

M A D I A H	
TGL. TER. :	30 APR 1996
NO. URUT :	011 / HD / TA / 96
NO. INDUK :	900011

STUDI PERLINDUNGAN MUARA KALI SERANG



Disusun Oleh :

H U S I N

No. Mhs. : 84310210

MAHABUDDIN

No. Mhs. : 84310230

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1 9 9 5



STUDI PERLINDUNGAN MUARA KALI SERANG

*Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil pada
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*

MILIK PERPUSTAKAAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UII YOGYA

Disusun Oleh :

H U S I N

No. Mhs. : 84310210

MAHABUDDIN

No. Mhs. : 84310230

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

1 9 9 5



MOTTO

Demi masa
Sesungguhnya manusia itu benar-benar
berada dalam kerugian,
Kecuali orang-orang yang beriman
dan mengerjakan amal saleh dan
nasehat menasihati supaya mentaati
kebenaran dan nasehat menasihati
supaya menatap kesabaran
(QS. Al 'Ashr)





**Kupersembahkan
Kepada**

**Ibunda dan Ayahanda
adik tersayang
dan istriku tercinta**

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT. atas taufik serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Sebagaimana telah tercantum dalam kurikulum pendidikan pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia maka setiap mahasiswa diwajibkan menyusun tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh derajat/gelar Sarjana Teknik Sipil.

Penyusun telah melaksanakan tugas akhir dengan judul "*Studi Perlindungan Muara Kali Serang*".

Dalam melaksanakan tugas akhir hingga selesainya, telah banyak bantuan, dukungan maupun fasilitas yang telah penyusun terima. Untuk semuanya itu perkenankanlah penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Ir. Endang Tantrawati MT, selaku Dosen Pembimbing I dalam tugas akhir.
3. Bapak Ir. Bambang Sulistiono MSCE, selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir.

4. Bapak Dosen dan segenap Karyawan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Rekan-rekan serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu .

Penyusun menyadari dalam menyelesaikan tugas akhir ini banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Kritik serta saran guna penyempurnaan laporan ini akan penyusun sambut dengan senang hati.

Akhirnya besar harapan penyusun semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca dan terutama bagi penyusun sendiri.

Wabillaahi taufiq walhidayah,

Wassalaamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Nopember 1995

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Tujuan Studi	3
1.3. Batasan Studi	3
1.4. Metode Penelitian dan Analisis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Morfologi Sungai dan Muara	5
2.2. Bangunan Perlindungan Pantai	6
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1. Gelombang Rencana	9
1. Refraksi, Difraksi dan Shoaling Gelombang	9
2. Gelombang Pecah	10
3.2. Run-up dan Run-down	13
3.3. Kedalaman Rencana	13
3.4. Erosi dan Sedimentasi	14

1. Transpor Sedimen Pantai	15
2. Model Perubahan Garis Pantai	16

BAB IV PENGUMPULAN DAN ANALIS DATA

4.1. Umum	18
4.2. Morfologis sungai Dan Muara Kali Serang	18
4.3. Debit Sungai	21
1. Penentuan Debit Banjir Rencana	21
2. Debit Banjir Awal Musim Hujan	21
4.4. Gelombang	23
1. Data Angin	23
2. Panjang Fetch	24
3. Gelombang Untuk Perencanaan	24
4.5. Mekanika Tanah	25
4.6. Pasang Surut	25
4.7. Studi Perbandingan	26

BAB V PERENCANAAN BANGUNAN MUARA KALI SERANG

5.1. Dasar Perencanaan	30
5.2. Pemilihan Gelombang Untuk Studi	31
5.3. Alternatif Bangunan Muara kali Serang..	31
1. Pembuatan Jetty di kedua sisi Muara Kali Serang	31
2. Pelurusan Muara kali Serang Dengan Bangunan	33
3. Pembuatan Tanggul di sepanjang Muara.	34



5.4. Perencanaan Jetty	35
1. Tata Letak Bangunan	35
2. Tinggi Muka Air Rencana	35
3. Penentuan Gelombang Rencana	39
4. Penentuan Elevasi Mercu Jetty	40
5. Penentuan Berat Batu Lapis Lindung .	42
6. Fondasi Bangunan	43
7. Pelindung Kaki	44
5.5. Studi Transpor Sedimen Pantai	46
 BAB VI HIDROLIKA MUARA KALI SERANG	
6.1. Umum	50
6.2. Analisa Debit Banjir Rencana	51
1. Debit Banjir Rencana Yang Terjadi Pada Kali Serang Metode Der Weduwen	52
6.3. Analisa Profil Aliran Pada Kali Serang..	57
 BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1. Kesimpulan	64
7.2. Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi kali Serang	2
Gambar 3.1	Proses Refraksi, Defraksi dan Shoaling ..	11
Gambar 4.1	Skema Jaringan Drainasi Di Kabupaten Kulon Progo	20
Gambar 4.2	Daerah Pengaliran kali Serang	22
Gambar 4.3	Muara kali Tipar	29
Gambar 5.1	Alternatif Bangunan Jetty Di Muara kali	32
Gambar 5.2	Alternatif Bangunan Di muara kali Serang.	33
Gambar 5.3	Alternatif Bangunan Tanggul Disepanjang Muara	34
Gambar 5.4	Tata Letak Bangunan Jetty	3
Gambar 5.5	Sketsa Konstruksi Jetty	37
Gambar 5.6	Tampang Lintang Konstruksi Jetty	38
Gambar 5.7	Tinggi Muka Air Rencana	39
Gambar 5.8	Sketsa Perlindungan Kaki	45
Gambar 5.9	Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Kondisi Existing	47
Gambar 5.10	Simulasi Perubahan Garis Pantai Pada Ba- ngunan Jetty	48

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perbandingan Hujan Awal Musim Hujan Dengan Hujan Maksimum Tahunan	23
Tabel 5.1. Analisis Gelombang Dari Laut Dalam Kulon Progo	40
Tabel 5.2. Gelombang Maksimum Di Lokasi Bangunan.....	40
Tabel 5.3. Hitungan Berat Unit Batu Berdasar Rumus Hudson	43
Tabel 5.4. Hitungan Berat Batu Pelindung Kaki	47
Tabel 5.5. Sudut Datang Gelombang Terhadap Garis Pantai	46
Tabel 5.6. Tinggi Gelombang Di Laut Dalam	46
Tabel 5.7. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Kondisi Existing	47
Tabel 6.1. Parameter Daerah Aliran kali Serang	52

ABSTRAKSI

Proses alam yang terjadi di muara kali Serang hampir setiap tahun menimbulkan bencana yang disebabkan oleh meluapnya air kali Serang. Banjir tersebut disebabkan tertutupnya mulut muara oleh timbunan pasir akibat proses "*long shore transport*", "*on-offshore transport*".

Untuk memahami masalah banjir perlu dilakukan studi untuk mengetahui mekanisme alam yang terjadi di muara, sehingga dapat dibuat rencana untuk mengantisipasi akibat mekanisme alam tersebut. Setelah diketahui penyebab terjadinya pengendapan sedimen yang menyebabkan banjir maka dilakukan studi untuk menemukan cara mengatasi masalah tersebut.

Untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang digunakan sebagai input dalam analisis hidrolika kali Serang diperlukan analisis hidrologi.

Dari hasil studi penanggulangan banjir muara kali Serang bangunan jetty merupakan alternatif yang harus dipilih.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Sebagai salah satu sungai utama yang cukup besar di Kabupaten Kulon Progo, kali Serang memegang peranan penting untuk keseimbangan ekosistem dan pengembangan wilayah Propinsi DIY, baik sebagai suplesi air irigasi maupun sebagai saluran drainasi buangan air irigasi dan air hujan (*main drain*).

Kali Serang bermata air di perbukitan di daerah Nanggulan dan Girimulyo Kabupaten Kulon Progo, mengalir ke selatan melalui kota Wates dan bermuara di samudra Indonesia. Panjang kali Serang ± 33,5 km dan luas daerah pengaliran kali Serang 235 km². Kali Serang mempunyai beberapa anak sungai, antara lain kali Nagung, Banjaran, Papah dan kali Kelir; seperti terlihat pada Gambar 1.1.

Proses alam yang terjadi di muara kali Serang dapat dijelaskan sebagai berikut : terjadinya luapan-luapan pada awal debit besar akibat tampang lintang sungai yang tidak mampu menerima debit banjir. proses tersebut berulang sehingga tebing-tebing pasir terkikis oleh aliran air. Akan tetapi musim kemarau tebing tersebut tertimbun pasir kembali.

Dari fenomena diatas hampir setiap tahun muara kali Serang mengalami banjir yang menggenangi daerah Wisata Pantai Glagah, persawahan, sarana transportasi dan pemukiman penduduk. Kerugian yang diderita sangat besar baik berupa material maupun korban jiwa, sehingga penduduk sangat terganggu keamanannya terhadap banjir.

Penyebab utama terjadinya banjir adalah tertutupnya mulut sungai oleh lidah pasir (*sand split*) sehingga mengganggu aliran air menuju laut. Dikehendaki proses alam tersebut dapat dikontrol sehingga kejadian-kejadian alam dalam bentuk keseimbangan antara dinamika alur sungai dan kejadian debit aliran besar dan kecil yang silih berganti dapat menuju keseimbangan yang diinginkan, sehingga luapan-luapan tidak lagi terjadi dan tidak menimbulkan masalah pada daerah sekitarnya.

1.2. TUJUAN STUDI

Studi yang dilakukan bertujuan untuk memberikan alternatif penanganan banjir di muara kali Serang sehingga diperoleh hasil penyelesaian yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai hal yang berkaitan.

1.3. BATASAN STUDI

Studi ini dititik beratkan pada perencanaan perlindungan banjir ditinjau dari segi hidrolika muara kali Serang dan hidrodinamika muara kali Serang, sehingga studi hidro-logi hanya sedikit disinggung pada bab-bab tentang banjir rencana.

1.4. METODE PENELITIAN DAN ANALISA

Studi perencanaan perlindungan banjir kali Serang dilakukan secara menyeluruh serta berorientasi pada optimasi hasil. Untuk itu maka metode penelitian dibedakan menjadi metode pengumpulan data, metode analisa data dan perencanaan bangunan pengendalian banjir muara kali Serang serta analisa hidrolika muara kali Serang. Pengumpulan data dimaksud adalah data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA.

Dalam penyusunan tugas akhir yang berjudul Studi Perlindungan Muara Kali Serang tidak lepas dari literatur. Pada pengambilan sumber penulis mengambil dari beberapa buku yang berhubungan dengan gelombang, transpor sedimen, morfologi sungai, bangunan pelindung pantai dan permasalahan yang terkait dengan Studi Perlindungan Muara kali Serang.

2.1. Morfologi Sungai dan Muara

Sungai-sungai bermuara ke laut dengan cara/kondisi yang berbeda, tergantung pada geologi dan topografi muara, serta debit aliran, bahan sedimen yang terangkut oleh pasang surut. Muara sungai ini dapat dibedakan dalam tiga tipe muara sungai, yaitu :

1. Estuari
2. Lagune
3. Delta

Estuari dapat didefinisikan sebagai bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut dengan lebar yang berubah dengan cepat sepanjang bagian sungai tersebut. Di estuari ini air laut (asin) bercampur dengan air sungai (tawar). Lampiran B.1. menunjukkan beberapa contoh estuari di Indonesia.

Lagune adalah daerah perairan sepanjang pantai yang sangat dangkal dan datar yang terpisah dari laut oleh endapan/lidah pasir dengan beberapa bukaan. Lampiran B.2 adalah contoh lagune.

Delta merupakan daerah perairan dengan endapan-endapan sedimen yang sangat luas dan mempunyai kemiringan kecil yang terbentuk oleh sedimen suspensi yang dibawa oleh sungai. Pasang surut dan gelombang yang ada dilaut tersebut tidak bisa membawa/menyebabkan sedimen yang diendapkan di daerah tersebut. Delta ini biasanya terjadi di laut yang tenang dan tidak ada pasang surut (kecil). Delta bisa juga terjadi di laut dengan pasang surut yang besar tetapi sungai membawa sedimen dalam jumlah yang sangat besar. Lampiran B.3 adalah contoh delta. (Bambang Triatmodjo, 1991)

2.2. Bangunan Perlindungan Pantai

Bangunan pelindung pantai dimaksudkan untuk melindungi pantai dari serangan gelombang. Bangunan ini diperlukan apabila mekanisme pelindung pantai secara alamiah tidak efektif lagi.

Ada beberapa pendekatan dalam merencanakan bangunan pelindung pantai diantaranya adalah : (Nur Yuwono, 1992)

1. Mengubah laju angkutan sedimen sejajar pantai (dengan bangunan *groin*);
2. Mengurangi energi gelombang yang mengenai pantai (dengan bangunan pemecah gelombang lepas pantai);

3. Memperkuat tebing pantai sehingga tahan terhadap gempuran gelombang (dengan bangunan *revetment* atau *sea wall*);
4. Menambah suplai sedimen ke pantai (dengan cara *sand bay passing* atau *beach nourishment*);
5. Melakukan penghijauan daerah pantai (dengan pohon Bakau, Api-api atau Nipah).

Berdasarkan pendekatan diatas dapat dijelaskan beberapa tipe bangunan pelindung pantai diantaranya adalah jetty dan groin.

1. Jetty

Jetty adalah suatu bangunan pelindung pantai yang ditujukan untuk mematahkan/meredam energi gelombang. Jetty merupakan bangunan pemecah gelombang tumpukan batu yang berfungsi untuk menstabilkan muara sungai.

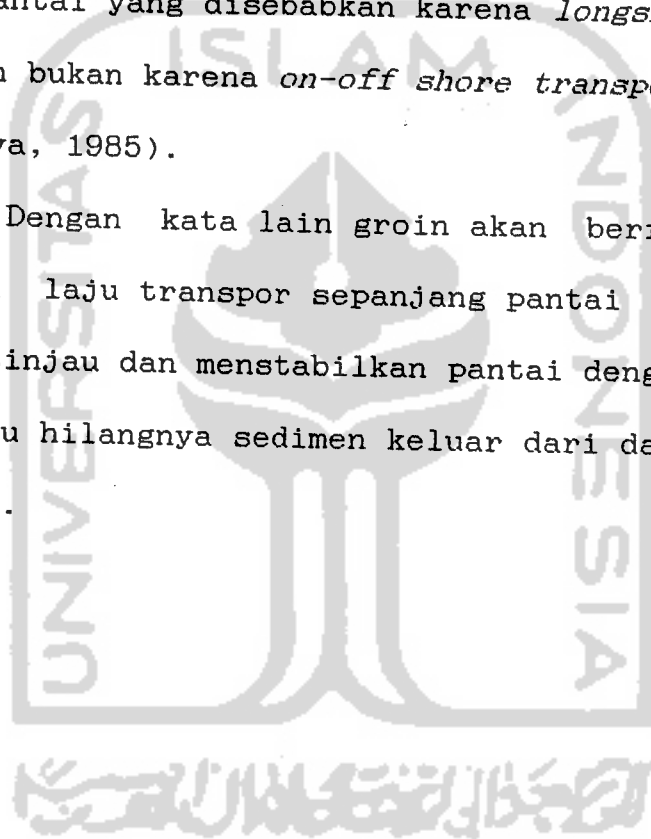
Ada dua tipe pemecah gelombang yaitu :

- a. "*Overtopping breakwater*", yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan memperkenankan air melimpas diatas pemecah gelombang tersebut.
- b. "*Non overtopping breakwater*", yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan tidak memperkenankan air melimpas diatas pemecah gelombang tersebut. (Nur Yuwono, 1991)

2. Groyne

Groyne adalah suatu bangunan pelindung pantai yang direncanakan untuk menahan angkutan pasir (*longshore transport*) atau untuk mengurangi angkutan pasir. Groyne hanya dipergunakan untuk melindungi erosi pantai yang disebabkan karena *longshore transport* dan bukan karena *on-off shore transport* (Mohamad Yahya, 1985).

Dengan kata lain groyne akan berfungsi mengurangi laju transpor sepanjang pantai di daerah yang ditinjau dan menstabilkan pantai dengan mengurangi laju hilangnya sedimen keluar dari daerah yang ditinjau.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Gelombang Rencana

Tinggi gelombang rencana dipilih berdasarkan tinggi gelombang maksimum yang dapat terjadi di lokasi pekerjaan. Pada penjalaran dari laut ke pantai gelombang dapat mengalami perubahan ketinggian yang disebabkan oleh Refraksi, Difraksi dan Shoaling atau oleh pecahnya gelombang.

1. Refraksi, Difraksi dan Shoaling Gelombang

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai, akan mengalami proses perubahan ketinggian. Proses tersebut disebut Refraksi, Difraksi dan Shoaling.

Refraksi adalah proses berbeloknya arah gerak gelombang akibat perubahan kedalaman pada daerah yang dilewati gelombang tersebut. Apabila gelombang menuju kedalaman yang makin dangkal dengan puncaknya membuat sudut dengan kontur kedalaman maka terlihat bahwa puncak gelombangnya akan melengkung sedemikian sehingga sudut tersebut berkurang besarnya.

Difraksi adalah proses pemindahan energi gelombang ke arah daerah yang terlindungi, difraksi terjadi jika tinggi gelombang disuatu titik sepan-

Jang garis puncak gelombang lebih besar dari pada di titik di dekatnya. Keadaan ini dapat terjadi jika gelombang bergerak melintasi suatu bangunan.

Shoaling adalah proses berkurangnya tinggi gelombang karena perubahan kedalaman.

Tinggi gelombang yang diakibatkan oleh proses ini dapat dihitung dengan rumus (Gambar 3.1) :

$$H_A = H_0 \quad (1)$$

$$H_B = H_0 \cdot K_R \cdot K_S = H_A \cdot K_R \cdot K_S \quad (2)$$

$$H_C = H_0 \cdot K_R \cdot K_S \cdot K_D = H_B \cdot K_D \quad (3)$$

Dengan :

H_0 = Tinggi gelombang di laut dalam (m)

H_A = Tinggi gelombang di A (m)

H_B = Tinggi gelombang di B (m)

H_C = Tinggi gelombang di C (m)

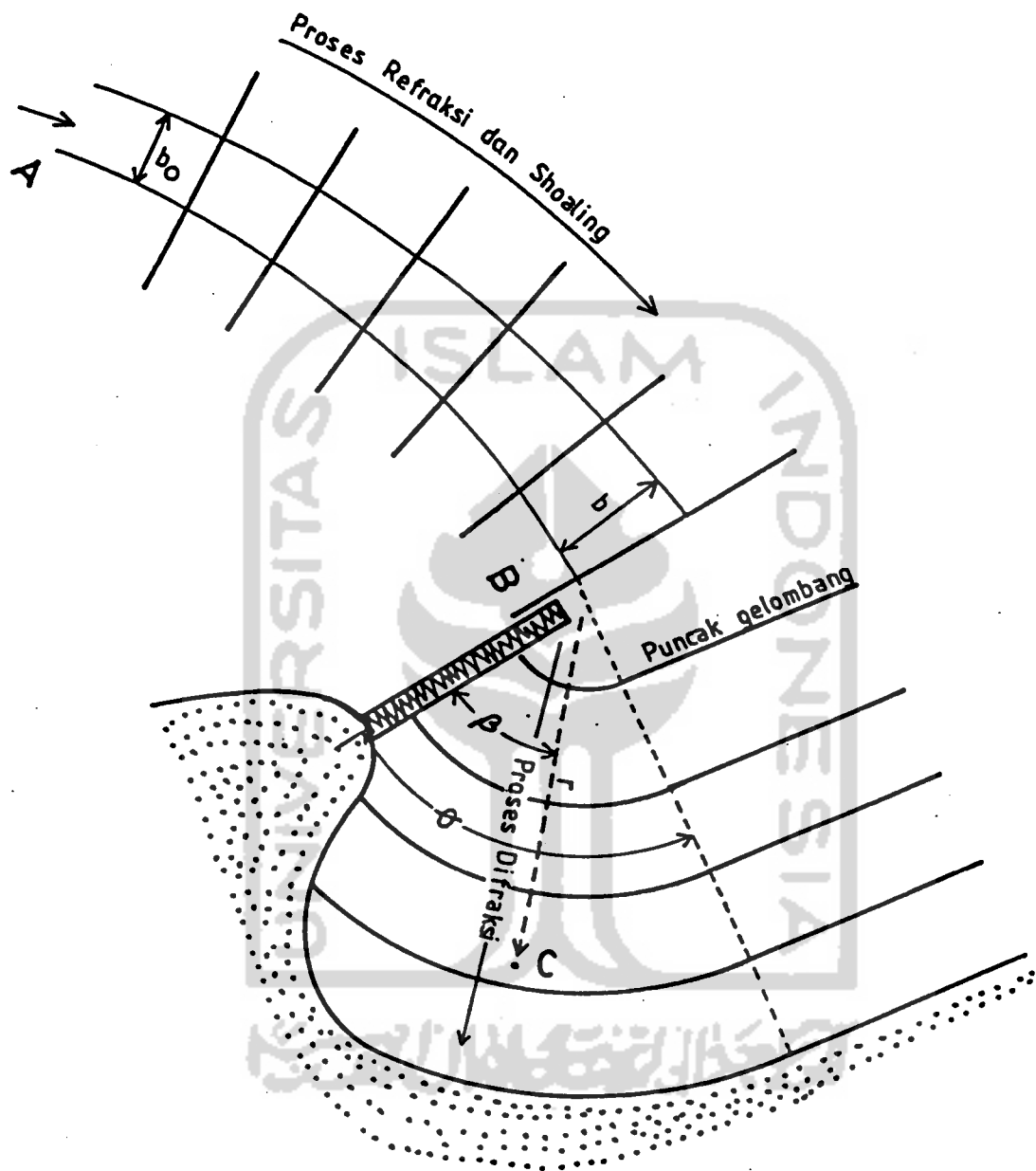
K_R = Koefisien refraksi

K_S = Koefisien shoaling

K_D = Koefisien difraksi

2. Gelombang Pecah

Pada saat gelombang sampai di air dangkal, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk, dan kemudian dapat pecah. Pada lokasi dengan kondisi yang demikian maka tinggi gelombang rencana dapat didekati dengan tinggi gelombang pecah. Tinggi gelombang pecah dapat didekati dengan rumus berikut ini : (Goda, 1970)



Gambar 3.1. Gambar Proses Refraksi, ,
Defraksi dan Shoaling

$$\frac{H_b}{H_o'} = \frac{1}{3,3 (H_o'/L_o)} \quad (4)$$

Kedalaman air di lokasi bangunan (d_s) dan periode gelombang (T) tinggi gelombang pecah dapat ditentukan.

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_o'/gT^2)} \quad (5)$$

Dengan :

$$a = 43,75 (1 - e^{-19m})$$

$$b = 1,56/(1 - e^{-19m})$$

H_o' : Tinggi gelombang pecah (m)

H_o' : Tinggi gelombang di laut dalam, apabila tidak terjadi refraksi (m)

L_o : Panjang gelombang di laut dalam (m)

d_b : Kedalamana air dimana gelombang pecah (m)

m : Kemiringan dasar laut

g : Percepatan gravitasi (m/sec^2)

T : Periode gelombang (sec)

Untuk mempermudah hitungan dapat digunakan grafik C.1 - C.3. Dengan mengetahui kedalaman air di lokasi bangunan (d_s) dan periode gelombang (T), tinggi gelombang pecah dapat ditentukan.

Gelombang pecah ini dapat digunakan untuk menghitung besar kecilnya transpor sedimen, apabila gelombang pecah sebelum mencapai pantai. Energi yang ditimbulkan oleh gelombang pecah tersebut akan menyebabkan terjadinya arus sejajar pantai yang dapat mengangkut sedimen dalam jumlah besar searah garis pantai.

3.2. Run-up dan Run-down

Run-up atau *run-down* sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai. *Run-up* digunakan untuk menentukan mercu bangunan pantai, sedangkan *run-down* digunakan untuk perhitungan stabilitas lapisan pelindungnya.

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (*run-up*) pada permukaan bangunan. Sebagian dari momentum gelombang akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke atas lereng yang disebut *wave run-up*.

Elevasi *run-up* didefinisikan sebagai elevasi vertikal maksimum yang dapat dicapai oleh gerakan air laut saat gelombang bertemu dengan bangunan miring di pantai.

Untuk menentukan tinggi *run-up* dipakai grafik hasil penentuan laboratorium seperti lampiran C.4. Dari grafik tersebut terlihat bahwa tinggi relatif *run-up* merupakan fungsi dari :

a. Iribarren number :
$$= \frac{\tan \theta}{(H/L_o)^{0,5}}$$

b. Jenis lapis lindung yang dipergunakan

3.3. Kedalaman Rencana

Untuk menentukan kedalaman rencana bangunan (*ds*) perlu dipilih suatu kondisi muka air yang memberikan gelombang terbesar atau *run-up* tertinggi, sebagai pedoman dapat dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$ds = (HHWL-BL) + \text{stormsurge atau wind set-up} + SLR$$

Dengan :

ds : kedalaman kaki bangunan pantai

HHWL : *Highest High Water Level* = muka air pasang tertinggi

BL : *Bottom Level* atau elevasi dasar pantai di depan bangunan

SLR : *Sea Level Rise* atau kenaikan muka air laut akibat perubahan cuaca (lampiran C.5)

Stormsurge : Hembusan badai

3.4. Erosi dan Sedimentasi Pantai

Proses erosi dan sedimen yang dimaksud disini adalah di daerah pantai yang terletak antara batas off-shore/lepas pantai dimana gelombang menggerakkan sedimen dan batas garis pantai. Proses ini terjadi karena adanya interaksi dari angin, gelombang, arus, pasang surut, sedimen dan faktor-faktor lain di daerah pantai. Sedimen pantai selalu dipengaruhi oleh kerja gelombang, arus yang disebabkan oleh gelombang, angin dan pasang surut, dari beberapa faktor tersebut gelombang merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi garis pantai. Stabilitas garis pantai yang ditinjau tergantung keseimbangan antara volume sedimen yang tersedia ditempat tersebut dan transpor sedimen tegak lurus (*longshore-offshore transport*) dan sepanjang pantai (*longshore transport*) yang dapat ditimbulkan oleh gelombang. Oleh karena itu pantai dapat mengalami erosi, sedimentasi atau dalam keseimbangan.



1. Transpor Sedimen Pantai

a. Transpor sedimen sejajar pantai (*Longshore Sedimen Transport*).

Pada saat gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, pecahnya gelombang menyebabkan terjadinya komponen energi gelombang sejajar pantai yang menyebabkan terjadinya arus sepanjang pantai. Selain itu dari gelombang yang pecah tersebut akan naik ke pantai dengan membentuk sudut dan kemudian turun kembali sedemikian sehingga terjadi gerakan air seperti mata gergaji sepanjang pantai, gerak air tersebut juga disertai dengan gerak sedimen yang mempunyai resultante pada arah sepanjang pantai.

Besar transpor sedimen sepanjang pantai dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang didasarkan pada fluks energi gelombang dengan bentuk berikut

$$Q_s = K.P_1 \quad (6)$$

$$P_1 = 1/16. .g.H_b.C_{g_b}. \sin 2\alpha_b \quad (7)$$

dengan :

K = koefisien

H_b = tinggi gelombang pecah (m)

C_{g_b} = cepat rambat gelombang pada saat pecah

α_b = sudut datang gelombang pecah ($^{\circ}$)

b. Transpor Sedimen Tegak Lurus Pantai

Pada saat gelombang menjalar ke pantai, terjadi transpor massa air yang akan mengangkut sedimen ke arah pantai. Transpor sedimen tegak lurus pantai disebabkan oleh gelombang yang datang tegak lurus pantai.

Pada waktu gelombang sampai di pantai maka air akan naik ke darat dan kemudian turun kembali sesuai dengan ritme gelombang. Pada waktu naik air membawa sedimen, tetapi pada waktu turun air tersebut akan mengerosi pantai dan dibawa ke laut. Sedimen yang dibawa ke laut tersebut bertemu dengan sedimen yang dibawa oleh transpor massa air dan akan mengendap di daerah pertemuan dengan membentuk *longshore bar*. Pada waktu selanjutnya *longshore bar* ini akan menghalangi terbawanya sedimen ke arah laut

2. Model Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai akan terjadi apabila di muara dibuat bangunan Jetty yang menjorok ke laut. Model perubahan garis pantai digunakan untuk memprediksi perubahan garis pantai yang terjadi karena dibuatnya bangunan tersebut. Pembuatan bangunan yang menjorok ke laut akan mengganggu kondisi pantai yang sudah stabil.

Bangunan tersebut akan menghalangi transpor sedimen sepanjang pantai, yang mengakibatkan terjadinya erosi di satu sisi dan endapan di sisi yang lain. Dalam model ini hanya diperhitungkan transpor sedimen sepanjang pantai, sedang transpor sedimen tegak lurus pantai diabaikan.

Transpor sedimen sepanjang pantai menyebabkan perubahan secara berangsur-angsur kondisi topografi di daerah pantai. Perubahan garis pantai dapat diprediksi berdasarkan persamaan kontinuitas untuk sedimen. Persamaan perubahan garis pantai mempunyai bentuk

$$\frac{dy}{dt} + \frac{dQ}{dx} = 0 \quad (8)$$

dengan :

Y = posisi garis pantai

t = waktu

x = jarak sepanjang pantai

Q = transpor sedimen sepanjang pantai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Umum

Data yang dikumpulkan dalam studi merupakan data sekunder, meliputi data topografi, data gelombang, data pasang surut, data angin dan data hujan yang didapat dari Proyek Irigasi Departemen Pekerjaan Umum mengenai perencanaan jetty dari hasil penelitian Konsultan P.T Puser Bumi Yogyakarta.

4.2. Morfologi Sungai dan Muara Kali Serang

Alur kali Serang berbelok-belok, mempunyai titik awal dari dataran tinggi Banjaran di bukit Menoreh dan bermuara di Laut Selatan. Kondisi tebing kali serang pada bagian hulu di beberapa tempat terdapat tanggul kali yang mengalami longsoran-longsor. Sedangkan pada alur sepanjang kali banyak terjadi sedimentasi sehingga mengganggu aliran air menuju laut.

Pantai di sekitar muara kali Serang merupakan daerah wisata, yaitu pantai Glagah. Di sebelah Utara muara terdapat jalan menuju lokasi wisata.

Pada musim kemarau, debit kali Serang relatif kecil karena airnya sudah banyak digunakan untuk keperluan irigasi di sebelah hulu. Pada saat itu muara kali Serang.

sering tertutup lidah pasir. Penutupan muara tersebut menyebabkan aliran sungai tidak lancar, sehingga pada musim penghujan dapat menyebabkan banjir.

Kali Serang ini merupakan saluran drainase utama dari daerah di sebelah hulunya. Di bagian hilir kali Serang ini bermuara beberapa anak sungai, yaitu kali Banjaran, Nagung, Kelir dan Papah. Ketidak lancarannya aliran air di kali Serang akan mempunyai dampak yang cukup jauh di daerah hulu. Pada saat terjadi banjir dan muara kali tersumbat maka genangan yang terjadi di daerah hulu tidak bisa diataskan, karena muka air kali Serang tinggi. Oleh karena itu harus diusahakan agar muara kali Serang terbebas dari sumbatan lidah pasir, sehingga air banjir mudah dibuang ke laut. Gambar 4.1 menunjukkan skema jaringan drainase di Kabupaten Kulon Progo.

Lidah pasir di muara kali Serang dapat terbuka kembali oleh dua hal berikut ini.

1. Gelombang besar yang terjadi pada saat pasang besar (*spring tide*) yang melimpas di atas lidah pasir.
2. Banjir yang terjadi di hulu kali Serang.

Tetapi apabila pada saat tersebut debit sungai kecil, maka aliran tidak bisa menggerus (mengerosi) lebih dalam lagi lidah pasir yang telah membuka. Sehingga beberapa saat kemudian bukaan itu akan tertutup kembali oleh pasir yang terbawa oleh gelombang.

Banjir yang terjadi di hulu kali Serang akan menaikkan genangan air di sebelah hulu lidah pasir sehingga

akhirnya akan meluap di atas lidah pasir dan mengerosinya, sehingga lidah pasir terbuka. Lidah pasir yang terbuka karena banjir ini terjadi sekitar bulan September sampai dengan Nopember dimana hujan sudah agak banyak sehingga aliran kali serang mampu menghancurkan lidah pasir. Sementara ini sudah dibangun tanggul (1979) untuk mencegah meluapnya banjir di hulu kali Serang.

4.3. Debit kali Serang

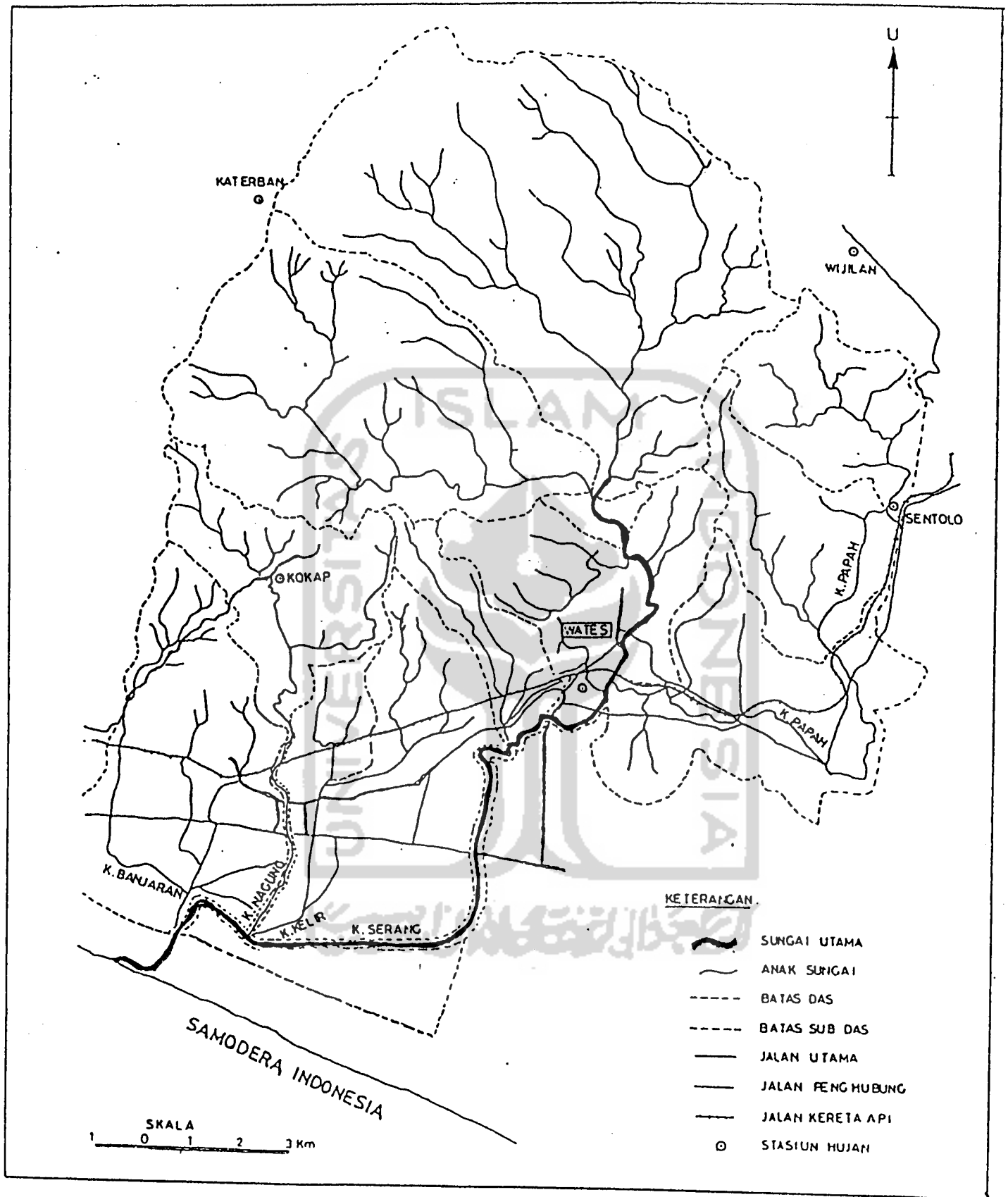
1. Penentuan Debit Banjir Rencana

Untuk pengendalian banjir kali Serang dan perbaikan alur kali perlu dihitung besarnya debit banjir rencana. Debit banjir dihitung berdasarkan analisis hidrologis dari data hujan DPS Serang. Gambar 4.2 menunjukkan Daerah Pengaliran Kali Serang. Untuk perencanaan bangunan pengendali banjir didasarkan pada debit banjir dengan kala ulang 25 tahun. Lampiran D.1 menunjukkan hidrograf banjir kali Serang di Bendung Pekik Jamal dan kali Nagung untuk kala ulang 25 tahun.

2. Debit Banjir Awal Musim Hujan

Untuk studi analisis hidrolika dengan lidah pasir di muara, perlu dihitung debit banjir pada awal musim hujan.

Berdasarkan studi sebelumnya yang dilakukan oleh PT. Puser Bumi Consultant tahun 1992 yang menyatakan adanya hubungan antara intensitas hujan pada awal musim



Gambar 4.2 Daerah Pengaliran Kali Serang

hujan dengan hujan maksimum tahunan dengan beberapa kala ulang untuk DPS Serang seperti terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perbandingan Hujan Awal Musim Hujan dengan Hujan Maksimum Tahunan

Kala Ulang (tahun)	Perbandingan (%)
1	44.57
2	48.70
5	58.74
10	62.37
15	63.90
20	64.84
25	65.49

4.4. Gelombang

1. Data angin

Data angin diperlukan untuk peramalan periode dan tinggi gelombang. Mengingat data angin di lokasi pekerjaan tidak ada, maka digunakan data angin dari pelabuhan Cilacap.

Data angin yang didapat dari pelabuhan Cilacap adalah selama 17 tahun. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan mawar angin untuk setiap bulan.

Tabel dan data angin tersebut juga menunjukkan persentase kejadian angin untuk setiap interval kecepatan angin tertentu. Dari data tersebut terlihat bahwa kecepatan angin dominan berasal dari Tenggara dan Timur.

Untuk keperluan prediksi gelombang, lama hembus angin di stasiun pengukuran perlu diketahui. Angin berhembus dengan kecepatan bervariasi dari minimum ke maksimum. Untuk keperluan prediksi gelombang didasarkan pada lama hembus angin berkecepatan tinggi, yaitu berkisar antara 5 sampai 7 jam (dengan nilai rerata 6 jam).

2. Panjang Fetch

Untuk keperluan peramalan gelombang, selain kecepatan dan lama hembus angin juga diperlukan panjang fetch. Fetch atau panjang seret gelombang adalah jarak/panjang laut dimana angin berhembus. Dalam hal ini fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut.

Mengingat di depan (arah Barat Daya, Selatan dan Tenggara) muara kali Serang adalah berupa laut lepas maka panjang fetch dalam tiga arah tersebut dianggap tak terhingga.

3. Gelombang Untuk Perencanaan

Di dalam perencanaan bangunan pantai, data gelombang adalah sangat penting, terutama data pencatatan hitungan jangka panjang. Data gelombang selain digunakan untuk hitungan stabilitas bangunan juga diperlukan untuk peramalan transpor sedimen.

Data gelombang yang akan digunakan untuk studi ini

terdiri dari dua macam. Kedua macam gelombang tersebut harus dipertimbangkan untuk menentukan gelombang rencana.

Data gelombang tersebut adalah :

- a. Data gelombang yang diramalkan dari data angin.
- b. Data gelombang di laut dalam di sekitar lokasi studi yang didapat dari buku U.S. Navy Marine Climatic Atlas of the World volume 3 Indian Ocean (1976) yang dilaporkan oleh JICA (1989) dalam buku The Feasibility Study on the Urgent Bali Beach Concervation Project. Dalam buku tersebut disajikan data tinggi, periode dan arah gelombang dalam bentuk statistik yang didasarkan data selama 120 tahun dan hasilnya diberikan dalam lampiran D.2.

4.5. Mekanika Tanah

Data mekanika tanah digunakan untuk perencanaan pondasi bangunan pantai. Data tanah tersebut diambil dari lokasi yang diteliti di laboratorium UGM oleh PT. Puser Bumi Consultant. Dan disarikan sebagai berikut :

$$\text{Berat volume tanah pasir } \gamma_b = 1,623 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Kohesi } C = 0,000 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Sudut gesek dalam } \phi = 33^\circ 48'$$

4.6. Pasang Surut

Pasang surut akan menimbulkan arus yang menjadi penting apabila kecepatannya cukup untuk menarik sedimen.

Pada waktu air surut pengaruh gelombang terhadap kerusakan pantai relatif kecil. Tetapi pada waktu air pasang gelombang dapat mencapai garis pantai yang cukup jauh ke daratan dan banyak menimbulkan kerusakan pada pantai. Juga selain itu elevasi muka air pasang sangat penting untuk menentukan elevasi puncak bangunan yang akan dibuat.

Data pasang surut yang didapat PT. Puser Bumi Consultant sebagai berikut :

- Muka surut air sebagai Chart Datum = 0,30 m (LWL)
- Mean Sea Level (MSL) = 1,05 m (Normal)
- Highest High Water Level (HHWL) = 1,85 m (Pasang)

4.7. Studi Perbandingan

Untuk mendapatkan gambaran penyelesaian masalah yang ada di muara kali Serang, perlu dilaksanakan studi perbandingan dengan masalah muara kali lain yang ada di pantai selatan Jawa Tengah. Berikut ini diberikan tinjauan dan komentar dari hasil studi perbandingan dengan kali Tipar yang dilakukan oleh JICA. Gambar 4.3 adalah muara kali Tipar.

Muara kali Tipar berada di Kabupaten Cilacap di sebelah Timur muara kali Serayu. Lebar kali Tipar \pm 100 m (sebelum muara) kondisi muara kali Tipar berbeda dibanding dengan muara kali Serang, dimana transpor pasir sepanjang pantai dominan dari timur ke barat; sedangkan di pantai muara kali Tipar bergerak dari Barat ke Timur sehingga menyebabkan muara kali Tipar berbelok ke Timur.

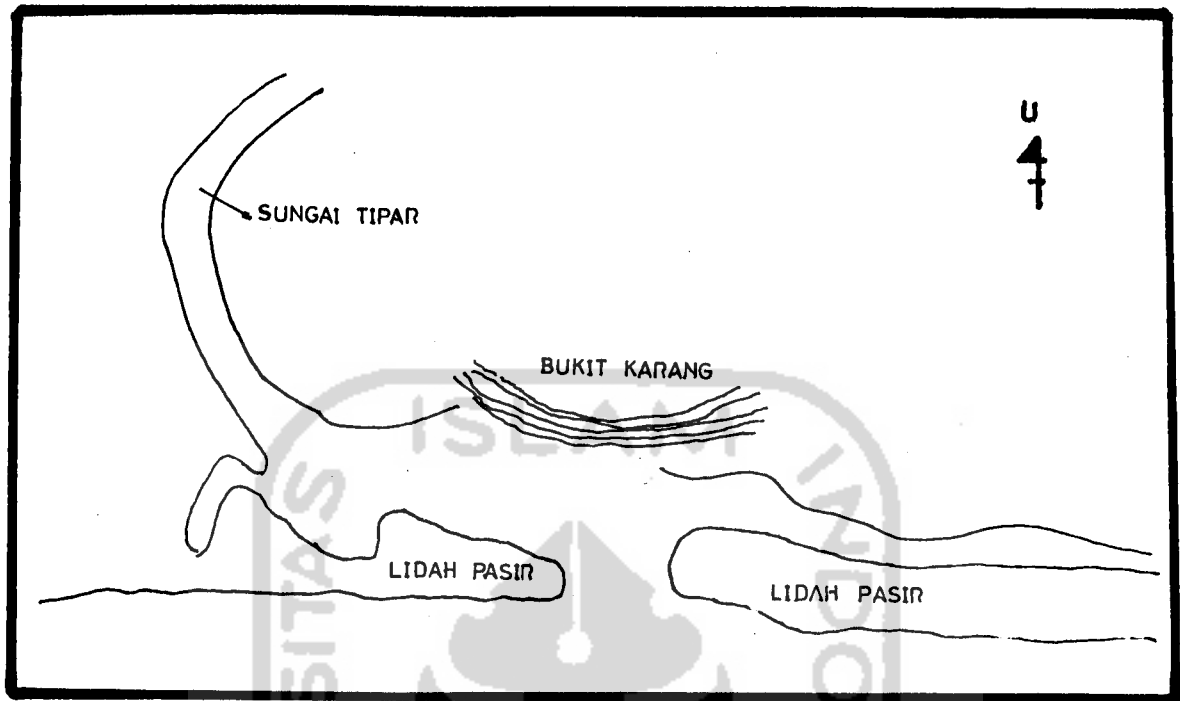
Lidah pasir di muara kali mencapai ketinggian 5 m dan lebar 200 m. Dibanding dengan muara kali Serang yang tinggi dan lebar lidah pasirnya jauh lebih kecil, kondisi sungai Tipar jauh lebih berat. Muara kali Tipar juga tertutup pasir pada musim kemarau dan membuka kembali pada awal musim penghujan. Hasil pengukuran yang dilakukan pada bulan November 1991 dan Oktober 1992 menunjukkan bahwa garis pantai di mulut muara bergeser sepanjang 40 m ke arah Timur.

Untuk menanggulangi tersumbatnya muara kali Tipar, telah direncanakan bangunan Jetty di kedua sisi muara. Jetty di sisi barat dibuat sampai kedalaman - 7.0 m dan sepanjang 220 m; sedang sisi Timur sampai kedalaman - 5.0 m dengan panjang 100 m. Jetty dibuat dari tumpukan batu alam dan batu buatan (*accropode*). Berat butir batu pelindung mencapai 8 ton. Biaya pekerjaan muara kali Tipar mencapai Rp 8 milyar dan waktu pelaksanaan \pm 2 tahun.

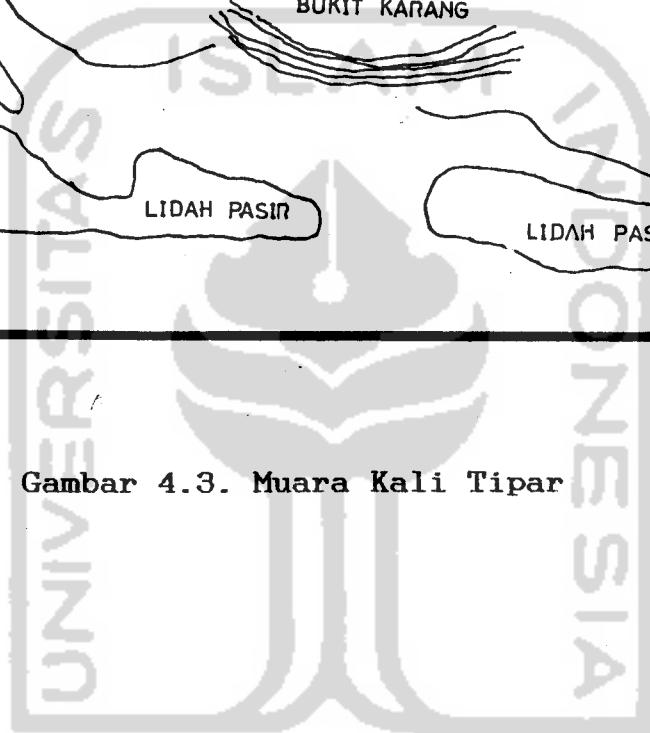
Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari studi banding dengan muara kali Tipar adalah sebagai berikut ini.

1. Bangunan jetty yang direncanakan di muara kali Tipar merupakan bangunan raksasa dan sangat mahal. Di samping biaya yang sangat besar pelaksanaan juga sangat sulit, mengingat gelombang harian di Samudra Indonesia sangat besar. Apabila pelaksanaan pekerjaan tidak cermat dan hati-hati, peletakan batu inti (batu bagian dalam) yang beratnya jauh lebih kecil dari batu lapis pelindung

- bisa gagal karena serangan gelombang besar yang tiap hari mungkin terjadi. Selain itu untuk mengangkat batu pelindung yang beratnya mencapai 8 ton juga diperlukan crane yang sangat besar.
2. Pembuatan jetty yang panjangnya 220 m akan banyak mempengaruhi kondisi pantai di sekitar muara yang saat ini sudah stabil. Jetty tersebut akan menghalangi transpor pasir sepanjang pantai dari Barat ke Timur, sehingga disebelah jetty akan terjadi sedimentasi. Sebaliknya di sebelah Timur jetty kekurangan suplai sedimen dari Barat, sehingga di daerah ini akan terjadi erosi. Erosi di daerah ini juga perlu dilindungi yang berarti penambahan biaya.
 3. Pembuatan jetty di muara kali Tipar masih tetap harus disertai dengan pembuatan tanggul disepanjang sungai. Pasang surut di muara akan mempengaruhi elevasi muka air kali. Dari hasil model matematik di kali Tipar, pengaruh pasang surut mencapai jarak 11,5 km dari muara sungai. Pembuatan tanggul ini dapat mengkonsentrasikan aliran di sungai Tipar (terutama pada musim hujan) yang dapat mengerosi endapan di muara.



Gambar 4.3. Muara Kali Tipar



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB V
PERENCANAAN
BANGUNAN MUARA KALI SERANG

5.1. Dasar Perencanaan

Berdasarkan uraian pada sub-bab sebelumnya, maka ada dua pokok penyebab banjir di muara kali Serang, yaitu :

1. Penutupan muara oleh *litoral drift* yang disebabkan oleh *longshore transport* dan *on-offshore transport*
2. Pendangkalan muara karena debit kali pada musim kemarau tidak mampu menghanyutkan/mengerosi pasir di muara.

Mengingat penyebab banjir tersebut, maka perlu dilakukan langkah perencanaan pengendalian banjir muara kali Serang sebagai berikut :

1. Mengendalikan angkutan pasir pantai (*litoral drif*) sehingga tidak menyumbat mulut kali. Untuk mencapai tujuan ini maka perlu dibuat Jetty (*training wall*) di muara sungai.
2. Pembuatan tanggul banjir, hal ini dilakukan agar supaya debit besar pada awal musim penghujan dapat menghanyutkan pasir yang tertimbun di muara kali Serang pada saat debit kecil. Tanggul ini juga berfungsi untuk memberikan arah konsentrasi arus air pada saat debit besar

sehingga pembukaan muara kali Serang dapat berjalan dengan lancar dan juga mencegah meluapnya air kali Serang ke daerah sekitarnya.

5.2. Pemilihan Gelombang untuk Studi

Ada dua macam data gelombang yang dapat digunakan adalah data gelombang di laut dalam, yaitu gelombang peramalan dari data angin dan gelombang.

Data angin yang tersedia adalah data pengukuran dari stasiun Cilacap. Data tersebut menunjukkan bahwa arah angin dominan dari Tenggara.

Di dalam menetapkan data gelombang untuk studi muara kali Serang perlu meninjau kondisi yang ada di muara kali Tipar, mengingat keduanya berada di pantai yang sama, yaitu Pantai Selatan Jawa Tengah. Dengan mempertimbangkan hal tersebut di atas, maka dalam studi perencanaan bangunan di muara kali Serang ini digunakan data gelombang US. Army di Pasifik.

5.3. Alternatif Bangunan Muara kali Serang

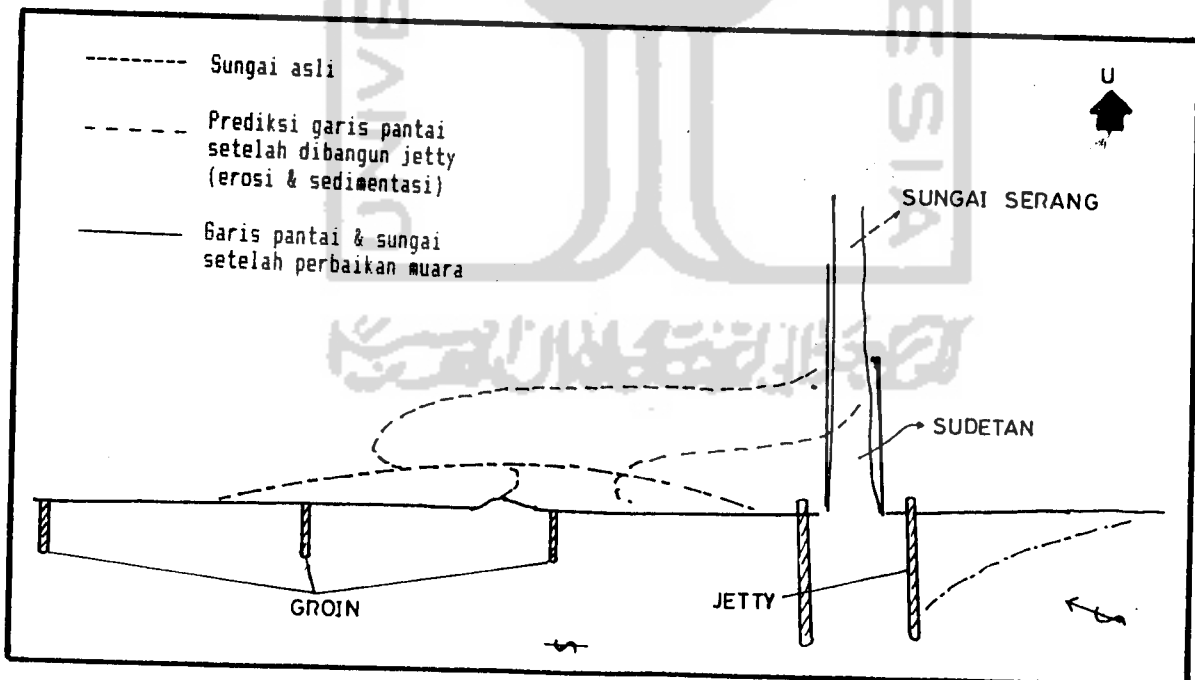
Penanggulangan masalah penutupan muara kali Serang oleh endapan pasir tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut ini.

1. Pembuatan Jetty di kedua sisi muara kali Serang

Alternatif ini berupa pelurusan muara kali Serang dan pembuatan jetty di kedua sisinya. Jetty yang dibuat menjorok ke laut bisa menghalangi transpor pasir sepanjang pantai sehingga tidak masuk ke muara. Pembuatan Jetty ini

tidak bisa menghilangkan sama sekali endapan di muara kali, sebab lidah pasir dapat juga terjadi karena transpor sedimen tegak lurus pantai.

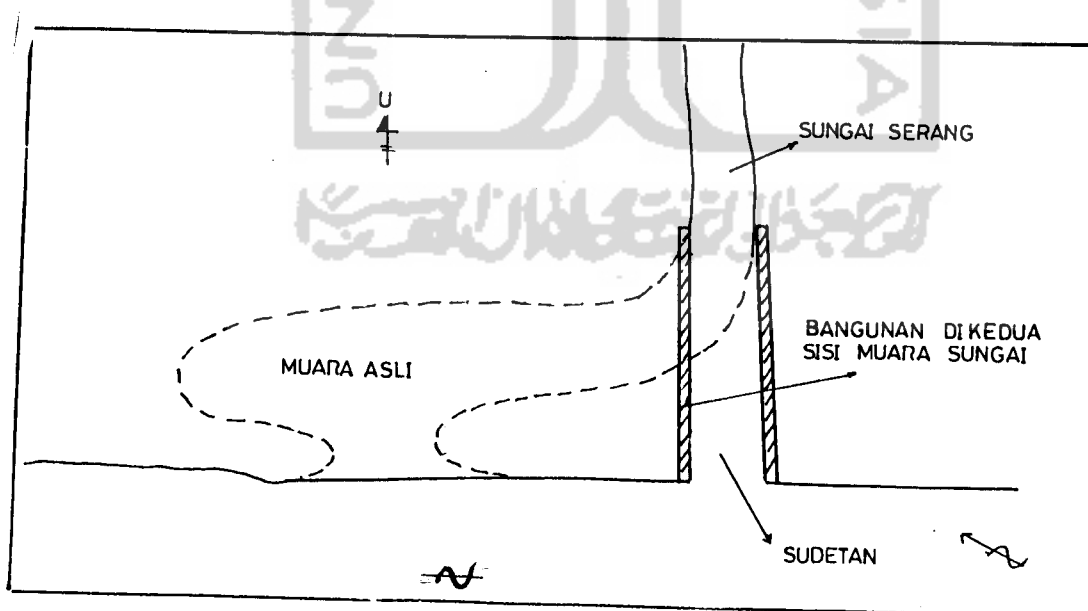
Pembuatan jetty akan menyebabkan pada pantai di sebelah Timur muara akan terjadi sedimentasi, sedang di sebelah Barat muara akan terjadi erosi terutama apabila jetty tersebut dibangun jauh menjorok ke laut. Untuk itu diperlukan bangunan penanggulangan erosi pantai, yang bisa berupa groin, pemecah gelombang lepas pantai, revertment, atau kombinasi dari beberapa bangunan tersebut. Gambar 5.1. adalah sket dari bangunan jetty dan bangunan pelindung pantai lainnya berupa groin.



Gambar 5.1. Alternatif bangunan jetty di muara kali Serang

2. Pelurusan muara kali Serang dengan bangunan

Alternatif bangunan ini berupa pelurusan kali Serang dengan melakukan penyudetan di lokasi belokan kali Serang. Kemudian bangunan dibuat disepanjang kedua sisi muara yang telah diluruskan. Tujuan dari bangunan di sisi kanan (Barat) adalah sebagai penahan supaya kali Serang tidak berbelok ke kanan, sedang bangunan di sisi kiri (Timur) berfungsi untuk menahan Bergeraknya (longsornya) lidah pasir di sebelah Timur. Endapan masih tetap terjadi di muara, tetapi dengan adanya bangunan tersebut aliran air akan terkonsentrasi di alur kali Serang sehingga bisa mengerosi endapan pasir di muara. Pembuatan bangunan ini harus disertai dengan pembuatan (peninggian) tanggul, sehingga pada waktu banjir air di sebelah hulu tidak meluap. Gambar 5.2. adalah sket dari bangunan tersebut.

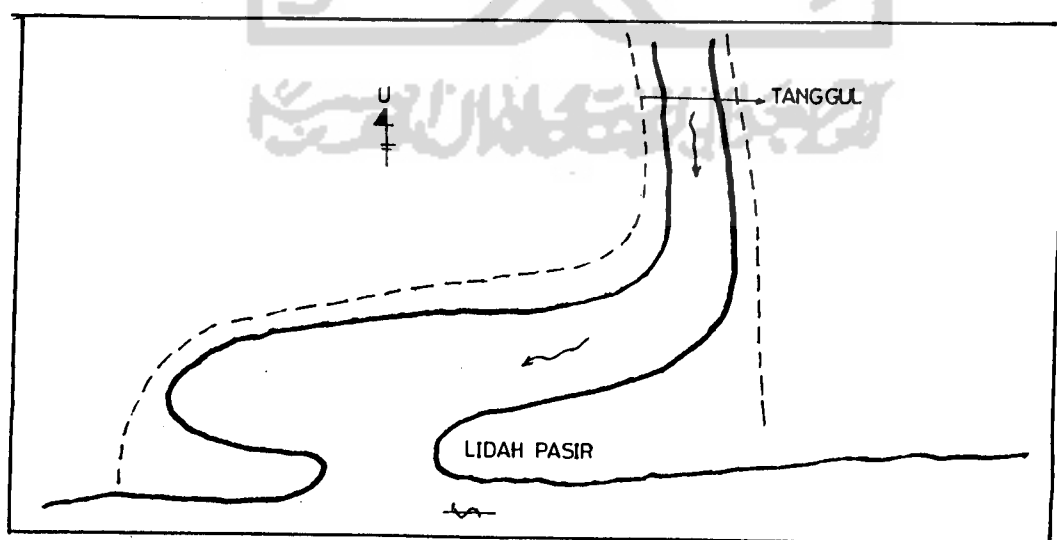


Gambar 5.2. Alternatif bangunan di muara kali Serang

3. Pembuatan tanggul di sepanjang muara

Pembuatan tanggul di sepanjang muara kali Serang akan dapat menghindari meluapnya air yang bertambah tinggi kedaerah sekitarnya, sehingga air kali Serang bisa terkonsentrasi di alurnya dan dapat menggerus lidah pasir. Mengingat lidah pasir sangat panjang maka lokasi dimana akan terjadi bukaan sulit ditentukan.

Tanggul ini tidak memerlukan biaya besar, karena jalan ditebing kanan kali Serang bisa dimanfaatkan sebagai tanggul. Tetapi alternatif ini tidak memecahkan penyelesaian permasalahan di muara dengan baik. Mulut sungai selalu tertutup pasir dan penggerusan lidah pasir oleh banjir akan berlangsung lama karena aliran tidak terkonsentrasi di suatu lokasi. Akibatnya elevasi muka air tinggi di daerah hulu berlangsung lama, dan hal ini akan menyulitkan sistem drainasi di hulu. Pembelokan kali Serang yang cukup panjang akan mempeberat kondisi ini, karena kali Serang bertambah panjang. Sket dari alternatif ketiga ini terlihat dalam gambar 5.3.



Gambar 5.3. Altrnatif bangunan tanggul disepanjang muara



5.4. Perencanaan Jetty

1. Tata Letak Bangunan

Permasalahan banjir di muara kali Serang terutama disebabkan karena penutupan muara oleh lidah pasir. Perencanaan bangunan jetty di muara mempunyai fungsi :

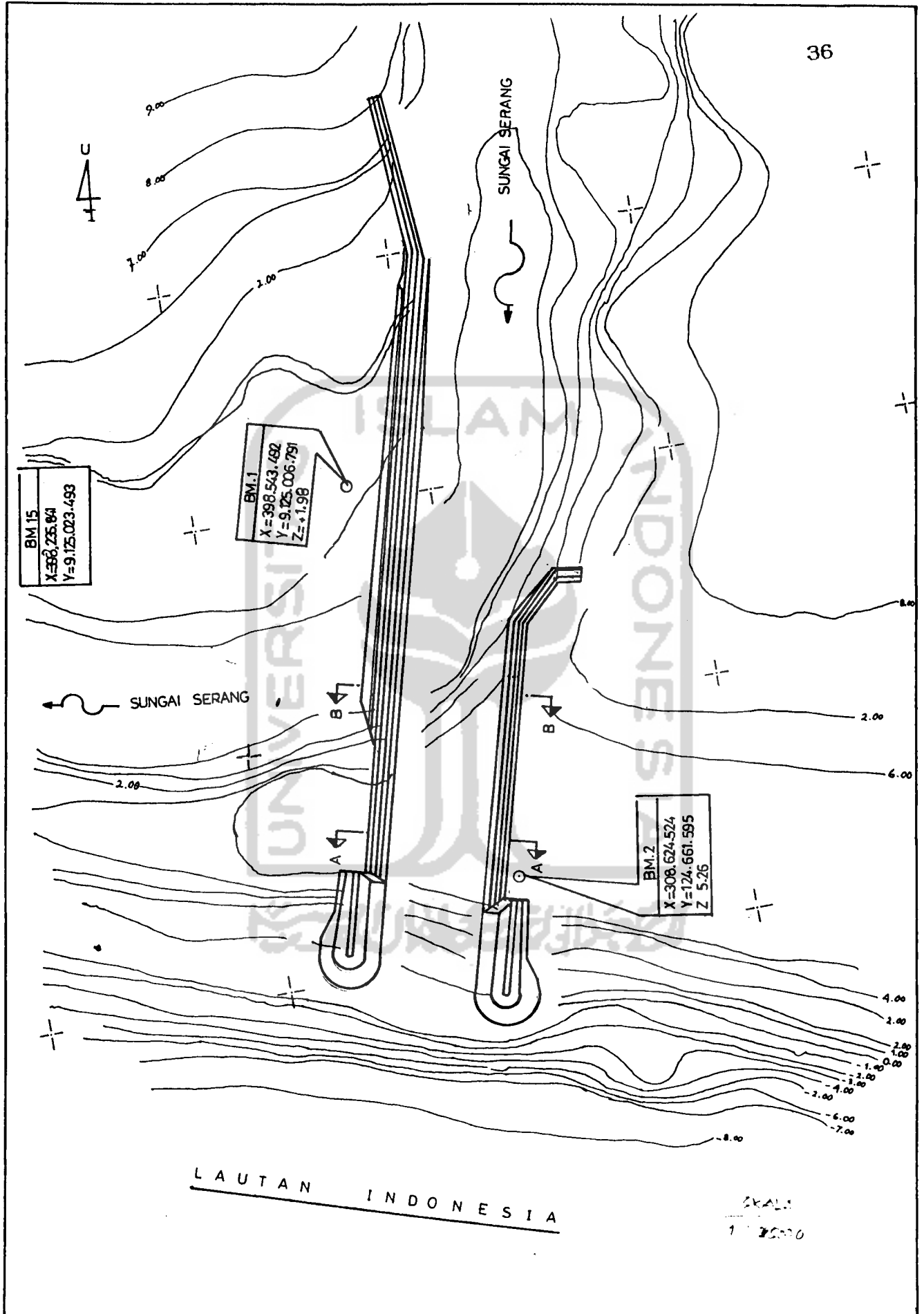
- a. Stabilisasi muara kali Serang
bentukan lidah pasir dapat dikurangi, sehingga muara kali Serang tidak berpindah.
- b. Pengarah pengglontoran lidah pasir
Dengan adanya bangunan jetty, pengglontoran lidah pasir/penutupan pasir di muara dapat berjalan lebih sempurna. Untuk keperluan ini perlu tanggul kali Serang yang cukup tinggi agar supaya pada saat proses pengglontoran tidak terjadi peluapan kali yang menyebabkan terjadinya banjir atau berpindahannya muara kali Serang.

Agar permasalahan perubahan garis pantai di daerah ini tidak terjadi secara serius maka panjang jetty dibatasi, yaitu sampai kedalaman 0,0 m untuk kedua bagian sisi Timur dan Barat (lihat gambar 5.4. s/d gambar 5.6).

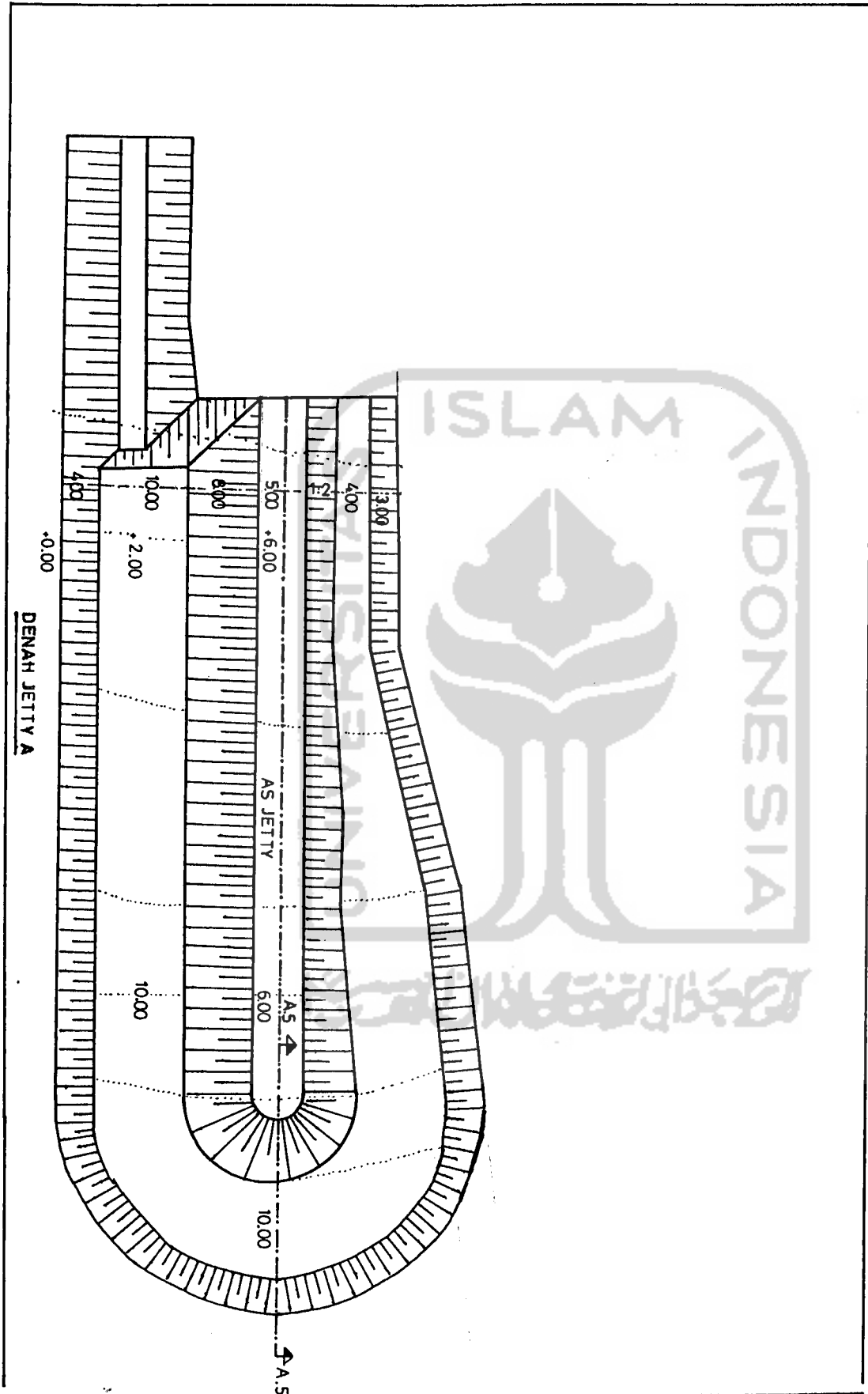
2. Tinggi Muka Air Rencana (*design water level, DWL*)

Tinggi muka air rencana (*design water level*) ditentukan sebagai berikut (lihat gambar 5.8).

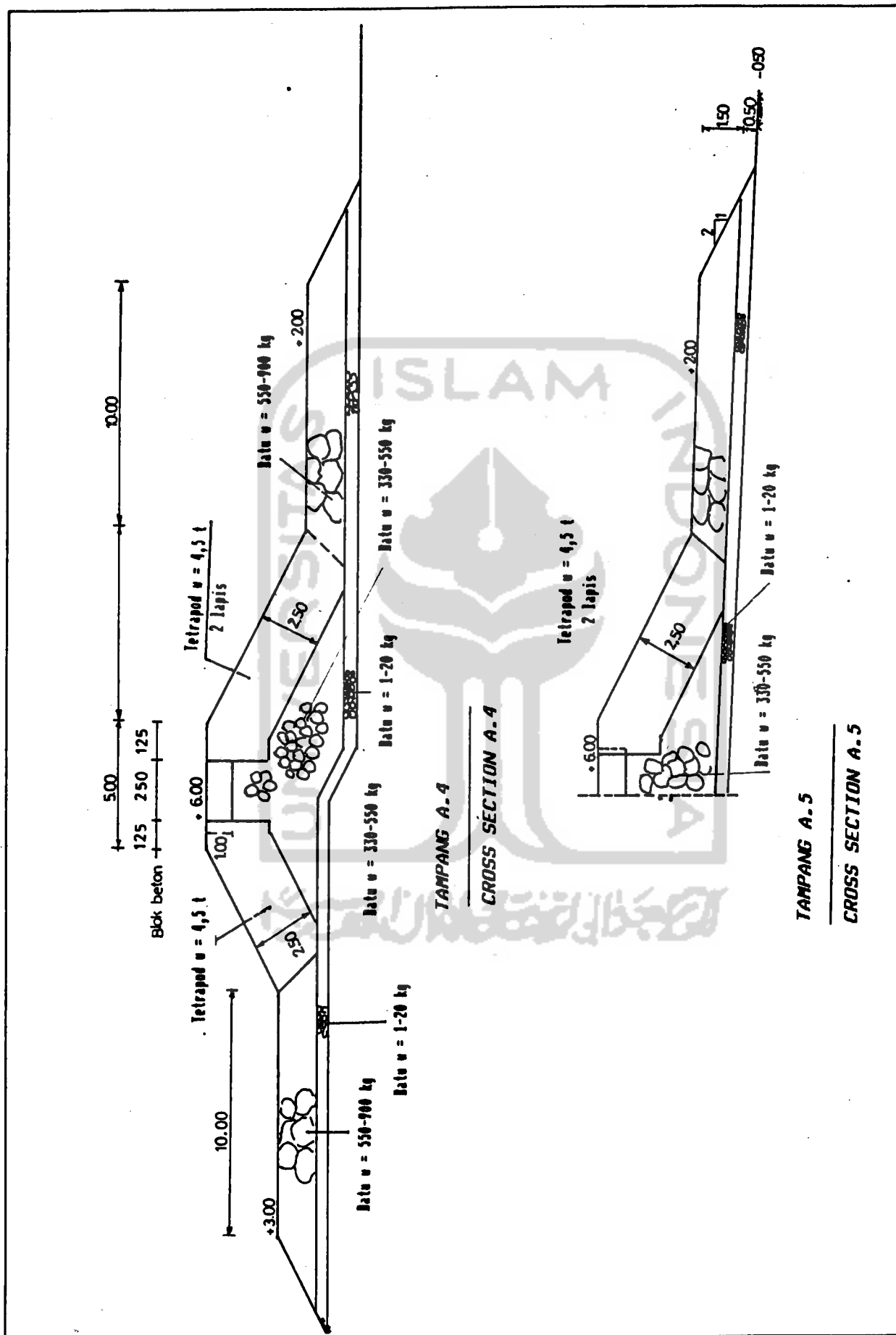
$$DWL = HHWL + (SS \text{ atau } WS) + SLR$$



Gambar 5.4 Tata Letak Bangunan Jetty



Gambar 5.5. Sket Konstruksi Jetti



Gambar 5.6. Tampang Lintang Konstruksi Jettty

Dengan :

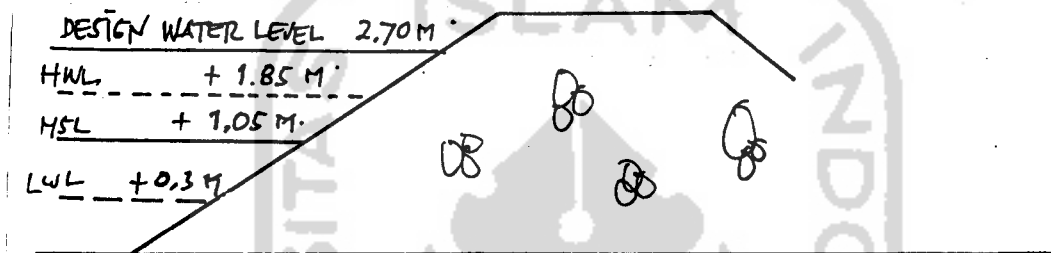
HWL = *high water level* = 1,85 meter

SS atau WS = *storm surge/wind set-up* = 0,65 meter

SLR = *sea level rise* = 0,2 meter

maka :

DWL = (1,85 + 0,65 + 0,2) meter = 2,70 meter



Gambar 5.8. Tinggi Muka Air Rencana

3. Penentuan Gelombang Rencana (H_D)

Gelombang rencana adalah tinggi gelombang maksimum yang mungkin dapat terjadi di lokasi bangunan. Perhitungan gelombang dilakukan untuk gelombang pecah. Untuk menentukan tinggi gelombang pecah dipergunakan grafik yang terdapat pada lampiran C.1, C.2. dan C.3. Perhitungan gelombang pecah ini didasarkan pada landai pantai (m) = 0.05 dan periode gelombang $T = 10$ detik.

Untuk analisis gelombang dari laut dalam, hitungan didasarkan gelombang dari arah tenggara, sehingga nilai koefisien refraksi (K_r) dianggap = 1, karena tinggi gelombang di laut dalam dianggap sama dengan tinggi gelombang terrefraksi di titik yang berdekatan. Hasil hitungan berturut-turut ditabelkan pada Tabel 5.1 dan 5.2.

Tabel 5.1. Analisis gelombang dari laut dalam

Ho	Ho'	$\frac{Ho}{gT^2}$	$\frac{Hb}{Ho'}$	Hb	$\frac{Hb}{gT^2}$	$\frac{db}{Hb}$	db
3.5	3.5	3.57	1.34	4.72	4.82	1.00	4.72
3.0	3.0	3.06	1.38	4.14	4.22	0.98	4.11
2.5	2.5	2.55	1.45	3.63	3.70	0.96	3.55
2.0	2.0	2.04	1.53	3.06	3.12	0.95	2.96
1.5	1.5	1.53	1.64	2.46	2.51	0.94	2.36
1.0	1.0	1.02	1.83	1.83	1.87	0.93	1.73
0.5	0.5	0.51	2.25	1.13	1.15	0.91	1.05

Catatan : Ho/gT^2 dan Hb/gT^2 dalam 10^{-3}

Tabel 5.2. Gelombang maksimum di lokasi bangunan

Elv. Dasar	ds	$\frac{ds}{gT^2}$	$\frac{Hb}{ds}$	Hb
+0.0	2.7	2.76	1.27	3.43
+0.5	2.2	2.24	1.30	2.86
+1.0	1.7	1.73	1.32	2.24
+1.5	1.2	1.22	1.35	1.62
+2.0	0.7	0.71	1.38	0.97

Catatan : da/gT^2 dalam 10^{-3}

Dari hitungan terlihat bahwa hasil analisis gelombang maksimum yang mungkin terjadi di lokasi bangunan lebih kecil nilainya dari analisis gelombang dari laut dalam, sehingga untuk perencanaan jetty dipakai gelombang maksimum.

4. Penentuan Elevasi Mercu Jetty

Elevasi jetty dapat direncanakan berdasarkan kondisi *over-topping* atau *non over-topping* maka dipergunakan rumus

di bawah ini :

$$\text{Elevasi mercu} = \text{DWL} + \text{Ru} + \text{free board}$$

Dengan :

DWL = tinggi muka air rencana

Ru = $f(Ir)$ = *wave run-up*, dapat ditentukan berdasarkan grafik pada lampiran C.4.

Ir = Bilangan Iribarren

$$= \frac{\tan(\theta)}{(H/Lo)^{0.5}}$$

H = tinggi gelombang di lokasi bangunan

Lo = panjang gelombang di laut dalam
 $= 1.56 T^2$

Apabila lapis lindung jetty dibangun dari tumpukan batu pecah atau *tetrapod*, maka elevasi mercu jetty pada kondisi *non over-topping* dapat ditentukan sebagai berikut

Elevasi dasar bangunan + 0.0 meter

Hb = 3.43 meter

Lo = $1.56 \cdot 10^2 = 156$ meter

$$Ir = \frac{1/2}{(3.43/156)^{0.5}} = 3.37$$

Grafik pada lampiran C.4 —>

- Quarry stone : $Ru/Hb = 1.2$

Ru = $1.2 \times 3.43 = 4.12$ meter

Mercu jetty = DWL + Ru + *free board*
 $= 2.70 + 4.12 + 0.25$
 $= + 7.07$ meter

Dengan cara yang sama didapatkan untuk bahan tetrapod elevasi mercu jetty +6.037 meter.

Pada perencanaan *over-topping*, elevasi mercu jetty tersebut dapat lebih diturunkan agar supaya biaya konstruksi dapat ditekan. Namun demikian perlu diperhatikan bahwa pada perencanaan *over topping*, berat unit batu lapis lindung yang diperlukan menjadi sebesar 1.25 sampai dengan 2.0 kali berat yang diperlukan berdasarkan rumus *Hudson*. Untuk lebih menjamin stabilitas lapis lindung maka pada puncak jetty diberi *cap* (poer) plat beton. Pada perencanaan jetty muara Serang ini ditentukan elevasi mercu jetty adalah +6.0 meter untuk seluruh struktur. Panjang jetty sisi timur 110 m dan sisi barat 120 m dengan lebar 45 m.

5. Penentuan Berat Batu Lapis Lindung

Berat lapis batu lindung ditentukan berdasarkan rumus *Hudson* :

$$W = \frac{\tau_r H^3}{KD (Sr - 1)^3 \cot \theta}$$

Dengan :

W = berat unit batu lapis lindung (t)

H = Hd = tinggi gelombang rencana (m)

τ_r = berat jenis batu (t/m^3)

Kd = koefisien stabilitas lapis lindung

θ = lereng bangunan

Sr = τ_r / τ_w

τ_w = berat jenis air laut (t/m^3)

Hitungan berat lapis lindung didasarkan pada dua jenis batu yaitu batu pecah (*quarry stone*) dan batu buatan (*tetrapod*). Ukuran batu dibuat tidak sama pada sepanjang jetty, agar supaya harga konstruksi tidak begitu mahal. Berat batu pada masing-masing seksi didasarkan tinggi gelombang rencana pada seksi tersebut, dan perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hitungan berat unit batu berdasar rumus Hudson

Elevasi Dasar Bangunan	Hd	KD		Berat min	
		q sto	tetr.	q sto	tetr.
Head :					
+0.0	3.43	1.6	4.5	9.34	3.92
+0.5	2.86			5.41	2.27
+1.0	2.24			2.62	1.09
Trunk :					
+0.0	3.43	2.0	7.0	7.47	2.52
+0.5	2.86			4.33	1.46
+1.0	2.24			2.08	0.70
+1.5	1.62			0.79	0.27
+2.0	0.97			0.17	0.06

6. Fondasi Bangunan

Untuk mengetahui daya dukung tanah dasar terhadap beban jetty dipergunakan data mekanika tanah hasil penelitian laboratorium, dan disarikan sebagai berikut ini :

- Berat volume tanah pasir, $\gamma_b = 1.623 \text{ t/m}^3$
- Kohesi, $C = 0.00 \text{ t/m}^2$
- Sudut gesek dalam, $\phi = 33^\circ 48'$

Hitungan daya dukung berdasarkan persamaan Terzaghi untuk tanah pasir yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$q_u = 0.5 B \tau N_\tau + D \tau (N_q - 1)$$

Dengan :

q_u : kapasitas dukung ultimit

B : lebar dasar bangunan

N_τ, N_q : faktor daya dukung tanah

D : kedalaman dasar fondasi dari muka tanah untuk sudut geser intern tanah (ϕ) sebesar $33^\circ 48'$, diperoleh nilai-nilai :

$$N_q = 28$$

$$N_\tau = 30$$

dan dengan mengambil nilai B dan $D = 1$ m didapatkan

$$\begin{aligned} q_u &= 0.5 \times 1.0 \times 0.623 \times 30 + 1.0 \times 0.623 (28 - 1) \\ &= 26.166 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

dengan menggunakan angka aman sebesar 3, maka didapatkan daya dukung tanah yang diijinkan sebesar :

$$q_a = q_u/3 = 8.722$$

7. Pelindung Kaki (*toe protection*)

Untuk menghindari kerusakan/keruntuhan bangunan akibat gerusan oleh aliran banjir maupun gelombang. Jetty perlu dilengkapi konstruksi pelindung kaki (*toe protection*).

Berat batu pelindung kaki dihitung dengan rumus :

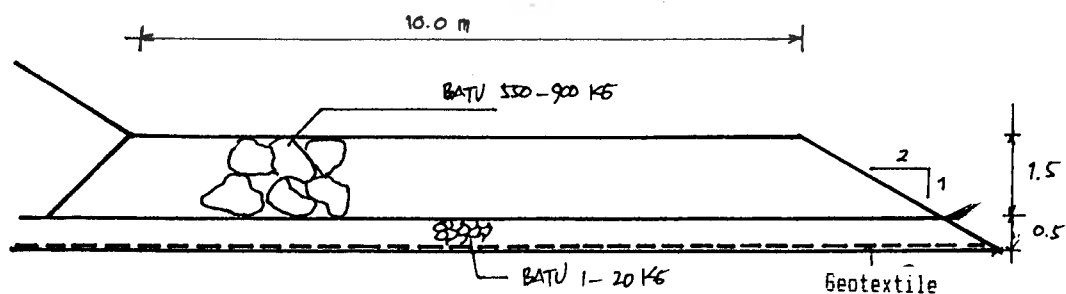
$$W = \frac{\tau_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

Nilai N_s dihitung dengan menggunakan grafik (*Stability Number*) lampiran E.1 Hitungan dilakukan untuk berbagai elevasi muka air kemudian diambil nilai terbesar.

Pelindung kaki selain berfungsi untuk mengatur arus dan gerakan sedimen, juga memberikan keuntungan pada tegangan ijin tanah, karena dapat meratakan gaya ke tanah yang lebih luas.

Tabel 5.4. Hitungan berat batu pelindung kaki

E.M.A (m)	d1 (m)	Hd (m)	d1/ds	Ns	W (kg)	Wterpakai (kg)
2,7	1,2	3.43	0,44	88	460	350 - 575
2,2	0,7	2.86	0,32	45	520	400 - 650
1,7	0,2	2.24	0,12	15	750	550 - 900
1,2	0,0	1.62	0,00	8	530	400 - 650



Gambar 5.8. Sketsa Pelindung Kaki

5.5. Studi Transpor Sedimen Pantai

Analisa angkutan sedimen pantai dihitung dengan metode Fluks Energi Rata-rata sebagai berikut :

$$Q_a = K P_l$$

$$P_l = \frac{1}{16} \cdot \rho \cdot g \cdot H_b^2 C_b \sin 2\alpha_b$$

Dengan :

K : Koefisien = 0,401

H_b : tinggi gelombang pecah (m)

α_b : sudut datang gelombang pecah ($^\circ$)

C_{gb} : cepat rambat gelombang pada saat pecah (m/sec)

Nilai-nilai variabel yang dipakai didapat dari pengukuran yang dilakukan oleh US Army sebagai berikut:

Tabel 5.5. Sudut Datang Gelombang Terhadap Garis Pantai

Arah datang gelombang terhadap Utara ($^\circ$)	Sudut datang gelombang terhadap pantai ($^\circ$)
135	24
180	69
225	66

Tabel 5.6. Tinggi Gelombang di Laut Dalam

Tinggi Gelombang (m)	Frekuensi (Hz)		
	Tenggara	Selatan	Barat Daya
0.5	4.67	3.02	2.54
1.5	9.89	20.27	7.79
2.5	4.48	7.54	5.07
3.5	0.56	1.89	1.13

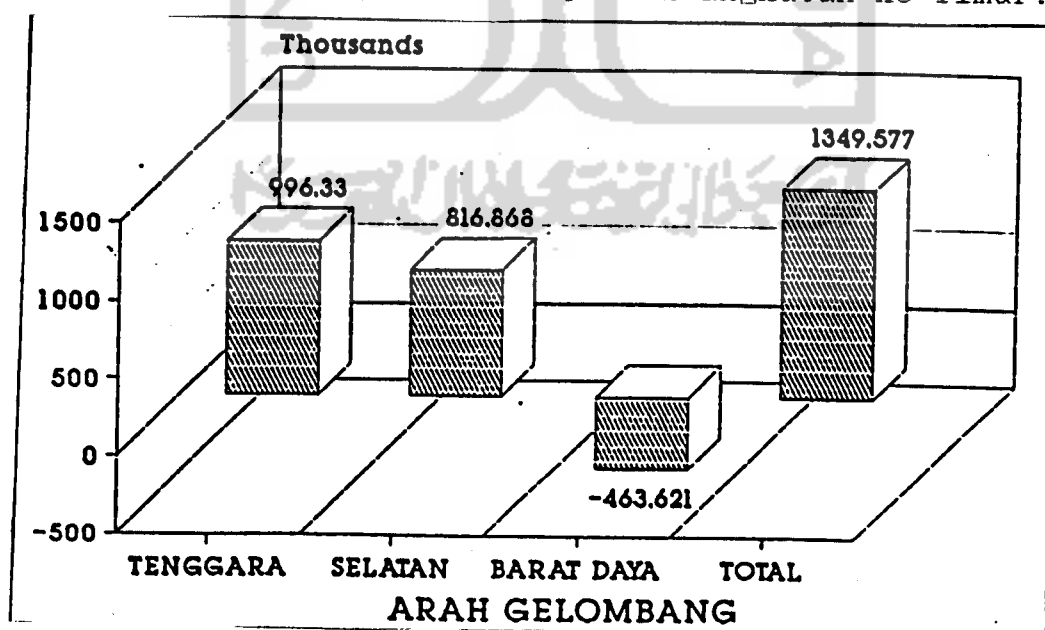
Berdasarkan data di atas, hitungan analisis angkutan sedimen pantai dilakukan dengan bantuan program komputer untuk analisis perubahan garis pantai yang dikembangkan oleh Bambang Triatmodjo, 1991.

Simulasi program hitungan dilakukan pada dua keadaan, yaitu pada kondisi existing dan pada kondisi apabila di muara dibangun jetty sampai lokasi gelombang pecah (-7.00 m)

Tabel 5.6. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Kondisi Existing

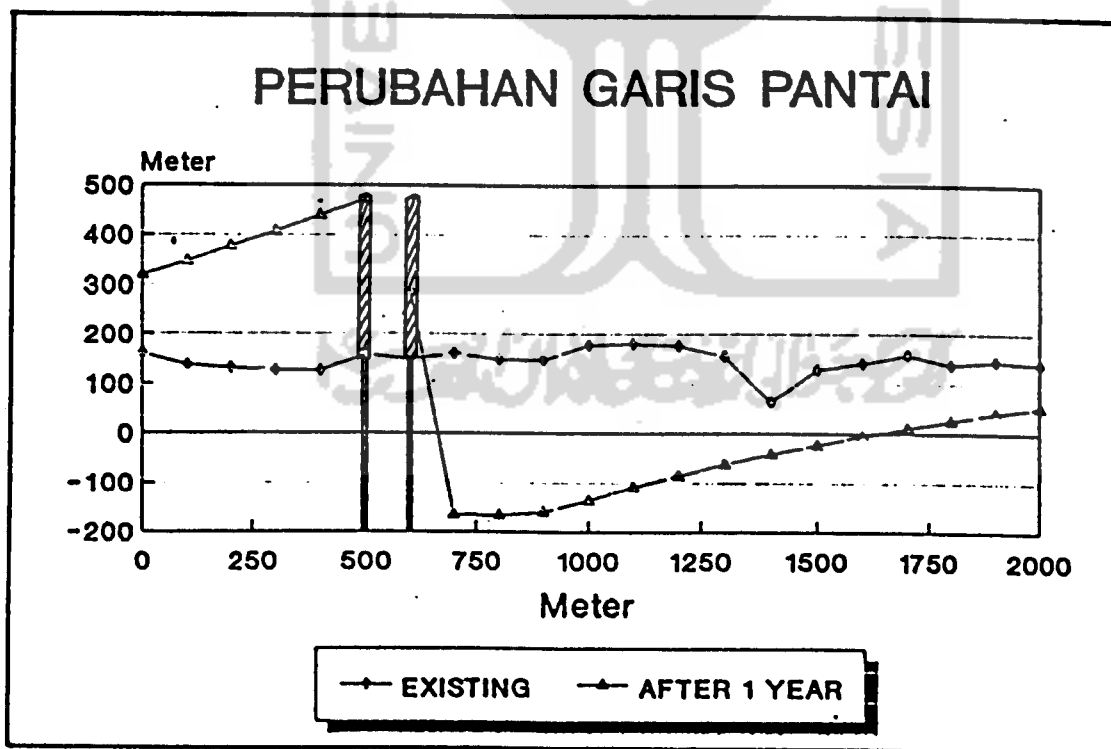
Arah Gelombang	Angkutan Sedimen (m ³ /bln)
Tenggara	999.330,00
Selatan	816.867,70
Barat Daya	-463.621,02
T O T A L	1.349.576,68

Catatan : Tanda negatif menunjukkan angkutan ke Timur.



Gambar 5.9. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Kondisi Existing

Meskipun jetty sampai lokasi gelombang pecah sangat baik untuk menanggulangi endapan di muara sungai, tetapi bangunan ini mempunyai dampak terhadap pantai di sekitarnya. Transpor pasir sepanjang pantai yang mempunyai arah dominan dari Timur ke Barat terhalang oleh jetty sehingga suplai sedimen ke pantai di sebelah bangunan terhenti. Akibatnya di pantai tersebut akan terjadi erosi sedang di pantai sebelah Timur jetty akan terjadi sedimentasi. Gambar 5.10 berikut memperlihatkan hasil simulasi komputer perubahan garis pantai yang terjadi setelah satu tahun pelaksanaan konstruksi apabila pada muara dibangun jetty sampai lokasi gelombang pecah.



Gambar 5.10. Simulasi Perubahan Garis Pantai pada Bangunan Jetty Panjang

Perlu diperhatikan bahwa hasil yang didapat dari simulasi ini tidak menggambarkan perubahan yang terjadi secara kuantitatif tetapi hanya secara kualitatif menunjukkan gejala yang terjadi di sekitar muara sebelum dan sesudah adanya bangunan. Hal ini selain disebabkan belum adanya rumus yang secara tepat mampu menghitung laju transpor sedimen sepanjang pantai juga karena keterbatasan data yang tersedia serta perangkat lunak program komputer yang ada.



BAB VI

HIDROLIKA MUARA KALI SERANG

6.1 Umum

Aliran di kali Serang dipengaruhi oleh debit dari hulu dan pasang surut laut hilir. Debit kali yang diperhitungkan adalah dari bendung Pekik Jamal dan ujung hulu kali yang bermuara ke kali Serang. Mengingat muka air di hilir dipengaruhi oleh pasang surut dan debit banjir tidak konstan terhadap waktu, maka hitungan hidrolika didasarkan pada aliran tak mantap (*Unsteady Flow*).

Studi analisis hidrolika pada perencanaan penanggulangan banjir kali Serang dilakukan dengan model matematik untuk aliran tidak mantap (*Unsteady Flow*) Penpas. Model PENPAS (Perhitungan Pasang Surut) adalah model aliran tidak mantap satu dimensi yang khusus dikembangkan untuk daerah yang dipengaruhi oleh pasang surut. Hasil keluaran model ini berupa informasi tinggi muka air dan debit pada setiap waktu dan setiap tempat.

Model Penpas terdiri dari dua elemen, yaitu data masukan dan program komputer. Data masukan terdiri dari semua data mengenai geometri seperti tampang lintang, jarak antar tampang lintang dan sifat-sifat hidraulis seperti koefisien Manning n .

Hitungan hidrolika kali Serang dilakukan untuk mengetahui profil muka air dan debit/kecepatan aliran di sepanjang kali Serang. Dengan mengetahui profil muka air untuk debit rencana yang ditetapkan akan diketahui tinggi puncak tanggul.

Kondisi di hulu adalah debit akibat peluapan dari bendung Pekik Jamal dan hidrograf debit ujung hulu arah sungai yang bermuara di kali Serang. Pada ujung hilir elevasi muka air sebagai fungsi waktu yang diperoleh dari pengukuran pasang surut. Pengukuran pasang surut dilakukan dua kali dengan interval satu jam selama 2 periode yaitu pada saat pasang besar dan pasang kecil. Pengukuran dilakukan pada tanggal 7-9 Pebruari 1993 dan tanggal 14-16 Pebruari 1993.

6.2. Analisa Debit Banjir Rencana

Maksud analisa ini adalah untuk memperkirakan besar banjir yang bakal terjadi pada kali Serang yang ditinjau dalam hitungan perencanaan. Kali yang ditinjau adalah kali Serang. Dengan diketahui debit banjir rencana yang bakal terjadi pada kali yang bersangkutan, maka elevasi puncak tanggul dapat sesuai dengan banjir rancangan yang ditetapkan (Q_{25} tahun). Untuk hitungan banjir digunakan metoda Der Weduwen.

Beberapa parameter yang berpengaruh dalam menentukan debit banjir adalah :

- Cacthment area/luas daerah aliran kali Serang,
- Curah hujan pada DAS dan
- Indeks kemiringan kali Serang.

Tabel 6.1 Parameter Daerah Aliran Kali Serang

Uraian	
Luas DAS	235,00 km ²
Panjang kali Serang	33,50 km
Beda Tinggi hulu dengan hilir Kali Serang	143,33 m

6.2.1. Debit Banjir Rencana yang terjadi pada kali Serang Metoda Der Weduwen.

Data :

- Cacthment Area (A) 235,00 km²
- Panjang kali Serang (L) 33,50 km
- Beda tinggi hulu dengan hilir kali Serang (H) 143,33 m
- Kemiringan (S) 0,77

$$Q_{maks} = \alpha \cdot \beta \cdot R \cdot A$$

$$Q_T = \frac{R_T}{240} Q_{maks}$$

$$Q_T = \alpha \cdot \beta \cdot R \cdot A \frac{R_T}{240} \quad (m^3/det)$$

Dengan :

α = Koefisien pengaliran

β = Angka reduksi

Q_T = debit banjir rencana untuk periode

R = Masa ulang bagi hujan-hujan

A = Luas DAS dinyatakan dalam (km²)

T = Waktu konsentrasi hujan (jam)

R_t = Hujan maksimum untuk periode t tahun

S = Kemiringan rata-rata dasar sungai dari titik terjadi sampai titik pengamatan (m³/det/km²)

$$\beta = \frac{120 + (t+1)A/(t+9)}{120 + A}$$

$$R_t = \frac{67,65}{t + 1,45}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,10}{R + 7}$$

$$t = \frac{0,476 \cdot A^{0,375}}{2 (\beta \cdot \alpha \cdot q)^{0,125} \cdot S^{0,25}}$$

$$S = \frac{H}{0,9 L}$$

t awal dicari dengan coba-coba kemudian dicek dengan rumus-rumus diatas sehingga diperoleh t awal sama dengan t rumus. Dari rumus diatas, hasilnya dapat dikuti sebagaimana tabel dibawah ini :

Dari hasil perhitungan diatas bahwasanya debit banjir dengan metode Der Weduwen mendekati dengan aliran sebenarnya diputuskan bahwa untuk perhitungan selanjutnya dipakai debit banjir sungai dengan periode 25 tahun sesuai dengan lampiran F.1 dan F.2.

TABEL 6.2
HITUNGAN DEBIT BANJIR METODE WEDUWEN

NAMA SUNGAI : SERANG
 LUAS TANGKAPAN AIR –A–(KM²) : 235.00
 PANJANG SUNGAI –L–(M) : 33.5
 BEDA TINGGI PIAS–0.9L –DH–(M) : 134.33
 TINGGI HUJAN –RN–(MM) : 196.4
 PERIODE ULANG –T– : 2

T coba	qn	Alfa	Beta	Qn	T hitung
6.0000	9.0540	0.7446	0.6469	838.7268	11.8740
11.8740	5.0620	0.6601	0.7463	479.5991	12.7330
12.7330	4.7560	0.6512	0.7563	450.4654	12.8330
12.8330	4.7220	0.6502	0.7574	447.2858	12.8440
12.8440	4.7190	0.6501	0.7576	446.9275	12.8460
12.8460	4.7180	0.6501	0.7576	446.8870	12.8460

TABEL 6.3
HITUNGAN DEBIT BANJIR METODE WEDUWEN

NAMA SUNGAI : SERANG
 LUAS TANGKAPAN AIR –A–(KM²) : 235.00
 PANJANG SUNGAI –L–(M) : 33.50
 BEDA TINGGI PIAS–0.9L –DH–(M) : 134.33
 TINGGI HUJAN –RN–(MM) : 122.16
 PERIODE ULANG –T– : 5

T coba	qn	Alfa	Beta	Qn	T hitung
6.0000	9.0540	0.7446	0.6469	521.6847	11.8740
11.8740	5.0620	0.6601	0.7463	298.3087	12.7330
12.7330	4.7560	0.6512	0.7563	280.1876	12.8330
12.8330	4.7220	0.6502	0.7574	278.2099	12.8440
12.8440	4.7190	0.6501	0.7576	277.9870	12.8460
12.8460	4.7180	0.6501	0.7576	277.9619	12.8460

TABEL 6.4
HITUNGAN DEBIT BANJIR METODE WEDUWEN

NAMA SUNGAI : SERANG
 LUAS TANGKAPAN AIR -A- (KM²) : 235.00
 PANJANG SUNGAI -L- (M) : 33.50
 BEDA TINGGI PIAS-0.9L -DH- (M) : 134.33
 TINGGI HUJAN -RN- (MM) : 170.30
 PERIODE ULANG -T- : 10

T coba	qn	Alfa	Beta	Qn	T hitung
6.0000	9.0540	0.7446	0.6469	727.2668	11.8740
11.8740	5.0620	0.6601	0.7463	415.8641	12.7330
12.7330	4.7560	0.6512	0.7563	390.6021	12.8330
12.8330	4.7220	0.6502	0.7574	387.8450	12.8440
12.8440	4.7190	0.6501	0.7576	387.5343	12.8460
12.8460	4.7180	0.6501	0.7576	387.4992	12.8460

TABEL 6.5
HITUNGAN DEBIT BANJIR METODE WEDUWEN

NAMA SUNGAI : SERANG
 LUAS TANGKAPAN AIR -A- (KM²) : 235.00
 PANJANG SUNGAI -L- (M) : 33.5
 BEDA TINGGI PIAS-0.9L -DH- (M) : 134.33
 TINGGI HUJAN -RN- (MM) : 269.97
 PERIODE ULANG -T- : 25

T coba	qn	Alfa	Beta	Qn	T hitung
6.0000	9.0540	0.7446	0.6469	1152.9080	11.8740
11.8740	5.0620	0.6601	0.7463	659.2533	12.7330
12.7330	4.7560	0.6512	0.7563	619.2063	12.8330
12.8330	4.7220	0.6502	0.7574	614.8957	12.8440
12.8440	4.7190	0.6501	0.7576	614.3431	12.8460
12.8460	4.7180	0.6501	0.7576	614.2876	12.8460

TABEL 6.6
HITUNGAN DEBIT BANJIR METODE WEDUWEN

NAMA SUNGAI : SERANG
 LUAS TANGKAPAN AIR -A-(KM²) : 235.00
 PANJANG SUNGAI -L-(M) : 33.5
 BEDA TINGGI PIAS-0.9L -DH-(M) : 134.33
 TINGGI HUJAN -RN-(MM) : 118.30
 PERIODE ULANG -T-: 50

T coba	qn	Alfa	Beta	Qn	T hitung
6.0000	9.0540	0.7446	0.6469	505.2006	11.8740
11.8740	5.0620	0.6601	0.7463	288.8827	12.7330
12.7330	4.7560	0.6512	0.7563	271.3343	12.8330
12.8330	4.7220	0.6502	0.7574	269.4191	12.8440
12.8440	4.7190	0.6501	0.7576	269.2033	12.8460
12.8460	4.7180	0.6501	0.7576	269.1789	12.4860

TABEL 6.7
HITUNGAN DEBIT BANJIR METODE WEDUWEN

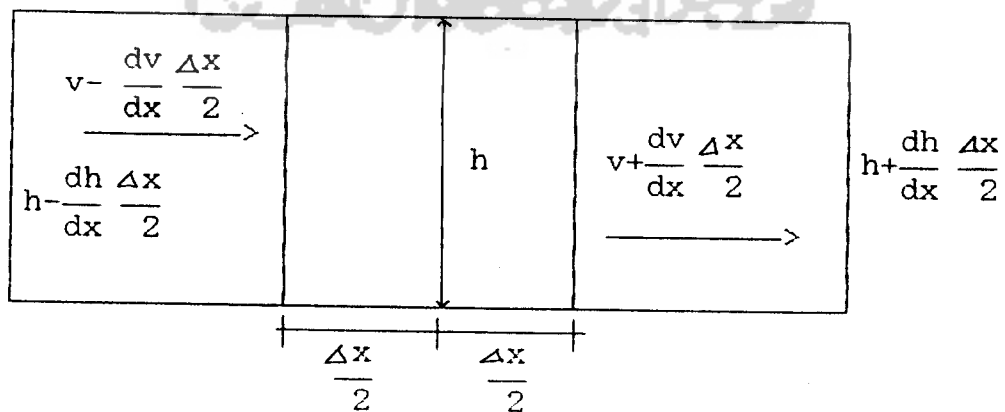
NAMA SUNGAI : SERANG
 LUAS TANGKAPAN AIR -A-(KM²) : 235.00
 PANJANG SUNGAI -L-(M) : 33.5
 BEDA TINGGI PIAS-0.9L -DH-(M) : 134.33
 TINGGI HUJAN -RN-(MM) : 211.4
 PERIODE ULANG -T-: 100

T coba	qn	Alfa	Beta	Qn	T hitung
6.0000	9.0540	0.7446	0.6469	902.7844	11.8740
11.8740	5.0620	0.6601	0.7463	516.2283	12.7330
12.7330	4.7560	0.6512	0.7563	484.8695	12.8330
12.8330	4.7220	0.6502	0.7574	481.4471	12.8440
12.8440	4.7190	0.6501	0.7576	481.0614	12.8460
12.8460	4.7180	0.6501	0.7576	481.0179	12.4860

6.3. Analisis Profil Aliran Pada Kali Serang

Analisis profil aliran pada kali Serang dilakukan dengan model matematika untuk aliran tidak mantap satu dimensi (*Unsteady Flow*). Model matematika adalah suatu simulasi fenomena fisik melalui persamaan dasar hidrolika dan diselesaikan dengan pendekatan numerik melalui komputer. Keuntungan menggunakan model matematika dibandingkan dengan menggunakan model fisik di laboratorium adalah biaya pembuatannya yang relatif murah dan sifat fleksibilitas penggunaan artinya dapat diterapkan pada daerah penelitian yang memiliki kriteria yang sama.

Untuk memperoleh model matematika satu dimensi maka diperlukan penyelesaian persamaan momentum dan persamaan kontinyu dengan mengabaikan kerapatan fluida dimana kerapatan fluida tiap titik dianggap konstan. Fenomena aliran yang diamati adalah perubahan elevasi muka air.



V = Kecepatan rata-rata

h = Kedalaman

x = Pias yang ditinjau

g = Kecepatan gravitasi

Berdasarkan keseimbangan massa aliran =

aliran masuk - aliran keluar = perubahan penyimpanan

$$\left(v - \frac{dv}{dx} \frac{\Delta x}{2} \right) \left(h - \frac{dh}{dx} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(V + \frac{v}{dx} \frac{\Delta x}{2} \right) \left(h + \frac{dh}{dx} \frac{\Delta x}{2} \right) = \frac{dh}{dt} x$$

$$vh - h \frac{dv}{dx} \frac{\Delta x}{2} - v \frac{dh}{dx} \frac{\Delta x}{2} + \frac{dv}{dx} \frac{dh}{dx} \frac{\Delta x^2}{4} - vh - h \frac{dv}{dx} \frac{\Delta x}{2} - v \frac{dh}{dx} \frac{\Delta x}{2} - \frac{dh}{dt} \frac{\Delta x^2}{4} = \frac{dh}{dt} \Delta x$$

$$- 2h \frac{dv}{dx} \frac{\Delta x}{2} - 2v \frac{dh}{dx} \frac{\Delta x}{2} = \frac{dh}{dt} \Delta x$$

$$- x \left(h \frac{dh}{dx} + v \frac{dv}{dx} \right) = \frac{dh}{dt} \Delta x$$

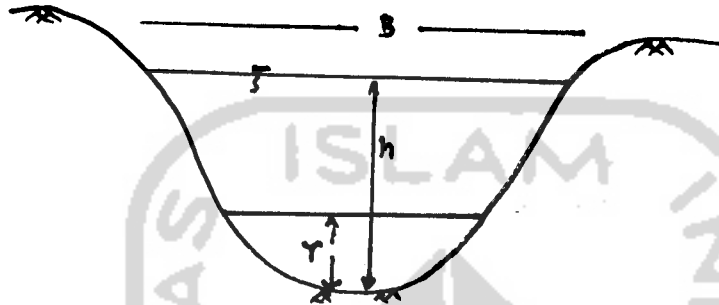
$$+ \frac{dh}{dt} + \frac{d}{dx} (vh) = 0$$

Kemudian diselesaikan persamaan momentumnya, dimana konservasi momentum menyatakan : jumlah rata-rata momentum rata-rata yang masuk - jumlah gaya yang bekerja pada pias = rata-rata akumulasi momentum fluida yang merupakan perkalian antara massa rata-rata aliran dengan kecepatan.

$$\text{Momentum yang masuk} = \rho \left\{ v(vh) - \frac{d}{dx} \left[v(vh) \right] \frac{\Delta x}{2} \right\}$$

$$\text{Momentum yang keluar} = \rho \left\{ v(vh) + \frac{d}{dx} [v(vh)] \frac{\Delta x}{2} \right\}$$

Gaya tekan pada profil saluran tiap satuan lebar pada kedalaman air h adalah :



$$F = \int_0^h \rho \, dy =$$

$$F = \rho g \int_0^h (h - y) \, dy = \frac{1}{2} \rho g h^2$$

$$\rho \left[v^2 h - \frac{d}{dx} (v^2 h) \frac{\Delta x}{2} \right] - \rho \left[v^2 h + \frac{g}{gx} (v^2 h) \frac{\Delta x}{2} \right]$$

$$+ \rho g h \, \delta x \cdot \Delta x + \frac{1}{2} \rho g \left[h^2 - \frac{dh}{gx} \frac{\Delta x}{2} \right] - \rho \left[v^2 h + \frac{g}{gx} (v^2 h) \frac{\Delta x}{2} \right]$$

$$- \rho g h \, \delta x \Delta x = \frac{d}{dx} (\rho v h) \, x$$

$$\frac{d}{dt} (v h) + \frac{d}{dx} (v^2 h) + \frac{g}{d} \frac{d}{dx} (v^2 h) = g h (\delta x - \delta f)$$

$$h \frac{dv}{dt} + v \frac{dh}{dt} + v \frac{d}{dx} (v h) + v h \frac{dv}{dx} + g h \frac{dh}{dx}$$

$$= g h (\delta x - \delta f)$$



$$h \frac{dv}{dt} + v \left\{ \frac{dh}{dt} + \frac{d}{dx} (vh) \right\} + vh \frac{dv}{dx} + gh \frac{dh}{dx}$$

$$= gh (\delta x - \delta f)$$

$$\frac{dv}{dt} = 0$$

$$v \frac{dv}{dt} + g \frac{dh}{dx} = g (\delta x - \delta f)$$

$$\frac{d}{dt} + v \frac{dv}{dx} + g \frac{dh}{dx} = g (\delta x - \delta f)$$

Penyederhanaan persamaan aliran tidak permanen satu dimensi digunakan asumsi bahwa perubahan kecepatan setiap saat diabaikan.

$$v \frac{dv}{dt} + g \frac{dh}{dx} = g (\delta x - \delta f)$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} + h \right) = (\delta x - \delta f)$$

$$d \left(\frac{v^2}{2g} + h \right) = (\delta x - \delta f) \delta x$$

$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + h_1 - h_2 = \delta x \delta x - \delta f \delta x$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} \delta x \delta x - \delta f \delta x$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + \delta f \delta x = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \delta x \delta x$$

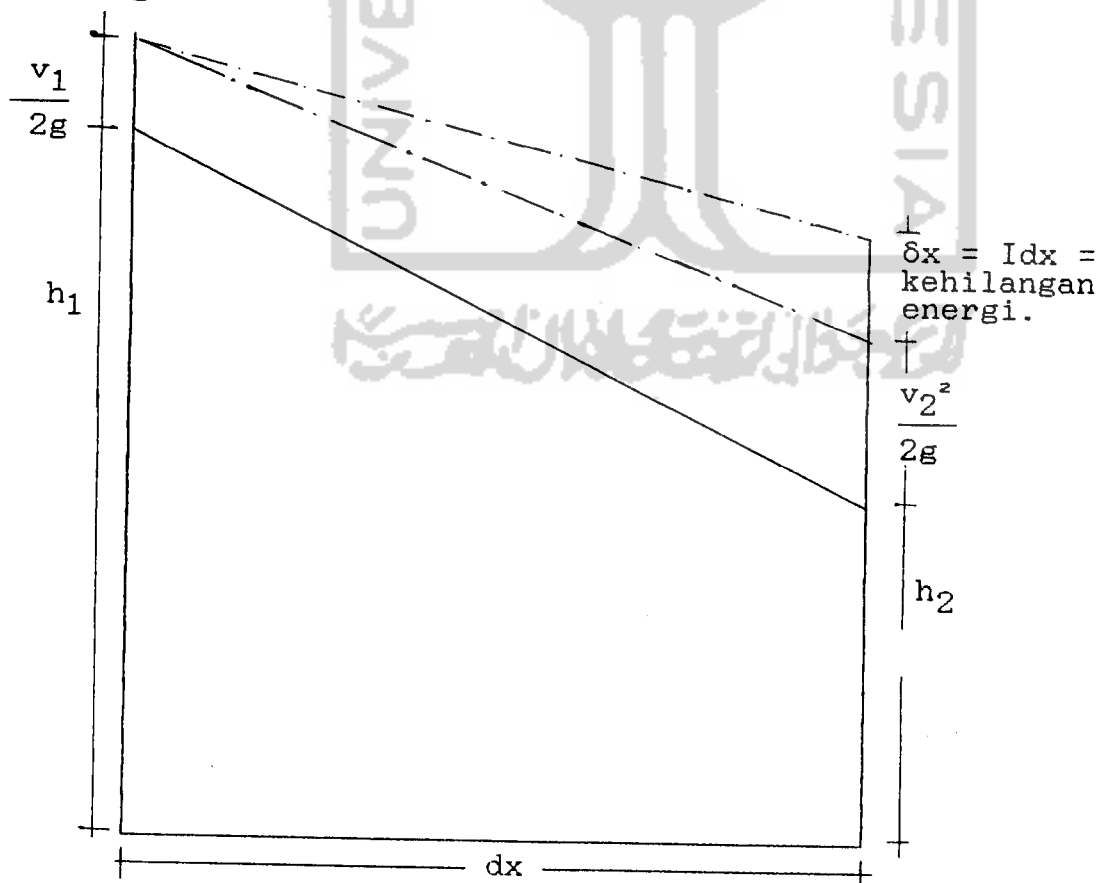
Sehingga didapatkan persamaan aliran tidak normal, dimana garis energi tidak sejajar dengan kemiringan dasar sungai maka hitungan dilakukan dengan metode standart step metod :

$$h_2 = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + h_1 + \delta f dx - \delta x dx$$

$$h_2 = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + h_1 + dx - I dx$$

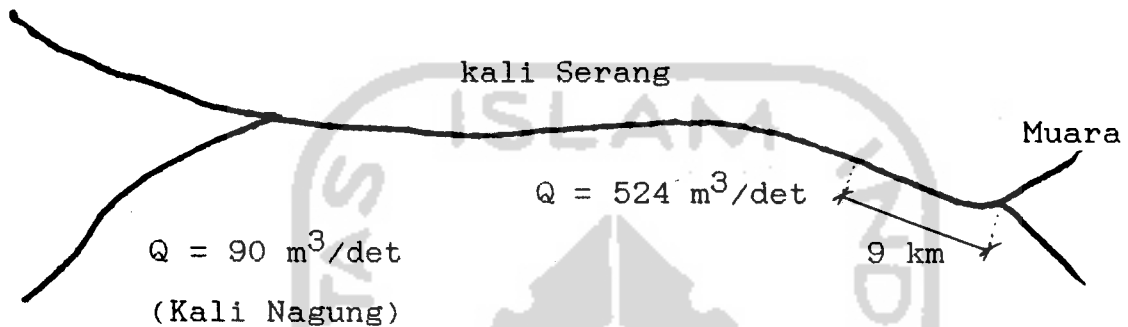
$$I = \frac{n^2 Q^2}{R^{4/3} A^2}$$

Rumus diatas juga dikenal dengan rumus Manning dalam persamaan tersebut parameter n adalah koefisien kekasaran Manning.



$$h_2 = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + h_1 + (1 - I) dx$$

Pertama kali hitungan hidrolika dilakukan pada kali Serang dan Nagung secara bersamaan pada kondisi existing.



Pias yang ditinjau tiap satu meter dari muara kali Serang sepanjang 9 km.

Dari data diperoleh untuk kecepatan pada jarak sejauh 9 km dari muara adalah 0,48 m/detik, kemudian kecepatan pada jarak 8,99 km dari muara kali adalah 0,68 m/detik, dan kemiringan dasar pias 0,788. Maka diperoleh tinggi permukaan air (h_2).

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + (1-I).x \\ &= 8,5 + \frac{0,48^2 - 0,68^2}{2 \cdot 9,8} + (1-0,788).1 \\ &= 8,480 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil hitungan ditunjukkan berupa profil muka air, secara keseluruhan dalam lampiran F.4. Terlihat bahwa profil muka air maksimum di beberapa bagian berada diatas

elevasi tanggul, sehinggal mengakibatkan terjadinya limpasan air di sekitar kali.

Gambar F.5. memperlihatkan profil muka air maksimum setelah adanya bangunan di muara kali. Walaupun sudah ada penurunan elevasi muka air tetapi ternyata masih terdapat beberapa bagian tanggul yang mengalami *over topping*, oleh karena itu direncanakan untuk diadakan normalisasi pada alur kali Serang.



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dalam pembuatan tugas akhir yang berjudul "STUDI PER-LINDUNGAN MUARA KALI SERANG" dengan melihat kondisi alam yang terjadi di muara kali Serang, penulis menyimpulkan beberapa hal penting:

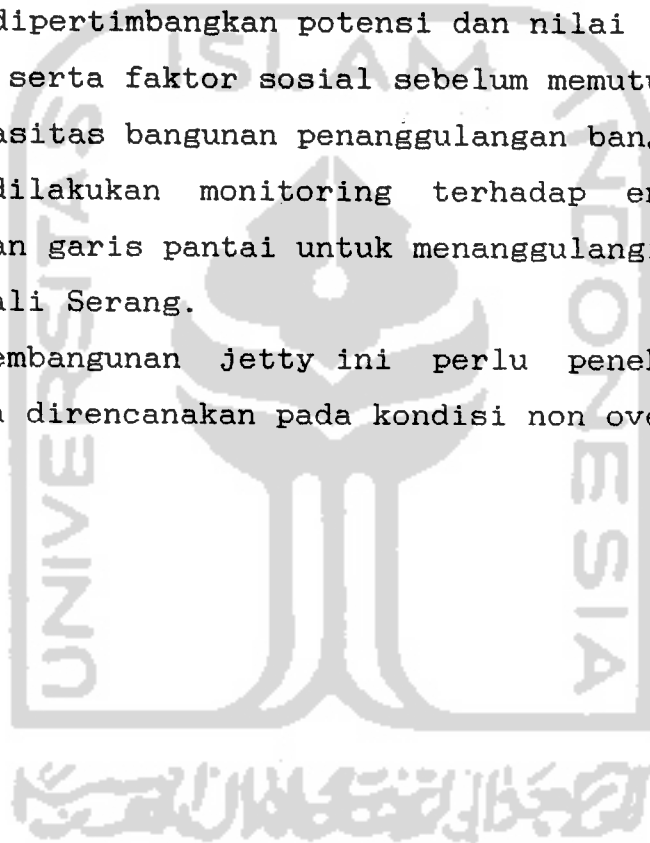
1. Penyebab banjir di muara kali Serang disebabkan debit besar pada awal musim hujan karena adanya lidah pasir atau sand spit yang menutupi mulut muara akibat sedimentasi.
2. Salah satu alternatif untuk menanggulangi penutupan muara sungai oleh endapan pasir adalah dengan bangunan jetty pada kedua sisi muara kali Serang.
3. Dengan pembuatan jetty, maka akan menyebabkan pantai sebelah barat muara terjadi sedimentasi sedang di sebelah timur muara akan terjadi erosi.
4. Pada pembangunan jetty direncanakan pada kondisi non over-topping.

6.2. Saran

Melihat beberapa kesimpulan dan beberapa uraian dari yang telah ditulis dalam tugas akhir, dapat disarankan sebagai berikut:

1. Diperlukan data hujan, debit banjir yang cukup panjang untuk lebih menghasilkan debit banjir rancangan yang akurat.

2. Untuk mencegah terjadinya sedimentasi di sebelah barat muara dan erosi di sebelah timur muara sangat diperlukan bangunan penanggulangan erosi pantai yang berupa groin, revertmen atau kombinasi dari beberapa bangunan tersebut.
3. Perlu data gelombang di dekat lokasi/di lokasi muara, sehingga elevasi lidah pasir dapat dihitung.
4. Perlu dipertimbangkan potensi dan nilai yang dilindungi serta faktor sosial sebelum memutuskan jenis dan kapasitas bangunan penanggulangan banjir.
5. Perlu dilakukan monitoring terhadap endapan dan perubahan garis pantai untuk menanggulangi endapan di muara kali Serang.
6. Pada pembangunan jetty ini perlu penekanan biaya sehingga direncanakan pada kondisi non over-topping.



DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, DR. Ir. (1985) teknik Pantai dan Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada
- Bambang Triatmodjo, DR. Ir. 1990/1991 Problem Muara Sungai Pusat Antar Universitas UGM
- Bambang Triatmodjo, DR. Ir. 1988. Penentuan berbagai Parameter dalam Eukalasi Estuari, PAU UGM.
- Nur Yuwono, 1982, Teknik Pantai Volume I, Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Nur Yuwono, 1992, Teknik Pantai Volume II, Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai, Laboratorium Hidrologi, dan Hidrolika PAU UGM.
- Sri Harto, BR, DR, IR. DIP H, 1986, Analisis Hidrologi, Yogyakarta.
- Sri Harto, BR, Sudjarwadi, 1989, Model Hidrologi, PAU UGM, Yogyakarta.
- Suyono, Tominaga, 1985, Perbaikan dan pengaturan Sungai, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Us Army Corps Of Engineer, 1984, Shore Protections Manual Volume I and II, Woshington.
- PT Puser Bumi Consultant, 1992, Survey Investigasi dan Detail Design Perbaikan Muara Kali Serang, Final Report, Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY, Sub Dinas Pengairan.



وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ بِأَعْيُنِنَا



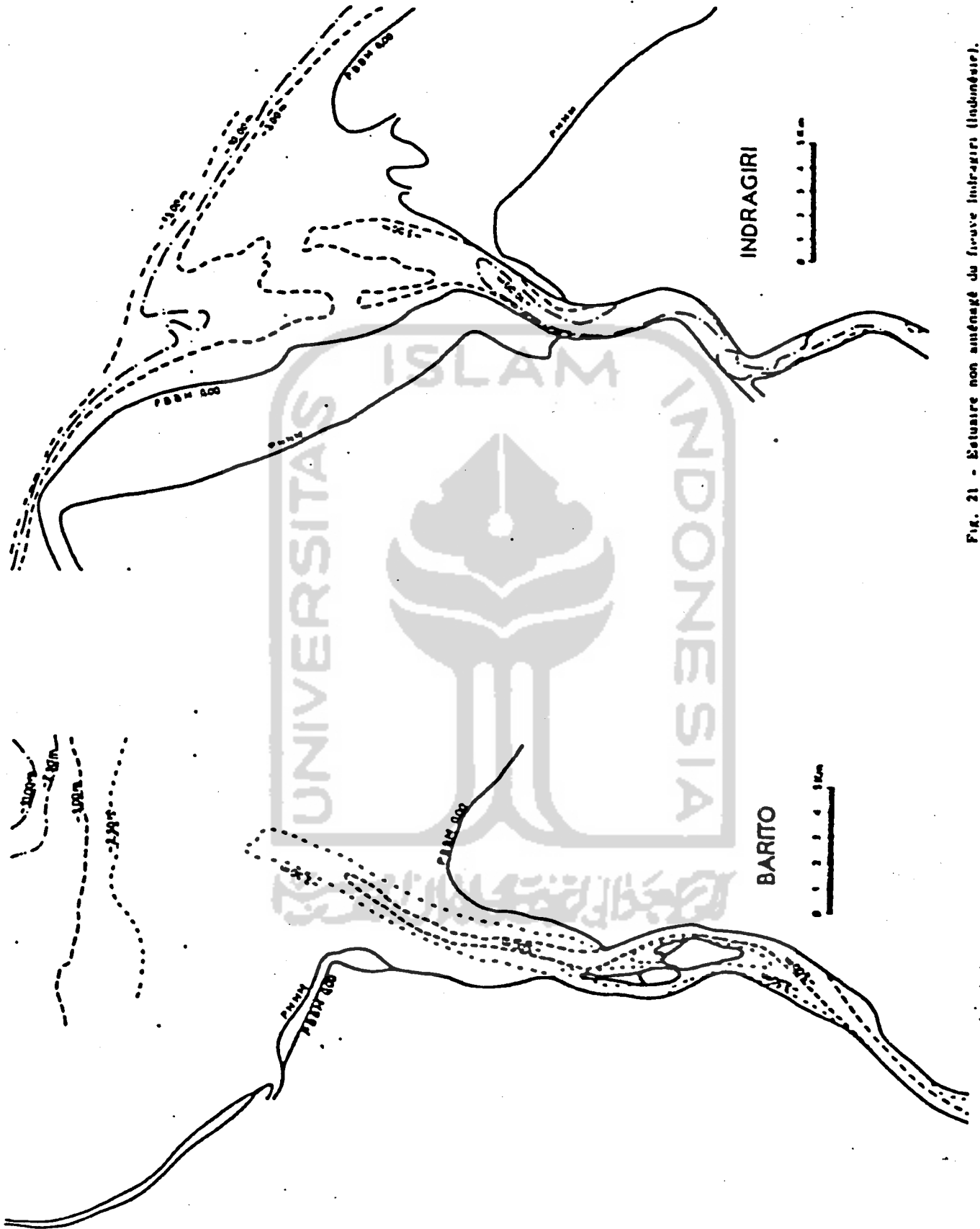


Fig. 21 - Estuaire non aménag  du sive Indragiri (Indon sie).

... ..

Lampiran B.1 Gambar Estuari

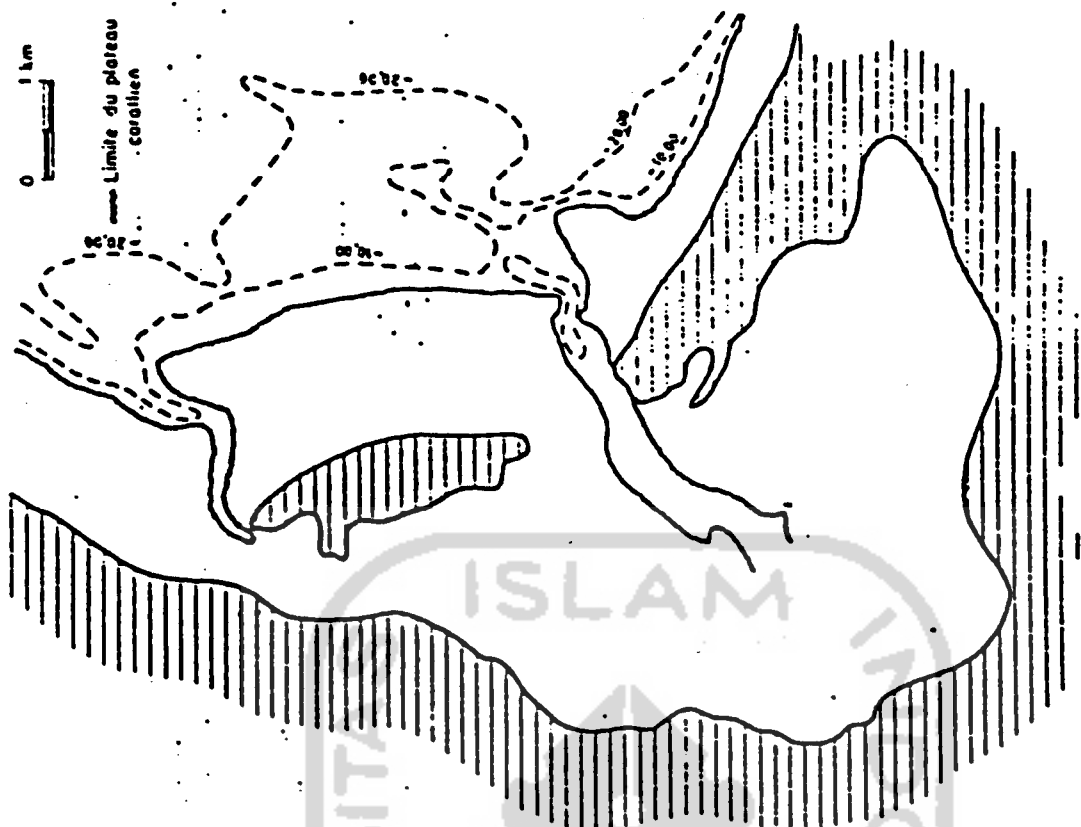


Fig. 31 - Lagune envahie par un plateau corallien: (Ileua, Intérieur) Marnage 2,50 m.
Nusa Dua - Bali

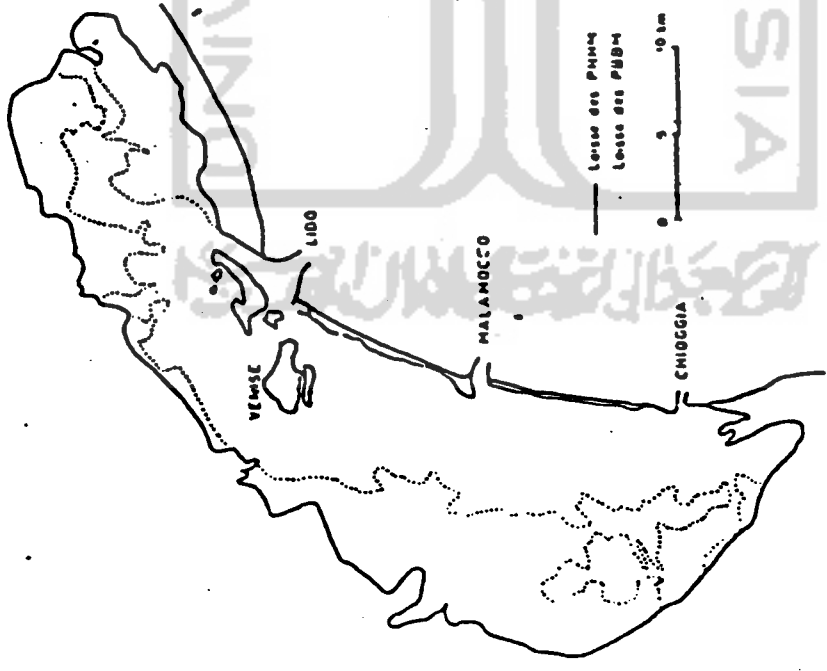
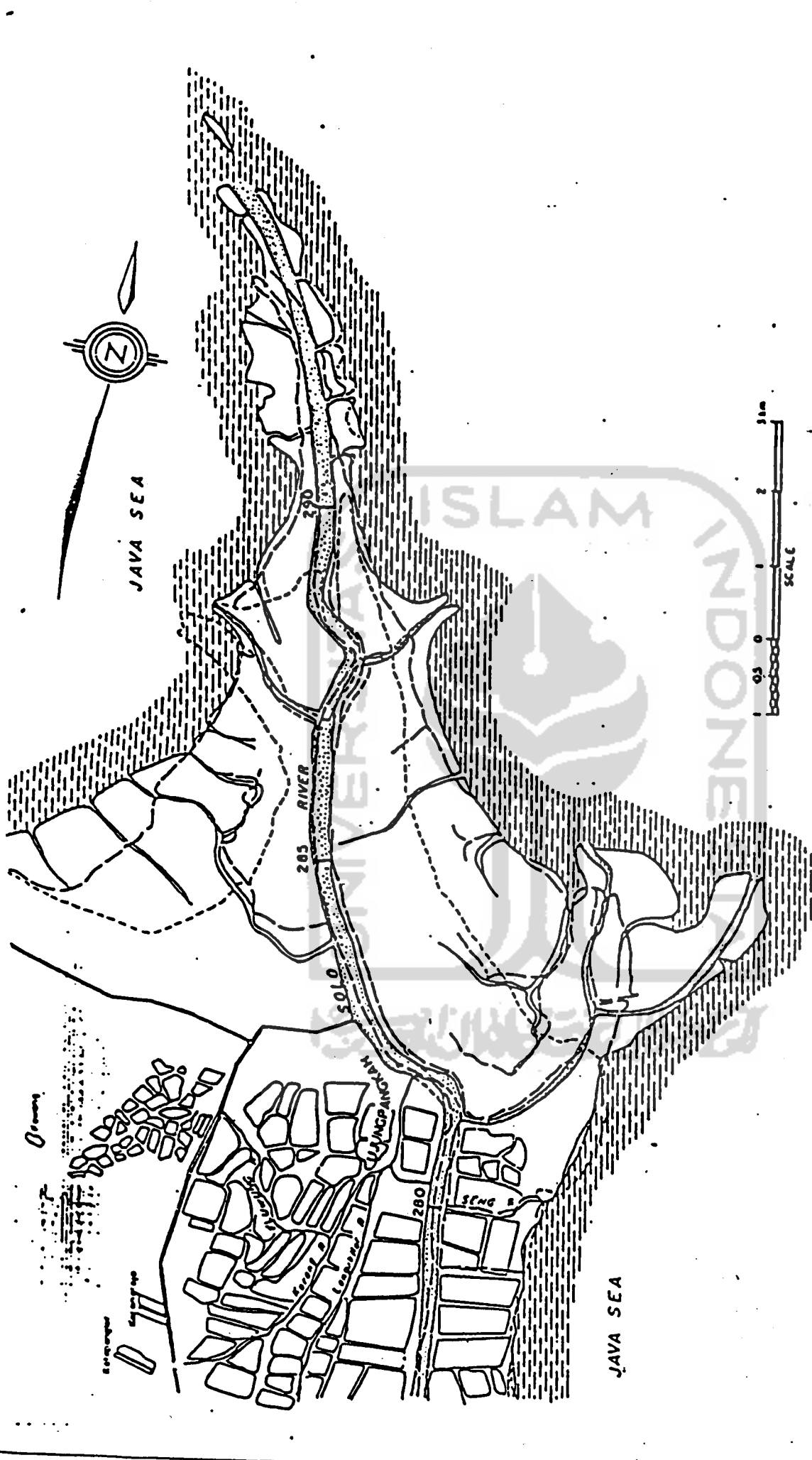


Fig. 44 - Lagune de Venise.

Lampiran B.2 Gambar Lagune



LEGEND

- FROM 1981 AERIAL PHOTOGRAPHY
- - - FROM 1969 PHOTO-MOSAIC
- FROM 1944 AMS 3 SERIES 1:50,000
- MAPPINGS BASED ON 1923 COLONIAL MAPS
- RIVER DISTANCE IN KM FROM CONFLUENCE OF MADJUH AND SOLO RIVERS.

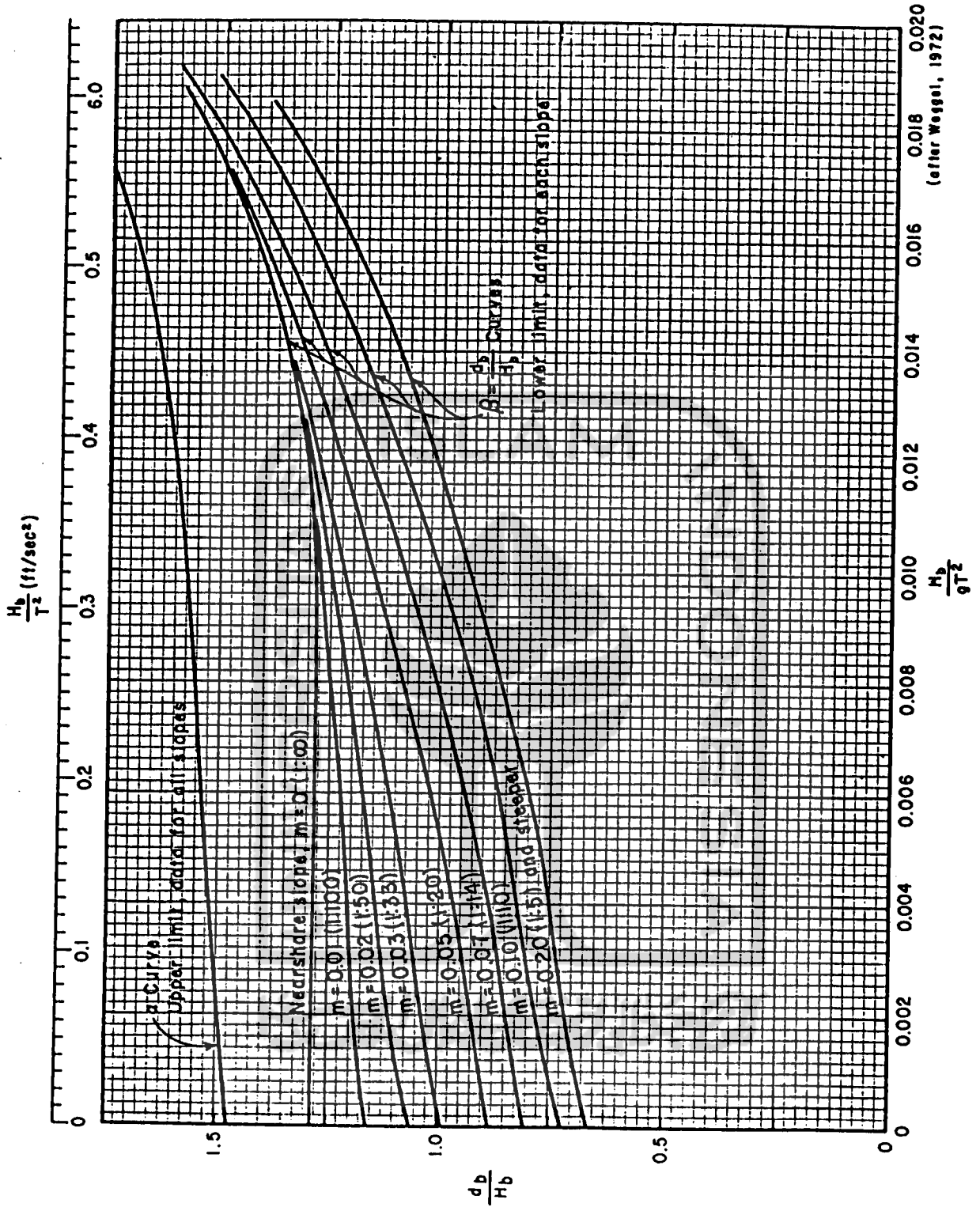
LOWER SOLO RIVER DEVELOPMENT PROJECT
 FLOOD CONTROL MEASURES FEASIBILITY ST

Perencanaan Delta di Muai
 Pergawan Solo

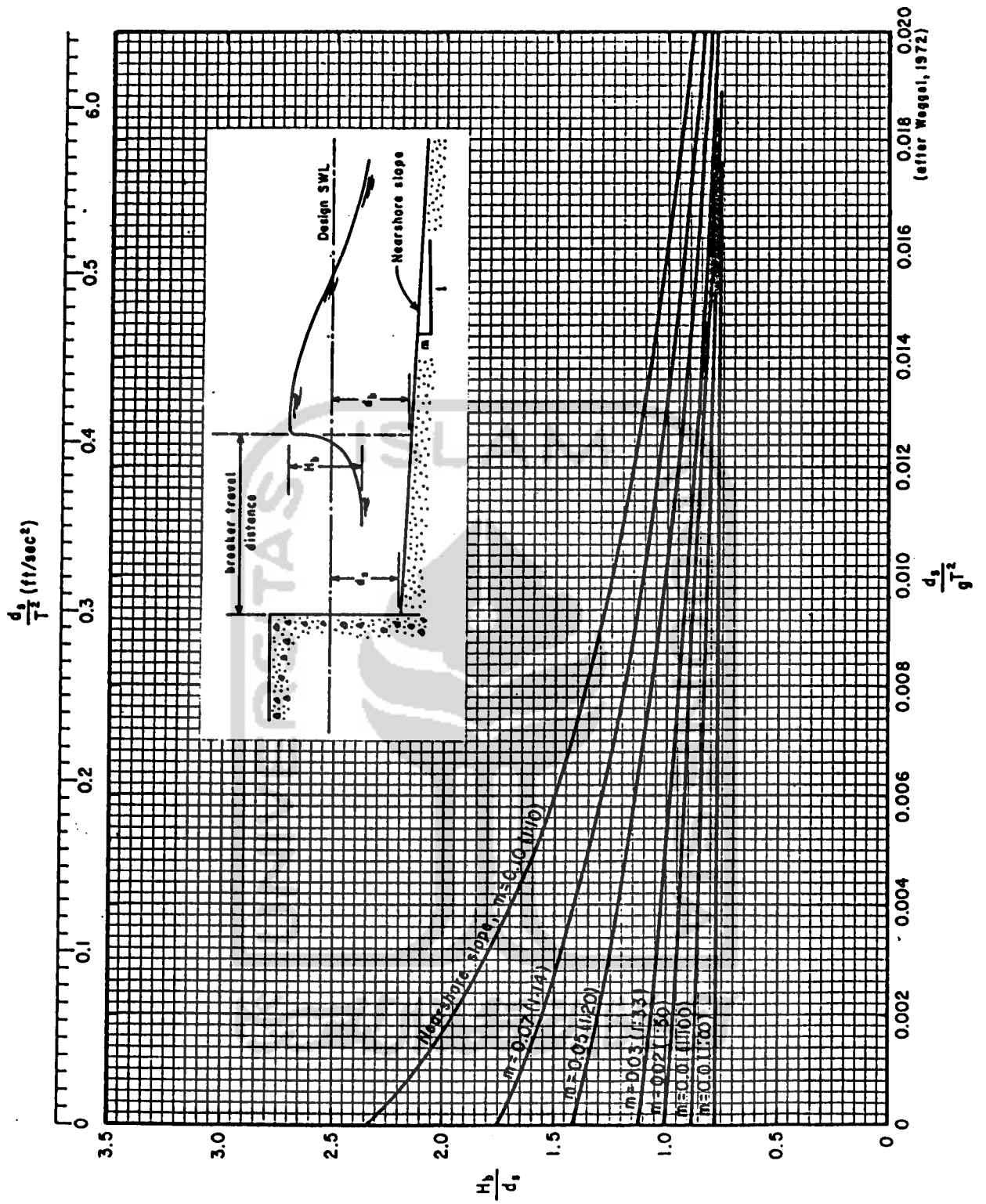
iran B.3 Gambar Delta



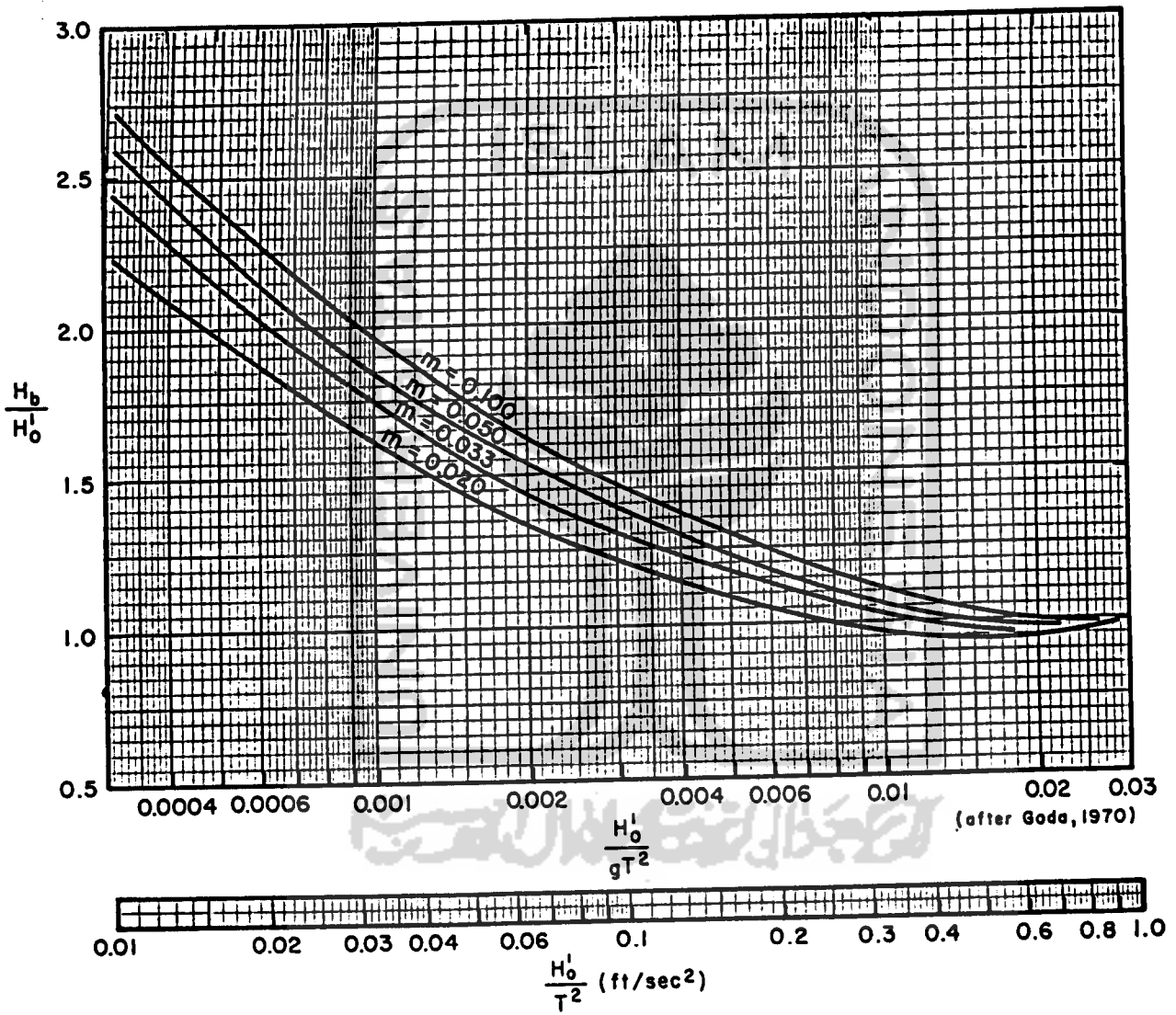
جامعة الإسلام في إندونيسيا



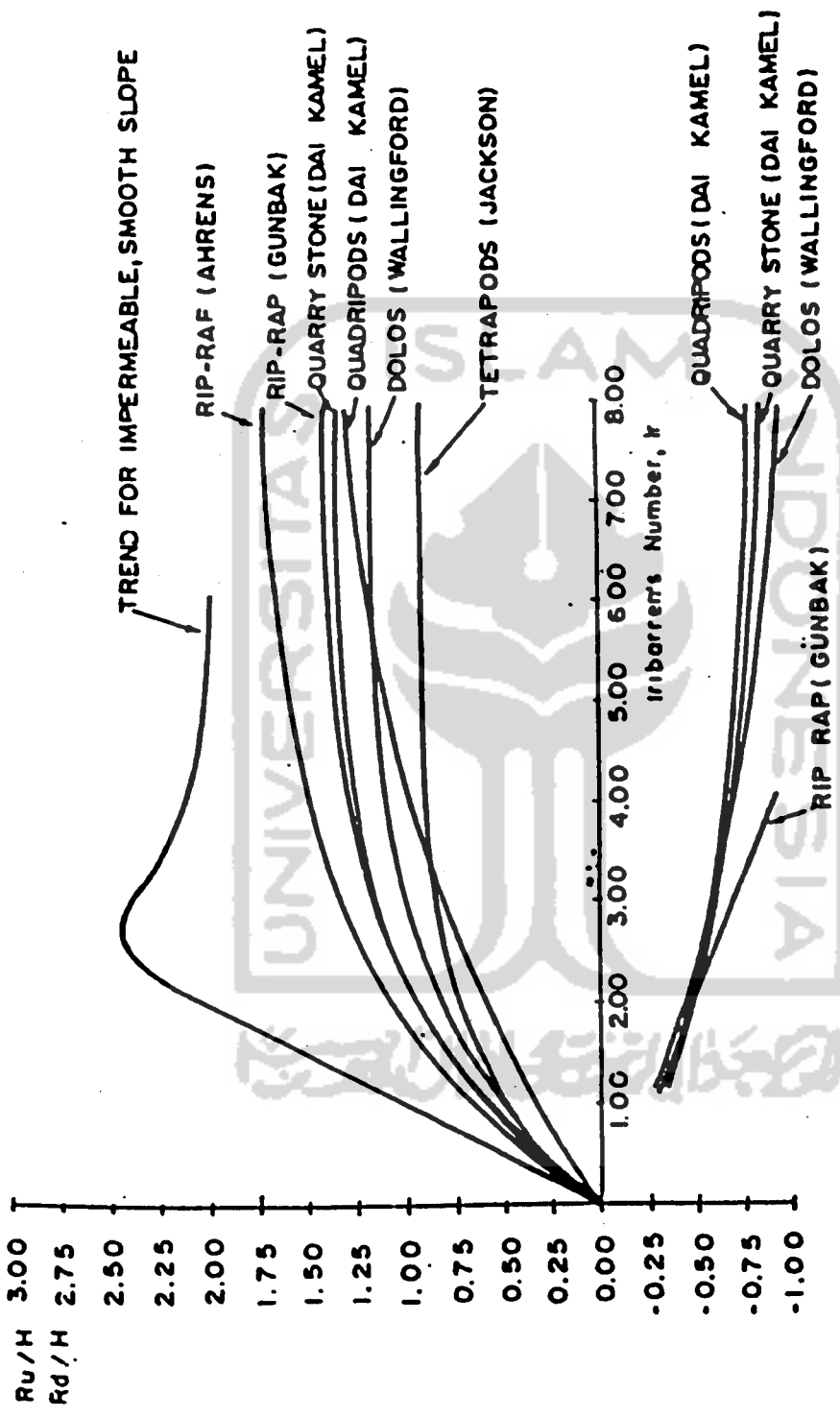
Lampiran C.1



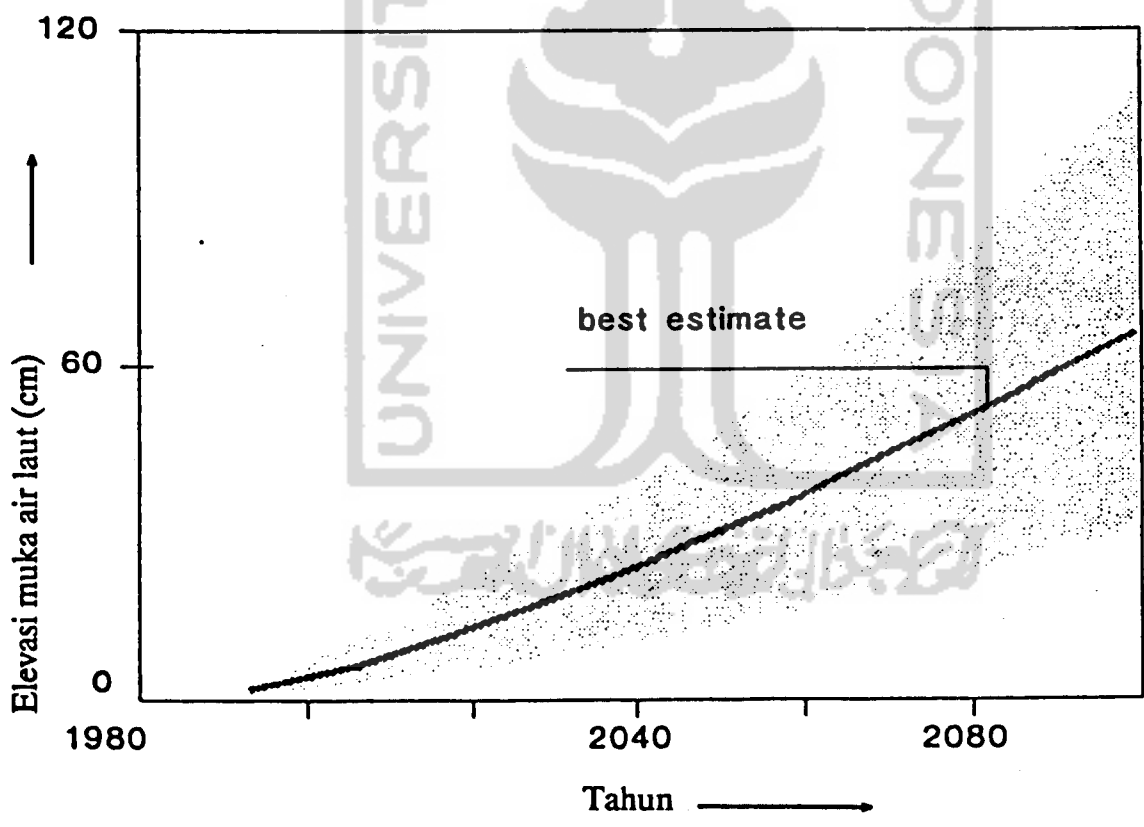
Lampiran C.2



Lampiran C.3



Comparison of relative run-up and run-down for several types of slope.



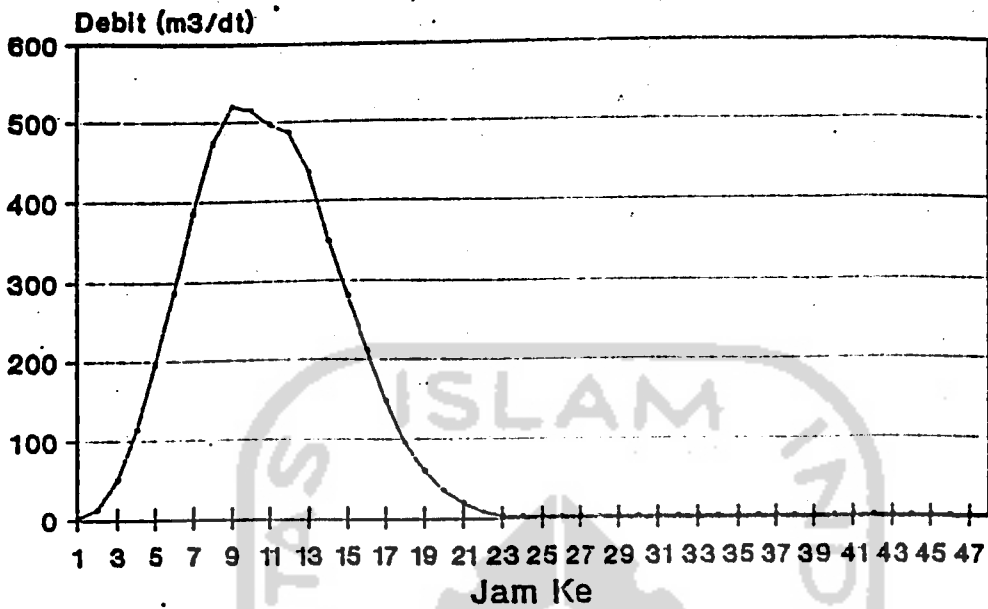
Lampiran C.5



وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزَاتِكُمْ يَا رَبَّنَا
وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزَاتِكُمْ يَا رَبَّنَا

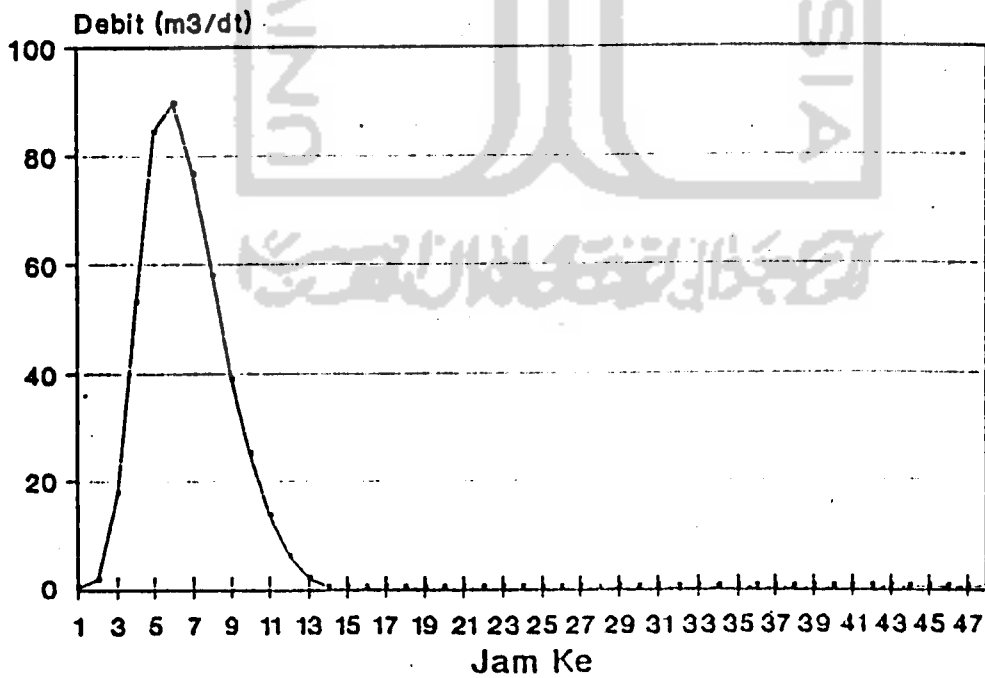
HIDROGRAF Q25TH SERANG

di Bd. Pekik Jamal

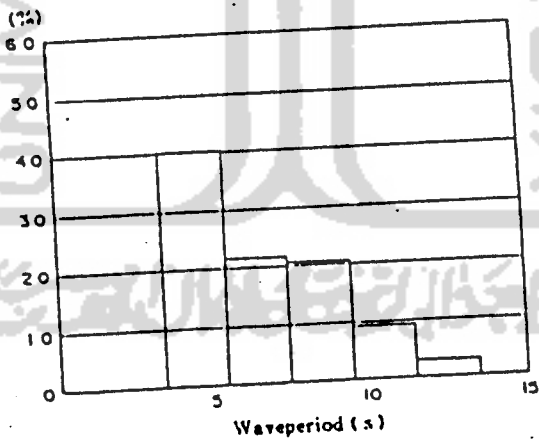
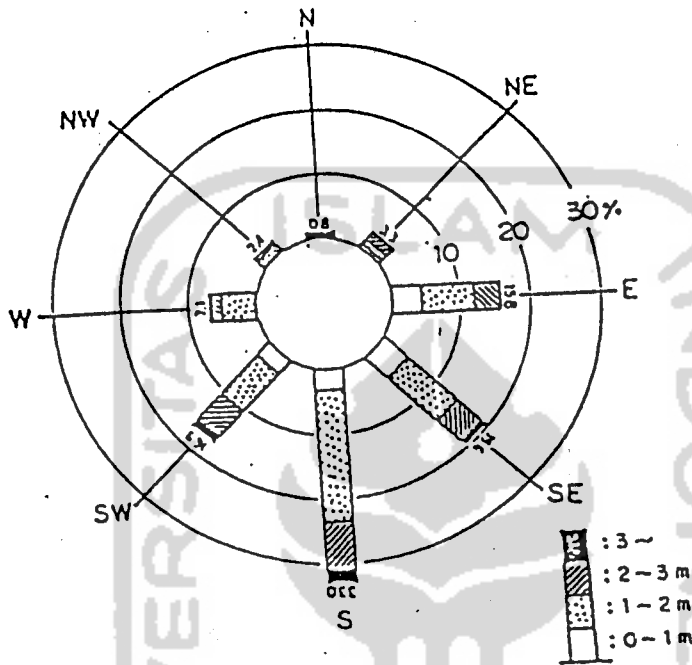
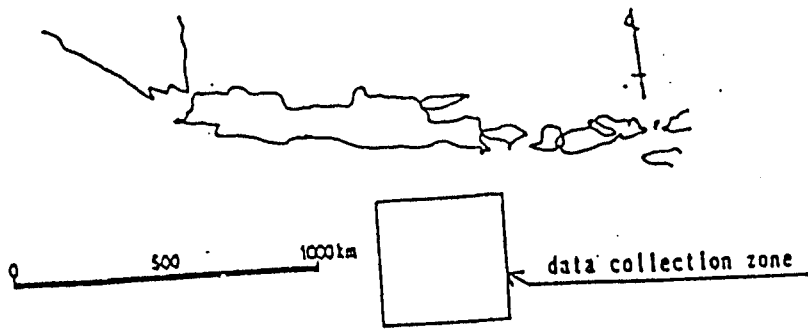


Input File Data SERA2507.OUT

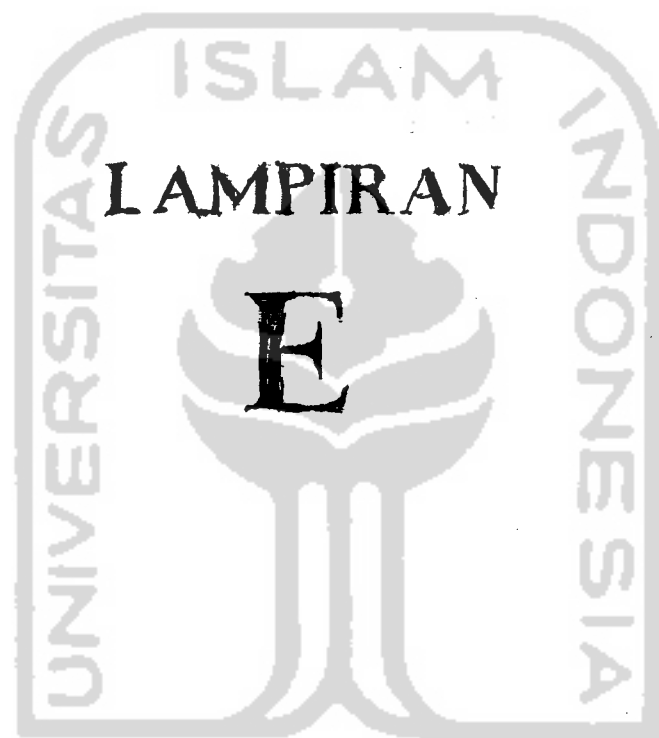
HIDROGRAF Q25TH NAGUNG



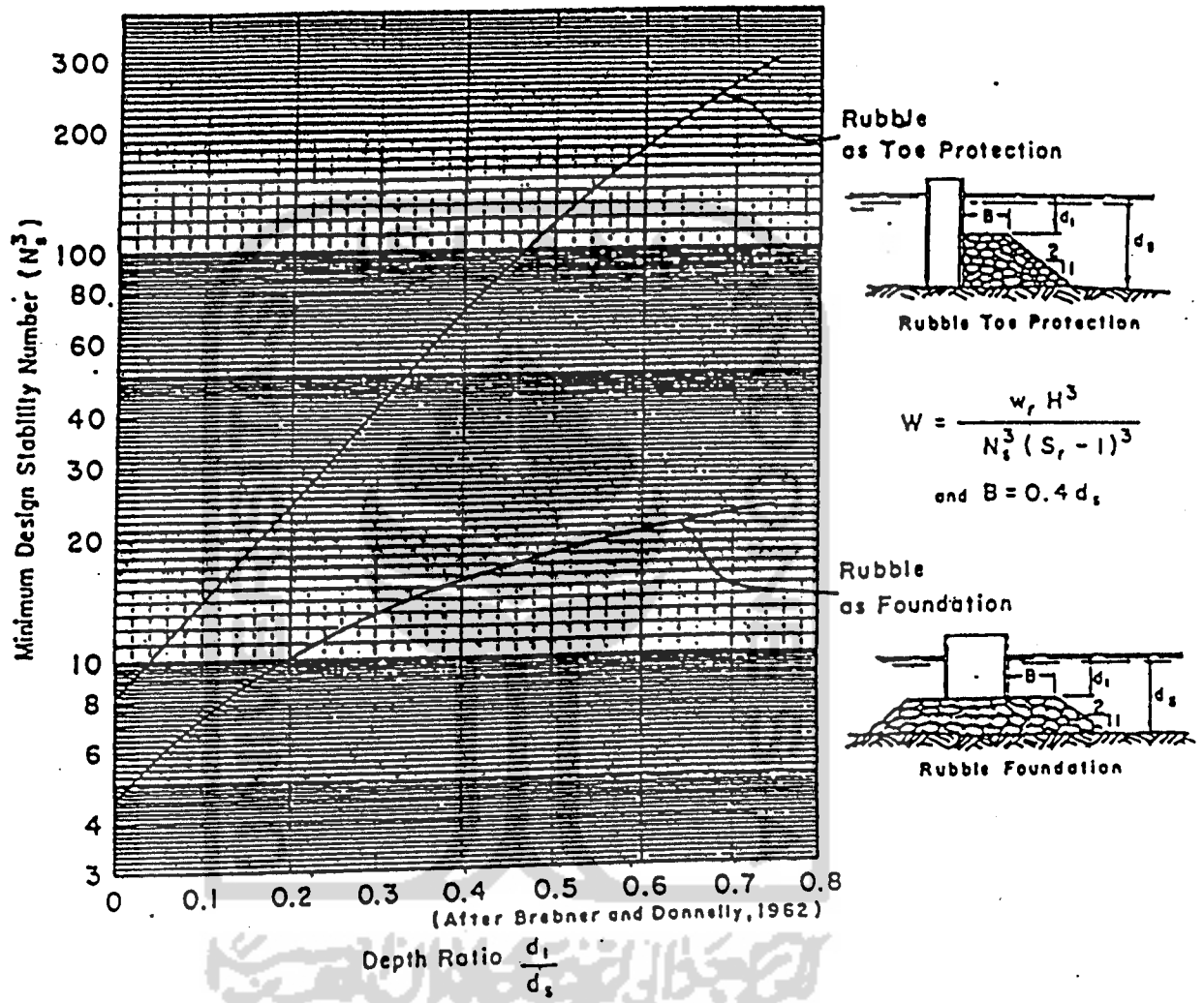
Input File Data SERA2507.OUT



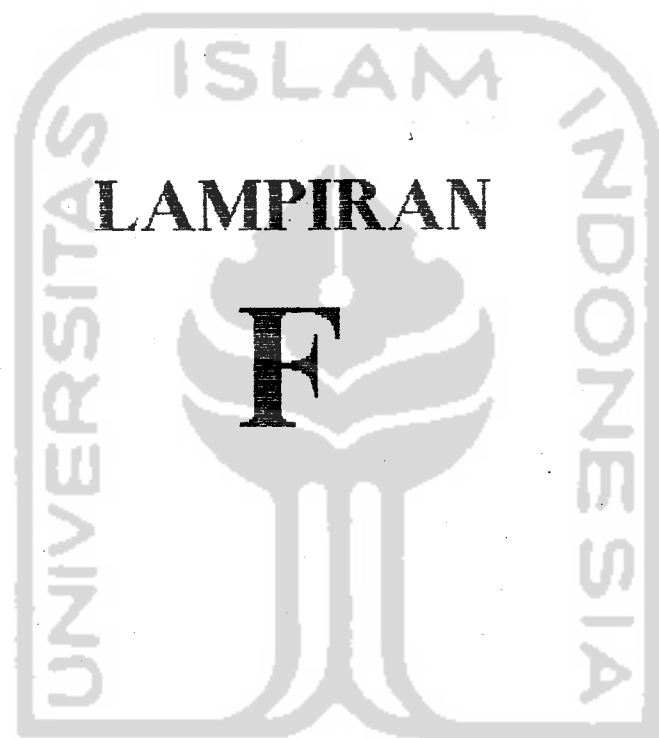
Lampiran D.2 Data Gelombang Laut Dalam oleh US. Army
Di Pasifik tahun 1976



جامعة الإسلام في إندونيسيا



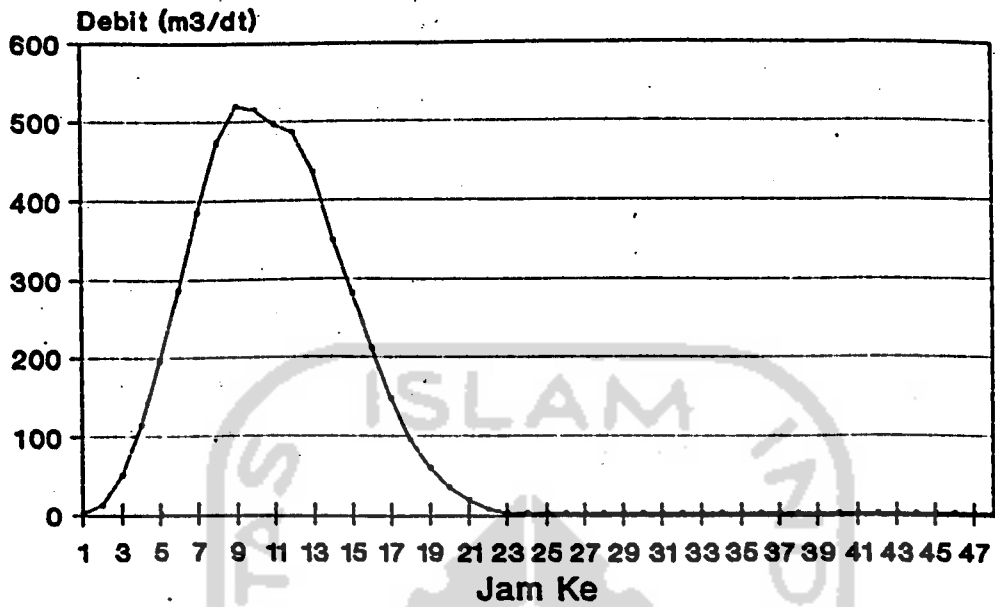
Stability number N_g for rubble foundation and toe protection.



وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ مِنَ الْمَلَأَةِ الْكَافِرَةِ

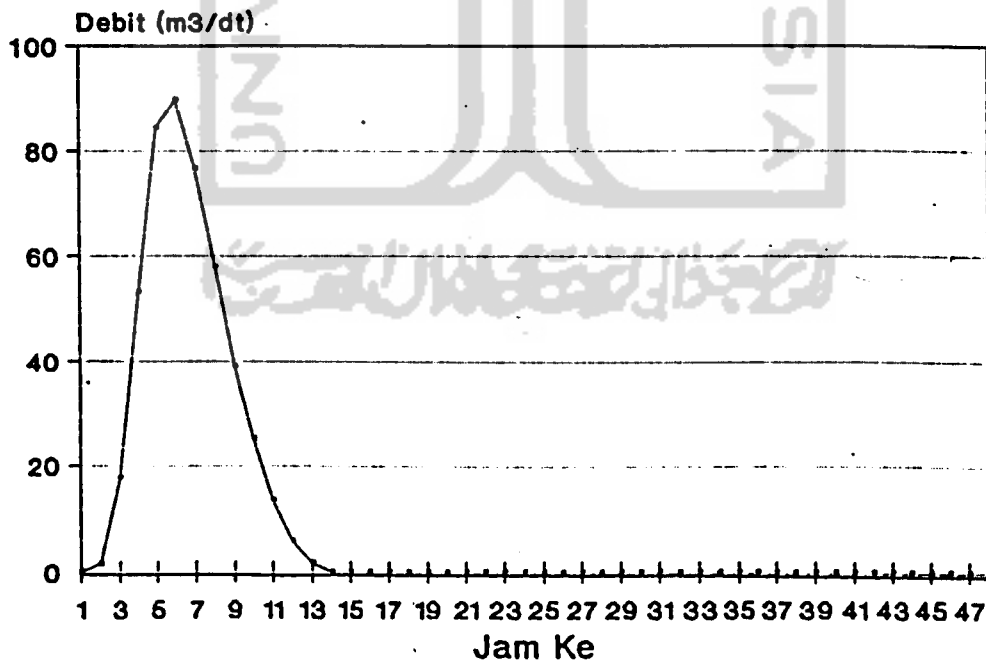
HIDROGRAF Q25TH SERANG

di Bd. Pekik Jamal

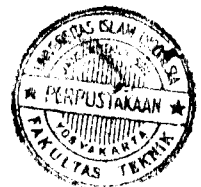


Input File Data SERA2507.OUT

HIDROGRAF Q25TH NAGUNG

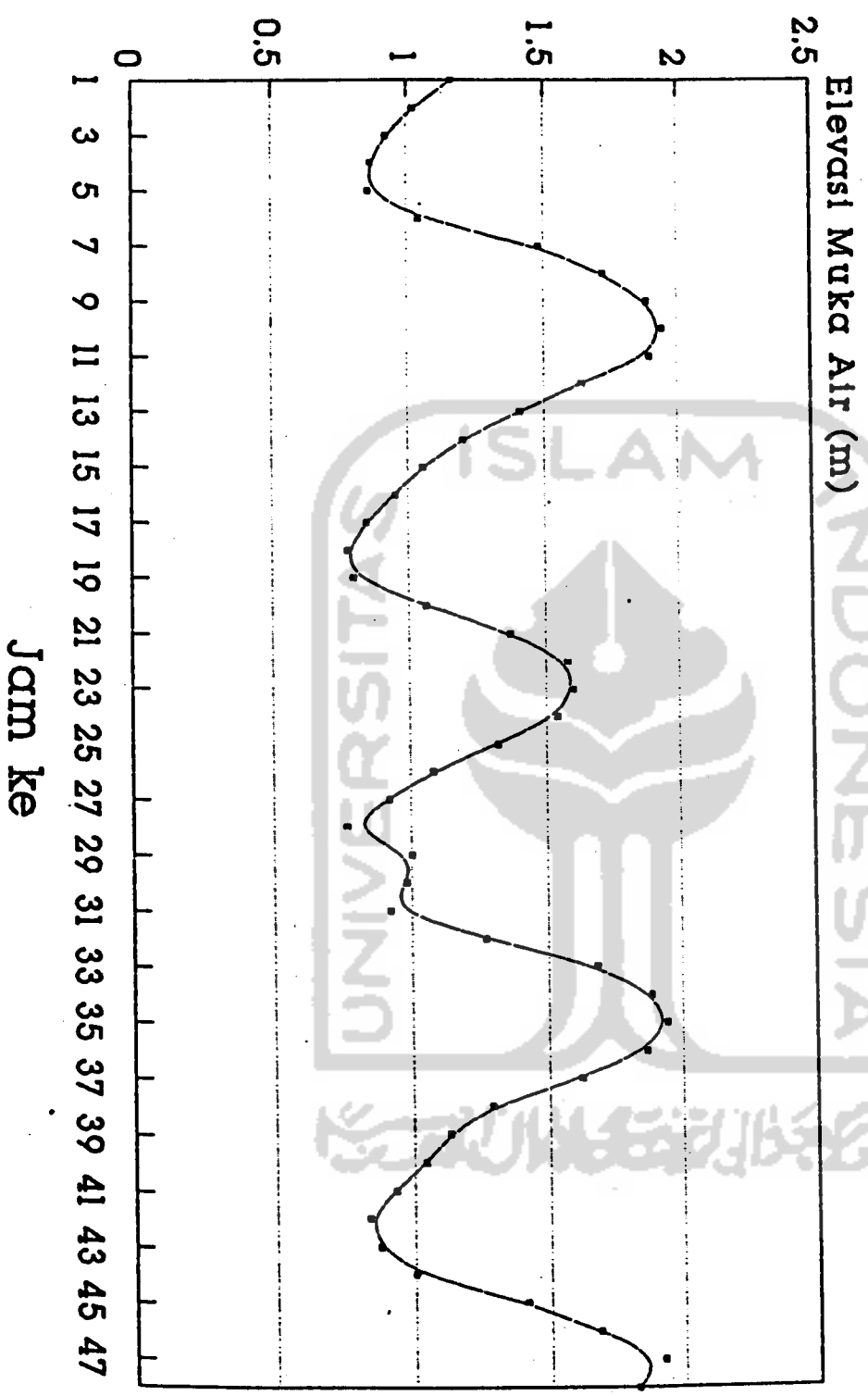


Input File Data SERA2507.OUT

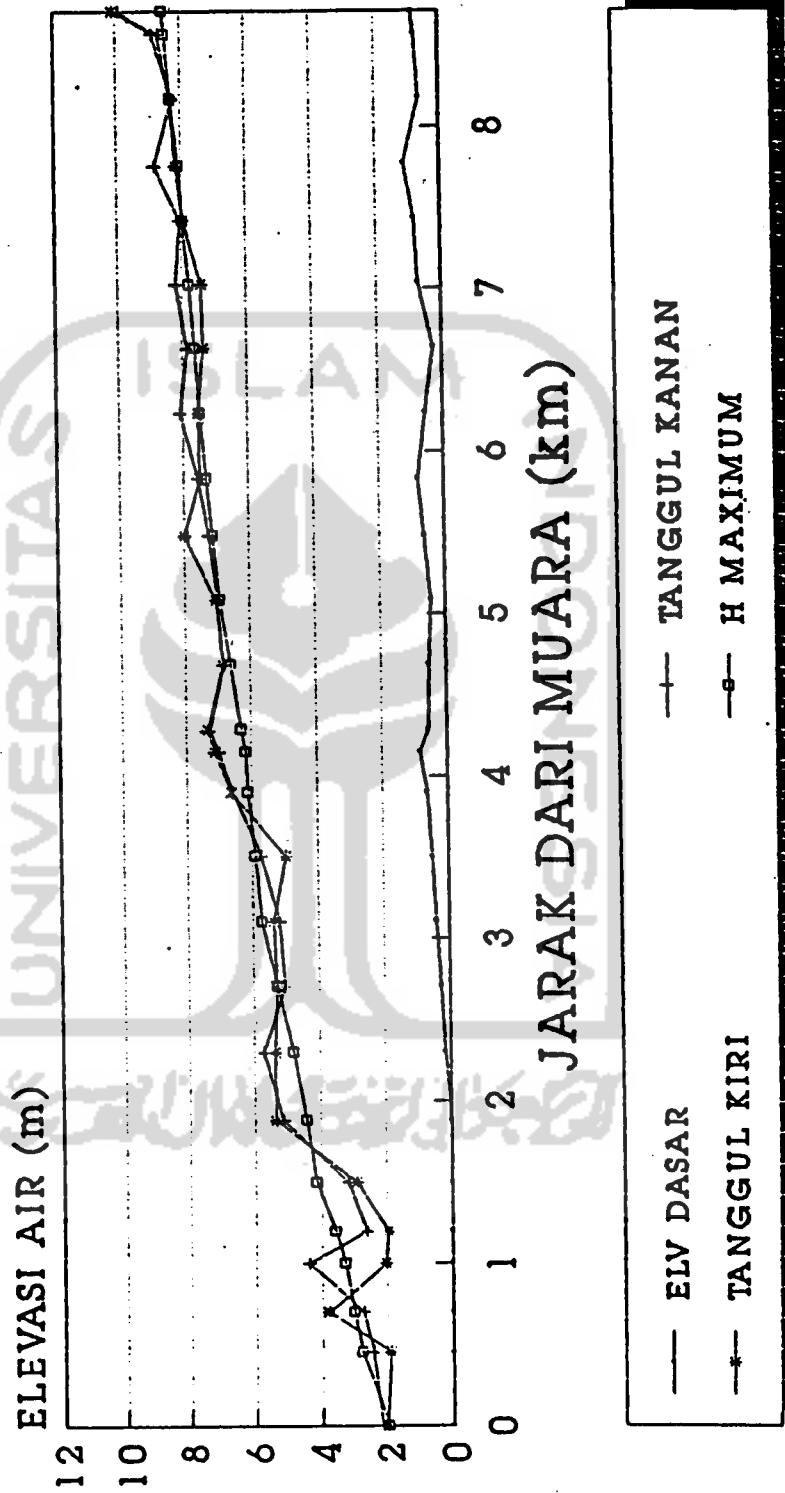


PASUT MUARA S. SERANG

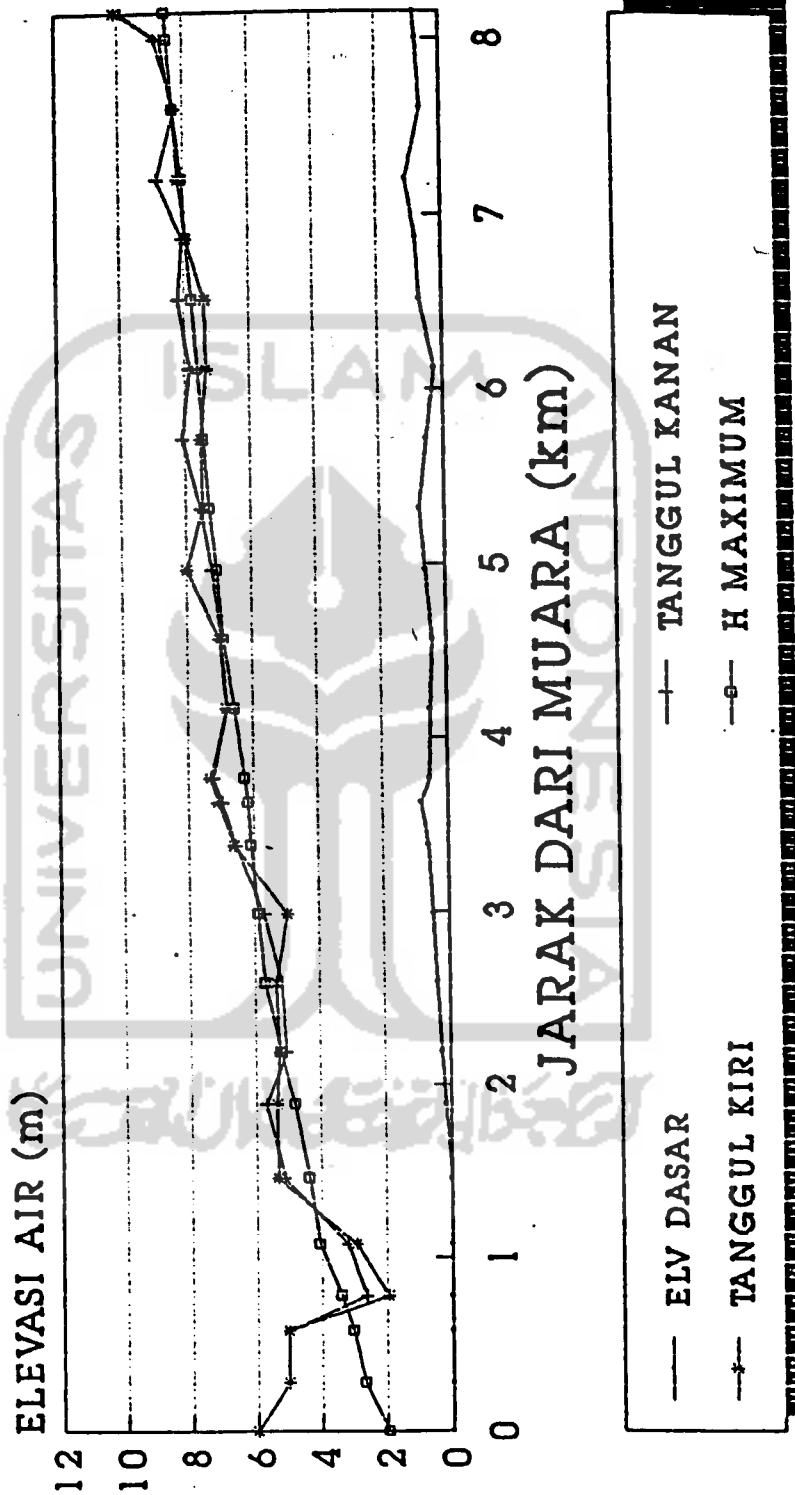
Tgl. 07-09 Febr. 1993



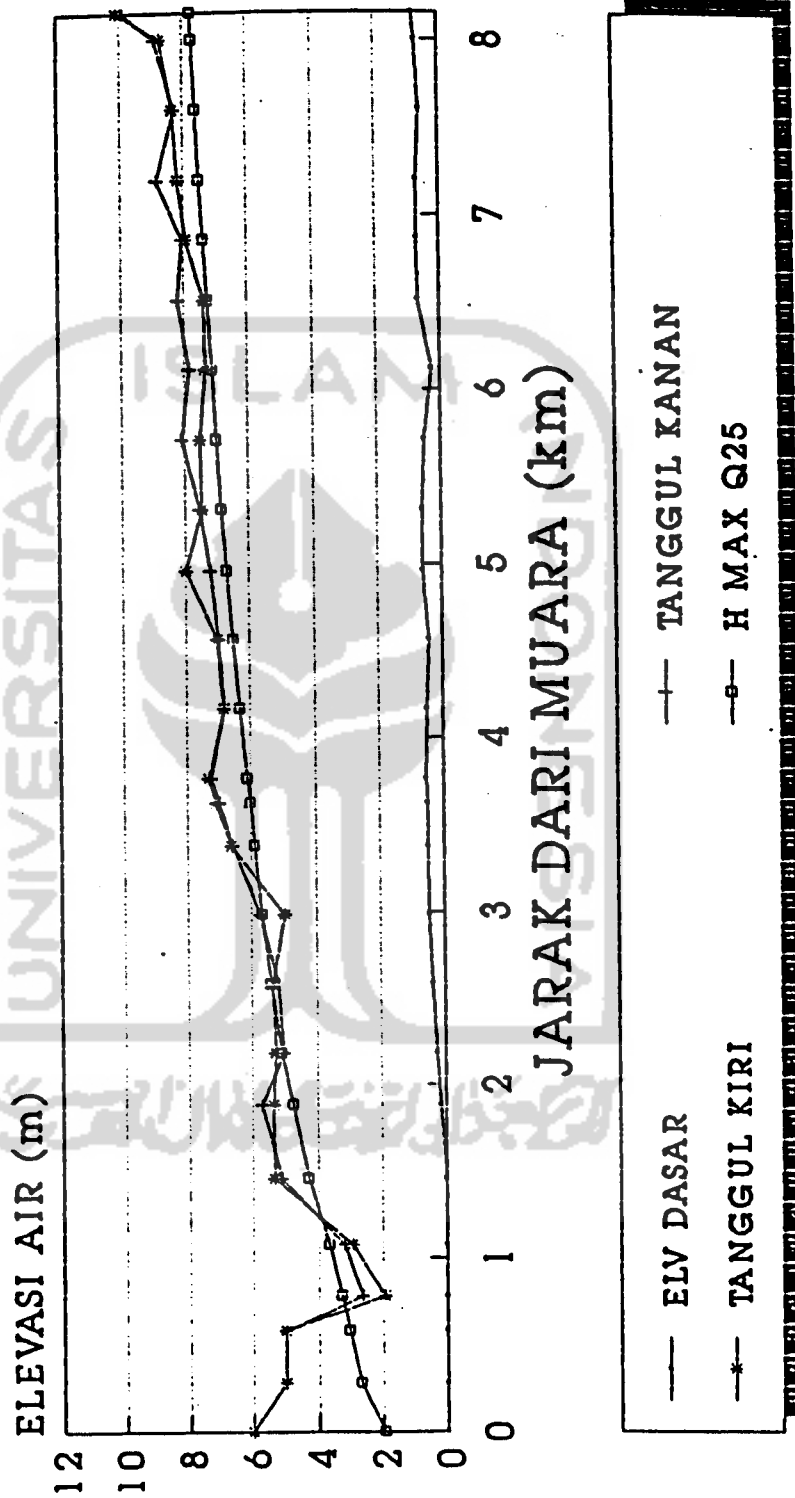
PROFIL AIR SERANG KONDISI EXISTING



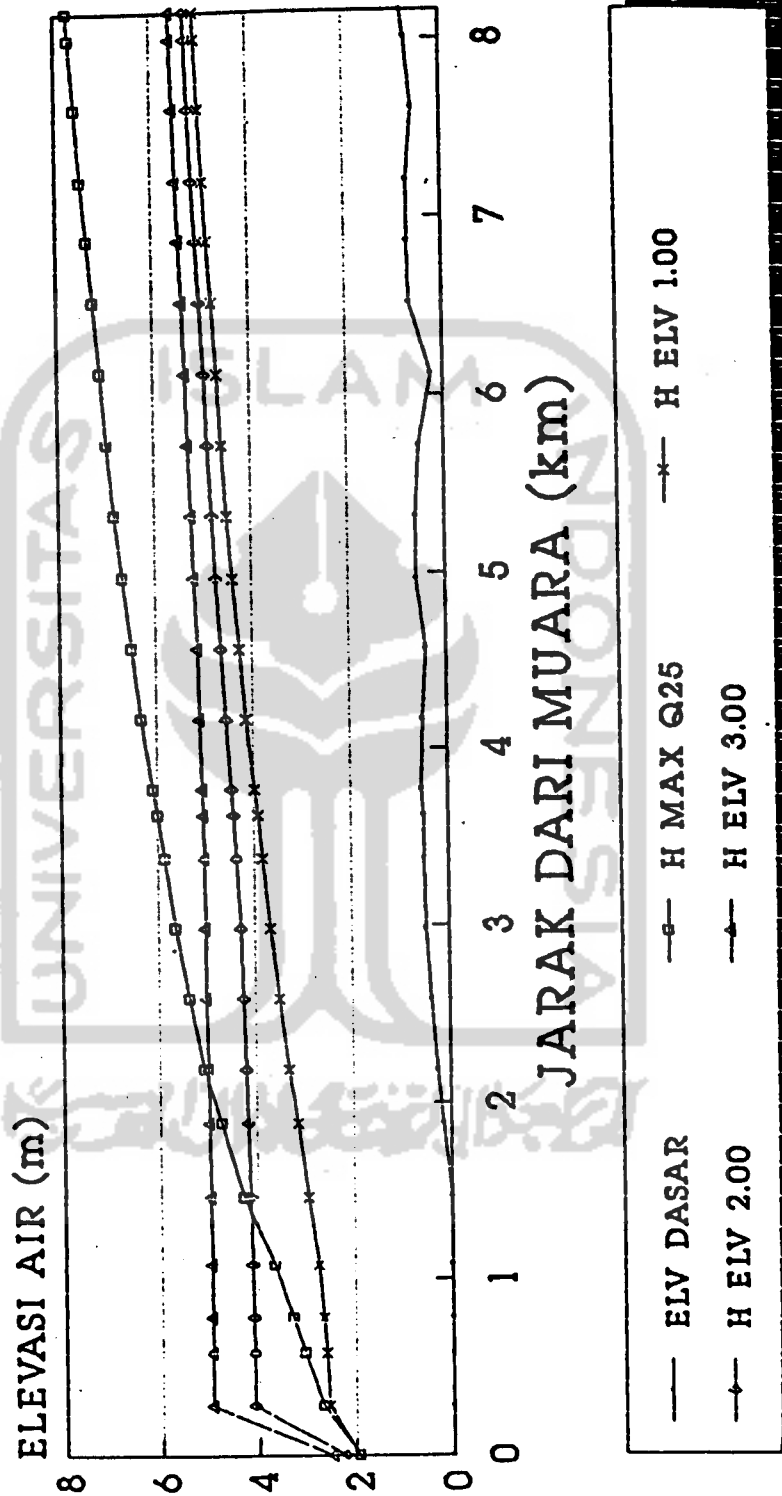
PROFIL AIR SERANG DGN JETTY KONDISI EXISTING



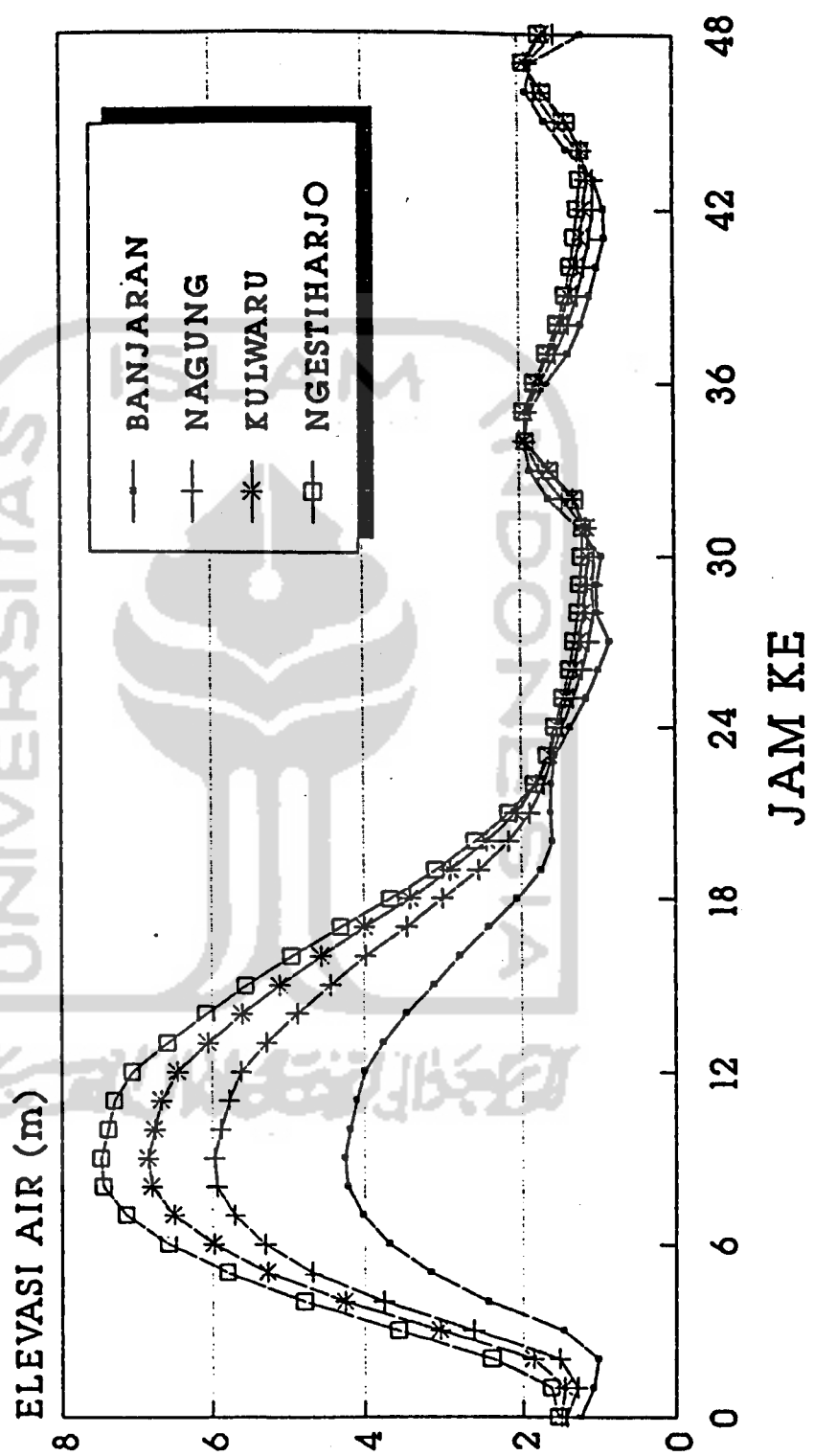
PROFIL AIR SERANG DGN JETTY KONDISI NORMALISASI



PROFIL AIR SERANG DGN JETTY KONDISI ADA ENDAPAN



ELEVASI AIR PERTEMUAN SERANG-ANAK SUNGAI



Lampiran F.9. Tinggi Jagaan Tanggul untuk Berbagai debit rencana

Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)	Tinggi Jagaan (m)
200 - 500	0.80
500 - 2000	1.00
2000 - 5000	1.20
5000 - 10000	1.50
> 10000	2.00

