

TUGAS AKHIR



# PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS

DENGAN SISTIM TANGGUL DAN BRONJONG



PERPUSTAKAAN	UNIVERSITAS HASANUDDIN
Tgl. terima	21 Juli 1989
Asal dari	Fak. Teknik
Jumlah	1 (satu) eksp
Uraian	
No. Inventaris	311 07 89
No. Kas	

DISUSUN OLEH

M. ASRI SUJUTI

7109027

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
UJUNG PANDANG

1985



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN  
KAMPUS UNHAS BARAYA TELP. 7336, 7338 UJUNG PAHDANG

TUGAS AKHIR

Diberikan kepada :

Nama : M.ASRI SUJUTI .

Stambuk : 7 1 0 9 0 2 7 .

Jurusan : S I P I L .

Judul :

" PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS  
DENGAN SISTIM TANGGUL DAN BRONJONG "

Dosen Pembimbing :

1. Ir. H. MARUDDIN LAINING.

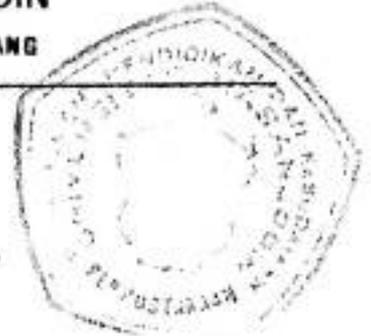
2. Ir. SYAMSUL ARIDA DIPL. HE.

a.n. Dosen Pembimbing ,

(Ir. H. MARUDDIN LAINING).-  
NIP.: 130 240 762.-



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN  
KAMPUS UNHAS BARAYA TELP. 7336, 7338 UJUNG PANDANG

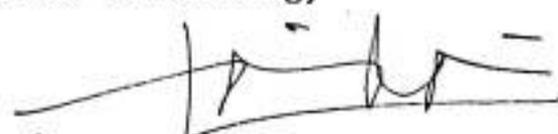


LEMBAR PENGESAHAN

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS  
DENGAN SISTIM TANGGUL DAN BRONJONG

Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi sebagian  
Syarat-syarat Ujian guna memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas -  
Hasanuddin Ujung Pandang.

Telah diperiksa dan disetujui  
oleh Dosen Pembimbing,

   
(Ir. H. Maruddin Laining) - (Ir. Syamsul Arida Dipl. HE)

Mengetahui ;  
Jurusan Sipil ,



  
(Ir. M. Dapi Mantahing)  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL 130 240 763.-  
UJUNG PANDANG

## KATA PENGANTAR.

Dalam rangka penyelesaian Studi pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Jurusan Sipil, maka Mahasiswa diwajibkan untuk menyusun suatu Tugas Akhir, yang merupakan salah satu syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam menempuh Ujian Akhir.

Dan atas Rakhmat dan Karunia Allah Yang Maha Kuasa, maka kesempatan tersebut sampailah kepada penyusun untuk mewujudkan suatu Tugas Akhir yang berjudul :

" PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS  
DENGAN SISTIM TANGGUL DAN BRONJONG "

Tidak sedikit kesulitan-kesulitan yang kami temukan dalam penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini, namun atas bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak utamanya - dari Bapak Pembimbing kami, Bapak Ir.H.Maruddin Laining, dan Bapak Ir.Syamsul Arida Dipl.HE., akhirnya dapatlah kami menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

Dengan terwujudnya tulisan ini, dengan penuh rasa - syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa tak lupa kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir.H.Maruddin Laining serta Bapak Ir.Syamsul Arida Dipl.HE. selaku Dosen Pembimbing.
2. Bapak Ir.M.Rapi Mantahing, Ir.M.Ridwan Abdullah selaku Ketua dan sekretaris jurusan sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

3. Bapak Dekan, Pembantu Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak-bapak dan Ibu-ibu dosen Fakultas Teknik UnHa
5. Karyawan dan karyawan' Fakultas Teknik UnHas .
6. Rekan-rekan mahasiswa dan karyawan Kanwil Departemen Pekerjaan Umum Sulawesi Selatan, Bidang Pengairan - serta semua pihak yang telah membantu kami dalam penulisan tugas akhir ini baik moriel maupun materiel.
7. Ayahanda dan Ibunda kami tercinta yang dengan ikhlas telah mengarahkan dan mendoakan sehingga apa yang kami idam-idamkan dapat tercapai.

Kehadirat Allah SWT. Yang Maha Pemurah kami panjatkan Do'a mudah-mudahan Bimbingan dan bantuan dari semua pihak yang telah diberikan kepada kami mendapatkan imbalan pahala berlipat ganda.

Kami menyadari bahwa apa yang kami sajikan dalam penulisan Tugas Akhir ini sudah tentu masih terdapat banyak kekurangan-kekurangan karena terbatasnya kemampuan penulis dalam penguasaan seluruh segi dari bidang Teknik Sipil , khususnya dalam masalah sungai dan bangunan air.

Namun demikian penulis mengharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat kepada kita semua, utamanya kepada penulis sendiri.

Akhirnya untuk kesempurnaan dan perbaikan tulisan ini, saran dan koreksi senantiasa penulis harapkan.  
Trima kasih.

Ujung Pandang, Nopember '85  
Penyusun ,

M.Asri Sujuti.-

## DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR JUDUL . . . . .	i
LEMBAR PEMBERIAN TUGAS . . . . .	ii
LEMBAR PENGESAHAN . . . . .	iii
KATA PENGANTAR . . . . .	iv
DAFTAR ISI . . . . .	v
BAB I PENDAHULUAN . . . . .	I -1.
1.1. Umum . . . . .	I -1.
1.2. Latar Belakang . . . . .	I -3.
1.3. Pokok Bahasan/ Batasan masalah . .	I -6.
BAB II KONDISI DAERAH . . . . .	II-1.
2.1. Penduduk . . . . .	II-1.
2.2. Lokasi dan Topografi . . . . .	II-2.
2.3. Iklim . . . . .	II-3.
2.4. Banjir . . . . .	II-4.
BAB III SUNGAI DAN MASALAHNYA . . . . .	III-1.
3.1. Sungai . . . . .	III-1.
3.2. Banjir . . . . .	III-11.
3.3. Penggerusan dan Sedimentasi . . . .	III-16.
3.4. Beberapa Cara Penanggulangan Banjir ✓	III-28.
3.5. Pemilihan Cara Penanggulangan Banjir ✓	III-30.
BAB IV PERENCANAAN KONSTRUKSI PENANGGULANGAN BANJIR	IV-1.
4.1. Umum . . . . .	IV-1.
4.2. Karakteristik Sungai Maros . . . . .	IV-8.
4.3. Analisa Hidrologi . . . . .	IV-9.
4.4. Perencanaan Sistim Tanggul dan Bronjong	IV-26.

BAB	V	Kesimpulan Saran-saran	. . . . .	v-1.
		5.1. Kesimpulan	. . . . .	v-1.
		5.2. Saran - saran	. . . . .	v-2.
DAFTAR	PUSTAKA	. . . . .		
LAMPIRAN	LAMPIRAN	. . . . .		

BAB I.  
P E N D A H U L U A N.

1.1. U M U M.

Penanggulangan Banjir adalah semua usaha yang dilakukan dengan tujuan memperkecil pengaruh pengrusakan banjir. Seperti kita ketahui bersama bahwa Negara kita Republik Indonesia yang terletak dilintasan khatulistiwa, iklimnya dipengaruhi oleh dua musim, yaitu musim hujan dengan ciri utama banyak hujan dan musim kemarau dengan ciri utama jarang hujan. Kedua musim ini dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk.

Pada musim kemarau yang agak lama/panjang dapat menimbulkan kekeringan, selanjutnya aktifitas sektor pertanian terganggu sekaligus dapat pula mempengaruhi perekonomian Negara. Begitu pula dengan musim hujan yang terlalu lama juga dapat mengakibatkan banjir, yang mana mengganggu kegiatan sektor pertanian, perhubungan dan perekonomian.

Banjir ini tidak dapat dicegah oleh manusia, karena sudah menjadi kodrat alam bahwa suatu sungai akan mengalami masa banjir secara periodik. Yang dapat dilakukan oleh manusia hanyalah mengatur dan mengendalikan banjir tersebut sehingga tidak merugikan manusia. Dengan kata lain manusia haruslah berusaha menjadikan air sungai sebagai kawan yang bermanfaat.

Sebagai tindak lanjut dari usaha menjadikan air sungai sebagai kawan yang bermanfaat adalah dengan membuat suatu bangunan pengendali sungai atau perbaikan sungai - dan segera dilaksanakan pada lokasi sepanjang sungai yang selalu mendapat gangguan dari aliran air sungai . Usaha-usaha mana meliputi mengendalikan aliran, pengaturan aliran banjir dan penggerusan tebing sungai serta penanggulangan banjir.

Usaha pengendalian sungai dalam arti yang luas adalah meliputi suatu konstruksi yang dilaksanakan pada sungai dengan maksud untuk mengarahkan, mengatur aliran sungai termasuk banjir dan pengaturan dasar sungai dan penggerusan serta penaggulungannya.

Usaha-usaha tersebut perlu dilaksanakan mengingat banjir akibat aliran sungai dapat menjadikan suatu daerah berubah bentuk, karena terjadi perpindahan permukaan ( pengikisan permukaan = tererosi ).

Adapun usaha pengendalian tersebut meliputi pengaturan aliran banjir, penjinakan aliran sungai serta perbaikan langsung pada palung sungai,

Dalam Penanggulangan banjir yang pertama dilakukan adalah menentukan arah dari aliran air rata-rata (air sedang), ukuran dan profil penampang sungai. Di beberapa tempat pada sungai umumnya memberikan gejala untuk senantiasa melebar, disebabkan oleh karena dasar sungai selalu mendangkal akibat adanya endapan, hasil erosi/gerusan pinggiran sungai dibagian hulu.

Gejala melebar ini sering terjadi pada belokan sungai dimana arah aliran sering menghancurkan tebing dan biasanya yang menjadi sasaran adalah tebing sebelah luar aliran (bagian luar dari belokan).

Perubahan pada dasar dan pinggir sungai (tebing) ini sangatlah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ;

- Derasnya aliran ( besar debit air sungai ).
- Jenis tanah sungai tersebut.
- Bentuk aliran sungai tersebut.

Dalam upaya kita melestarikan keadaan alam, serta dalam rangka mengusahakan sungai sebagai sumber alam yang bermanfaat, maka perlu diambil tindakan-tindakan pencegahan gerusan pada pinggir dan dasar sungai.

## 1.2. LATAR BELAKANG.

Sungai adalah suatu pengaliran alam yang senantiasa mencari jalan kelaut dari pegunungan melalui tempat-tempat rendah, ataupun tempat-tempat yang dibuatnya dengan pengikisan serta pelarutan tanah dimana air tersebut mengalir.

Dalam pengalirannya sungai ini berfungsi pula untuk mengumpulkan curah hujan dalam daerah tertentu untuk dialirkan kelaut. Sungai ini dapat dimanfaatkan untuk sumber air irigasi, pembangkit tenaga listrik, sumber air minum serta sarana lalu lintas. Begitupun bahan-bahan padat yang dibawa oleh air, seperti pasir, kerikil dan batuan merupakan bahan bangunan yang sangat bermanfaat .

Selain dari pada kegunaan dan manfaat yang ditimbulkan oleh aliran air sungai ini dapat pula mendatangkan kerugian yaitu berupa banjir.

Banjir adalah kejadian alam yang senantiasa menimbulkan kerugian berupa harta benda bahkan jiwa sehingga hal ini perlu untuk mendapatkan perhatian dan upaya penanggulangan guna mengurangi kerugian serta penderitaan masyarakat seminimum mungkin.

Banjir ini telah menjadi permasalahan baik di Indonesia maupun dinegara-negara yang sudah maju terutama di negara yang sedang berkembang.

Di Indonesia dengan 2 (dua) musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan maka banjir sering terjadi dimusim hujan

Untuk Sungai Maros yang terletak di Kabupaten Maros pada bagian hilir sungai ( down stream ) dimana daerah aliran sungai sepanjang sungai adalah dataran pemukiman, tambak dan persawahan/pertanian, tinggi permukaan air - sungai tidak banyak berbeda dengan permukaan daerah sekitarnya.

Disamping itu pula terjadi belokan-belokan yang lasim disebut "meandering" serta terjadi delta akibat pengendapan yang cukup besar, selanjutnya pada sisi lain profil sungai terjadi gerusan tebing yang kemungkinan dapat mengancam pemukiman serta sarana-sarana lainnya.

Sepanjang pengamatan penulis dari tingkah laku sungai Maros ini setiap tahunnya pada musim penghujan ,

Jamannya pada bulan-bulan Desember, Januari, Februari dan Maret adalah merupakan bulan-bulan rawan banjir.

Dan bilamana banjir ini terjadi maka sektor pertanian serta perekonomian terganggu, begitupun sektor lainnya juga turut terganggu.

Memperhatikan hal-hal tersebut diatas maka salah satu hal yang perlu diprioritaskan ialah pengaman sungai Maros. Sungai Maros ini pada musim hujan sering menimbulkan permasalahan antara lain :

- Ancaman Tergenangnya Kota Maros dari air sungai Maros bilamana tebing disekitar Bontote'ne terlewati.
- Bilamana sungai ini meluap maka tambak-tambak yang ada disepanjang aliran sungai bagian hilir terancam dilanda banjir.
- Dan yang sangat penting adalah mengamankan jalan provinsi yang menghubungkan Ibukota Propinsi Sulawesi Selatan (Kota Madya UjungPandang) dengan daerah-daerah tingkat II dalam wilayah Sulawesi Selatan bagian utara.

Atas dasar hal-hal tersebut diatas penulis ingin mencoba membahas banjir yang terjadi akibat curah hujan, yang tak lepas serta didasari ilmu pengetahuan lainnya dari beberapa buku bacaan serta literatur-literatur lainnya yang berkaitan dengan masalah penanggulangan banjir .

### 1.3. POKOK BAHASAN / BATASAN MASALAH.

Dalam Penanggulangan Banjir dikenal beberapa cara penanggulangannya , yaitu ;

- Pembuatan Tanggul Banjir.
- Peningkatan Daya Tampung.
- Mengalirkan/Menyalurkan Debit Banjir ketempat lain.
- Memperbesar Kapasitas Pengaliran Sungai.

Sesuai dengan Judul Tugas Akhir ini maka sasaran pokok yang hendak dicapai dalam penulisan ini adalah ;

- Mengamankan Kota Maros dari ancaman genangan limpasan banjir dengan jalan membangun tanggul tanggul pengaman banjir.
- Menormalkan aliran Sungai Maros menggunakan bronjong dan dipasang pada daerah aliran yang kritis / membahayakan.

Pada penulisan ini kami mencoba memberikan sedikit gambaran serta cara penanggulangan banjir sungai Maros. Juga dalam penulisan ini kami memberikan batasan masalah, hanya pada Penanggulangan banjir sungai Maros dengan sistim Tanggul dan B - Bronjong pada lokasi yang kritis .

BAB II  
K O N D I S I D A E R A H

2.1. PENDUDUK.

Daerah Kabupaten Maros dengan luas  $\pm 1.619 \text{ Km}^2$  Dimana kepadatan penduduk Kabupaten Maros bervariasi antara

- Kurang dari  $200 \text{ jiwa/km}^2$
- $200 - 300 \text{ jiwa/km}^2$ .
- $500 - 100 \text{ jiwa/km}^2$ .
- lebih dari  $1000 \text{ jiwa/km}^2$ .

Untuk daerah pengaliran sungai Maros kepadatan penduduk bervariasi sebagai berikut ;

- $200 - 300 \text{ jiwa/km}^2$  pada bagian hulu.
- kurang dari  $200 \text{ jiwa/km}^2$  pada bagian tengah.
- lebih dari  $1000 \text{ jiwa/km}^2$  pada bagian hilir

Dan untuk lokasi penanggulangan adalah lebih dari  $1000 \text{ jiwa/km}^2$ .

2.2. LOKASI DAN TOPOGRAFI.

2.2.1. Lokasi.

Sungai Maros terletak di Sulawesi Selatan - bahagian hulunya masih dalam Kabupaten Daerah Maros dan berbatasan dengan catchment area - sungai Malino Kabupaten Gowa. Sedang hilirnya juga dalam wilayah Kabupaten Maros, serta bermuara diselat Makassar dengan panjang sungai  $\pm 65 \text{ km}$  ( sampai kelaut ).

Sungai Maros ini ditinjau dari keadaan lerengnya terbagi dalam 3 keadaan yaitu :

- Lereng            0 - 2 %
- Lereng            2 - 40 %
- Lereng                    40 %

Letak rencana penanggulangan adalah Desa Aliri Tengngae Kecamatan Maros Baru Kabupaten Maros.

Daerah tersebut terletak diibukota Kecamatan dan dapat dicapai dengan semua jenis kendaraan.

#### 2.2.2. Topografi.

Topografi pada bagian hulu sungai Maros menunjukkan tanah pegunungan, tempat pengaliran air bermula.

Sungai Maros yang dimaksudkan dalam penulisan ini adalah terdiri dari beberapa buah anak sungai, antara lain sebagai berikut :

Pada bagian hulu adalah disebut sungai Minrak kemudian bertemu dengan Sungai Tanralili. Selanjutnya disebut sungai Maros dan pada daerah Lekopancing ada bendung, yakni bendung lekopancing yang berfungsi untuk mensuplai air minum ke Kota Madya Ujung Pandang serta untuk keperluan irigasi daerah irigasi lekopancing. Dan sebelum sampai pada lokasi yang dimaksud, sungai bertemu dengan sungai Bantimu-

rung bersatu dan jadi satu aliran dan disebut sungai Maros. Melintasi Kota Maros dan seterusnya bermuara di Selat Makassar.

Fluktuasi dasar sungai tidak diketahui secara pasti, akan tetapi dari hasil pengamatan dan wawancara dilapangan dapat diperkirakan bahwa sungai Maros pada waktu yang lampau mempunyai penampang yang tidak selebar sekarang.

Ini disebabkan oleh adanya longsor tebing akibat gerakan pada tepi sungai.

### 2.3. I K L I M .

Aliran sungai Maros dipengaruhi oleh dua musim yakni musim penghujan pada bulan Nopember sampai dengan April dan musim kemarau pada bulan Mei sampai dengan Oktober.

Temperatur rata rata adalah  $26,75^{\circ}C$  sedangkan temperatur maksimum  $34^{\circ}C$  dan temperatur minimum  $19,5^{\circ}C$ .

Fluktuasi temperatur rata rata dari tahun ke tahun tidak banyak mengalami perbedaan.

Hasil pengukuran diambil dari Pusat Meteorologi dan Geofisika Hasanuddin tahun 1980 - 1984.

Kelembaban relatif rata rata bulan pada musim hujan adalah 84 % dan pada musim kemarau 64 %.

Hasil pengukuran dari Pusat Meteorologi Dan Geofisika Hasanuddin tahun 1980 - 1984.

Prosentase penyinaran matahari tiap bulan ada-

lah 54 % pada musim penghujan 85% pada musim kemarau.

Hasil pengukuran penyinaran matahari diambil dari Pusat Meteorologi Dan Geofisika Hasanuddin.

Kecepatan angin rata rata tahunan adalah 0-0,3 m/detik dan kecepatan angin maksimum adalah 27,6 m/detik pada musim penghujan dan 26,5 m/detik pada musim kemarau.

Hasil pengukuran dari Pusat Meteorologi Dan Geofisika Hasanuddin.

#### 2.4. B A N J I R .

Pemanfaatan sungai sebagai salah satu sumber alam dalam kehidupan manusia telah dikenal sejak lama, serta berkembang sejalan dengan perkembangan kehidupan manusia itu sendiri.

Pada umumnya dataran rendah yang merupakan bagian dari daerah pengaliran suatu sungai dimanfaatkan sebagai pemukiman penduduk karena mempunyai kemudahan dalam kehidupan.

Disamping kemudahan dalam kehidupan, pedataran tersebut ternyata memberikan masalah banjir bagi yang memanfaatkannya.

Tercatat dalam pengamatan kami, banjir banjir yang pernah terjadi di Kabupaten Maros sebagai berikut ;

- Desember 1978 sampai Januari 1979.

Luas areal yang tergenang  $\pm$  1.500 Ha.

- Nopember 1983.

Luas areal yang tergenang  $\pm$  1.840,5 Ha.

- M a r e t 1984.

Luas areal yang tergenang  $\pm$  1500 Ha.

Sumber Data : P.U. Seksi Pengairan Maros

Bidang Pengairan DPUPSS. ✓



### BAB III.

## SUNGAI DAN MASALAHNYA.

### 3.1. Sungai.

Sungai adalah suatu pengaliran yang senantiasa mencari jalan kelaut dari pegunungan melalui tempat tempat rendah, ataupun tempat-tempat yang dibuatnya dengan pengikisan serta pelarutan tanah dimana air tersebut mengalir.

#### 3.1.1. Pembagian Sungai menurut Tofografi.

Sungai menurut kemiringan/landai dasarnya dapat dibagi atas tiga bagian, yaitu ;

- a. Bagian atas atau hulu sungai.
- b. Bagian tengah.
- c. Bagian bawah atau hilir sungai.

#### a. Bagian Atas atau Hulu Sungai.

Bagian atas atau hulu sungai ini biasa juga disebut dengan Up Stream, letaknya adalah dilereng-lereng gunung, sehingga kecepatan alirannya masih tinggi / deras.

Pada bagian ini kecepatan aliran banjir dapat mencapai puluhan meter/detik (ada yang sampai 40 m/dt ). Profil memanjang sungai pada bagian ini adalah sangat tidak beraturan, hal ini disebabkan oleh karena bermacam-macamnya lapisan dasar sungai.

Ada yang curam, ada yang datar keduanya saling bergantian. Pada bagian ini terjadi pengikisan yang

amat besar dimana material yang terkikis adalah halus, kerikil serta batuan oleh sebab itu pada bagian ini disebut juga sone pengikisan.

b. Bagian Tengah ( Middle Stream ).

Pada bagian ini kemiringan rata-rata dasar sungai masih agak curam, namun demikian aliran sudah agak tenang. Kecepatan aliran banjir masih dapat mencapai  $\pm 5$  m/dt. Benda-benda kikisan pada bagian atas yang agak besar/kasar sudah mulai mengendap - sedangkan yang halus masih terangkut terus ke hilir. Pada bagian ini terjadi pengendapan sedimen, tetapi pengikisanpun selalu mengimbangi sedimentasi tersebut. Sehingga bagian ini disebut juga sone keseimbangan.

c. Bagian Bawah ( down stream ).

Pada bagian ini kecepatan sudah kecil, kecepatan banjir mungkin hanya  $\pm 2$  m/dt. saja.

Daerah disekitar sungai adalah dataran, jadi tinggi permukaan air sungai tidak banyak berbeda dengan permukaan tanah daerah sekelilingnya itu.

Pada musim banjir ini sering meluap ke daerah dataran. Untuk bagian ini arah sungai mulai membentuk sendiri arah alirannya. Dimana sungai kelihatan berbelok-belok yang lazim disebut "meandering".

Pada bagian bawah ini pengendapan akan sering melebihi pengikisan, terutama jika dibagian atas dan -

bagian tengah terjadi proses erosi yang cukup besar jadi dari uraian diatas jelas bahwa umumnya masalah banjir, penanggulangan tebing, pengarahan aliran - terdapat dibagian bawah dan sebagian lagi dibagian tengah, sedangkan pada bagian atas diperlukan pengendalian aliran untuk mencegah penggerusan.

Bagian hilir dari sungai ini tergolong pada sungai Alluvial. Sungai alluvial adalah sungai yang mengalir diatas dasar alluvium yang dibentuk oleh sungai itu sendiri. Secara garis besar sungai dataran alluvium dapat dillasifikasikan dalam 3 (tiga) jenis :

- a. Jenis yang berbelok-belok.
- b. Jenis yang dasarnya meningkat oleh pengendapan ( aggrading type ).
- c. Jenis yang dasarnya turun oleh penggerusan ( degrading type ).

Sungai itu kadang sekali atau bahkan tidak pernah hanya terdiri dari satu jenis tersebut diatas. Pada sungai dialluvium mulai dari udik alluvium sampai kemuara sungai sering mempunyai ketiga sifat tersebut. Sifat-sifat tersebut tergantung dari parameter parameter utama sungai ; yaitu besarnya debit dan kemiringan sungai, serta banyaknya dan ukuran dari sedimen yang memasuki bagian sungai itu, begitupun halnya akan kapasitas mengalirkan sedimen.

- Jika sedimen yang masuk kesungai tidak dapat diha-

nyutkan terus akibat kemiringan yang berkurang dari sungai itu, maka dasar sungai naik akibat pengendapan tersebut. Sungai menjadi dangkal cenderung turbagi-bagi dan jika dibiarkan terus sungai akan bercabang-cabang. Hal ini jelas kelihatan di muara - muara sungai yang selalu mendapat pembendungan oleh air pasang. Begitu pula akibat pembendungan sungai, jika pengendapan diudik bendung dibiarkan sudah tentu akan mengakibatkan kejadian yang sedemikian.

Pada suatu sungai volume sedimen yang dialirkan akan meningkat jika proses erosi di daerah/bagian daerah pengaliran meningkat.

Untuk sungai-sungai di Indonesia saat ini hal tersebut jelas kelihatan.

- Pada dasar sungai dengan kemiringan yang cukup besar maka penggerusan dasar sungai dapat terjadi.

Seperti halnya pada pembangunan coupure, dimana terjadi jarak pengaliran berkurang sehingga kemiringan sungai bertambah besar yang mengakibatkan arus bertambah besar pula.

Sedang dibagian udik coupure terjadi penggerusan .

- Jikalau kapasitas untuk menghanyutkan sedimen cukup besar tanpa pembentukan pengendapan dari sungai atau bagian sungai itu yang cukup besar pula, maka sungai atau bagian sungai itu adalah meandering.

### 3.1.2. Proses Meandering.

### 3.1.2. Proses Meandering.

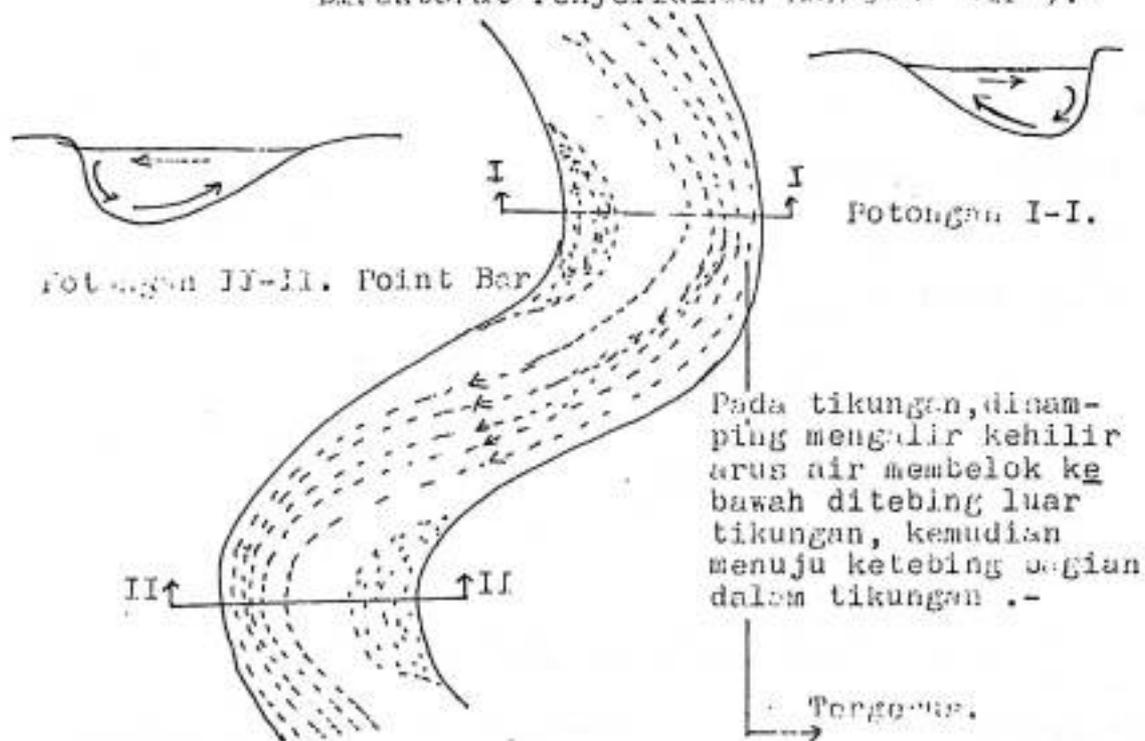
Proses meandering suatu sungai dapat kita lihat sehari-hari, yakni proses penghancuran tebing luar dari belokan-belokan sungai itu, sedang pada belokan bagian dalam terjadi penenggalan.

Proses ini merupakan hukum alam, yakni pada belokan akibat gaya sentripetal arus terdesak ke bagian luar belokan sehingga aliran terkonsentrasi hanya pada bagian luar belokan.

Pada bagian ini selain desakan keluar arus air membelok kebawah/kearah dasar. Kesimpulannya tebing terkikis arus sekaligus menggerus dasar sungai.

Gambar terjadinya meandering suatu sungai.

( sumber : Penagaman sungai serta pengendalian aliran Direktorat penyelidikan Masalah air ).-

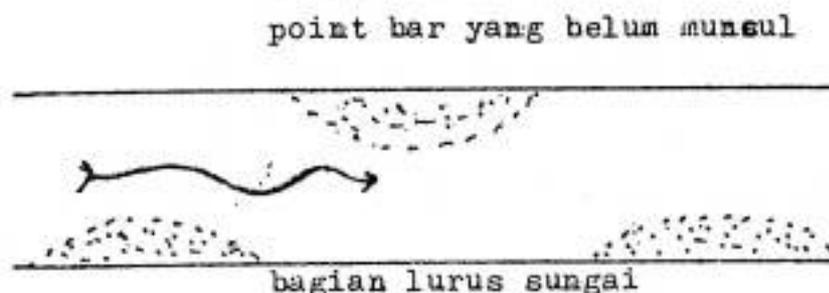


Pengendapan terjadi pada bagian dalam dari belokan dan lasim disebut " point bar ", sedang pada bagian yang lurus yakni antara 2 (dua) belokan arus air menyecoar cukup merata keseluruh penampang sungai, sehingga enersi arus berkurang, dan terjadilah pengendapan. Sungai pun menjadi dangkal (Crossing = penyeberangan ).

Untuk dataran Alluvium yang terjadi dari endapan sungai, tidak terdapat tebing yang keras yang memungkinkan arus membelok. Sifat-sifat aliran itu ditentukan oleh kemiringan jenis dan volume sedimen yang terangkut dalam air.

Jadi kalau ada perubahan volume serta jenis sedimen yang terangkut, maka aliran harus menyesuaikan dengan perubahan itu menuju suatu keseimbangan.

Pada bagian luar dari suatu sungai didataran alluvium oleh perubahan sedimen yang masuk, sebenarnya sering terdapat inti arus yang meandering meskipun secara keseluruhan arah arus kelihatan masih lurus. Pada bagian ini telah mulai terbentuk " point bar " walaupun masih belum muncul dipermukaan (alternate bar). Dan kalau ini dibiarkan dapat berkembang menjadi sungai meandering yang sebenarnya.



Jadi Proses meandering ini terjadi disebabkan oleh aliran

sungai yang selalu berusaha menuju kekeadaan seimbang - antara kemiringan dengan keadaan sedimen yang terangkut. Sehubungan dengan hal-hal tersebut diatas serta penelitian yang telah diadakan ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut ;

- Sungai yang mengalir melalui dataran alluvium, akan membuat suatu "jalan" yang membelok-belok, dimana arah belokan akan silih berganti . Diantara 2(dua) belokan terdapat bagian yang lurus. Pada tepi belokan bagian luar atau didekatnya terjadi kedalaman air yang maksimum, sedang pada bagian lurus terjadi penangkalan oleh pengendapan.
- Akibat perubahan debit, kemiringan sungai dan bahan sedimen yang terangkut terjadi perubahan dari pada belokan-belokan.
- Jadi dapat dikatakan bahwa setiap proses meandering adalah tergantung pada kombinasi 3(tiga) faktor - sangat erat hubungannya, yakni ;
  1. Besarnya debit dan sifat-sifat hidrolis dari pada sungai.
  2. Banyaknya sedimen yang diangkut.
  3. Mudah tidaknya penikisan pada dasar dan tebing-tebing sungai.

Hubungan antara ketiga faktor ini adalah sangat kompleks karena tidak ada faktor yang dapat ditinjau tersendiri. Atau dapat dikatakan bahwa pengaruh ketiga faktor ini tidak dapat dipisahkan-pisahkan .

### 3.1.3. Gerak Air Sungai.

Sungai yang merupakan saluran asli, terjadi dengan sendirinya di alam ini sehingga bentuk dan penampangnya tidak beraturan. Atas kejadian ini, maka sifat-sifat hidrolis sungai secara umum tidak beraturan, jadi untuk mempelajarinya digunakan metode perkiraan-perkiraan empiris yang mendekati kebenaran.

Pada profil memanjang sungai dapat terlihat bagian dimana air sungai mengalir deras sekali, dan ada bagian dimana air sungai mengalir perlahan-lahan, jadi tidak beraturan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketahanan dari palung sungai.

#### a. Sifat Gerakan Air.

Pengaliran (Gerak Air) didalam sungai dapat dibedakan dalam 3(tiga) macam yaitu ;

1. Gerak Tenang ( pengaliran laminar ).
2. Gerak Mengalir ( pengaliran turbulen ).
3. Gerak Melaju ( pengaliran jeram ).

Sifat Gerak Air disungai umumnya adalah mengalir, alirannya tetap dan tidak beraturan. Dikatakan mengalir karena gerak airnya mengalami gesekan-gesekan. Alirannya tetap berarti di tiap-tiap penampang debitnya sama, dikarenakan dalamnya air tidak berubah atau dapat dianggap selama suatu interval waktu. Selanjutnya dikatakan gerak tidak beraturan karena di tiap - tiap



### 3.1.4. Kekuatan Gerak Air Sungai.

Akibat dari pengaliran, maka dasar dari aliran sungai timbul gaya yang bekerja searah dengan aliran. Gaya-gaya tersebut akan menarik air pada permukaan basah dari penampang sungai disebut Gaya Tarik (tractive force). Pada aliran sungai dimana alirannya dianggap aliran seragam, gaya tarik ini ternyata sama dengan komponen efektif dari gaya gradasi yang bekerja pada butir-butir air sejajar dengan dasar sungai.

Dimana harga rata-rata dari gaya tarik persamaan luas basah atau yang disebut gaya tarik satuan yakni ;

$$\bar{O} = w R S \quad \dots (5) \text{ hal.63}$$

$\bar{O}$  = tenaga tarik tiap daerah satuan dasar sungai.

$w$  = berat butir-butir air .

$R$  = jari-jari hidrolis .

$S$  = kemiringan sungai .

Jikalau Gaya Tarik atau kekuatan Gerak Air sungai adalah lebih besar dari perlawanan bahan

penampang sungai mengalami perbedaan luas penampang dasarnya atau bentuk penampang tidak beraturan, dengan demikian kecepatanpun mengalami perbedaan.

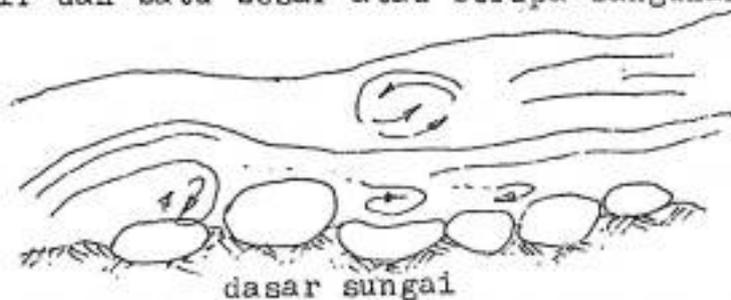
Perpindahan dari gerak mengalir ke gerak melaju disebut gerak gelombang yang sifatnya tidak beraturan dan dimana gerak air itu mencapai kecepatan kritis.

#### b. Bentuk Gerak Air Sungai.

Bentuk Geraknya air didalam sungai dapat dibedakan dalam 2(dua) keadaan ;

1. Gerak berupa gulungan dengan poros horizontal.
  2. Gerak berupa gulungan dengan poros vertikal .
- 1). Gerak Berupa Gulungan dengan Poros Horizontal.

Gerak ini terjadi akibat adanya rintangan-rintangan diatas palung sungai, seperti tumpukan krikil pasir dan batu besar atau berupa bangunan air.



- 2). Gerak Berupa Gulungan dengan Poros Vertikal.

Gerak ini terjadi akibat palung sungai yang melebar secara tiba-tiba atau menyempit.

Kecepatan Gerak Air dengan gulungan poros vertikal ini adalah besar dan paling maximum terjadi pada pusat gulungan.

dasar, maka bahan-bahan dasar sungai akan bergerak bergeser. Selanjutnya untuk daerah tebing sama halnya, yakni akan timbul gaya tarik, dimana gaya tarik tersebut dapat menggerakkan partikel-partikel yang ada pada tebing sungai.

### 3.2. Banjir.

#### 3.2.1. Pengertian Banjir Ada Dua.

1. Banjir didalam Saluran Pembuang.
2. Banjir berupa Penggenangan Air disuatu daerah tertentu yang melebihi suatu batas tinggi tertentu.

Sedang untuk pembahasan dalam tugas ini kami membedakan Banjir Genangan dan Banjir Limpasan .

- Banjir Genangan yaitu Banjir yang terjadi disuatu daerah karena air hujan yang jatuh terkumpul didaerah tadi dan tidak dapat terus dialirkan karena alur drainasenya kurang atau tidak ada.
- Banjir Limpasan yaitu banjir yang terjadi disuatu daerah karena air yang melimpah melebihi kapasitas tampung suatu alur sungai.

Tergantung pada tujuannya, maka banjir dapat dinyatakan dalam berbagai ukuran sebagai berikut ;

- Untuk keperluan perencanaan bangunan didalam sungai, baik melintang atau memanjang sungai

banjir diukur menurut tinggi muka airnya.

- Untuk perencanaan pemanfaatan tanah disekeliling sungai, banjir diukur menurut luas daerah yang tergenang air banjir.
- Untuk perencanaan peluap, jembatan, gorong-gorong saluran dan lain sebagainya, banjir diukur menurut luas daerah besarnya debit maksimum dinyatakan dalam  $m^3/detik$ .
- Untuk perencanaan bangunan penampungan untuk keperluan irigasi, penyediaan air, pengendalian banjir dan sebagainya, banjir diukur menurut volumenya, dinyatakan dengan meter hektar atau hari- $m^2/detik$ .

### 3.2.2. Frekwensi Banjir.

Analisa Frekwensi Banjir digunakan untuk tujuan tertentu antara lain ;

1. Sebagai pedoman untuk perhitungan kapasitas bangunan, seperti jembatan, bendung, copperdam dan sebagainya.
2. Untuk memperkirakan besarnya kerusakan akibat banjir, agar dapat ditentukan langkah-langkah pencegahannya dengan suatu sistem pengendalian banjir untuk jangka waktu tertentu, umumnya diambil sama dengan umur ekonomis bangunan.

Untuk Tujuan pertama diperkirakan besarnya diperkiraan besarnya debit banjir minimum yang

minimum yang dikehendaki. Dan untuk tujuan kedua, disamping banjir maksimum, perlu dipertimbangkan faktor-faktor seperti lamanya banjir, selang waktu antara banjir dan bulan-bulan terjadinya banjir. Untuk kedua cara ini, ketepatan perkiraan frekwensi banjir tergantung pada jangka waktu pengamatan yang menghasilkan data-data.

Misalkan data diperoleh dari data pengamatan selama jangka waktu 50 tahun, maka banjir-banjir max. 10 tahunan boleh dikatakan dapat diperkirakan dengan ketepatan yang cukup tinggi. Banjir 50 tahun atau 100 tahunan hanya dapat diperkirakan secara sangat kasar. Kalau banjir-banjir terbesar tiap-tiap tahun dicatat menurut urutan besarnya, dan catatan itu meliputi jangka waktu yang cukup lama, maka kita mendapatkan suatu grafik berupa garis lengkung. Kalau karakteristik dari garis lengkung ini dapat kita ketahui maka kita dapat memperkirakan banyaknya banjir sampai batas-batas tertentu yang dapat diharapkan akan terjadi dalam jangka waktu lama. Untuk menyusun grafik dari pada lengkung, harus tersedia data-data dari jangka waktu yang cukup panjang, oleh karena itu, maka lengkung lengkung frekwensi statistik, hanya merupakan pegangan bagi perencanaan. Data yang diperlukan untuk menganalisa frekwensi adalah data pengamatan pengaliran, tinggi air hujan atau curah hujan.

### 3.2.3. Penyelidikan Perjalanan Banjir (Flood Tracing) :

Perkiraan corak banjir pada bagian hilir berdasarkan corak banjir didaerah hulu disebut penyelidikan perjalanan banjir yang digunakan untuk peramalan dan pengendalian banjir.

Penyelidikan perjalanan banjir dapat dihitung dengan persamaan seri dan persamaan penampang.

Salah satu cara diantaranya yang dapat digunakan adalah Cara Maskingum . . . . . (8, halaman 206)

Misalnya pada sebuah bagian sungai  $I \text{ m}^3/\text{detik}$  dan aliran keluar  $O \text{ m}^3/\text{dt.}$  air yang tertampung selama  $t$  detik dalam bagian itu adalah  $S \text{ m}^3$ , dan persamaan menjadi ;

$$I - O = S/T \quad \dots \dots (8, \text{ halaman } 206)$$

Jika diambil sesuatu jangka waktu yang singkat, maka persamaan akan menjadi :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} t - \frac{O_1 + O_2}{2} t = S_2 - S_1$$

$I_1$  = aliran masuk pada permulaan waktu  $t$

$I_2$  = aliran masuk pada akhir waktu  $t$ .

$O_1$  = aliran keluar pada permulaan waktu  $t$ .

$O_2$  = aliran keluar pada akhir waktu  $t$ .

Mengingat debit dan besarnya penampungan dapat dinyatakan sebagai fungsi dalamnya air, maka hubungan antara besarnya penampungan  $S$  dan debit  $Q$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = K \cdot Q \quad \dots \dots (8, \text{ hal. } 206).$$

Seandainya angka perbandingan aliran masuk dan aliran keluar yang mempengaruhi besarnya penampungan itu berturut-turut  $X$  dan  $(1 - X)$ , maka;

$$S = K ( XI + (1 - X) O ) \quad \dots \dots (8, \text{ hal. } 206).$$

untuk sungai alam,  $0 < X < 0,50$ , akan tetapi makin curam kemiringannya, makin besar harga  $X$  itu. Biasanya harga  $X$  terletak antara  $0,10$  dan  $0,30$ . Kadang-kadang harga  $X$  menunjukkan harga negatif.  $K$  adalah harga dengan satuan waktu dan disebut koefisien penampungan yang kira-kira sama dengan waktu perpindahan banjir dalam bagian sungai itu.

Harga  $K$  dan  $X$  dapat diperoleh dari harga-harga debit  $I$  dan  $O$  yang diukur.

Umpanya permulaan dan akhir waktu itu adalah  $t$  dan besarnya penampungan itu adalah  $S_1$  dan  $S_2$ , maka ;

$$S_1 = K ( XI_1 + (1 - X) O_1 ) \quad \dots \dots (8, \text{ hal. } 206)$$

$$S_2 = K ( XI_2 + (1 - X) O_2 ) .$$

### 3.3. Penggerusan Dan Sedimentasi.

#### 3.3.1. Penggerusan.

Penggerusan terjadi akibat adanya aliran air yang menentang dan mengikis tebing pada kedua sisi serta dasar lembah, sering dinamakan erosi. Proses erosi ini secara perlahan-lahan mengubah lembah menjadi lebar dan dalam. Hasil gerusan ini diangkut kemudian diendapkan dibagian hilir sungai.

Terjadinya erosi ini di percepat karena hujan lebat dan banjir.

Proses Erosi ini ditinjau dari kegiatan dan akibatnya dapat dibagi sbb :

1. Erosi Geologis atau sering juga di sebut erosi alamiah, adalah erosi yang terjadi berdasarkan keadaan tanah dan kondisi lingkungan. Pada keadaan ini jumlah tanah yang hilang di banding dengan jumlah tanah yang di tambahkannya melalui pembentukannya.
2. Erosi Cepat, adalah erosi dimana jumlah tanah yang hilang, melebihi tanah yang di akibatkan erosi geologis. Dapat dikatakan bahwa erosi ini timbul akibat adanya perubahan alam atau kondisi tanah secara cepat yang ditimbulkan oleh air, angin -

- serta kerusakan tanah yang timbul akibat kegiatan manusia.

Faktor - faktor yang mempengaruhi erosi akibat air.

Arus sangat mempengaruhi hilangnya tanah oleh karenanya hubungan langsung antara arus dan hilangnya tanah secara keseluruhan. Variabel variabel utama yang mempengaruhi erosi adalah iklim, tanah vegetasi dan topografi.

**Iklim :** Faktor ini mempengaruhi erosi yang meliputi turunnya hujan, temperatur, angin, kelembaban dan radiasi penyinaran matahari.

**Tanah :** Sifat fisik tanah mempengaruhi kapasitas infiltrasi dimana tanah dapat tersebar dan terbawa. Sifat inilah yang mengakibatkan erosi yang meliputi struktur tanah, serat tanah, bahan organik isi kelembaban dan pemadatan.

**Vegetasi :** Vegetasi dapat memperlambat erosi karena menurunnya kecepatan arus pada permukaan, tertahannya pisik tanah. Akibat vegetasi porositas tanah bertambah melalui akar dan sisa tanaman, bertambahnya kegiatan biologis pada tanah, transpirasi kurang sehingga kapasitas tanah bertambah.

**Topografi :** Sifat sifat topografi yang mempengaruhi erosi antara lain tingkat kemiringan tanah, luasnya kemiringan dan panjang serta bentuk lereng tempat air mengalir. Pada lereng terjal terjadi erosi yang cepat karena air mengalir cepat.

Sesudah hasil erosi bergerak untuk dipindahkan maka timbullah istilah angkutan sediment ( Sediment Transport ).

### 3.3.2. Sedimentasi.

Sesudah hasil erosi bergerak untuk dipindahkan maka timbullah istilah angkutan sediment ( Sediment Transport ).

Dilihat dari segi mekanisme maka angkutan sediment dapat dibagi dalam dua golongan :

- a. Angkutan dasar ( bed load ) dimana gerakan partikelnya pada dasar saluran dengan cara menggiling, bergeser dan berloncat loncatan.
- b. Angkutan melayang. ( Suspended load ) dimana partikel partikelnya bergerak melayang dalam air terbawa oleh aliran.

Batas batas yang jelas dari keduanya sukar sekali dibedakan dan pada umumnya tinggi maksimum bed load dari dasar saluran berada 2 atau 3 kali diameter partikelnya.

Pada hakekatnya didalam aliran sungai turut hanyut pula bahan bahan yang disebut sediment berasal dari permukaan tanah daerah pengaliran yang tergerus atau tebing tebing sungai yang tergogos. Besarnya kandungan sedimen yang terkandung didalam aliran air ini tergantung dari kondisi geologis, topografis, vegetasi serta intensitas curah hu

jan daerah pengaliran sungai.

Daerah daerah erosi berat ( akibat penebangan penebangan yang tidak teratur penggarapan penggarapan yang kurang wajar ) akan dapat meningkatkan kandungan sedimen didalam sungai.

Jika kemampuan daya angkut aliran sungai lebih rendah dari kapasitas masuknya sedimen kedalam alur sungai, maka terjadilah pengendapan pengendapan dan alur sungai menyempit ; selanjutnya kapasitas pengaliran sungai berkurang dan dengan kenaikan debit yang kecil saja maka sungai sungai ini mudah meluap. Ditanah air kita gejala ini dapat di saksikan pada hampir semua sungai sungai di pulau Jawa, terutama pada sungai sungai yang mengalir ke utara.

Besarnya kapasitas sedimen yang di hanyutkan oleh aliran sungai biasanya didasarkan pada daya dorong aliran sungai terhadap bantiran sedimen, yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$T = \gamma R I. \quad \dots (16) \text{hal } 14$$

dimana : T = Gaya dorong aliran (tractive force).

$\gamma$  = Berat jenis air.

R = Radius hidrolik sungai.

I = Kemiringan sungai.

Dan dari konsepsi tractive force ini, banyak ditemukan rumus rumus kapasitas sedimen yang di hanyutkan oleh aliran sungai, antara lain Rumus Einstein Rose

sebagai berikut :

$$q_s = \frac{1}{3.02} \cdot \frac{T^3}{d^{1.5}} \quad (16) \text{hal. 15}$$

dimana :

$q_s$  = debit sedimen per m' lebar sungai .

$T$  = tractive force .

$d$  = diameter rata-rata butiran sedimen.

Pada beberapa bagian dari sungai kadang-kadang terdapat lebih dari satu alur, yang disebut alur ganda yang biasanya terdapat dibagian konus pengendapan atau disekitar muara sungai ( delta ).

### 3.3.3. Pengertian Tentang Krib.

Krib adalah suatu bendung yang didirikan melintang diatas palung sungai dan menjorok dari tebing sungai sampai batas normal yang tertentu dari suatu sungai.

Krib bronjong adalah konstruksi yang terbuat dari belahan-belahan bambu atau kawat yang dianyam, kemudian diisi dengan batu.

Pangkal krib ditanam 2 atau 3 meter didalam tebing sedang ujung krib bebas menjorok ketengah sungai ke tempat dimanan arus aliran dikehendaki.

Kegunaan krib ini berfungsi untuk mengendalikan aliran sungai atau untuk menstabilkan jalan air sepanjang suatu jarak tertentu dengan penampang melintang yang tertentu pula.

Jadi krib ini dipasang dengan tujuan sebagai berikut ;

- Melewatkan dengan aman dan cepat aliran banjir .
- Agar terjadi keseimbangan antara pengangkutan dan pengendapan sedimen.
- Menormalisir penampang sungai yang telah berubah - menjadi lebar.
- Memelihara dalamnya air dan menentukan tempat dan lebar alur yang baik untuk pelayaran/navigasi serta mengembalikan dasar sungai pada keadaan semula.

Pada suatu lokasi pemasangan krib biasanya dibuat seri , agar efektif maka susunan krib yang paling sedikit adalah terdiri dari 3 krib. Hal ini dimaksudkan agar ruang antara krib-krib ini dapat terisi lumpur (endapan) yang dapat membuat tepian sungai yang baru.

Dengan adanya tepian sungai yang baru ini maka tebing sungai dengan sendirinya akan terlindung dari erosi atau penggerusan yang akhirnya akan merubah profil melintang sungai. Dalam pemasangan krib secara tunggal maka kerusakan yang ditimbulkan akan lebih besar daripada kebaikannya/manfaat.

Sedang daya tahan dari konstruksi sangat tergantung kepada :

- Bahan yang dipakai untuk anyaman.
- Cara penganyaman.
- Benturan bahan-bahan yang dialirkan oleh sungai atau benturan yang diterima oleh konstruksi .
- Cara pemasangan dan pemeliharaannya.

Ditinjau dari jenisnya krib dapat dibagi atas dua jenis:

Ditinjau dari jenisnya maka krib dapat dibagi atas dua.

- Krib Tidak Kedap Air ( Permeable ).

- Krib Kedap Air

ad.1. Krib tidak kedap air .

Krib ini dapat ditembus aliran. Aliran yang menembusnya telah banyak diperlambat oleh krib tersebut. Aliran yang membentur konstruksi energinya - sebagian sudah dipatahkan, jadi kecepatan aliran / arus sudah banyak berkurang.

Begitupun akibat konstruksi ini ditembus aliran maka berarti bahwa tidak semua aliran tertekan ketempat yang kita kehendaki.

Demikian halnya akan gerusan yang terjadi , akibat berkurangnya kecepatan aliran maka gerusan yang terjadi diujung krib adalah kecil.

Semakin banyak sedimen yang terangkut semakin cepat terjadinya pengendapan diantara krib tersebut.

Pengendapan yang merata diantara ruang-ruang krib adalah merupakan salah satu keuntungan dari sistim tersebut.

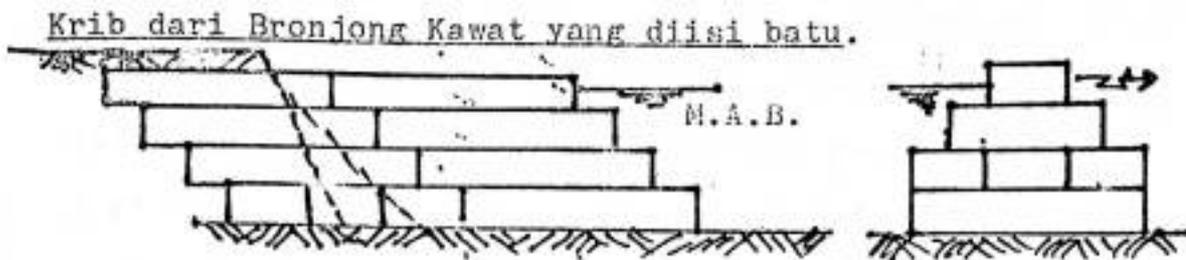
Konstruksi Krib Tidak Kedap air dapat terbuat dari

a. Krib dari deretan tiang pancang beton.

b. Krib dari batang-batang kayu yang dipancang.

c. Krib dari bronjong kawat yang diisi batu .

Untuk krib tidak kedap air, maka yang kami gunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah krib bronjong kawat.



Gambar Krib dari Bronjong Kawat .

Di Indonesia yang paling banyak digunakan adalah Krib Bronjong Kawat yang diisi batu, hal ini dikarenakan bahan-bahannya mudah diperoleh serta pelaksanaannya cukup mudah dan praktis.

Krib ini sudah bersifat membendung aliran yang mengakibatkan penggerusan yang terjadi diujung Krib lebih besar dibanding penggerusan yang terjadi pada krib tiang pancang beton/kayu. Krib bronjong kawat juga merupakan semi antara Kedap air dan tidak kedap air.

Krib dari bronjong kawat terdiri dari bronjong-bronjong kawat dengan ukuran tertentu, yang ditumpuk diatas dasar sungai yang diikat erat satu sama lain. Dasar sungai haruslah diratakan dahulu, kemudian krib lapisan yang pertama diletakkan / dipasang.

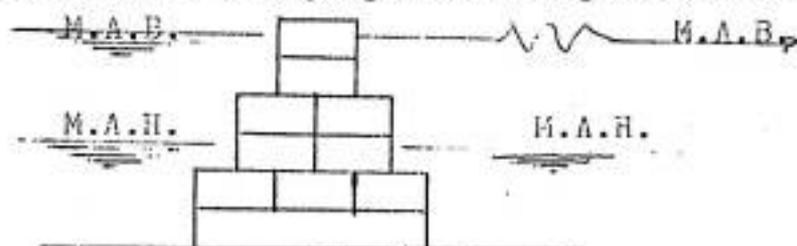
Dalam pembuatan Krib dari bronjong kawat ini, maka rangkaian bronjong lapis per lapis perlu diperhatikan. Mengingat pengikisan dasar sungai dekat ujung krib, perlu mendapat perhatian sepenuhnya sehubungan dengan ketahanannya

Dan sebagai tindakan pengamanan terhadap penurunan yang akan terjadi akibat pengikisan dasar sungai diujung

krib tersebut. Setidak-tidaknya mengurangi bahaya yang selalu mengancamnya, maka dibuatlah/diadakan semacam lantai, dengan lebar 3 atau 5 meter dan panjang 6 meter, dari bronjong yang diletakkan berjajar diatas dasar sungai. Lihat gambar berikut ; ....(18) hal. 16.



Gambar Krib Bronjong kawat dengan lantai muka



Potongan I : I.

Ikatan pada bronjong lantai ini tidak boleh diikat kaku akan tetapi harus diikat semacam Engsel. Hal ini dimaksudkan agar supaya bronjong lantai tersebut dapat turun mengikuti penurunan dasar sungai akibat pengikisan dengan tidak menimbulkan tegangan-tegangan pada sambungan tersebut.

Krib Bronjong Kawat daya tahannya sangat tergantung pada bahan yang digunakan.

Kawat yang digunakan adalah kawat yang digalvanisasi dengan diameter 3, 4 s/d 5 mm. Bronjong kawat ini dapat bertahan paling kurang 10 tahun, bilamana kawatnya digalvanisasi dengan baik, sedang bilamana galvanisasinya

arang baik maka kemungkinan hanya bertahan sampai dengan 2 atau 3 tahun saja.

Untuk pekerjaan pengendalian aliran sungai diameter kawat yang digunakan untuk bronjong adalah yang berdiameter 4 mm s/d 6 mm. Hal ini disebabkan karena untuk kawat dengan diameter lebih kecil akan mudah sekali putus.

Kawat bronjong dengan anyaman tangan adalah yang berdiameter 4mm. kawat ini masih cukup kuat serta masih dapat anyam dengan tangan secara baik/rapi.

Cara Umum Ukuran Bronjong Kawat adalah sebagai berikut

Tinggi = 0,50 meter.

Lebar = 1,00 - 2,00 m.

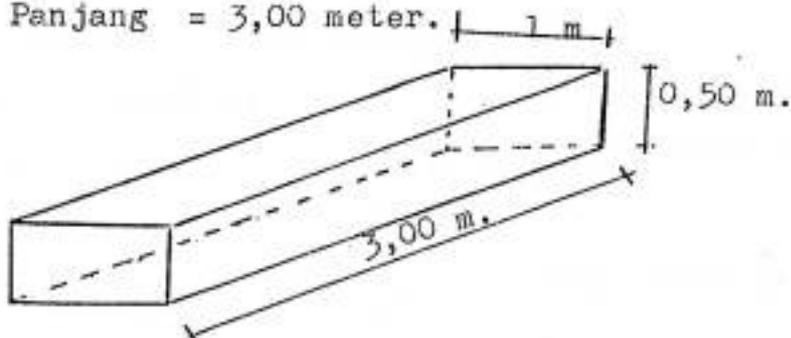
Panjang = 3,00 - 6,00 m.

Indonesia pada umumnya ukuran bronjong kawat yang banyak dipakai ialah Bronjong Kawat yang berukuran :

Tinggi = 0,50 meter.

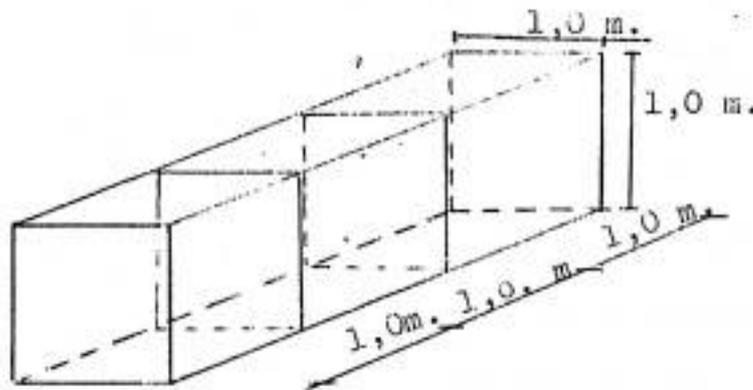
Lebar = 1,00 meter. ....(14)hal.44.

Panjang = 3,00 meter.



Selain itu juga digunakan Bronjong Kawat dengan tinggi = 1 m. Untuk penggunaan bronjong dengan tinggi 1,00 meter ini haruslah dibuat semacam perkuatan, yaitu dengan pemasangan anyaman penyekat pada jarak setiap 1 meter dalam arah

memanjang.



Untuk bahan pengisi Krib Bronjong haruslah diisi dengan batu kali, mengingat kemungkinan yang akan terjadi pada bronjong tersebut untuk bergerak. Jadi bilamana digunakan batu belahan dengan sisi-sisi yang tajam tentu akan mempercepat putusannya/terpotongnya kawat anyaman tersebut. Diameter batu pengisi ini haruslah lebih besar dari pada diameter lingkaran dalam anyaman bronjong yang  $\pm 13$  cm, jadi diameter batu pengisi tersebut lebih besar dari 13 centimeter.

Keuntungan Bronjong Kawat adalah :

1. Cukup Tahan Lama.
2. Dapat mengikuti perubahan keadaan/flexible.
3. Pada waktu pelaksanaan tidak memerlukan konstruksi bantuan misalnya konstruksi drainase.
4. Dapat dilaksanakan tanpa menunggu muka air sungai sangat rendah.
5. Dapat dilaksanakan oleh pekerja setempat setelah diberi sedikit latihan dalam waktu yang relatif singkat.

Sedangkan Kekurangannya adalah ;

Memerlukan pemeliharaan yang kontinyu, terhadap penggerusan maupun terhadap benda-benda yang tersangkut pada konstruksi.

ad.2. Krib Kedap Air (Impermeabel).

Krib Jenis ini tidak ditembus oleh aliran.

Aliran tertahan dan tertekan ketengah sebagian sungai sehingga pada ujung krib terjadi percepatan aliran - sehingga pada ujung krib ini terjadi penggerusan yang cukup besar. Atas dasar tersebutlah sehingga pada ujung krib ini memerlukan pemeliharaan yang kontinu. Pada sungai-sungai yang banyak mengalirkan krikil dan pasir krib kedap air ini sangat cocok digunakan.

Krib Kedap Air ini dapat terbuat dari ;

- Urugan Pasir/tanah yang ditutup batu.
- Bronjong Kawat yang diselimuti beton.
- Blok-blok beton .

### 3.4. Beberapa Cara Penanggulangan Banjir.

#### 3.4.1. Pembuatan Tanggul Banjir.

Tanggul banjir ini dibuat untuk membatasi daerah pemukiman terhadap aliran air banjir di sungai.

Dengan pembuatan tanggul ini maka air banjir yang semula menyebar didataran rendah dikiri kanan sungai bagian hilir, menjadi terpusat pada suatu alur tertentu, akibatnya elevasi muka air disungai lebih tinggi dari semula.

#### 3.4.2. Peningkatan Daya Tampung (Storage Capacity) Sungai.

Hal ini akan memperkecil debit puncak banjir yang mengalir pada sungai yang bersangkutan, dan memperendah elevasi muka air banjir.

Peningkatan daya tampung sungai dapat dilakukan dengan membuat reservoir (waduk penampung banjir) atau dengan memanfaatkan daerah rendah yang masih belum berkembang untuk tempat penampung banjir sementara (retention basin/retarding basin).

#### 3.4.3. Mengalirkan/Menyalurkan Debit Banjir Ketempat Lain.

Pembuatan penyalur banjir yang menuju ketempat lain, dimana air tidak akan masuk kembali ke sistem sungai yang bersangkutan, akan langsung mengurangi besarnya debit sungai dihilir bangun

an pelimpah dan memperendah elevasi muka air.

Selain memperendah elevasi muka air dihilir bangunan pelimpah, elevasi muka air sungai dihilir pelimpah banjir akan mengalami penurunan pula sebagai akibat adanya pembendungan.

#### 3.4.4. Memperbesar Kapasitas Pengaliran Sungai.

Cara ini dapat ditempuh antara lain dengan : memperkecil angka kekasaran ( koefisien hambatan aliran ) sungai, memperbesar luas penampang pengaliran sungai, memperpendek alur sungai, yang berarti memperbesar kemiringan dasar sungai.

Catatan : Cara cara tersebut pada 3.4.1. sampai dengan 3.4.4. adalah cara cara langsung, yang lasim dipakai yang berarti apabila hal hal tersebut dilakukan, hasil dari usaha penanggulangan tersebut dapat langsung kelihatan. Cara cara diatas didukung oleh ilmu (melibatkan pengetahuan) teknik sipil usaha penanggulangan banjir yang lain, dimana juga melibatkan bidang pertanian, adalah dengan penghijauan, memperbaiki pola dan teknik bercocok tanam. dibagian hulu sungai, bench terracing, pembuatan chekdam chekdam dan sebagainya. Usaha ini tidak langsung kelihatan pengaruhnya terhadap besarnya debit banjir disungai, dan memerlukan tenggang waktu yang relatif lama.

### 3.5. Pemilihan Cara Penanggulangan Banjir.

Banjir adalah merupakan salah satu masalah yang sering kali dijumpai oleh para perencana dan pelaksana dalam usaha manusia memanfaatkan sumber alam untuk kepentingan umat manusia.

Dalam pemilihan cara yang digunakan untuk penanggulangan banjir maka faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Kondisi daerah yang bersangkutan (jenis tanah, topografi, karakteristik sungai) dll.
- Material yang tersedia disekitar daerah tersebut .
- Pemilihan bahan yang murah, serta memenuhi syarat untuk pencegahan banjir.
- Biaya pemeliharaan rendah, serta proses perbaikannya mudah dan cepat kalau terjadi kerusakan.
- Alternatif penggunaan tenaga serta material sekitar daerah yang dimaksud.

Dalam penulisan ini, kami memilih cara penanggulangan banjir dengan sistim tanggul dan bronjong.

Sistim Tanggul.

Dalam usaha melindungi daerah-daerah rendah dari luapan air sungai di buatlah tanggul, sebagai salah satu cara penanggulangan banjir.

Sistim tanggul ini dipilih bila mana penampang sungai

tidak dapat menampung debit banjir, dalam hal ini - terjadi luapan yang dapat menimbulkan bahaya banjir-disekitarnya.

Dalam perencanaan tanggul ini kita sebaiknya melakukan peninjauan secara mendalam akan situasi, sifat tanah, hidrologi, geologi, topografi, kadarnya banjir serta jenis-jenis material yang terbawa oleh aliran sungai yang bersangkutan.

Hal ini diperlukan, guna mendapatkan data yang cukup sehingga tidak menimbulkan resiko kegagalan. Dalam perencanaan tanggul hendaknya diusahakan dengan biaya yang semurah mungkin, dengan tidak melupakan ketentuan-ketentuan yang ada serta tetap memenuhi syarat untuk mencegah luapan banjir terhadap daerah yang dilindunginya.

Perencanaan tanggul ini harus segera diperhitungkan bila mana daerah sekitar aliran sungai tersebut merupakan pemukiman yang ramai ataupun areal pertanian - yang luas guna penanggulangan dan pencegahan terjadinya kerusakan pada tempat-tempat pemukiman serta areal pertanian penduduk. Sedang bila mana air limbah itu hanya meluap diatas tanah sekelilingnya dan membawa sedimen-sedimen yang mengandung pupuk untuk kesuburan tanah dan tanaman dimana daerah tersebut belum merupakan tempat pemukiman ataupun areal persawahan maka pembuatan tanggul tersebut belum begitu pen-

ting. Sebab dengan luapan /limpasan yang membawa sedimen-sedimen tadi dapat berfungsi untuk meninggikan permukaan tanah.

Keuntungan Sistem Tanggul :

- Merupakan Cara yang cepat dan murah untuk penanggulangan banjir setempat.
- Bila terjadi kerusakan, maka proses perbaikannya tidaklah begitu lama.

Sedang Kerugiannya adalah sebagai berikut :

- Dalam Drainage dibelakang tanggul mengalami kesulitan berhubung naiknya muka air disungai.
- Bilamana terjadi banjir besar dan air meluap maka daerah yang telah ditanggul tergenang lebih lama terlandung sebelum ditanggul.
- Pada bagian hilir tanggul pengaruh banjir lebih besar dibandingkan sebelum adanya tanggul.

Bronjong.

Yang kami maksudkan Bronjong dalam penulisan ini adalah Tembok Penahan dan Krib pada daerah belokan sungai yang kami tinjau jadi merupakan perkuatan tebing.

Dalam mendimensi tembok pelindung dari bronjong ini maka kita perlu memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut ;

- Stabilitas Tebing.
- Gerusan pada kaki tebing.
- Kecepatan aliran dan tinggi banjir.

### Gerusan pada Kaki Tebing.

Pada bagian depan kaki konstruksi gerusan - haruslah diperhatikan, dimana ada bahan yang peka terhadap gerusan. Pada bagian depan dipasang bronjong guna menanggulangi penggerusan. Pengikatan pada bagian ini hanya satu rusuknya saja agar dapat dengan mudah mengikuti penurunan dasar sungai akibat gerusan tadi. Dianjurkan untuk membuat lapisan ini selebar minimal  $1\frac{1}{2}$  kali perkiraan dalam nya gerusan.

### Stabilitas Tebing.

Tebing ini sering rusak karena longsor yang diakibatkan oleh gerusan dikaki tebing tadi. Bronjong kawat yang dipasang pada tebing sungai - yang agak tegak berfungsi untuk menahan tanah, dan dipasang dengan kemiringan 5 : 1, miringnya kearah puncak, dan untuk mendapatkan penampang - ekonomis.

Lebar dasar dibuat  $\frac{1}{3} h$  (  $h$  = tinggi konstruksi) dan untuk pengamanan pada tanah dasar maka pada bagian ini lapisan pondasi dibuat lebih lebar dengan memperhatikan keadaan lapisan tanah dasar - dari sungai.

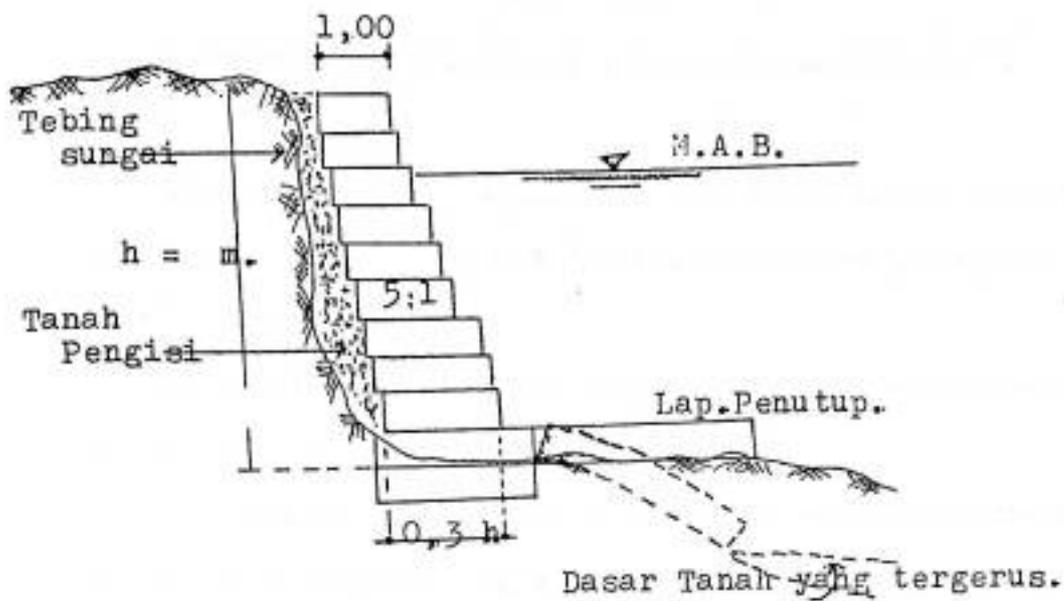
### Kecepatan Aliran dan Tinggi Banjir.

Tinggi puncak tembok penahan dibuat lebih tinggi dari muka air banjir yang sering terjadi ,

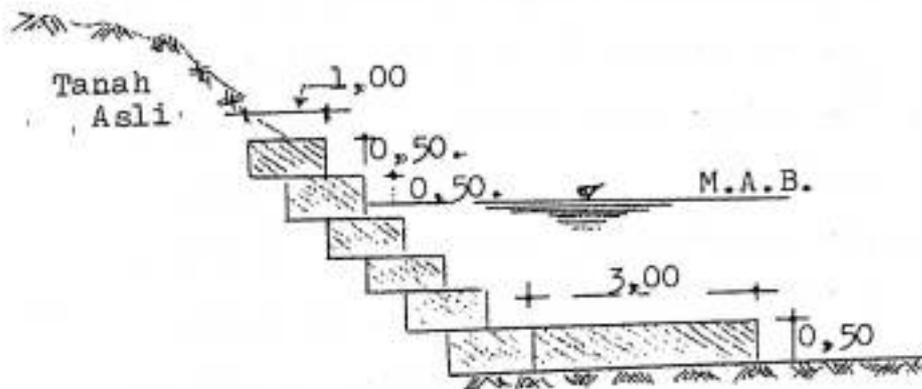
minimal 1,00 meter. Bronjong kawat ini masih cukup tahan terhadap benturan batu yang terbawa oleh aliran banjir.

Dan bilamana aliran banjir tidak batu-batu maka konstruksi ini akan mampu lebih tahan lama.

Tebing yang dilindungi oleh tembok penahan ini haruslah dilindungi dari aliran lintasan permukaan yang akan meresap kedalam celah antara tembok penahan dan tebing, sebab hal ini akan mengurangi kestabilan tembok penahan tersebut.



Gambar; Kemiringan Lapisan Pelindung yang agak tinggi minimum 5 : 1.



Gambar : Kemiringan lapisan pelindung maksimum 1 ; 1 .-

## BAB. IV.

### PERENCANAAN KONSTRUKSI PENANGGULANGAN BANJIR

#### 4.1. U M U M .

Penanggulangan banjir adalah semua usaha usaha yang dilakukan dengan tujuan memperkecil pengaruh pengrusakan banjir.

Dalam penulisan ini kami memilih sistim penanggulan dengan tanggul dan bromjong.

Sistim tanggul ini dipilih bilamana penampang sungai tidak dapat menampung debit banjir, dalam hal ini terjadi luapan yang dapat menimbulkan bahaya banjir disekitarnya.

Hal hal yang perlu diperhatikan didalam menentukan bentuk dan dimensi tanggul:

1. Elevasi puncak tanggul harus cukup tinggi sehingga tidak akan terjadi overtoping pada saat banjir
2. Tubuh tanggul harus tetap stabil dan tidak mengalami kerusakan dalam kondisi apapun.
3. Tidak boleh timbul "piping" yang terjadi pada tubuh tanggul maupun pada fondasinya.
4. Setelah terjadi penurunan (Settlement) pada tanah dasarnya, elevasi puncak tanggul harus tetap aman terhadap banjir rencana.
5. Tanggul yang berada didekat tikungan luar sungai harus diamankan terhadap bahaya erosi tebing tanggul maupun longsornya tebing sungai.

### Prosedure Perhitungan Tinggi Tanggul.

Rumus yang dipakai untuk menunjang perhitungan - tinggi tanggul adalah sebagai berikut :

a. Rumus De-Chezy :

$$V = C \sqrt{R \cdot I} \quad \dots \dots (7) \text{ hal. 25}$$

Dimana : V = kecepatan aliran (m/det)

C = koefisien pengaliran

R = jari-jari hydraulis (m)

I = hydraulic gradient

b. Rumus Bazin :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad \dots \dots (7) \text{ hal. 25}$$

Dimana :  $\gamma$  = koefisien kekesaran dinding saluran

R = jari-jari hydraulis (m).

Harga faktor kekesaran dinding saluran ( $\epsilon$ ) ini tergantung dari jenis serta sifat dan keadaan-dinding saluran. Hal ini telah dibuat daftar un tuk berbagai-bagai harga  $\epsilon$  dengan setiap keada\* an dinding saluran.

c. Rumus Pengaliran :

$$Q = V \cdot F \quad \dots \dots (7) \text{ hal.25}$$

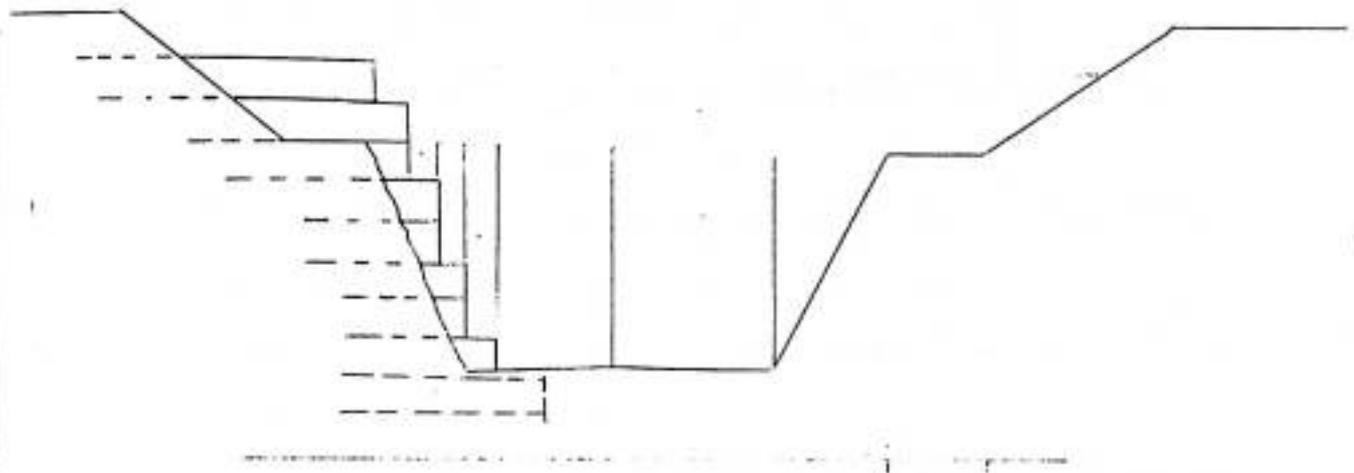
Dimana: Q = debit yang melalui sungai ( $m^3/det$ ).

V = kecepatan pengaliran (m/det).

F = luas penampang basah ( $m^2$ ).

Untuk menentukan apakah pinggiran sungai perlu- ditanggul atau tidak, maka perlu dihitung Q penampang,

sebelum ditanggul dan juga sebelum memasang krib dan perkuatan tebing pada pinggirannya yang tergerus,  $Q$  penampang dapat dicari dengan melihat potongan melintang dari pada sungai yang akan di amankan.



Gambar - Penampang melintang sungai.

Langkah 0.

1. Hitung luas penampang  $F_0$  sebelum ditanggul, tetapi memasang krib dan perkuatan tebing.
2. Hitung keliling basah  $O_0$ .
3. Hitung kemiringan rata-rata sungai dari lokasi yang ditinjau.
4. Hitung jari-jari hidrolis.
5. Tentukan kecepatan pengaliran dengan memakai rumus:
  - De Chezy :  $V = C \sqrt{R \cdot I}$
  - Bazin :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

6. Dari perkalian  $V_0$  dan  $F_0$  didapat besarnya debit yang ditampung :  $Q_0 = V_0 \times F_0$  (rumus pengaliran)
7. Banding harga  $Q_0$  dengan debit banjir rencana, ( $Q_{20}$  dan  $Q_{50}$ )

Apabila  $Q_0 < Q_{20}$  berarti  $F_0 < F_{20}$  dimana :

$F_{20}$  = luas penampang basah untuk banjir rencana berperiode ulang 20 tahun.

Maka perlu dibuat tanggul ditempat itu, dan perhitungan dilanjutkan kelangkah II (kedua).

Apabila  $Q_0 > Q_{20}$ , tidak perlu tanggul dibuat untuk banjir rencana ( $Q_{20}$ )

Apabila  $Q_0$  dibandingkan dengan  $Q_{50}$  misalnya diadakan pula rencana tanggul untuk  $Q_{50}$ , bila :  $Q_0 < Q_{50}$ , maka perlu penanggulangan pada bagian tersebut, dan perlu dilanjutkan sampai didapat  $Q_0 > Q_{50}$ . Bila  $Q_0 > Q_{50}$  berarti tidak perlu memakai tanggul.

#### Langkah I.

Diambil tinggi air diatas muka air  $0 = h_1$  m oleh karena bentuk penampang sungai sesudah ditanggul (lih. gambar) maka untuk mendapatkan  $Q$ , penampang harus ditambah lagi dengan  $F_1$ .

$$\text{Luas penampang basah } F_1 = F_g + F_0$$

$$O_1 = O_g + O_0$$

$$R_1 = F_1 / O_1 .$$

$$C_1 = \frac{87}{1 + \frac{\delta}{\sqrt{R_1}}}$$

$$V_1 = C_1 \sqrt{R_1 \cdot I}$$

$$Q_1 = V_1 \times F_1 \cdot$$

Kalau  $Q_1 > Q_{rencana}$ , maka perhitungan h tidak ditambah lagi. Kalau  $Q_1 < Q_{rencana}$ , maka diteruskan dengan langkah kedua.

### Langkah II.

Luas Penampang basah  $F_2 = F_h + F_1 \cdot$

$$O_2 = O_h + O_1 \cdot$$

$$R_2 = F_2 / F_2 \cdot$$

$$C_2 = \frac{87}{1 + \frac{\delta}{\sqrt{R_2}}}$$

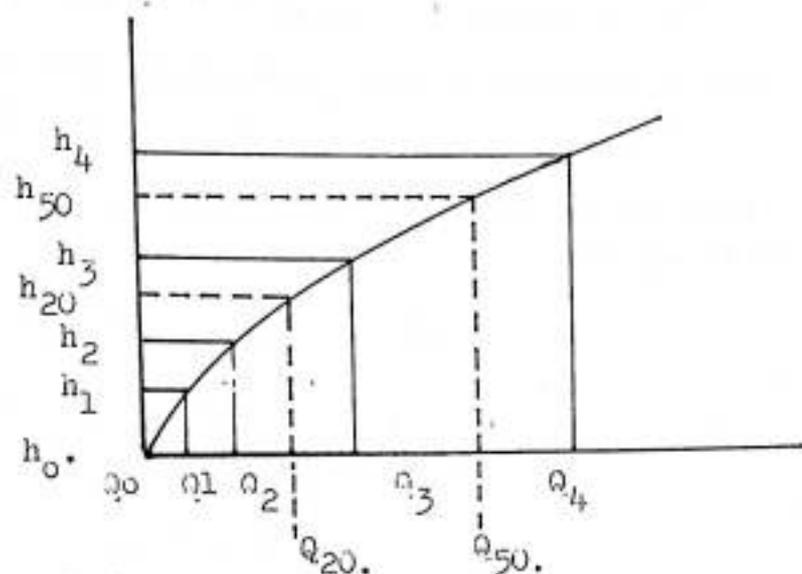
$$V_2 = C_2 \sqrt{R_2 \cdot I} \cdot$$

$$Q_2 = F_2 \times V_2 \cdot$$

Kalau  $Q_2 > Q_{rencana}$ , maka perhitungan h tidak ditambah lagi. Kalau  $Q_2 < Q_{rencana}$ , maka diteruskan dengan langkah ke 3 dan seterusnya. Dari hasil-hasil perhitungan diatas, maka grafik lengkung hubungan antara Q dan h dapat digambar dan dari grafik tersebut h rencana dapat dicari dengan memplotkan harga  $Q_{rencana}$  yaitu  $Q_{20}$ .

Gambar Grafik

Hubungan antara Q dan h.

Gambar Grafik Hubungan  $Q$  dan  $h$ .

Dengan demikian maka kedalaman  $h$  dapat diperoleh untuk  $Q_{20}$  dan tinggi wading ( $W$ ) diambil  $= 0,30 + 0,25 h$ .  
 Dengan demikian tinggi tanggul  $= h + W$ .

dimana ;  $h$  = tinggi muka air.

$W$  = wading / jagaan.

#### - Lebar Mercu Tanggul ( $b$ ).

Mercu diperlukan cukup lebar guna mempertahankan puncak tanggul terhadap hempasan air banjir diatas peraukaan lereng yang berdekatan dengan mercu serta dapat bertahan terhadap filtrasi yang melalui bagian tubuh tanggul. Dan untuk tanggul yang lebih besar masih diperlukan untuk memperhatikan kemantapan lereng dan perembesan yang terjadi.

Dalam menentukan lebar tanggul, perlu pula diperhatikan akan pemanfaatan lain dari tanggul tersebut.

Misalnya : untuk keperluan jalan eksploitasi, jalan inspeksi dan lain sebagainya.

Lebar minimum tanggul dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :  $b = 3,6 H^{1/3} - 3$ . (10, hal.174)

dimana -  $b$  = lebar mercu tanggul.

$H$  = tinggi tanggul .

$H = h_{max.} + W$  .

$W = 0,25 h + 0,30 m$  .

- Lebar Berm (  $L_b$  ).

Lebar Berm atau jarak antara tebing sungai dengan kaki tanggul, minimal sama dengan lebar sungai itu . Hal ini berdasarkan keadaan sungai yang berbelok-belok, sehingga kalau sungai tersebut bergeser tidak langsung merusak tanggul. Atau dapat juga dengan ketentuan sebagai berikut ;  $L_b$  lebih besar dari 3 m.

- Kemiringan Lereng Tanggul.

Hal ini tergantung kepada jenis tanahnya serta tinggi tanggul.

Untuk Tanggul sebelah luar , dapat dipilih kemiringan ;

(  $m$  ) = 1,5 ; 2,50 ; 3,50 .

Untuk lereng tanggul bagian belakang mempunyai kemiringan (  $Z$  ) = 1,5 ; 2,5 ; 3.

- Jari-jari belokan tanggul agar supaya lereng tanggul tidak digerus oleh aliran sungai diperkirakan 7 kali lebar muka air sungai pada debit banjir maksimum.

#### 4.2. Karakteristik Sungai Maros.

Sungai Maros terletak di Kabupaten Maros , yang letaknya  $\pm$  30 Km dari Kota Madya Ujung Pandang Panjang sungai  $\pm$  65 Km (sampai kelaut) dengan catchment area  $276,6 \text{ Km}^2$ , dengan batas batas pengaliran sebagai berikut :

- Sebelah utara dibatasi daerah Kabupaten Pangkep
- Sebelah selatan dibatasi daerah pengaliran DAS Je neberang.
- Sebelah Timur dibatasi daerah Kabupaten Bone
- Sebelah Barat dengan selat Makassar.

Secara Administratif Daerah Aliran Sungai Maros ini keseluruhannya berada didaerah Kabupaten Maros.

Luas Kabupaten  $\pm 1.619,12 \text{ Km}^2$

Sedimen sedimen yang terangkut adalah akibat erosi dibagian hulu, disamping itu pula terjadi gerusan pada tebing sungai.

#### 4.3. Analisa Hidrologi.

Analisa Hidrologi sangatlah diperlukan didalam memperkirakan besarnya banjir tertentu yang sesuai dengan periode ulangnya. Banjir dengan periode perulangan tertentu perlu ditetapkan yang untuk selanjutnya digunakan dalam menentukan dimensi bangunan untuk penanggulangan banjir.

Dalam memperkirakan besarnya debit banjir yang sesuai dengan periode ulangnya disebut analisa frekwensi.

Pada dasarnya analisa frekwensi dapat dilakukan dengan menggunakan data curah ( analisa frekwensi curah hujan ) maupun data debit ( analisa frekwensi debit ) Keadaan Iklim di Indonesia pada kebanyakan data mengenai curah hujan lebih panjang dari pada data mengenai debit pengaliran sungai. Maka untuk sungai Maros ini pencatatan debit sungai tidak dapat digunakan berhubung pengamatan baru berlangsung 8 tahun, itupun belum mewakili aliran sungai Maros keseluruhan.

Stasiun-stasiun hujan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Stasiun No.36 Maros ( Salojirang )

- Stasiun No.35 Tanralili.

- Stasiun No.34 Batubessi.

dengan lama pengamatan 10 (sepuluh) tahun.

##### 4.3.1. Metode Perhitungan Curah Hujan.

Untuk perhitungan Curah Hujan Maksimum yang dapat terjadi untuk suatu periode tertentu

dapat digunakan metode-metode :

1. Cara Gumbel.

Rumus :  $R_T = \bar{R} + K.S_x \dots (3)$  hal.300

$$K = \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum R_1^2 - \bar{R} \sum R_1}{n - 1}}$$

dimana :

$R_T$  = Curah hujan dengan periode ulang  
T tahun (mm).

T = Return period

$\bar{R}$  = Curah hujan maksimum rata rata  
selama pengamatan (mm)

$R_1$  = Curah hujan max tiap tahun (mm)

K = Faktor frequency

$S_x$  = Standard deviasi

$S_n$  = Reduced Standard deviasi

$\bar{Y}_n$  = Reduced mean

n = Jumlah pengamatan

Harga harga  $S_n$ ,  $\bar{Y}_n$ , dan  $Y_T$  dapat dilihat masing  
pada tabel II - 2 , II - 3 , dan tabel II - 4.  
Perhitungan  $R_1$ ,  $\bar{R}$  dan  $R_1^2$  berdasarkan tabel  
II - 1 sebagai berikut :

Stasiun No. 36 Salojirang/No. 415 Maros

## Stasiun No. 36 Salojirang

No.	Tahun Pengamatan	$R_1$ (mm)	$R_1^2$ (mm)
1.	1975	152	23104
2.	1976	279	77841
3.	1977	141	19881
4.	1978	124	15376
5.	1979	142	20164
6.	1980	162	26244
7.	1981	118	13924
8.	1982	201	40401
9.	1983	167	27889
10.	1984	167	27889
n = 10 tahun		$R_1 = 1653$	$R_1^2 = 292.713$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_1}{n} = \frac{1653}{10} = 165,3 \text{ mm.}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum R_1^2 - \bar{R} \sum R_1}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{292.713 - 168,3 \times 1653}{10 - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{292.713 - 278.240,9}{9}} = 46,51 \text{ mm}$$

Untuk $n = 10$ tahun,	$Y_n = 0,4952$
	$S_n = 0,9496$
$t = 10$ tahun	$Y_T = 2,2502$
$t = 20$ tahun	$Y_T = 2,9702$
$t = 25$ tahun	$Y_T = 3,1985$
$t = 50$ tahun	$Y_T = 3,9019$

$$R_T = \bar{R} + \frac{Y_T - \bar{Y}_n \cdot S_x}{S_n}$$

$$R_{10} = 165,3 + \frac{2,2502 - 0,4952}{0,9496} \cdot 46,51 \text{ mm}$$

$$= 251,257 \text{ mm}$$

$$R_{20} = 165,3 + \frac{2,9702 - 0,4952}{0,9496} \cdot 46,51 \text{ mm}$$

$$= 286,521 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 165,3 + \frac{3,1985 - 0,4952}{0,9496} \cdot 46,51 \text{ mm}$$

$$= 297,783 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 165,3 + \frac{3,9019 - 0,4952}{0,9496} \cdot 46,51 \text{ mm}$$

$$= 332,155 \text{ mm}$$

Stasiun No. 34 Batu Bassi.

No.	Tahun Pengamatan	$R_i$ (mm)	$R_i^2$ (mm)
1.	1975	104	10.816
2.	1976	191	36.481
3.	1977	180	32.400
4.	1978	149	22.201
5.	1979	119	14.161
6.	1980	128	16.384
7.	1981	135	18.225
8.	1982	155	24.025
9.	1983	198	39.204
10.	1984	250	62.500
n = 10 tahun.		$\sum R_i = 1.609 \text{ mm}$	$\sum R_i^2 = 276.397 \text{ mm}$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{1609}{10} = 160,9 \text{ mm.}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum R_i^2 - \bar{R} \sum R_i}{n - 1}} = \sqrt{\frac{276.397 - 160,9 \times 1609}{10 - 1}}$$

$$= \sqrt{2278,766} = 47,736 \text{ mm.}$$

Untuk n = 10 tahun -----  $Y_n = 0,4952.$   
 $S_n = 0,9496.$

t = 10 tahun -----  $Y_T = 2,2502.$   
t = 20 tahun -----  $Y_T = 2,9702.$   
t = 25 tahun -----  $Y_T = 3,1985.$   
t = 50 tahun -----  $Y_t = 3,9019.$

$$R_T = \bar{R} + \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n} \cdot S_x$$

$$R_{10} = 160,9 + \frac{2,2502 - 0,4952}{0,9496} \cdot 47,736 = 249,113 \text{ mm}$$

$$R_{20} = 160,9 + \frac{2,9702 - 0,4952}{0,9496} \cdot 47,736 = 285,317 \text{ mm.}$$

$$R_{25} = 160,9 + \frac{3,1985 - 0,4952}{0,9496} \cdot 47,736 = 296,793 \text{ mm.}$$

$$R_{50} = 160,9 + \frac{3,9019 - 0,4952}{0,9496} \cdot 47,736 = 322,267 \text{ mm.}$$

Stasiun No. 35 Tanralili.

No.	Tahun Pengamatan	$R_1$ (mm)	$R_1^2$ (mm)
1.	1975	94	8.816
2.	1976	140	19.600
3.	1977	185	34.225
4.	1978	218	47.524
5.	1979	240	57.600
6.	1980	294	86.436
7.	1981	229	52.441
8.	1982	250	62.500
9.	1983	280	78.400
10.	1984	194	37.636

$$n = 10 \text{ tahun. } \sum R_1 = 2124 \text{ mm} \quad \sum R_1^2 = 485.198 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_1}{n} = \frac{2124}{10} = 212,4 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= \sqrt{\frac{\sum R_1^2 - \bar{R} \sum R_1}{n - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{485.198 - 212,4 \cdot 2124}{10 - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{485.198 - 451.137,6}{9}} \\
 &= \sqrt{3784,49} \\
 &= 61,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk n = 10 tahun	-----	$\bar{Y}_n = 0,4952$
		$S_n = 0,9496$
t = 10 tahun	-----	$Y_T = 2,2502$
t = 20 tahun	-----	$Y_T = 2,9702$
t = 25 tahun	-----	$Y_T = 3,1985$
t = 50 tahun	-----	$Y_T = 3,9019$

$$R_T = \bar{R} + \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n} \cdot S_x$$

$$R_{10} = 212,4 + \frac{2,2502 - 0,4952}{0,9496} \cdot 61,52$$

$$= 212,4 + 1,848 \cdot 61,52 =$$

$$= 326,98 \text{ mm}$$

$$R_{20} = 212,4 + \frac{2,9702 - 0,4952}{0,9496} \cdot 61,52$$

$$R_{20} = 212,4 + 2,606 \times 61,52 = 372,743 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 212,4 + \frac{3,1985 - 0,4952}{0,9496} \times 61,52 = 212,4 + 2,846 \times 61,52 = 387,533 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 212,4 + \frac{3,9019 - 0,4952}{0,9496} \times 61,52 = 212,4 + 3,587 \times 61,52 = 433,072 \text{ mm}$$

Data dari tabel II - 1 untuk stasiun Salojirang, Batu Bessi dan Tanralili, dengan metode Wedumen menghasilkan curah hujan sebagai berikut :

Stasiun	Curah Hujan Untuk Periode			
	10 tahun ( mm )	20 tahun ( mm )	25 tahun ( mm )	50 tahun ( mm )
Salojirang	251,257	286,521	297,283	332,155
Batu Bessi	249,113	285,317	296,317	322,267
Tanralili	326,98	372,743	387,533	433,072

## 2. Cara Haspers.

$$\text{Rumus : } R_T = \bar{R} + S_n \cdot U_T \quad \dots \dots \dots (13, \text{hal II-5})$$

dimana :

$R_T$  = Curah hujan harian dengan periode ulang T tahun.

$S_n$  = Standard deviasi untuk n pengamatan.

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum R_i^2 - \bar{R} \sum R_i}{n - 1}}$$

$R_i$  = Curah hujan maksimum pada periode  $i$

$n$  = Jumlah periode pengamatan

$U_T$  = Standard variable untuk periode ulang  $T$

Harga  $\bar{R}$  dan  $S_n$  dapat dihitung berdasarkan tabel II - 1 dan  $U_T$  dapat dilihat pada tabel II - 5.

Stasiun Salojirang :

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{1653}{10} = 165,3 \text{ mm}$$

$$S_n = \frac{\sum R_i^2 - \bar{R} \sum R_i}{n - 1}$$

$$= 46,51 \text{ mm}$$

Untuk : $T = 100$ tahun	-----	$U_T = 1,26$
$t = 20$ tahun	-----	$U_T = 1,89$
$t = 25$ tahun	-----	$U_T = 2,10$
$t = 50$ tahun	-----	$U_T = 2,75$

J a d i :

$$R_{10} = 165,3 + 46,51 \times 1,26 = 223,90 \text{ mm}$$

$$R_{20} = 165,3 + 46,51 \times 1,89 = 253,20 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 165,3 + 46,51 \times 2,10 = 262,97 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 165,3 + 46,51 \times 2,75 = 293,20 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama untuk Stasiun Batu Bessi dan Tan  
ralili yang berdasarkan tabel II - 1 maka curah hujan  
dengan menggunakan metode Hasper didapatkan harga harga  
sebagai berikut :

! Stasiun	! Curah Hujan Untuk Periode !			
	! 10 tahun ( mm )	! 20 tahun ( mm )	! 25 tahun ( mm )	! 50 tahun ( mm )
! Salojirang	! 223,90	! 253,20	! 262,97	! 293,20
! Batu Bessi	! 221,05	! 251,12	! 261,14	! 292,17
! Tanralili	! 289,91	! 328,67	! 341,592	! 381,58

### 3. Cara Weulhwen.

$$\text{Rumus : } R_n = \frac{m_n}{m_p} \cdot R_{\max \text{ II}} \quad (13, \text{hal. II-5})$$

dimanan :  $R_u$  = Curah hujan dengan periode ulang  $n$  tahun.

$m_p$  = Koefisien perbandingan curah hujan dengan periode ulang  $p$  dan curah hujan dengan periode ulang 70 tahun.

$m_n$  = Koefisien perbandingan curah hujan dengan periode ulang  $n$  dengan periode ulang 70 tahun.

Dari tabel II - 1 dapat dilihat  $R_{\max \text{ II}}$  untuk masing-masing station sbb :

Stasiun Salojirang	=	201 mm
Stasiun Batu Bessi	=	198 mm
Stasiun Tanralili	=	280 mm

untuk $p = 10$ tahun	-----	$m_p = 0,705$
$p = 20$ tahun	-----	$m_n = 0,811$
$p = 25$ tahun	-----	$m_n = 0,845$

$$n = 50 \text{ tahun} \quad \text{-----} \quad m_n = 0,948$$

Stasiun Salojirang (sta.36)

$$R_{10} = 201 \text{ mm.}$$

$$R_{20} = \frac{0,84}{0,705} \cdot 201 = 239,48 \text{ mm}$$

$$R_{25} = \frac{0,845}{0,705} \cdot 201 = 240,91 \text{ mm}$$

$$R_{50} = \frac{0,948}{0,705} \cdot 201 = 270,28 \text{ mm}$$



Stasiun Batu Besi (sta.34)

$$R_{10} = 198 \text{ mm.}$$

$$R_{20} = \frac{0,811}{0,705} \cdot 198 = 227,77 \text{ mm}$$

$$R_{25} = \frac{0,845}{0,705} \cdot 198 = 237,32 \text{ mm}$$

$$R_{50} = \frac{0,948}{0,705} \cdot 198 = 266,25 \text{ mm}$$

Stasiun Tanralili (sta.35).

$$R_{10} = 280 \text{ mm}$$

$$R_{20} = \frac{0,811}{0,705} \cdot 280 = 322,09 \text{ mm}$$

$$R_{25} = \frac{0,845}{0,705} \cdot 280 = 335,60 \text{ mm}$$

$$R_{50} = \frac{0,948}{0,705} \cdot 280 = 376,51 \text{ mm}$$

Dengan metode Weduwen diperoleh Curah Hujan :

! Stasiun ! Hujan	! Curah Hujan Untuk Periode !			
	! 10 tahun ( mm )	! 20 tahun ( mm )	! 25 tahun ( mm )	! 50 tahun ( mm )
! Salojirang !	201	! 239,48	! 240,91	! 270,28
! Batu Bessi !	198	! 227,77	! 237,32	! 266,25
! Tanralili !	280	! 322,09	! 335,60	! 376,51

Dari hasil perhitungan yang diperoleh dengan metode Gumbel , Haspers, Weduwen untuk masing masing stasiun hujan didapat curah hujan rata rata pada catchment area sebagai berikut ;

Metode Gumbel :

$$R_{10} = 1/3 (251,257 + 249,43 + 326,98) = 275,78 \text{ mm}$$

$$R_{20} = 1/3 (286,521 + 285,317 + 372,743) = 314,860 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 1/3 (297,783 + 296,793 + 387,533) = 327,369 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 1/3 (332,155 + 322,267 + 433,072) = 362,498 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama, untuk metode Haspers dan Weduwen diperoleh Curah Hujan pada Catchment area sebagai berikut

! Metode	! Curah Hujan Pada Catchment Area (R <sub>m</sub> ), Periode: !			
	! 10 tahun ( mm )	! 20 tahun ( mm )	! 25 tahun ( mm )	! 50 tahun ( mm )
! Gumbel	! 275,78 m	! 314,860	! 327,369	! 362,498
! Haspers	! 244,95	! 277,663	! 288,567	! 322,316
! Weduwen	! 226,33	! 263,113	! 271,276	! 304,346

#### 4.3.2. Penetapan Debit Rencana.

Untuk memperkirakan debit banjir rencana (design-flood), maka terlebih dahulu dihitung kemiringan sungai rata-rata dengan rumus sebagai berikut ;

$$I = \frac{\Delta H}{0,9 L}$$

Dimana :

I = kemiringan sungai rata-rata.

H = selisih peil pada jarak 0,9 L.  
dengan peil lokasi perencanaan.

L = panjang sungai.

Oleh karena luas daerah pengaliran (catchment - area) atau  $F = 276,6 \text{ km}^2 > 100 \text{ km}^2$ , maka kami menggunakan Metode Melchior.

Metode lain seperti Weduwen, Haspers, Rational Jepang dan Modifikasi Synthentic, Unit Hydrograph dalam tulisan ini tidak digunakan berhubung metode-metode tersebut mempunyai syarat-syarat dan batasan-batasan yang harus dipenuhi, disamping itu data hasil penelitian sebelumnya belum sempurna untuk dapat digunakan sebagai data penunjang dalam penggunaan metode-metode tersebut.

Metode Haspers menggunakan koefisien berdasar kan hasil penelitian hanya untuk catchment area  $\pm 200 \text{ km}^2$ . Metode Rational Jepang menggunakan koefisien pengaliran  $K$  yang didapat di Jepang. Metode Modifikasi Synthentic Unit Hydrograph diper

lukan observasi pendahuluan mengenai rain fall dan run off. Untuk pengumpulan datanya, dalam hal ini data tersebut belum tersedia, disamping itu pula masih menggunakan suatu parameter setempat yang harus diperkirakan. Begitupun dengan metode Weduwen hanya untuk catchment area yang kurang dari  $100 \text{ km}^2$ .

Namun demikian hal ini bukan berarti mengurangi arti pentingnya metode-metode tersebut, karena kami menyadari bahwa tiap-tiap metode perhitungan mempunyai kelemahan-kelemahan dan keistimewaan.

#### Metode Melchior.

$$\text{Rumusnya } Q = \alpha \beta q f \frac{R_T}{R_{24}} \dots \dots (6) \text{ hal.92.}$$

Dimana ;  $\alpha$  = koef.run off ( 0,52; 0,62; 0,75 ).

$\beta$  = koef.reduksi

( y itu angka perbandingan antara -  
hujan rata-rata dan hujan maksimum  
yang terjadi pada tempat/catchment  
area dalam waktu yang sama ).

$q$  = debit pengaliran maksimum ( $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{dt}$ ).

$R_T$  = Curah hujan yang akan terjadi pada  
return period T tahun.

$f$  = luas catchment area ( $\text{km}^2$ ).

$R_{24}$  = Untuk Indonesia biasanya diambil 200mm

Perhitungan :

perhitungan :

Luas Catchment Area = 276,6 km<sup>2</sup>.

Panjang Sungai L = 50,0 km.

0,9L = 45,0 km.

Elevasi pada rencana lokasi tanggul + 5,25 m.

Elevasi Sungai 0,9 L + 700 m.

$$i = \frac{\Delta H}{0,9 L} \quad \Delta H = 700 - 5,25 = 694,75 \text{ m.}$$

$$i = \frac{694,75}{45.000} = 0,015.$$

Dari gambar Ellips pada Catchment Area -

didapat : Sumbu panjang ellips b = 30,75 km.

sumbu pendek ellips a = 25,83 km.

$$nF = \frac{1}{4} a \cdot b.$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 30,75 \times 25,83$$

$$= 785,71 \text{ km}^2.$$

Daftar 1.

nF	q	n F	q	nF	a
0,144	29,60	144	4,75	720	2.30
0,72	22.40	216	4.00	1080	1.85
1.44	19.90	288	3.60	1440	1.53
7.2	14.15	360	3.30	2160	1.20
14.0	11.85	432	3.05	2880	1.00
29.0	9.00	504	2.85	4320	0.70
72.0	6.25	576	2.65	5760	0.54
108.0	5.24	648	2.45	7200	0.40

Dari Daftar 1. penentuan  $q$  untuk suatu harga  $nF$  tertentu didapat secara interpolasi ;

$$nF = 720 - \text{-----} \quad q = 2,30.$$

$$nF = 1080 - \text{-----} \quad q = 1,85.$$

Jadi untuk  $nF = 785,71 \text{ km}^2$ .

$$\begin{aligned} q_1 &= 2,30 - \frac{785,71 - 720}{1080 - 720} (2,30 - 1,85) \\ &= 2,30 - 0,183 \cdot 0,45 \\ &= 2,217 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2. \end{aligned}$$

Percobaan 1.

$$f \times q_1 = 276,6 \times 2,217 = 613,22 \text{ m}^3/\text{dt}.$$

$$i = 0,015.$$

Dari Grafik G - II didapat ;

$$V = 0,875 \text{ m}/\text{dt}.$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{L}{V} = \frac{50.000}{0,875 \times 60} = 952,38 \text{ menit.} \\ &= 15,87 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Untuk  $nF = 785,71 \text{ km}^2$  dan  $T = 952,38$  menit dari grafik G - I didapat ;

$$q_2 = 2,20 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2.$$

Percobaan 2.

$$f \times q_2 = 276,6 \times 2,20 = 608,52 \text{ m}^3/\text{dt}.$$

$$i = 0,015.$$

Dari Grafik G - II didapat ;

$$V = 0,875 \text{ m}/\text{dt}.$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{L}{V} = \frac{50.000}{0,875 \times 60} = 952,38 \text{ menit.} \\ &= 15,873 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Dari percobaan 1 dan 2 memberikan hasil yang sama untuk harga  $V$  dan  $T$ , maka diambil  $q = 2,217 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$ .

$$T = 952,38 \text{ menit.}$$

Dari Daftar 2 untuk penentuan kenaikan dari  $q$  pada pengaliran selama waktu  $T$  didapat ;

Untuk  $T = 952,38$  menit maka kenaikannya  $p = 13 \%$ .

$$q = 2,217 + \frac{12}{100} \times 2,217 = 2,483 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2.$$

Koefisien Reduksi  $\beta$

Oleh Melchior membuat Rumus untuk  $\beta$  yang didasarkan atas hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Ir.S.J.G.Van Overveldt dan Ir.H.P.Mensinga yang dilakukan dari tahun 1889 selama 200 hari diatas tanah seluas  $2000 \text{ km}^2$  di Bagelan Selatan sebagai berikut ;

$$nF = -\frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \quad (3), \text{ hal } 379.$$

$$785,71 = -\frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta$$

dengan persamaan kwadrat harga  $\beta$  didapat ;  $\beta = 2,511$ .

diambil  $\alpha = 0,52$ .

$$Q = 0,52 \times 2,511 \times 2,483 \times 276,6 \text{ R}_T/200$$

$$Q = 4,48 \text{ R}_T$$

$$Q_{10} = 4,48 \times 275,78 = 1235,494 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{20} = 4,48 \times 314,86 = 1410,573 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_{25} = 4,48 \times 327,37 = 1466,617 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

$$Q_{50} = 4,48 \times 362,49 = 1623,87 \text{ m}^3/\text{dt}$$

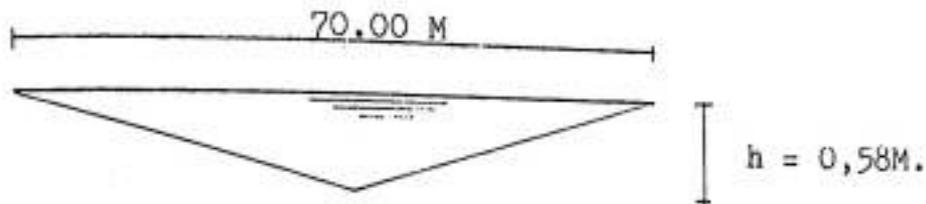
TABEL KEKASARAN DINDING.

No.	Sifat Dinding Saluran	Kekasaran Dinding .
1.	Dinding yang licin sekali	0,06
2.	Dinding yang licin ( tembokan yang diplester )	0,16
3.	Dinding yang cukup licin ( tembokan beton ) dll.	0,46
4.	Dinding pakai batu kosong atau saluran 10 m <sup>3</sup> /dt.	0,85
5.	Dinding tanah yang terpe- lihara.	1,00
6.	Dinding tanah biasa	1,30
7.	Dinding kasar (banyak batu atau tanaman)	1,75

Sumber : ... (1) halaman 264.

4.4. Perencanaan Sistem Tanggul dan Bronjong.  
Penyelesaian :

Untuk perhitungan tinggi tanggul, maka sebelumnya -  
harga I (kemiringan rata-rata sungai) dilokasi pe-  
kerjaan perlu diketahui. Harga I ini dapat dihitung  
sebagai berikut :



$V = 0,515$  m/dt. (kecep.aliran yang diukur langsung  
dilapangan )

$h = 0,58$  m. ( tinggi muka air ).

$$R = F/O \quad \text{-----} \quad F = \frac{1}{2} ( 70 + 0,58 ) = 20,3 \text{ M}^2.$$

$$O = 2 \sqrt{35^2 + 0,58^2} = 70,01 \text{ M}.$$

$$R = 20,3 / 70,01 = 0,29 \text{ M}.$$

$$C = \frac{87}{1 + \frac{3}{V R}} = \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{0,29}}} = 20,47.$$

$$V = C \sqrt{R \cdot I}$$

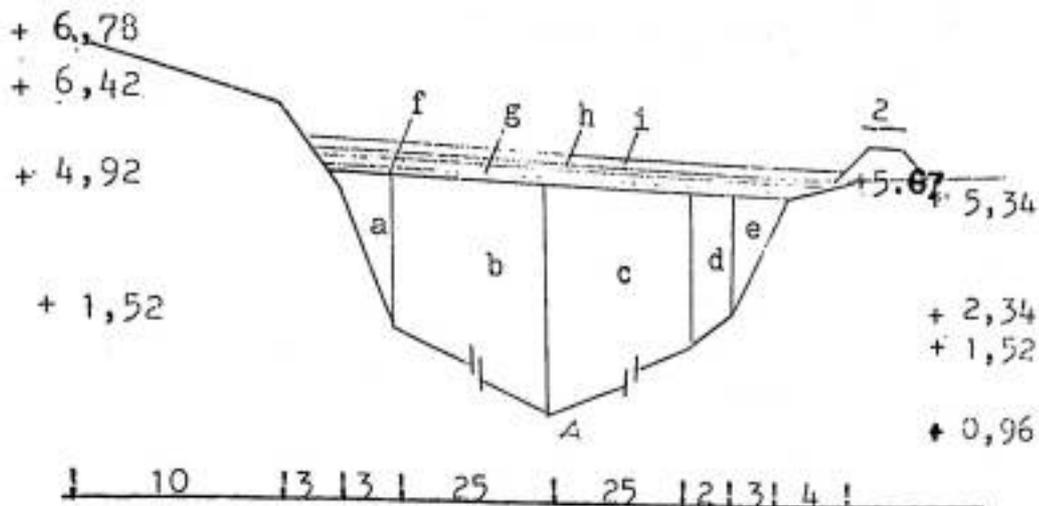
$$0,515 = 20,47 \cdot \sqrt{0,29 \cdot I}$$

$$I^{\frac{1}{2}} = \frac{0,515}{20,47 \cdot \sqrt{0,29}} = 0,047.$$

$$I = 0,0022.$$

Selanjutnya kita meninjau penampang sungai pada lo-  
kasi perencanaan penanggulangan banjir sebagai beri-  
kut :

Profil 59.



Langkah o.

Luas penampang basah ( $F_o$ ) sebelum ditanggul,

$$F_o = F_a + F_b + F_c + F_d + F_e.$$

$$\begin{aligned}
 F_a &= \frac{1}{2}(3,82 \times 3) &= 5,73 \text{ M}^2. \\
 F_b &= \frac{1}{2}(3,82 + 5,84) \times 25 &= 120,75 \text{ M}^2. \\
 F_c &= \frac{1}{2}(5,84 + 3,79) \times 25 &= 120,375 \text{ M}^2. \\
 F_d &= \frac{1}{2}(3,79 + 3) &= 11,37 \text{ M}^2. \\
 F_e &= \frac{1}{2}(3 \times 3) &= 4,5 \text{ M}^2. \\
 \hline
 F_o &= 262,725 \text{ M}^2.
 \end{aligned}$$

$$O_o = O_a + O_b + O_c + O_d + O_e.$$

$$\begin{aligned}
 O_a &= \sqrt{3,4^2 + 3^2} &= 4,53 \text{ M.} \\
 O_b &= \sqrt{2,02^2 + 25^2} &= 25,08 \text{ M.} \\
 O_c &= \sqrt{2,05^2 + 25^2} &= 25,08 \text{ M.} \\
 O_d &= \sqrt{0,79^2 + 2^2} &= 2,15 \text{ M.} \\
 O_e &= \sqrt{3^2 + 3^2} &= 4,24 \text{ M.} \\
 \hline
 O_o &= 61,1 \text{ M.}
 \end{aligned}$$

$$R_o = F_o / O_o \quad \text{-----} \quad R_o = 262,725 / 61,1 = 4,23 \text{ m.}$$

$$C_o = \frac{87}{1 + \frac{F_o}{V R_o}} = \frac{87}{1 + \frac{1,75}{4,23}} = 47,02$$

$$V_o = C_o \cdot \sqrt{R \cdot I}$$

$$= 47,02 \sqrt{4,23 \cdot 0,0022} = 4,51 \text{ m/dt.}$$

$$Q_o = V_o \cdot F_o = 4,51 \times 262,725 = 1184,889 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Langkah 1. -----  $h = 0,25 \text{ m.}$

Luas Penampang basah =  $F_1 = F_o + F_f$

$$F_f = 0,25 \times \left( \frac{50 + 52,09}{2} \right)$$

$$= 12,76 \text{ m}^2.$$

$$F_o = 258,225 \text{ m}^2.$$

$$F_1 = 270,985 \text{ m}^2.$$

$$O_1 = O_o + O_f$$

$$O_f = \sqrt{0,25^2 + 0,57^2} + \sqrt{0,25^2 + 1,52^2}$$

$$= 2,16 \text{ m}$$

$$O_o = 61,1 \text{ m}$$

$$O_1 = 2,16 \text{ m} + 61,1 \text{ m}$$

$$= 63,26 \text{ m}.$$

$$R_1 = \frac{F_1}{O_1} = \frac{270,985}{63,26}$$

$$= 4,28 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_1}}} \\
 &= \frac{87}{1 + \frac{1,72}{\sqrt{4,28}}} \\
 &= 47,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= C_1 \sqrt{R_1 \cdot I} \\
 &= 47,12 \sqrt{4,28 \cdot 0,0022} \\
 &= 4,57 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= V_1 \cdot F_1 \\
 &= 4,57 \cdot 270,985 \\
 &= 1.238,40 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Langkah 2.

$$h = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Luas Penampang basah } F_2 = F_1 + F_g$$

$$\begin{aligned}
 F_g &= 0,25 + \left( \frac{-22,09 + 2,09}{2} \right) \\
 &= 27,34 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$F_{111} = 270,985 \text{ m}^2$$

$$F_2 = 298,325 \text{ m}^2$$

$$O_2 = O_1 + O_g$$

$$O_0 = \sqrt{0,25^2 + 0,57^2} + \sqrt{0,25^2 + 1,52^2}$$

$$= 2,16 \text{ m}$$

$$O_1 = 63,26 \text{ m}$$

$$O_2 = 63,26 \text{ m} + 2,16 \text{ m}$$

$$= 65,42 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{F_2}{O_2}$$

$$= \frac{298,325}{65,42}$$

$$= 4,56 \text{ m.}$$

$$C_2 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_2}}}$$

$$= \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{4,56}}}$$

$$= 47,80.$$

$$V_2 = C_2 \cdot \sqrt{R_2 \cdot I.}$$

$$= 47,80 \cdot \sqrt{4,56 \cdot 0,0022}$$

$$= 4,787 \text{ m/detik.}$$

$$Q_2 = V_2 \cdot F_2$$

$$= 4,787 \cdot 298,325$$

$$= 1.428,08 \text{ m/detik}$$

Langkah 3. -----  $h = 0,75 \text{ m}$ .

Luas penampang basah  $F_3 = F_2 + F_h$

$$F_h = 0,25 + \left( \frac{54,18 + 0,57}{2} \right)$$

$$= 27,625 \text{ m}^2$$

$$F_2 = 298,325 \text{ m}^2$$

$$F_3 = 27,625 \text{ m}^2 + 298,325 \text{ m}^2$$

$$= 325,91 \text{ m}^2$$

$$O_3 = O_2 + O_h$$

$$O_h = \sqrt{0,25^2 + 0,57^2} + 0,35$$

$$= 0,7375 \text{ m}$$

$$O_2 = 65,42 \text{ m}$$

$$O_3 = 65,42 + 0,7375$$

$$= 66,1575 \text{ m}$$

$$R_3 = \frac{F_3}{O_3}$$

$$= \frac{325,91}{66,157}$$

$$= 4,93 \text{ m}$$

$$C_3 = \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{4,93}}}$$

$$= 48,60$$

$$\begin{aligned} V_3 &= C_3 \cdot \sqrt{R_3 \cdot I} \\ &= 48,60 \cdot \sqrt{4,93 \cdot 0,0022} \\ &= 5,054 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= V_3 \cdot F_3 \\ &= 5,054 \times 325,91 = \\ &= 1.647,149 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Langkah 4. -----  $h = 1,00 \text{ m}$ .

Luas penampang basah  $F_4 = F_3 + F_1$

$$\begin{aligned} F_1 &= 0,25 + \left( \frac{54,75 + 0,69}{2} \right) \\ &= 27,97 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$F_3 = 325,91 \text{ m}^2$$

$$F_4 = 353,88 \text{ m}^2$$

$$O_4 = O_3 + O_1$$

$$\begin{aligned} O_1 &= \sqrt{0,25^2 + 0,57^2} + \sqrt{0,25^2 + 0,12^2} \\ &= 0,6648 \end{aligned}$$

$$O_3 = 66,1575$$

$$\begin{aligned} O_4 &= 66,1575 + 0,6648 \\ &= 66,8223 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_4 = \frac{F_4}{O_4}$$

$$= 5,295 \text{ m}$$

$$C_4 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_4}}}$$

$$= \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{5,295}}}$$

$$= \frac{87}{1,76}$$

$$= 49,43$$

$$V_4 = C_4 \cdot \sqrt{R_4 \cdot I}$$

$$= 49,43 \cdot \sqrt{5,295 \cdot 0,0022}$$

$$= 5,338 \text{ m/detik}$$

$$Q_4 = V_4 \cdot F_4$$

$$= 5,338 \cdot 353,88$$

$$= 1.889,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

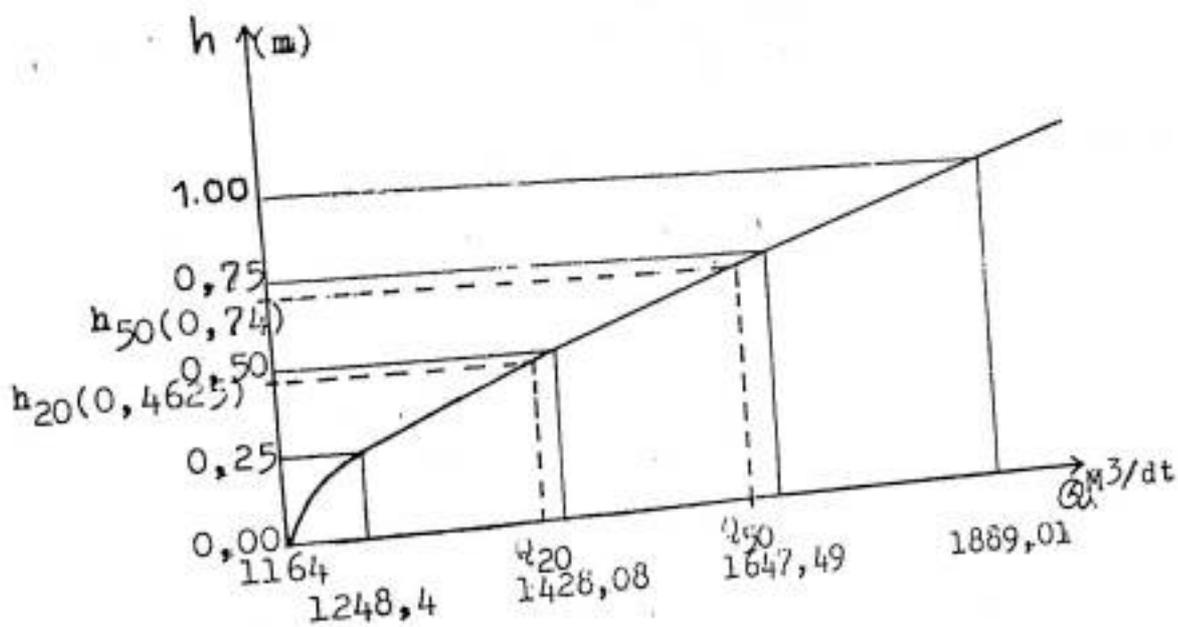
Dari hasil langkah langkah perhitungan diatas adalah:

Langkah	h (m)	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /detik)
	-	1.164,59
0	0,25	1.238,40
1	0,50	1.428,08
2	0,75	1.647,15
3	1,00	1.889,01
4		

Dari hasil perhitungan tersebut diatas dapat dibuat Grafik Lengkung hubungan antara Q dan h, dari grafik ini kita plot harga  $Q_{20}$  dan  $Q_{50}$  yaitu debit debit rencana untuk mendapatkan harga harga h yang diinginkan.

Waking yang dipakai (W) =  $0,30 + 0,25 h$

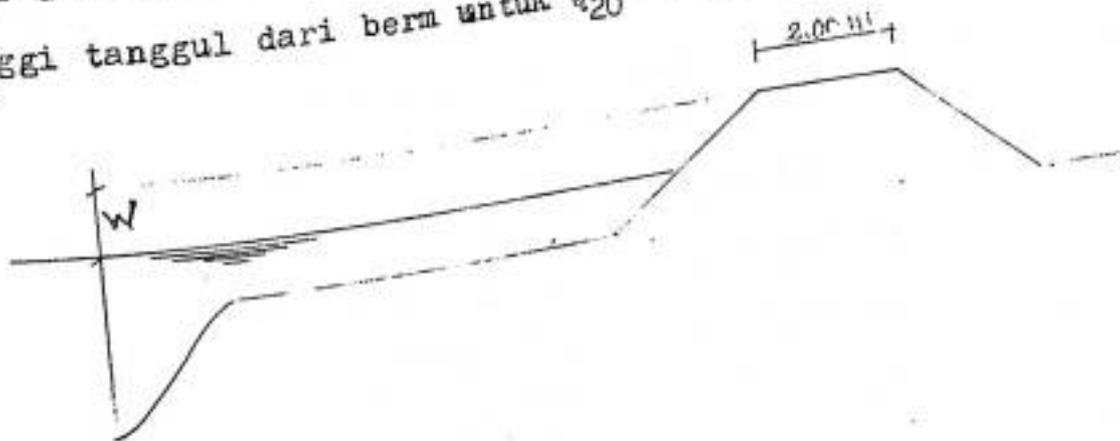
Tinggi tanggul =  $h + W$

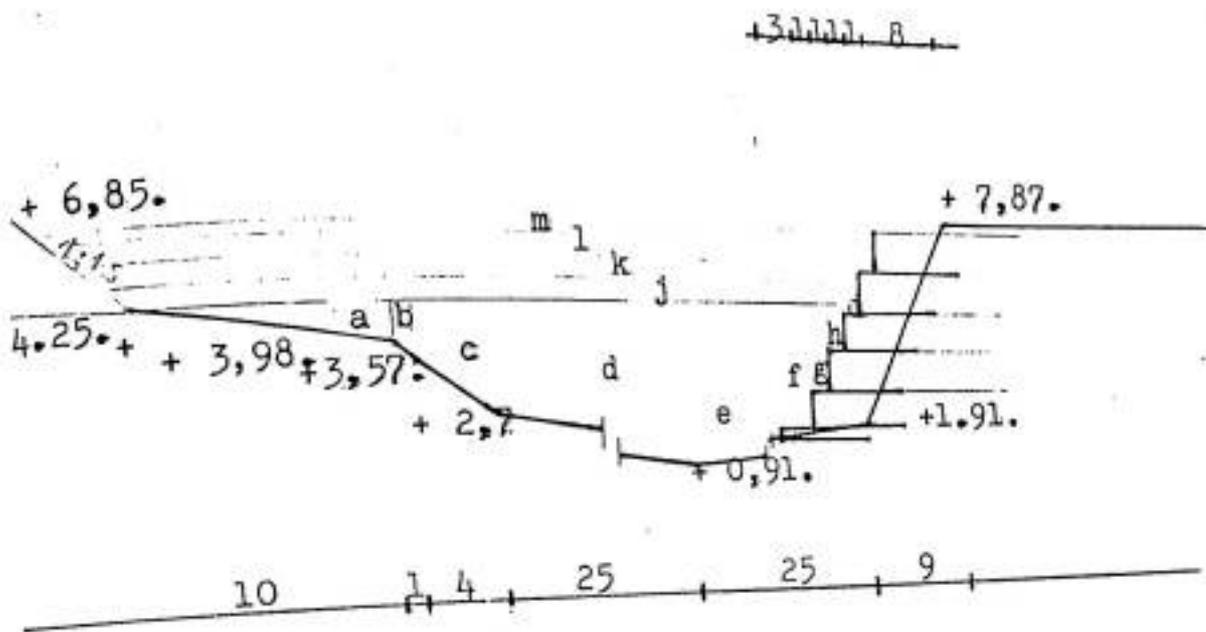


Grafik Lengkung Debit.

Dari Grafik diatas didapat :

Tinggi tanggul dari berm untuk  $Q_{20} = 0,46 + 1,0 = 1,46 \text{ m.}$





Langkah o.

$$F_o = F_a + F_b + F_c + F_d + F_e + F_f + F_g + F_h + F_i.$$

$$F_a = (1,18 \times 10) \frac{1}{2} = 5,9 \text{ m}^2.$$

$$F_b = (1,18 + 1,59) \times \frac{1}{2} \times 1 = 1,385 \text{ m}^2.$$

$$F_c = (1,59 + 2,89) \times \frac{1}{2} \times 4 = 8,96 \text{ m}^2.$$

$$F_d = (2,89 + 4,25) \times \frac{1}{2} \times 25 = 89,25 \text{ m}^2.$$

$$F_e = (4,25 + 3,75) \times \frac{1}{2} \times 19 = 76 \text{ m}^2.$$

$$F_f = (3 \times 3,25) = 2,25 \text{ m}^2.$$

$$F_g = (1 \times 2,25) = 1,25 \text{ m}^2.$$

$$F_h = (1 \times 1,25) = 0,25 \text{ m}^2.$$

$$F_i = (1 \times 0,25) = 0,25 \text{ m}^2.$$

$$F_o = 194,995 \text{ m}^2.$$

$$O_o = O_a + O_b + O_c + O_d + O_e + O_f + O_g + O_h + O_i = 10,07 \text{ m}.$$

$$O_a = \sqrt{1,18^2 + 10^2} = 1,08 \text{ m}.$$

$$O_b = \sqrt{1^2 + 0,41^2} = 4,21 \text{ m}.$$

$$O_c = \sqrt{4^2 + 1,3^2}$$

$$\begin{aligned}
 Od &= 1,36^2 + 25^2 &= 25,04 \text{ m.} \\
 Oe &= 0,5^2 + 19^2 &= 19,01 \text{ m.} \\
 Of &= 3 + 1 &= 4 \text{ m.} \\
 Og &= 1 + 1 &= 2 \text{ m.} \\
 Oh &= 1 + 1 &= 2 \text{ m.} \\
 Oi &= 1 + 0,25 &= 1,25 \text{ m.} \\
 Oo &= 68,66 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

$$Ro = Fo / Oo = 194,995 / 68,66 = 2,84 \text{ m.}$$

$$Co = \frac{87}{1 + \frac{1}{\sqrt{Ro}}} = \frac{87}{1 + \frac{1}{\sqrt{2,84}}} = 42,65.$$

$$\begin{aligned}
 Vo &= Co \cdot \sqrt{Ro \cdot I} \\
 &= 42,65 \sqrt{2,84 \times 0,0022} = 3,37 \text{ m/dt.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qo &= Fo \cdot Vo \\
 &= 194,995 \times 3,37 = 657,13 \text{ m}^3/\text{dt.}
 \end{aligned}$$

Langkah 1. ----- h = 0,50 m.

$$\begin{aligned}
 F_1 &= F_o + F_j \\
 F_j &= 0,50 \times 70 = 35 \text{ m}^2. \\
 F_o &= 194,995 \text{ m}^2. \\
 F_1 &= 229,995 \text{ m}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 O_1 &= Oo + Oj \\
 Oj &= 0,5 + 0,65 = 1,15 \text{ m.} \\
 Oo &= 68,66 \text{ m.} \\
 O_1 &= 69,81 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

$$Ri = F1 / O1 = 229,995 / 69,81 = 3,295 \text{ m.}$$

$$C_1 = \frac{87}{1 + \frac{r}{\sqrt{R_1}}} = \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{3,295}}} = 44,25$$

$$V_1 = C_1 \cdot \sqrt{R_1 \cdot I}$$

$$= 44,25 \cdot \sqrt{3,295 \times 0,0022} = 3,77 \text{ m/dt.}$$

$$Q_1 = F_1 \times V_1$$

$$= 229,995 \times 3,777 = 867,08 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Langkah 2. ----- h = 1,00 m.

$$F_2 = F_1 + F_k$$

$$F_k = 0,5 \times 71 = 35,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{229,995 \text{ m}^2}{265,495 \text{ m}^2}$$

$$Q_2 = Q_1 + Q_k$$

$$Q_k = 0,65 + 1,5 = 2,15 \text{ m.}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{69,81 \text{ m.}}{71,96 \text{ m.}}$$

$$R_2 = F_2 / Q_2 = 265,495 / 71,96 = 3,69 \text{ m.}$$

$$C_2 = \frac{87}{1 + \frac{r}{\sqrt{R_2}}} = \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{3,69}}} = 45,55$$

$$V_2 = C_2 \cdot \sqrt{R_2 \cdot I}$$

$$= 45,55 \cdot \sqrt{3,69 \times 0,0022} = 4,10 \text{ m/dt.}$$

$$Q_2 = F_2 \cdot V_2 = 265,495 \times 4,10 = 1089,6 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Langkah 3. -----  $h = 1,50 \text{ m.}$

$$F_3 = F_2 + F_1$$

$$F_1 = 0,5 \times 72 = 36 \text{ m}^2.$$

$$F_2 = 265,495 \text{ m}^2.$$

$$F_3 = 301,495 \text{ m}^2.$$

$$O_3 = O_2 + O_1$$

$$O_1 = 0,65 + 1,5 = 2,15 \text{ m.}$$

$$O_2 = 71,96 \text{ m.}$$

$$O_3 = 74,46 \text{ m.}$$

$$R_3 = F_3 / O_3$$

$$= 301,495 / 74,46 = 4,05 \text{ m.}$$

$$C_3 = \frac{87}{1 + \frac{F}{\sqrt{R_3}}} = \frac{87}{1 + \frac{1,75}{\sqrt{4,05}}} = 47,67.$$

$$V_3 = C_3 \cdot \sqrt{R_3} \cdot I$$

$$= 47,67 \cdot \sqrt{4,05 \times 0,0022} = 4,499 \text{ m/dt.}$$

$$Q_3 = F_3 \cdot V_3$$

$$= 301,495 \times 4,499 = 1356,43 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Langkah 4. -----  $h = 1,75 \text{ m.}$

$$F_4 = F_3 + F_m.$$

$$F_m = 0,25 \times 72,5 = 18,125 \text{ m}^2.$$

$$F_3 = 301,495 \text{ m}^2.$$

$$F_4 = 319,620 \text{ m}^2.$$

$$O_4 = O_3 + O_m .$$

$$O_m = 0,375 + 0,75 = 1,125 \text{ m.}$$

$$O_3 = 74,46 \text{ m.}$$

$$O_4 = 75,585 \text{ m.}$$

$$R_4 = F_4 / O_4$$

$$= 319,620 / 75,585 = 4,229 \text{ m.}$$

$$C_4 = \frac{87}{1 + \frac{3}{\sqrt{R_4}}} = \frac{87}{1 + \frac{1,125}{\sqrt{4,229}}} = 47,03 \text{ m.}$$

$$V_4 = 47,03 \sqrt{4,229 \times 0,0022} = 4,536 \text{ m/dt.}$$

$$Q_4 = F_4 \cdot V_4$$

$$= 319,62 \times 4,536 = 1449,796 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

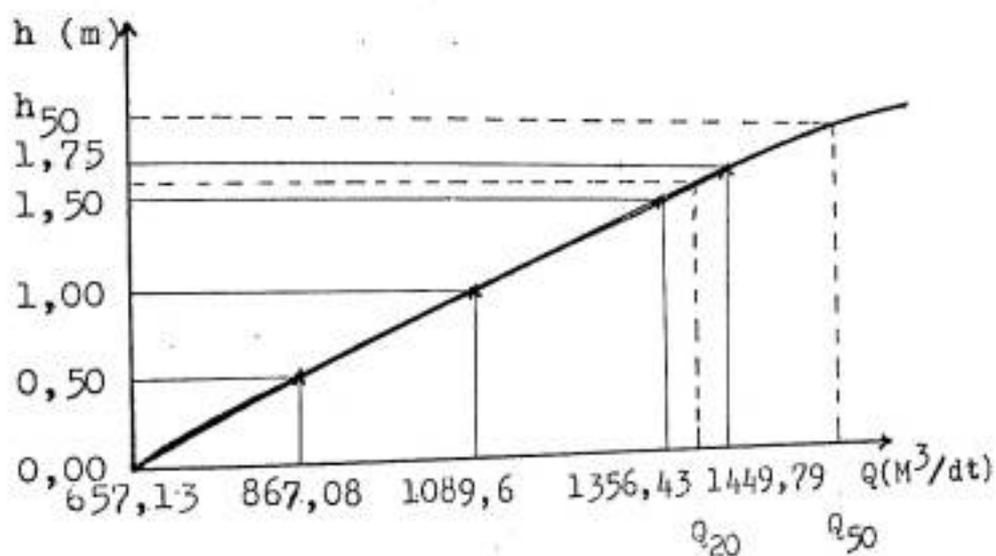
Dari hasil perhitungan langkah 0 sampai dengan langkah 4 dapat dibuat daftar sebagai berikut :

Langkah	h (m)	Q ( m <sup>3</sup> /dt )
0	-	657,13
1	0,50	867,08
2	1,00	1089,6
3	1,50	1356,43
4	1,75	1449,796

Kemudian dari daftar tersebut diatas dapat dibuat Grafik Lengkung, Hubungan antara Q dan h dapat digambar dari - Grafik tersebut. Kemudian harga h(rencana) didapat dengan

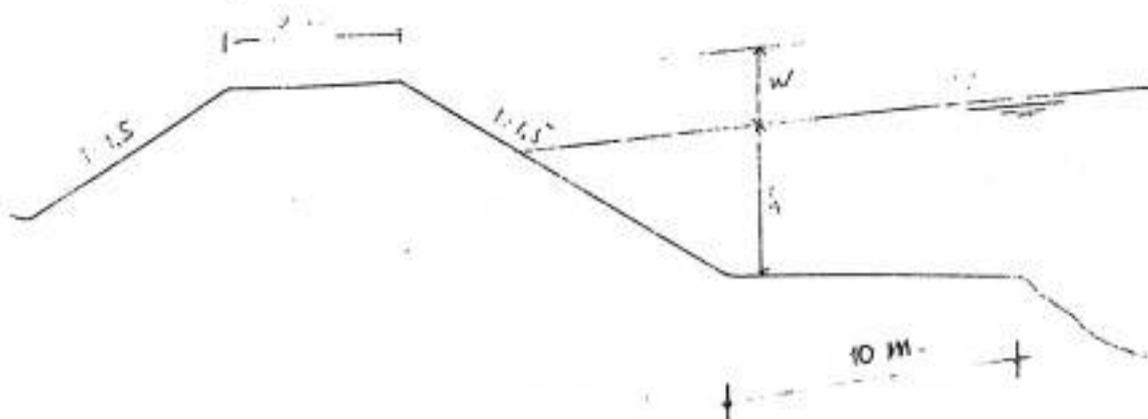
Kemudian harga  $h$  (rencana) didapat dengan memplot harga - harga  $Q$  (rencana) pada garis lengkung tersebut. Dengan demikian  $h$  didapat untuk harga-harga  $Q_{20}$  dan  $Q_{50}$  serta wading ( $w$ ) =  $0,30 + 0,25 h$ .  
jadi tinggi tanggul =  $h + w$ .

Gambar Grafik Lengkung Debit.



Dari Grafik diatas didapat :

untuk  $Q_{20}$  tinggi tanggul dari berm =  $1,6 + 1,0 = 2,60m$ .



## BAB V.

### KESIMPULAN DAN SARAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN.

Dari keseluruhan pembahasan dari bab ke bab pada penulisan ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ;

- Banjir dari suatu sungai adalah suatu hukum alam , oleh karena itu tidak dapat dicegah oleh manusia . Yang dapat dilakukan hanyalah usaha-usaha mencegah ataupun mengurangi kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh banjir.
- Melihat situasi dan kondisi pada lokasi perencanaan penanggulangan banjir di Desa Ala Tenggara Kabupaten Maros, maka penanggulangan dengan sistem tanggul dan bronjong adalah lebih cocok dibanding dengan sistem penanggulangan lainnya.  
Bronjong kawat dipasang hanya pada bagian yang tergerus saja, yakni sebagai perkuatan tebing pada bagian yang cekung dari sungai.
- Berhubung Data Debit sungai yang tersedia tidak lengkap/ tidak mewakili keseluruhan aliran yang masuk kesungai tersebut, maka tidak dapat dijadikan sebagai dasar perhitungan Debit Rencana.  
Selanjutnya untuk menghitung debit dan tinggi air rencana digunakan Data Curah Hujan yang ada dalam daerah catchment area sungai Maros, yakni stasiun No. 34 Batu Gassi, No. 32 Manrili No. 36 Salojirang.



- Data Curah Hujan serta tinggi muka air banjir yang pernah terjadi merupakan faktor yang sangat berperan dalam tindakan pengambilan keputusan perencanaan sistim penanggulangan banjir sungai Maros.

5.2. SARAN SARAN.

Untuk menunjang keberhasilan Usaha Penanggulangan Banjir Sungai Maros ini disarankan ;

- Untuk mengintensipkan penghijauan serta penghutan kembali tanah-tanah gundul dan pembuatan Dam-dam Pengendali Sedimen dibagian Hulu, guna mencegah pendangkalan sungai.
- Bangunan-bangunan pengaman dan penanggulangan banjir (tanggul, krib bronjong dan lain-lain) diperlukan perhatian yang serius baik pemeliharaannya maupun penyempurnaan konstruksinya sehingga dapat berfungsi sesuai yang diharapkan dan tahan lama.
- Stasiun Curah Hujan yang telah ada agar dipelihara dengan baik supaya dapat memberikan data yang lebih sempurna untuk perencanaan yang akan datang
- Disarankan pula untuk senantiasa mengadakan penelitian dan pencatatan tinggi muka air.
- Untuk bahan pembuatan tanggul dan bronjong, seperti tanah dan batu sebaiknya digunakan bahan yang ada pada lokasi tersebut agar biaya pengangkutan murah dan pelaksanaannya mudah.

- Memberikan penerangan-penerangan dan petunjuk-petunjuk kepada masyarakat tentang kesiapan siagaan banjir dan cara-cara penanggulangannya secara cepat.

## DAFTAR PUSTAKA.

1. Iman Subarkah, Ir. : Bangunan Air.
2. Iman Subarkah, Ir. : Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air.
3. Iman Subarkah, Ir. : Vademekum Lengkap Teknik - Sipil.
4. Jonas M.K. Dake, Endang Pipin Tachyan, Yan Piter Pangaribuan. : Hidrolika Teknik.
5. Martono Martodipuro, Ir. : Open Channel Hydraulics.
6. Oehadijono, Ir. : Diktat Pengairan IV, UnHas.
7. Sunarno, Msc, Ir. : Bendung Tetap.
8. Suyono Sosrodarsono, Ir. : Hidrologi untuk Pengairan.
9. Suyono Sosrodarsono, Ir. : Mekanika Tanah & Teknik Pondasi.
10. Suyono Sosrodarsono, Ir. : Bendung Type Urugan.
11. Soetedjo, Prof. Ir. : Sungai dan Bangunan - bangunan Perbaikannya.
12. Thn. D. Van Maanen, Ir. : Irigasi di Hindia Belanda. ( terjemahan dari Irrigatie In Nederlandsch Indie ).
13. Anonimus : Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi.
14. Anonimus : Pengamanan Sungai serta Pengendalian Alirannya. DPMA, Dirjen Pengairan .
15. Anonimus : Dasar-dasar Perencanaan Penanggulangan Banjir. Direktorat Sungai.
16. Anonimus : Masalah sungai dalam hubungannya dengan banjir, Direktorat sungai.

17. Anonimus

: Hidrolika sungai.

Directorate General of Water Resources Development Ministry of Publik Work and Electric Power .

18. Anonimus

: K r i b.

Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Dirjen Pengairan.

19. Anonimus

: B r o n j o n g.

Lembaga Penyelidikan Masalah air, Direktorat Jenderal Pengairan .

20. Anonimus

: Pelaksanaan Pekerjaan Bronjong - Ministry of Publik Works, Directorate General of Water Resources Development, Directorate of Irrigation I, JICA.