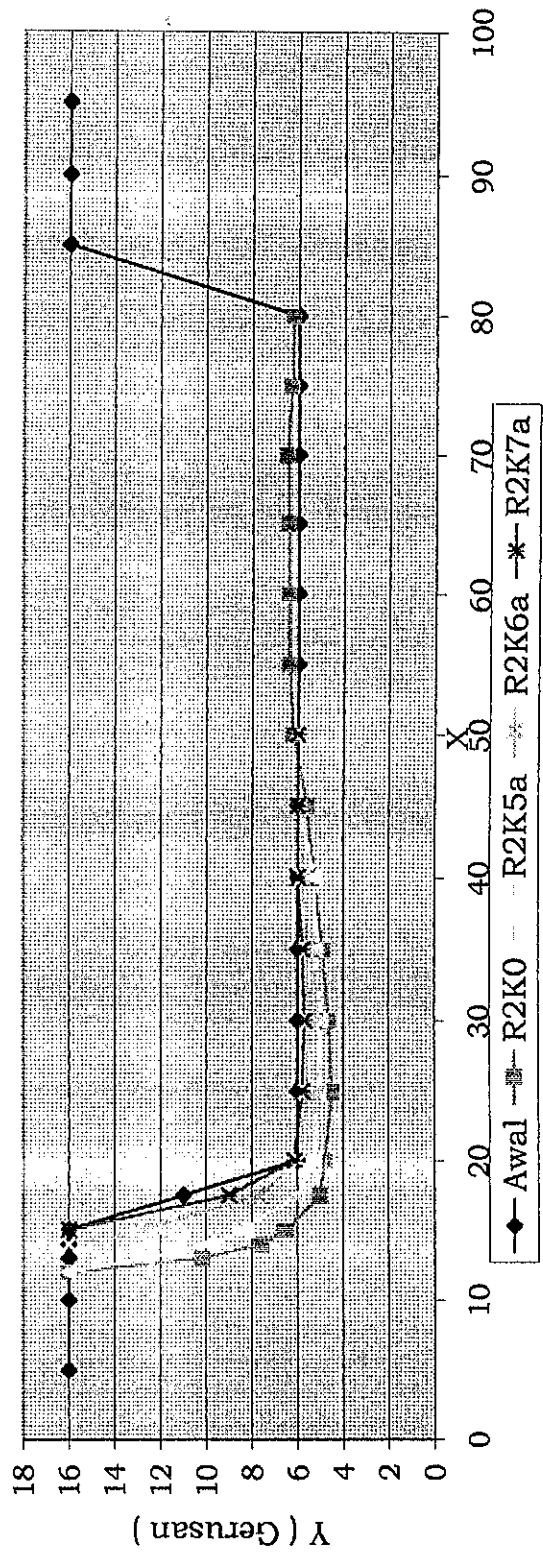
P 19 (akhir belokan)

x	y	Konfigurasi Krib				
		Awal	R2K0	R2K5a	R2K6a	R2K7a
5		16				
10		16				
12		16	16	16		
13		16	10,17	12,6		
14		16	7,58	9,9	16	16
15		16	6,57	8,3	12,1	16
15		16	6,49	8,5	12,85	16
17,5		11	5,01	5,96	7,67	9
20		6	4,78	5,29	5,92	6,15
25		6	4,5	5,09	5,6	5,79
30		6	4,64	5	5,51	5,69
35		6	4,91	5,2	5,6	5,8
40		6	5,29	5,27	5,8	6
45		6	5,6	5,95	6	6
50		6	6,2	6	6	6
55		6	6,4			
60		6	6,42			
65		6	6,45			
70		6	6,5			
75		6	6,3			
80		6	6,2			
85		16				
90		16				
95		16				

GAMBAR: 5.16 GRAFIK GERUSAN P10 ; Rc=105 ; a=90



GAMBAR: 5.19 GRAFIK GERUSAN P17 ; Rc=105 ; a=90



5.1.3. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran saat melewati tikungan mengalami perubahan dibanding saat sebelum atau sesudah tikungan. Sebelum dan sesudah tikungan, kecepatan maksimum pada penampang terjadi pada tengah-tengah saluran. Saat melintasi tikungan kecepatan berubah, hal ini karena adanya kecepatan transversal. Sebanding dengan pemasangan konfigurasi pemasangan krib, kecepatan ditikungan juga mengalami perubahan terutama pada tepi tikungan luar (yang dipasang krib). Hal tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel : 5.13 dan Gambar : 5.18 dibawah.

Tabel : 5.13a. Kecepatan aliran di tikungan (V)
(pada formasi krib miring $\alpha=60$)

Rc 80 P 1	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
X	12	25	38
K0	7,97	8,31	9,00
K5b	7,28	8,14	9,00
K6b	6,76	7,97	9,35
K7b	6,59	7,28	9,52

R 105 P 1	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
x	12	25	38
K0	7,79	7,97	8,48
K5b	7,28	8,14	8,48
K6b	7,10	8,14	8,31
K7b	6,93	7,97	8,14

R 80 P 10	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
X	12	25	38
P10	7,79	7,97	9,35
K5b	7,10	7,97	9,35
K6b	6,24	8,31	9,52
K7b	6,93	7,79	9,17

R 105 P 10	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
x	12	25	38
K0	7,28	7,10	7,45
K5b	7,10	7,62	9,35
K6b	6,76	7,28	9,17
K7b	6,41	8,14	9,00

R 80 P 19	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
X	12	25	38
K0	8,48	8,66	7,62
K5b	7,62	8,31	9,17
K6b	7,45	7,79	8,31
K7b	7,10	8,14	8,83

R 105 P 19	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
x	12	25	38
K0	7,62	6,93	7,45
K5b	6,93	7,10	8,48
K6b	6,76	7,10	9,00
K7b	6,24	7,62	8,83

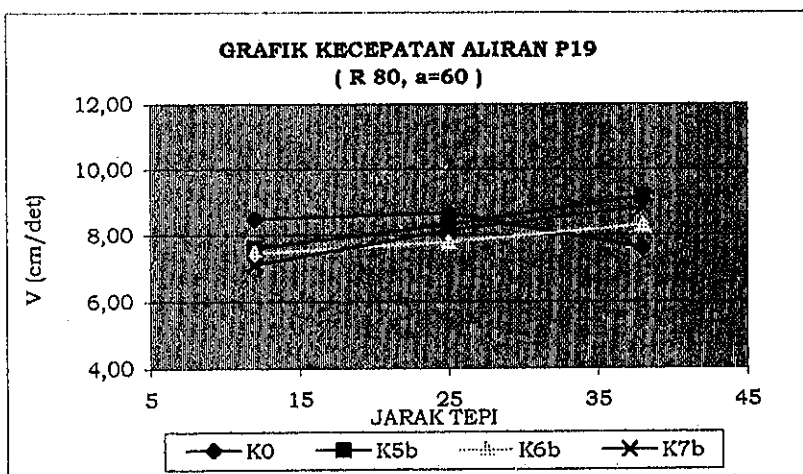
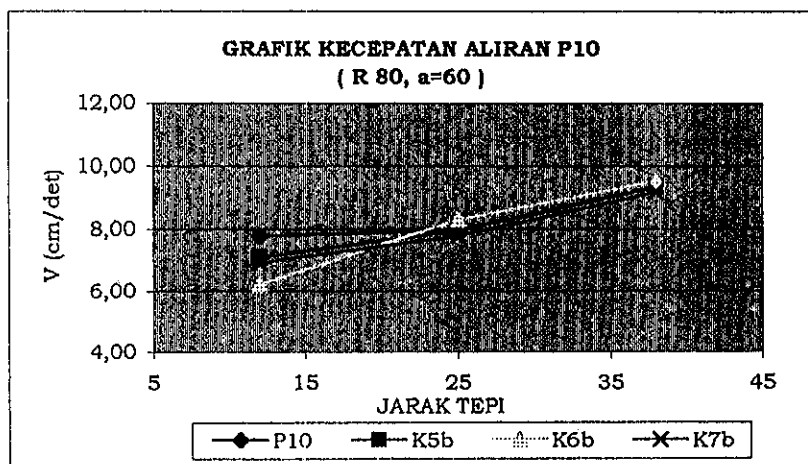
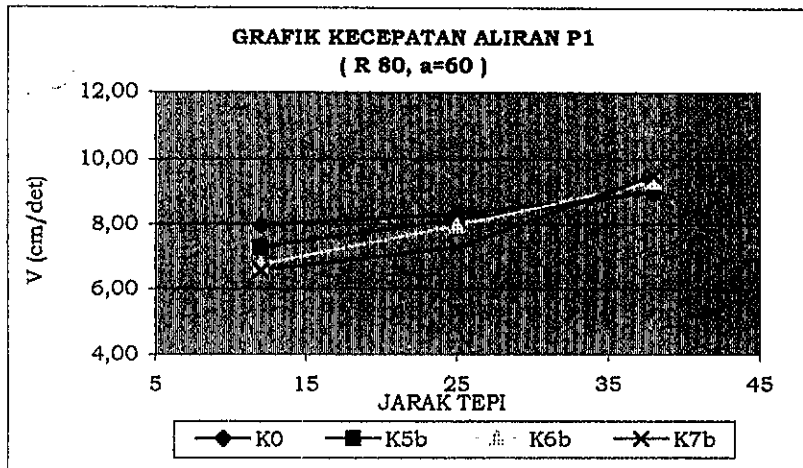
Tabel : 5.13b. Kecepatan aliran di tikungan (V)
 (pada formasi krib miring $\alpha=90$)

R 80 P 1	V (cm / det)			R 105 P 1	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)				Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
X	12	25	38	x	12	25	38
K0	7,97	8,31	9,00	K0	7,79	7,97	8,48
K5a	7,10	7,62	9,35	K5a	7,10	7,79	8,66
K6a	6,41	7,79	9,00	K6a	7,28	8,31	9,35
K7a	6,24	8,31	9,17	K7a	6,41	8,48	9,17

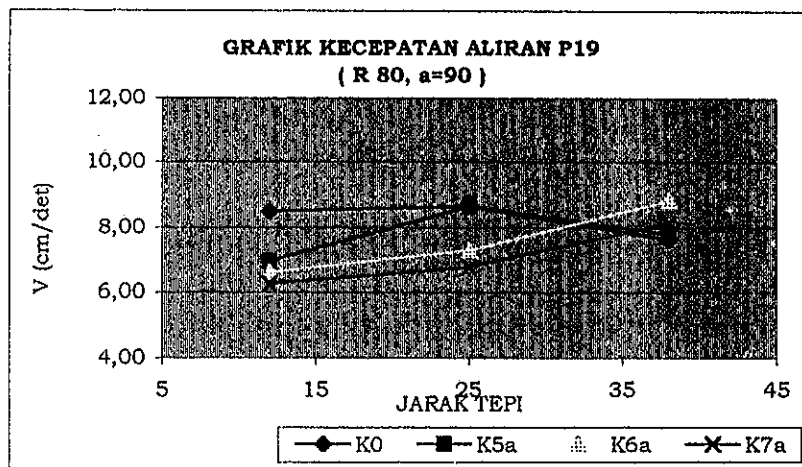
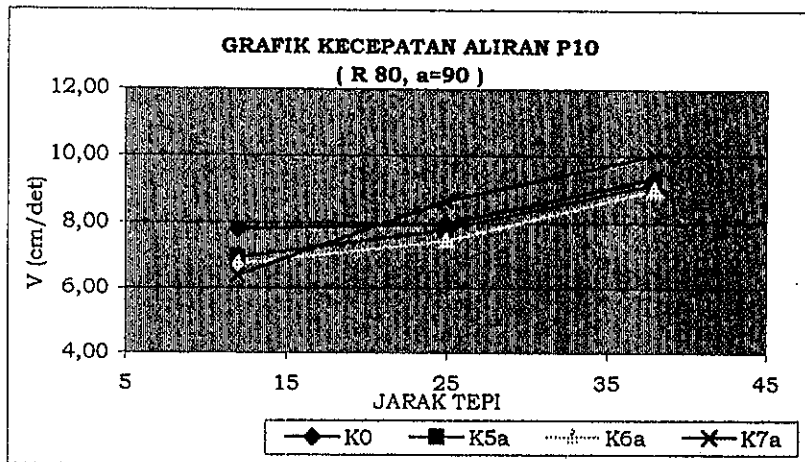
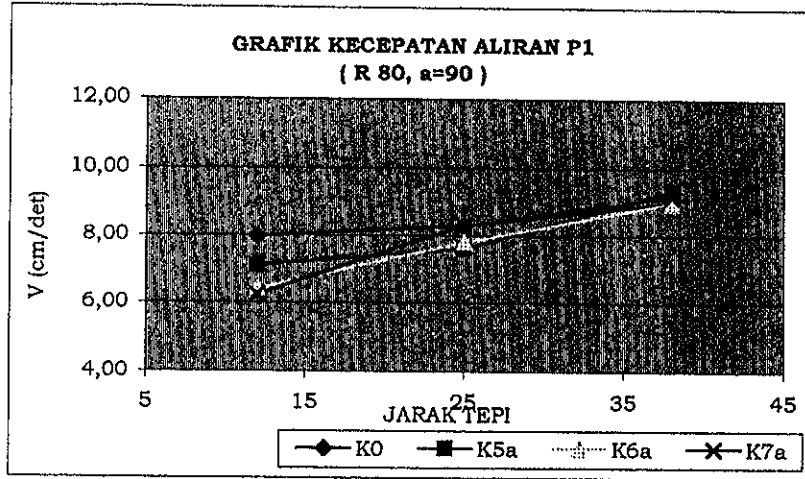
R 80 P 10	V (cm / det)			R 105 P 10	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)				Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
X	12	25	38	x	12	25	38
K0	7,79	7,97	9,35	K0	7,28	7,10	7,45
K5a	6,93	7,79	9,17	K5a	6,76	7,45	8,83
K6a	6,76	7,45	9,00	K6a	6,76	8,14	9,69
K7a	6,41	8,66	10,04	K7a	6,07	7,45	9,35

R 80 P 19	V (cm / det)			R 105 P 19	V (cm / det)		
	Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)				Kec.pada jarak dari tepi kiri (cm)		
X	12	25	38	x	12	25	38
K0	8,48	8,66	7,62	K0	7,62	6,93	7,45
K5a	6,93	8,66	7,79	K5a	6,76	7,28	8,48
K6a	6,59	7,28	8,83	K6a	6,76	7,10	8,14
K7a	6,24	6,76	8,14	K7a	5,72	6,76	8,66

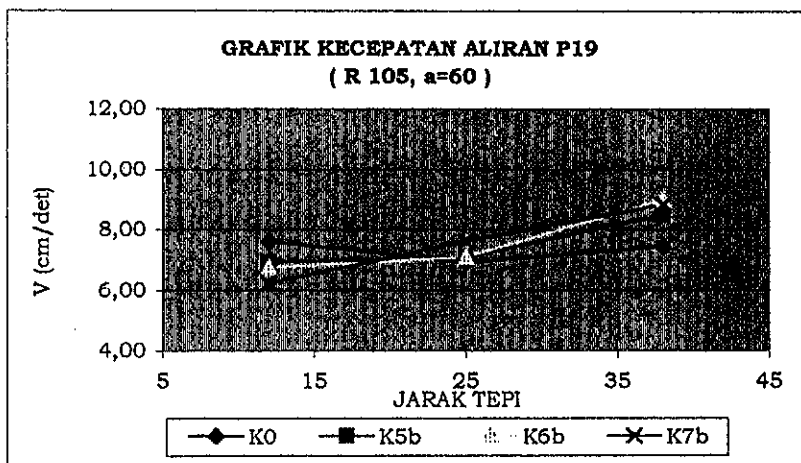
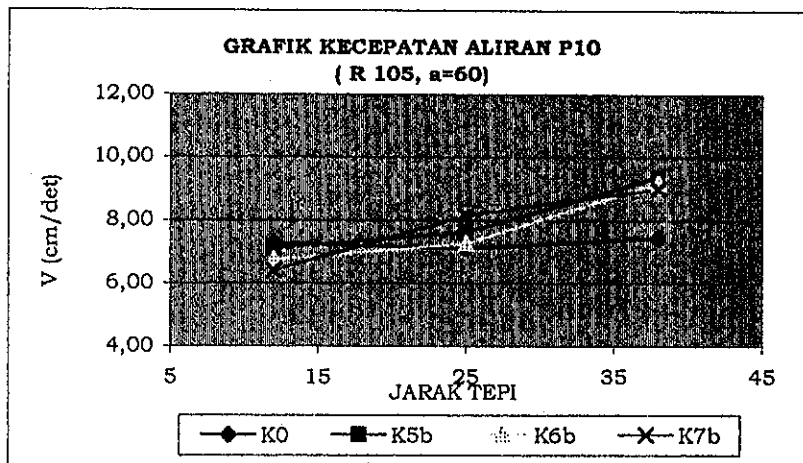
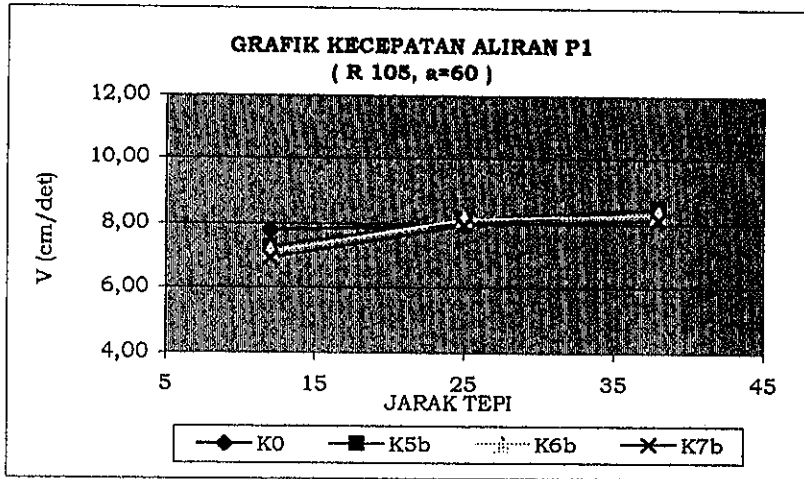
Gambar : 5.18a Grafik kecepatan aliran di tikungan
(R80, a=60)



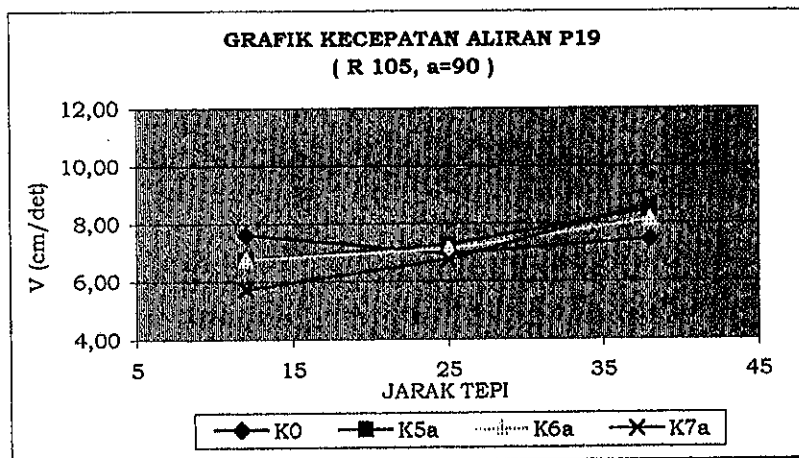
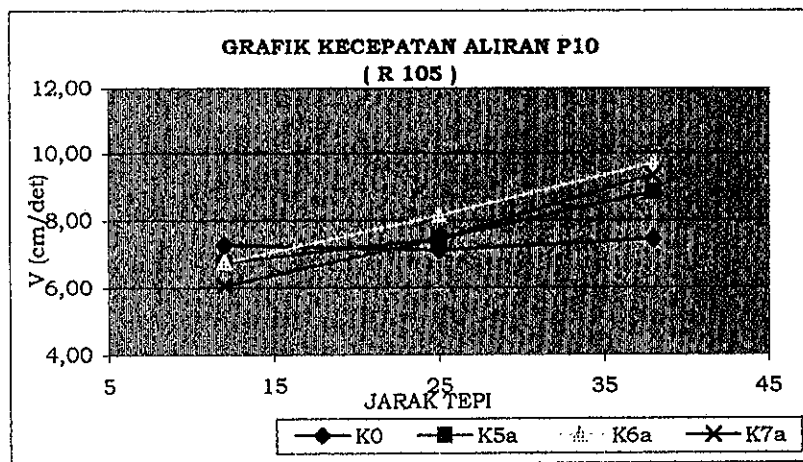
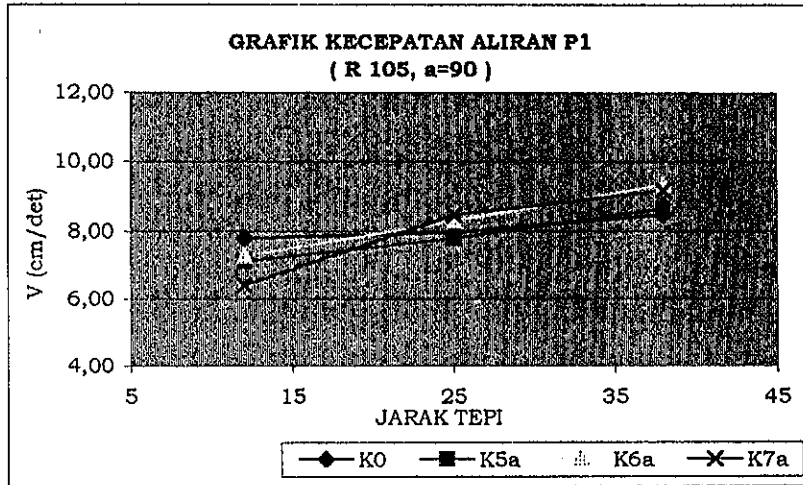
Gambar : 5.18b Grafik kecepatan aliran di tikungan
(R80, a=90)



Gambar : 5.18c Grafik kecepatan aliran di tikunga
 (R105, a=60)



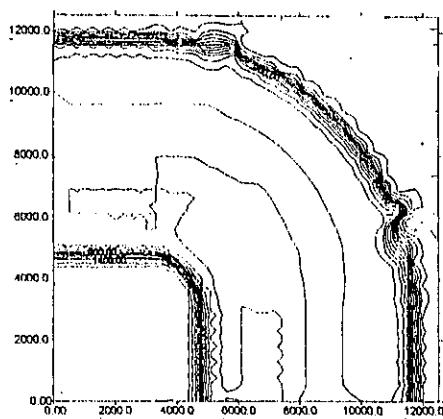
Gambar : 5.18d Grafik kecepatan aliran di tikungan
 (R105, a=90)



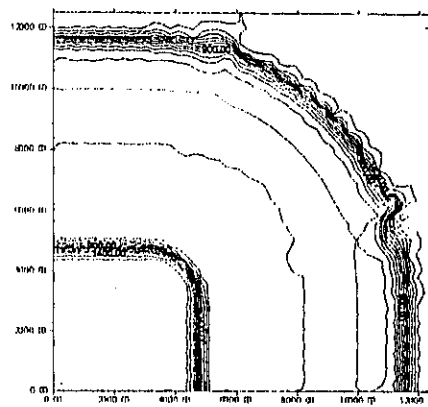
5.1.4. Morfologi Dasar Saluran

Perubahan morfologi saluran terjadi terutama pada dasar dan tebing tikungan luar. Perubahan morfologi dasar saluran cukup signifikan terjadi pada running sebelum terpasang krib, dan perubahan mulai pada ± 35 cm sebelum tikungan, sepanjang tikungan dan setelah tikungan ± 50 cm. Dengan terpasang krib perubahan morfologi berkurang sebanding dengan jarak krib terpasang. Hal ini dapat dilihat pada gambar kontur morfologi dasar saluran dibawah (Gambar 5.19 dan 5.20). Penggambaran morfologi dasar saluran menggunakan program Surfer 6 dengan memasukkan data pada Lampiran B.16.

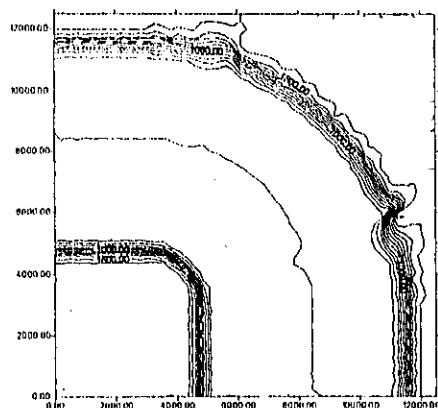
GAMBAR: 5.19 KONTUR Rc105 RUNNING Q=12855 CM³/DT
(KRIB MIRING 60°)



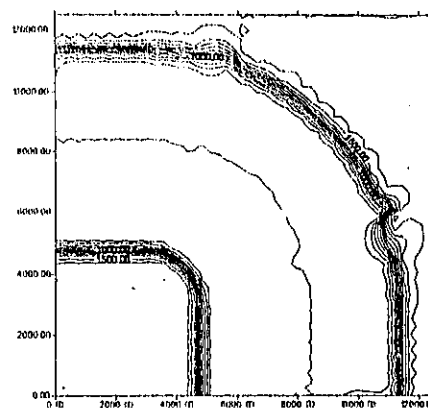
(a) KONTUR R75 TANPA KRIB



(b) KONTUR R75
JARAK 41,25 CM MIRING 60

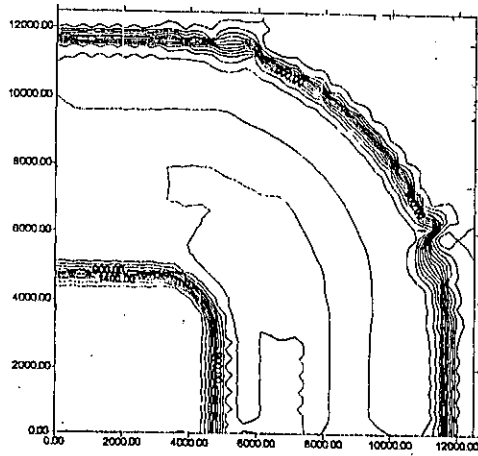


(c) KONTUR R75
JARAK KRIB 33,00 CM MIRING 60

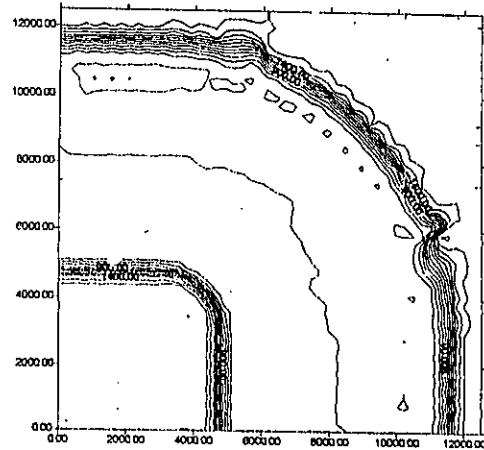


(d) KONTUR R75
JARAK KRIB 27,50 CM MIRING 60

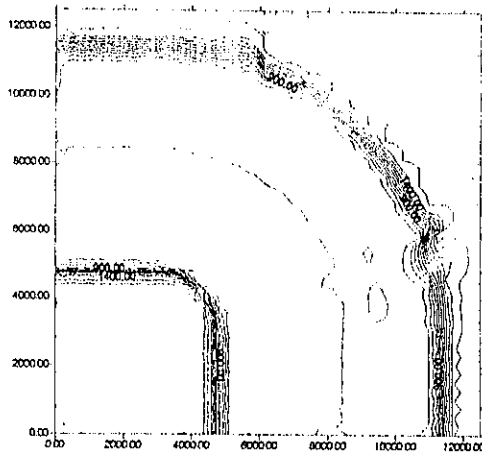
GAMBAR: 5.19a KONTUR Rc105 RUNNING Q=12855 CM3/DT
(KRIB TEGAK LURUS TEBING)



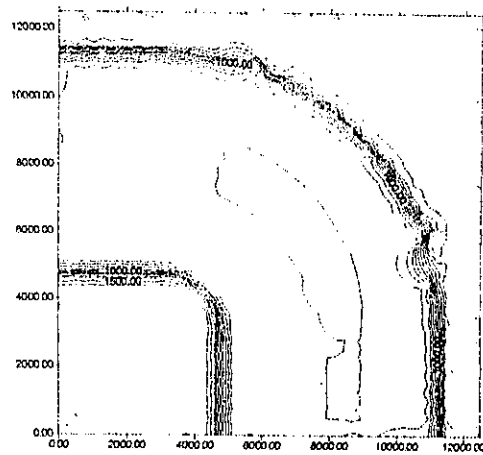
(a) KONTUR R75 TANPA KRIB



(b) KONTUR R75
JARAK KRIB 41,25 TEGAK

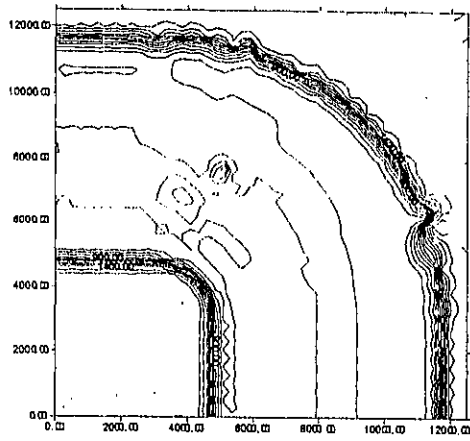


(c) KONTUR R75
JARAK KRIB 33,00 CM TEGAK

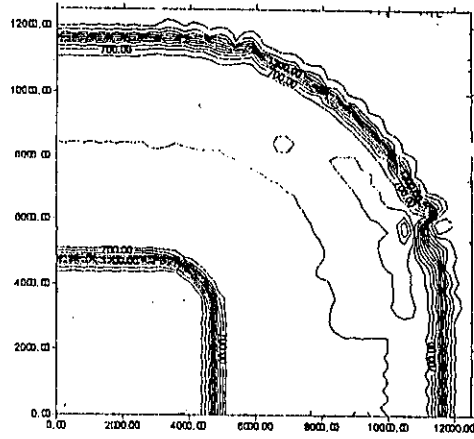


(d) KONTUR R75
JARAK KRIB 27,60 CM TEGAK

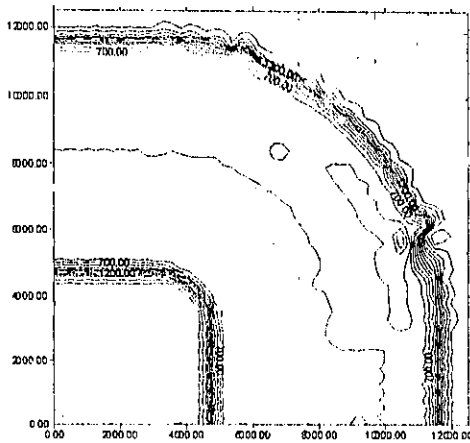
GAMBAR: 5.20 KONTUR Rc50 RUNNING Q=12855 CM3/DT
 (KRIB MIRING 60°)



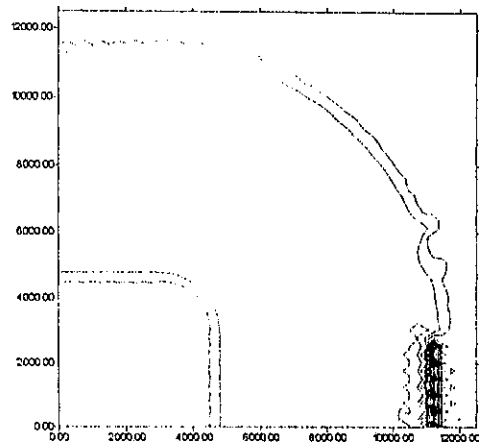
(a) KONTUR R50 TANPA KRIB



(b) KONTUR R60
 JARAK KRIB 31,42 CM MIRING 60

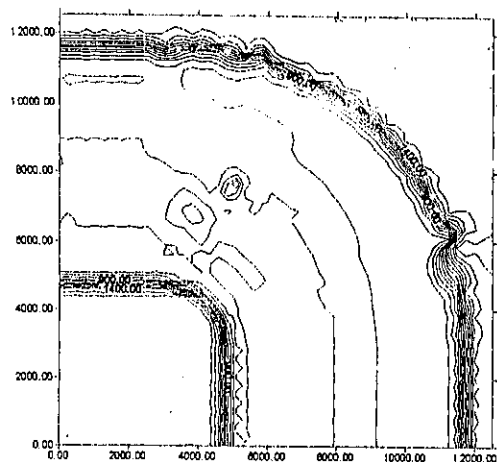


(c) KONTUR R60
 JARAK KRIB 25,13 CM MIRING 60

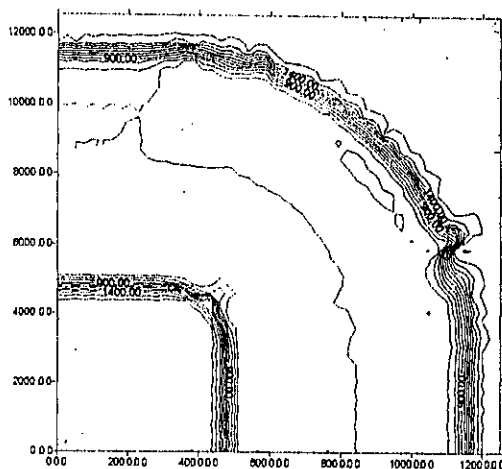


(d) KONTUR R50
 KRIB JARAK 20,94 CM MIRING 60

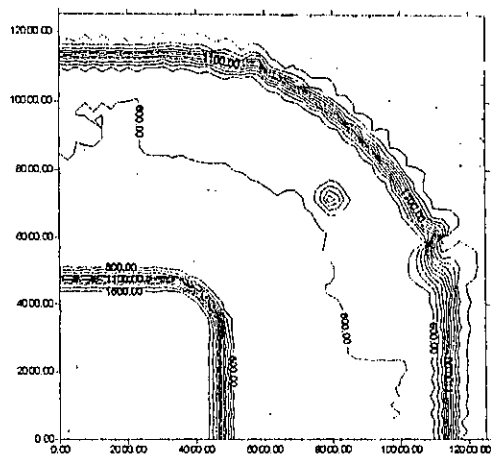
GAMBAR: 5.20a KONTUR Rc105 RUNNING Q=12855 CM3/DT



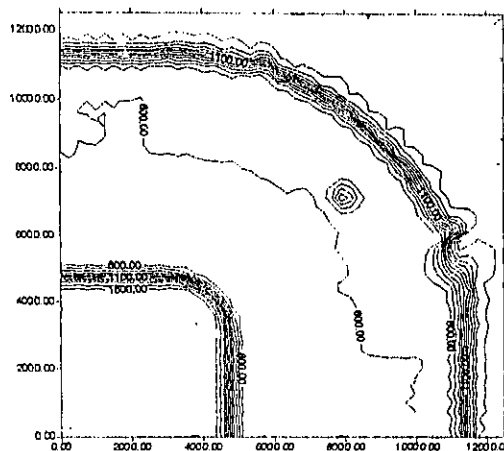
(a) KONTUR R50 TANPA KRIB



(b) KONTUR R50
KRIB JARAK 31,45 CM MIRING 60



(c) KONTUR R50
KRIB TEGAK JARAK 25,13 CM



(d) KONTUR R60
KRIB TEGAK JARAK 20,94 CM

5.2. Analisa Persamaan Gerusan

Dari persamaan gerusan yang diperoleh dengan analisa persamaan regresi berganda dari data pengukuran laboratorium (Lampiran A.4) dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.14 dibawah ini.

Tabel : 5.14. Perbandingan persamaan gerusan dengan data gerusan

No	d cm	h cm	y cm	y (pers. Lab) cm
1	41,5	7,83	1,7	1,2
2	41,5	7,8	1,6	1,2
3	41,5	7,77	1,7	1,2
4	33	7,75	1,2	0,9
5	33	7,72	1,2	0,9
6	33	7,69	1,2	0,9
7	27,5	7,66	0,5	0,4
8	27,5	7,64	0,4	0,4
9	27,5	7,61	0,6	0,4
10	41,5	7,58	1,64	1,3
11	33	7,56	0,94	1,2
12	27,5	7,54	0,48	1,1
13	41,5	7,51	1,6	1,2
14	41,5	7,49	1,5	1,2
15	41,5	7,47	1,6	1,2
16	33	7,45	1,1	0,8
17	33	7,42	1,1	0,8
18	33	7,4	1,1	0,8
19	27,5	7,52	0,4	0,5
20	27,5	7,49	0,3	0,5
21	27,5	7,46	0,5	0,5
22	41,5	7,44	1,5	1,2
23	41,5	7,41	1,4	1,2
24	41,5	7,38	1,5	1,2
25	33	7,36	1	0,7
26	33	7,33	1	0,7
27	33	7,3	1	0,7
28	27,5	7,28	0,3	0,2
29	27,5	7,25	0,3	0,2
30	27,5	7,23	0,4	0,2

5.3. Pembahasan

a. Penampang saluran

Penampang saluran yang dipergunakan berbentuk trapezium lurus dan berbelok (Gambar 3.1).

- Material dasar pembentuk saluran

Material dasar pembentuk saluran pada model adalah campuran pasir muntilan yang lolos saringan 1 mm dicampur dengan pasir halus (latri) yang berasal dari Kali Banjir Kanal Barat dengan campuran 1 bagian pasir Muntilan : 3 bagian latri. Dari analisa saringan didapat grafik butiran (*grain size accumulation curve*) sebagaimana tertera dalam grafik 4.1. Dari grafik tersebut didapat $D_{50} = 0,0065$ mm (model), sehingga apabila disimulasikan pada kondisi lapangan (prototip), hasil penelitian ini dapat dipakai untuk kondisi tanah dengan $D_{50} = 0,65$ mm.

- Kecepatan aliran

Kecepatan aliran (v) untuk analisa debit diukur berdasarkan kecepatan pada tengah saluran lurus, yang merupakan kecepatan rata-rata pengaliran, dan didapat kecepatan $v = 8,25$ cm /det. Pada saat running dengan konfigurasi pemasangan krib, kecepatan pada tikungan terutama di tikungan luar yang dipasang krib, mengalami perubahan. Konfigurasi pemasangan krib akan memperlambat aliran sesuai dengan jumlah dan kemiringan krib. Gambar 5.18 menunjukkan penurunan kecepatan aliran pada tepi luar tikungan. Makin banyak / rapat konfigurasi pemasangan krib, kecepatan makin mengecil.

- * Waktu running

Waktu running ditetapkan selama 60 menit, adalah waktu yang cukup untuk mengetahui gerusan terjadi pada tikungan maupun pada dasar saluran.

b. Kedalaman gerusan

Pemasangan krib pada belokan sungai akan berpengaruh untuk memperlambat aliran, sehingga dimungkinkan terjadinya sedimentasi disekitar krib. Gerusan tebing pada tikungan luar saluran yang terjadi lebih besar dibanding dengan gerusan dasar saluran. Hal ini dikarenakan tebing saluran disamping mengalami gerusan akibat aliran air, tebing juga mengalami kelongsoran akibat adanya gerusan dasar.

Dari tabel 5.1 dan 5.4 terlihat gerusan yang terjadi pada tikungan R_c 80 cm adalah 5 cm untuk gerusan tebing, dan 1.62 cm untuk gerusan dasar, sedang pada tikungan R_c 105 cm gerusan tebing sebesar 4,15 cm dan 1,71 cm untuk gerusan dasar.

c. Jari-jari tikungan

Jari-jari tikungan mempengaruhi terhadap gerusan baik gerusan tebing maupun gerusan dasar pada tikungan luar saluran. Semakin kecil jari-jari tikungan (R_c) semakin besar gerusan yang terjadi. Berdasarkan Tabel dan Grafik 5.1 sampai dengan 5.6 dapat dilihat kedalaman gerusan yang terjadi pada belokan saluran sebelum terpasang krib maupun sesudah terpasang krib dengan konfigurasi dan kemiringan berbeda.

d. Endapan sedimen

Dalam penelitian ini air yang dipakai adalah air yang bersih (sedikit sekali sedimen terlarut) sehingga endapan yang biasa terjadi pada tikungan dalam tidak nampak, sehingga salah satu fungsi krib disini untuk menangkap sedimen agar terjadi endapan pada sisi luar tikungan tidak terjadi. Dari data diatas terlihat fungsi krib disini adalah agar gerusan tebing dapat dikurangi. Pada pengamatan di laboratorium endapan pasir terjadi pada daerah setelah tikungan pada sisi dalam. Endapan ini adalah hasil angkutan sedimen dari gerusan pada tikungan diatasnya

e. Posisi penempatan krib

Pada penelitian ini posisi penempatan krib dengan $\alpha = 90^\circ$ dan $\alpha = 60^\circ$, sehingga terlihat jelas pengaruhnya terhadap gerusan yang terjadi. Konfigurasi pemasangan krib yang tegak lurus tebing $\alpha = 90^\circ$ menghasilkan gerusan dasar dan tebing saluran yang lebih kecil dibanding konfigurasi pemasangan krib miring dengan $\alpha = 60^\circ$. Contoh Tabel 5.1 pada penempatan krib tegak lurus $\alpha = 90^\circ$ terjadi gerusan dasar saluran sedalam 1.28 cm, sedang pada penempatan krib miring $\alpha : 60^\circ$ gerusan yang terjadi 1.71 cm.

Tabel : 5.15. Perbandingan gerusan antara $\alpha = 60^\circ$ dan $\alpha = 90^\circ$ (pada P1 ; Rc 80 ; K5)

Elevasi gerusan K 5 (cm)			Elevasi gerusan K 6 (cm)			Elevasi gerusan K 7 (cm)		
$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	selisih	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	selisih	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	selisih
16	16	0	16	16	0	16	16	0
12,4	15	2,6	12,05	13	0,95	11,8	13,27	1,47
10,1	13,5	3,4	10,09	11,5	1,41	8,8	10	1,2
8,4	11,5	3,1	8,8	8,1	-0,7	6,2	5,96	-0,24
7,2	8,7	1,5	7,2	5,74	-1,46	5,7	5,73	0,03
6,5	6,8	0,3	5,7	5,7	0	5,7	5,73	0,03
5,3	5,7	0,4	5,2	5,7	0,5	5,7	5,91	0,21
5,2	5,8	0,6	5,5	5,69	0,19	5,7	6	0,3
5,3	5	-0,3	5,58	5,8	0,22	6	6	0
5,3	5,35	0,05	5,8	6	0,2			
5,39	5,46	0,07	6	6	0			
5,95	5,95	0	6	6	0			
6	6,08	0,08						
6	6,04	0,04						

f. Efektifitas Konfigurasi Krib

Efektifitas pemasangan konfigurasi bangunan krib dapat ditentukan dengan membandingkan gerusan yang terjadi sebelum dipasang krib dengan gerusan yang terjadi setelah pemasangan krib. Tabel 5.15 dibawah ini menunjukkan seberapa besar efektifitas tersebut .

Tabel 5.16a. Perbandingan besar gerusan dengan jumlah Krib (P1 ; Rc105 ; $\alpha = 60^\circ$)

Awal	Ko	K5	K6	K7	Gerusan Awal (cm)	Efektifitas Krib (%)		
						K5	K6	K7
15,0	12,0	12,0	12,0	14,0	3,0	0,0	0,0	66,7
17,5	12,7	13,5	14,0	16,3	4,8	16,7	27,1	74,0
20,0	14,5	16,5	18,8	20,0	5,5	36,4	77,3	100,0
6	4,8	5,1	5,5	5,95	1,2	25,0	58,3	95,8
6	4,53	4,8	5,2	5,6	1,5	18,4	45,6	72,8
6	4,85	5	5,4	5,43	1,2	13,0	47,8	50,4
6	5,04	5,2	5,5	5,6	1,0	16,7	47,9	58,3
6	5,43	5,45	5,8	5,7	0,6	3,5	64,9	47,4
6	5,87	5,95	6	6	0,1	61,5	100,0	100,0
6	6	6			0,1			
6	5,94				0,1			
EFEKTIFITAS (%)						21,2	52,1	70,7

Tabel 5.16b. Perbandingan besar gerusan dengan jumlah Krib (P1 ; Rc105 ; $\alpha = 90^\circ$)

Awal	Ko	K5	K6	K7	Gerusan Awal (cm)	Efektifitas Krib (%)		
						K5	K6	K7
15,0	12,0	12,0	14,0	15,0	3,0	0,0	66,7	100,0
17,5	13,5	13,5	15,1	16,8	4,0	0,0	40,0	82,5
20,0	16,3	17,0	19,0	20,0	3,7	18,9	73,0	100,0
6	4,8	5,36	5,67	6,24	1,2	46,7	72,5	120,0
6	4,53	5,15	5,44	5,81	1,5	42,2	61,9	87,1
6	4,85	5,2	5,6	5,74	1,2	30,4	65,2	77,4
6	5,04	5,2	5,5	5,8	1,0	16,7	47,9	79,2
6	5,43	5,45	5,88	6	0,6	3,5	78,9	100,0
6	5,87	5,95	6	6	0,1	61,5	100,0	100,0
6	6	6			0,1			
6	5,94				0,1			
EFEKTIFITAS (%)						24,4	67,3	93,3

Dari tabel diatas terlihat jelas bahwa krib dengan jarak yang lebih rapat dengan pemasangan yang tegak lurus tebing lebih dapat menahan terhadap gerusan dasar maupun gerusan tebing. Dalam penelitian ini air yang dipakai adalah air bersih /

sedikit sekali membawa sedimen terlarut, sehingga tidak dapat dianalisa mengenai seberapa jauh konfigurasi pemasangan krib fungsinya sebagai penangkap sedimen agar terjadi endapan pada daerah gerusan. Dengan demikian tingkat keseimbangan (*equilibrium*) tidak akan tercapai.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian gerusan pada belokan saluran ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari beberapa konfigurasi krib memberikan kedalaman gerusan pada belokan yang bervariasi.
2. Kecepatan aliran di tikungan luar menurun, sebanding dengan jumlah / kerapatan krib. Pada $R_c = 80$ (pada formasi K0) kecepatan awal sebesar 8,25 cm / det, setelah pemasangan krib (formasi K6b) kecepatan menjadi 6,76 cm / det.
3. Pada belokan dengan jari-jari belokan lebih kecil ($R_c = 80$) sebelum pemasangan krib memberikan gerusan pada dasar saluran dan tebing yang lebih besar dibanding gerusan pada belokan dengan jari-jari yang lebih besar ($R_c = 105$). Pada $R_c = 80$ cm gerusan dasar saluran 1,74 cm dan gerusan tebing , sedang pada $R_c = 105$ gerusan dasar sebesar 1,50 cm dan gerusan tebing sebesar 3,00 cm. Informasi besar gerusan tersebut dapat dipergunakan sebagai dasar perencanaan krib.
4. Perbedaan jumlah krib akan memberikan gerusan yang berbeda., Semakin rapat pemasangan krib, semakin dapat mengurangi gerusan pada tebing maupun dasar saluran.
5. Dalam hal untuk mengurangi gerusan, penempatan krib dengan kemiringan $\alpha = 90^\circ$ memberikan hasil lebih baik dibanding pemasangan krib dengan kemiringan $\alpha = 60^\circ$. Pada $\alpha = 90^\circ$ gerusan yang terjadi lebih kecil dibanding gerusan pada $\alpha : 60^\circ$.
6. Dari poin 4 dan 5 diatas, diperoleh bahwa penempatan krib dengan $\alpha = 90^\circ$ lebih efektif dari penempatan krib dengan $\alpha = 60^\circ$, dan makin rapat krib tingkat efektifitas meningkat. Krib dengan konfigurasi R75K7a ($\alpha = 90^\circ$) mempunyai tingkat efektifitas sebesar 93,3 % sedang krib dengan konfigurasi R75K7b ($\alpha = 60^\circ$) tingkat efektifitas sebesar 70,7 %.

6.2. Saran

Dengan data kwantitatif yang diperoleh dari hasil penelitian model fisik,, semakin banyak variabel penelitian, diperoleh suatu hasil yang lebih baik. Untuk itu perlu dikembangkan penelitian lanjut dengan memperbanyak variabel penelitian antara lain mengenai :

- Jenis krib, jarak antar batang krib (tingkat kelolosan air), jarak antar krib (tingkat kerapatan penempatan).
- Konfigurasi krib yang lebih banyak agar diketahui krib yang paling efisien.
- Tingkat keseimbangan (*equilibrium*) antara gerusan dasar dan endapan sedimen yang terjadi akibat pemasangan krib.

DARTAR PUSTAKA

-, *Dynamics of Gravel-bed Rivers*, Edited by P. Billi, R.D. Hey, C.R. Thorne, P.Tacconi, 1992, John Wiley & Sons Ltd.
-, *Highways In The River Environment Hydraulic and Environmental Design Considerations*, 1974, Colorado State University, (Chapters I to V).
-, *Tata Cara Perencanaan Umum Krib di Sungai*, SK SNI T-01-1990-F, 1990, Departemen Pekerjaan Umum.
- Alfredo H-S. Ang , Wilson H. Tang , Binsar Hariandja, 1987, *Konsep-Konsep Probabilitas dalam Perencanaan dan Perancangan Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.
- Chow, V.T, *Open Channel Hydraulics*, 1959, Mc.Graw - Hill Kogakusha, Ltd.
- Dake, J.M.K, 1983, *Hidrolika Teknik*, (terjemahan , 1985), Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Einstein, Hans A, *Sedimentation, Symposium To Honor Professor H.A. Einstein*, 1971, Hsien Wen Shen.
- French, R.H, 1980. *Open Chanel Hydraulics*, McGraw Hill Book Company, New York.
- Julien, P.Y, *Erosion and Sedimentation*, 1995, Cambredge University Press.
- Raghunath, H.M, 1967. *Dimensional Analisis and Hydraulic Model Testing*, New York.
- Ratjaratnam, N, 1987. *Engineering Fluid Mechanics*, Civil Eng. Dept. Faculty of Engineering, Alberta Edmonton Canada.
- Raudkivi, A.J, 1991. *Scouring*, A.A. Balkema / Rotterdam / Brookfield.
- Richardson, E.V, Simons. D.B. and Julien, P.Y, 1990. *Highway in the River Environment*, Federal Highway Administration Publication FHWA-HI 90-106.719 p.
- Salamun, *Kinerja Hidraulik Krib Terhadap Pola Arus dan Dinamika Dasar Saluran*, 1997, ITB.
- Shen, H.W, 1971. *Modelling of Rivers*, Wiley, New York.
- Simon, D.B. and F. Sentruk, Fuad, 1992. *Sedimen Transport Technology, Water and Dynamics*, Water Resources Publication, Lattleto, CO.

- Supriharyono, Sriyana, *Intisari Materi Kuliah Metodologi Penelitian*, 2000, Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Undip.
- Triatmodjo, Bambang, 1992. *Mekanika, Fluida dan Hidrolika*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Yalin, 1972, *Mechanichs of Sedimen Transport*, Pergamon Perss, New York.