

**TUGAS AKHIR
(KL 1702)**

**PERENCANAAN SAND DUNES
SEBAGAI PELINDUNG PANTAI
TERHADAP PENGARUH GELOMBANG TSUNAMI
DI TELUK RAJEGWESI BANYUWANGI**



RSke
627.58
Feb
p.1

2000

Oleh :

FERNAS

NRP. 4394.100.027

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2000

PERPUSTAKAAN I Y	
Tgl. Terima :	
Terima Oleh :	
No. Agenda / No. Pp.	

**PERENCANAAN SAND DUNES
SEBAGAI PELINDUNG PANTAI TERHADAP
PENGARUH GELOMBANG TSUNAMI
DI TELUK RAJEGWESI BANYUWANGI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Surabaya, Agustus 2000

Mengetahui / Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Prof. Dr. Ir. W.A. Pratikto, MSc.
NIP. 130 816 210



Dr. Ir. Wahyudi, MSc.
NIP. 131 842 502

Kupersembahkan buah karyaku ini untuk:

Mama, Abi, Tiksok, dan Kakak-kakakku tercinta

sebagai sebutir budi

atas segunung kasih sayang dan segalanya

yang pernah mereka berikan



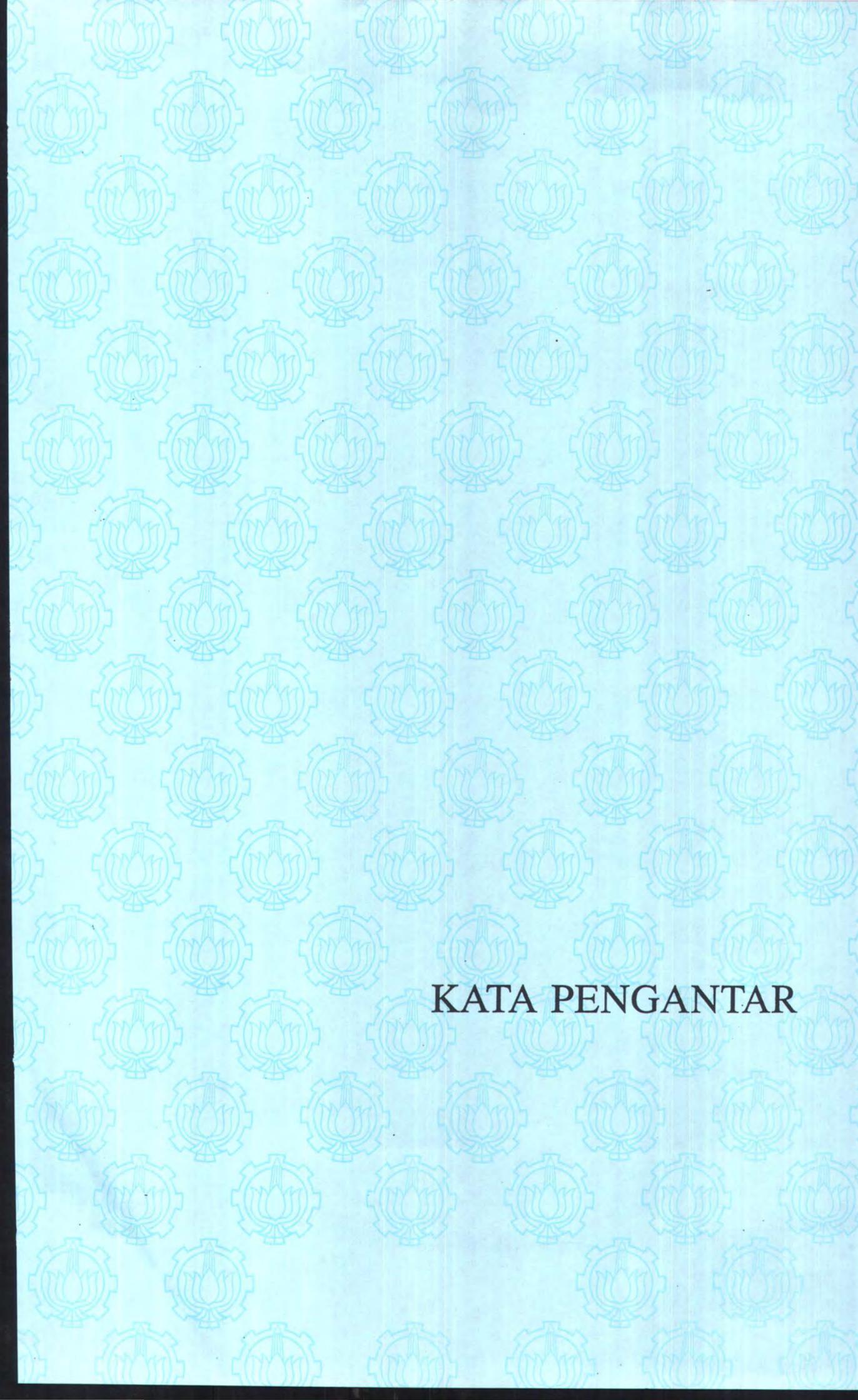
ABSTRAK

ABSTRAK

Pada lautan yang terlewati oleh lempeng tektonik sangat berpotensi untuk terjadi Tsunami. Gelombang ini dapat menyapu pantai dan merusak daerah disekitarnya, karena itu diperlukan pelindung yang baik bagi pantai dalam mencegah kerusakan yang dapat terjadi.

Tugas akhir ini menyajikan perencanaan sand dunes sebagai alternatif perlindungan pantai dengan persediaan material yang cukup besar dan mudah didapatkan. Perencanaan ini dilakukan untuk mencegah kerusakan akibat gelombang tsunami di Teluk Rajegwesi Banyuwangi. Isi dari perencanaan berupa penentuan dimensi dan letak sand dunes pada pantai untuk menahan gaya gelombang tsunami. Perhitungan gaya gelombang tsunami menggunakan data yang diperoleh dari hasil pemodelan fisik kejadian Tsunami tahun 1994. Penentuan dimensi dilakukan hingga memenuhi stabilitas yang disyaratkan, sedangkan letaknya disesuaikan dengan kondisi lokasi. Perhitungan stabilitas sand dunes terdiri dari perhitungan stabilitas terhadap geser dan perhitungan stabilitas terhadap longsor (sliding). Dalam perencanaan ini juga dilakukan perhitungan penurunan akibat beban sand dunes untuk mengetahui besar penurunan yang akan terjadi dan berapa waktu yang dibutuhkan untuk total penurunan.

Hasil akhir yang diperoleh dari perencanaan adalah sand dunes dengan tinggi 5 m, lebar 8 m dan kemiringan 25° pada jarak 90 m di belakang garis pantai. Kuat geser sand dunes pada kondisi ini terhitung sebesar 1292646.376 N/m.



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

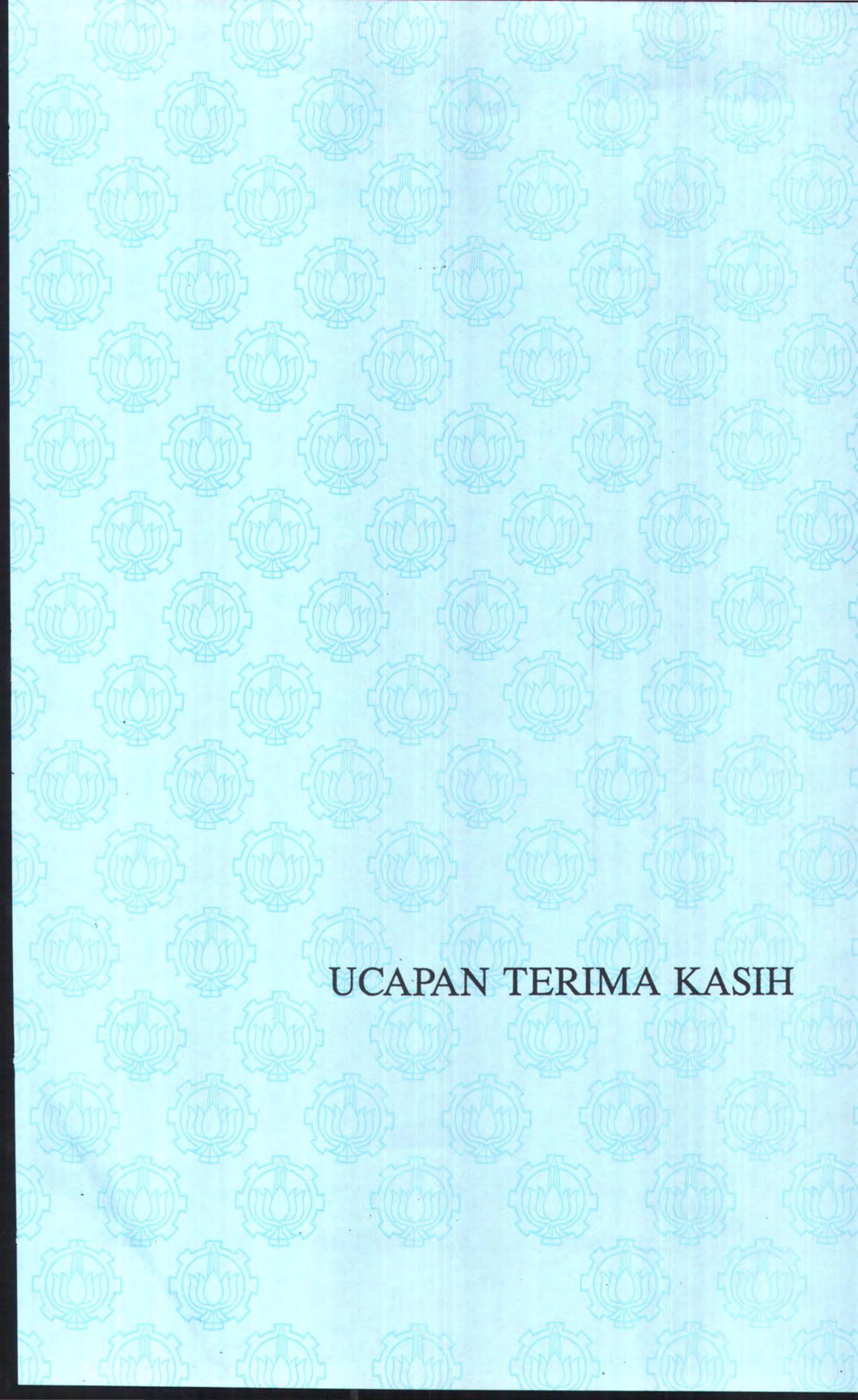
Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, hidayah dan inayah-Nya kepada kita sekalian, terutama kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini dikerjakan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini hanya merupakan sekelumit karya yang dapat dipersembahkan penulis sebagai hasil dari studi yang telah dijalani penulis selama masa kuliah. Penulis yakin bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis berharap akan adanya kritik maupun saran dari pembaca. Semoga dengan segala keterbatasan yang ada, apa yang tersirat dan tersurat di dalam tulisan ini dapat bermanfaat sebagai pengetahuan di lingkungan Teknik Kelautan - ITS khususnya dan bagi masyarakat pada umumnya.

Surabaya, Juli 2000

Penulis

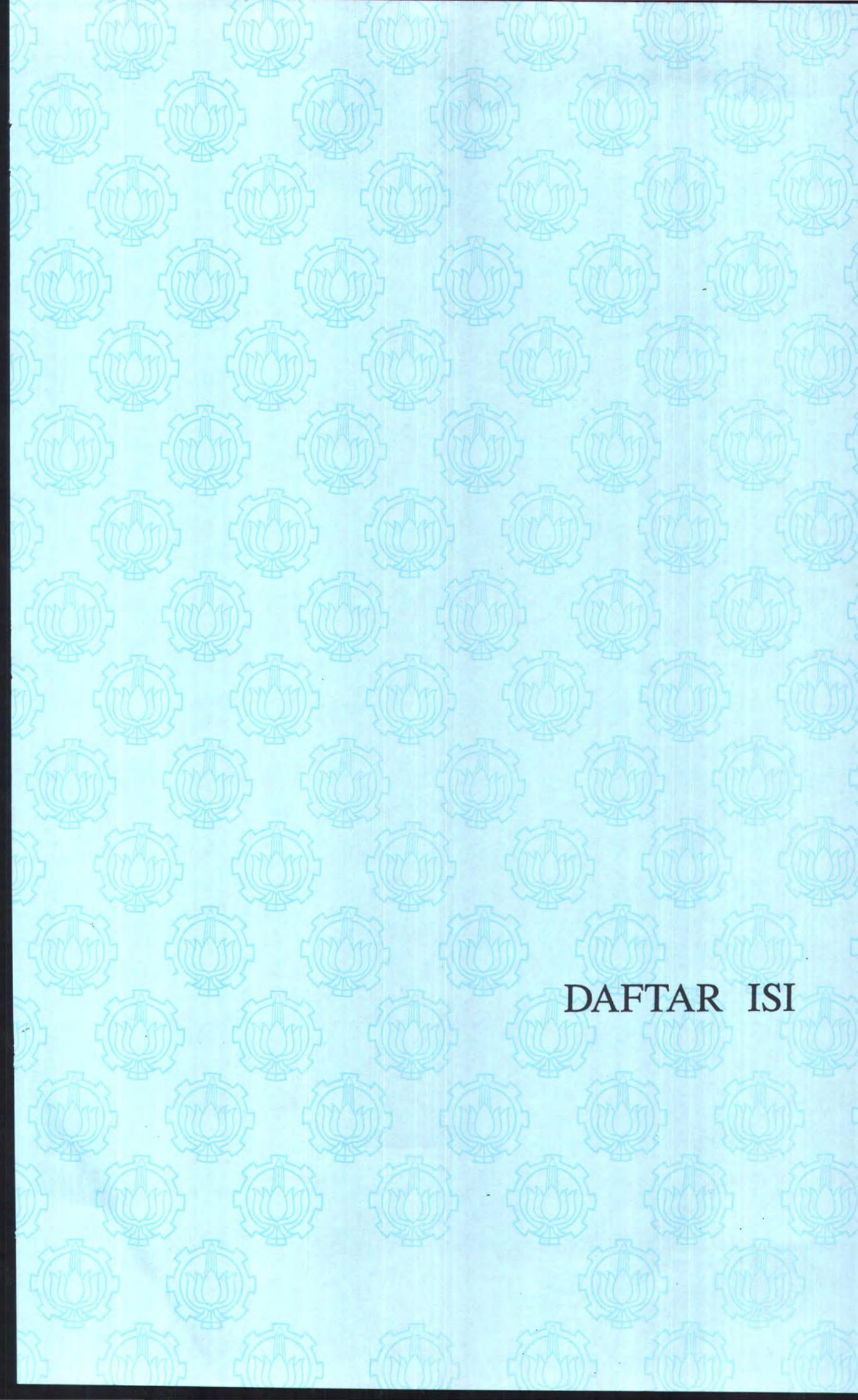


UCAPAN TERIMA KASIH

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari pihak-pihak tertentu, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas limpahan ilmu dan segala karunia-Nya hingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Abi, Mama serta Bucik Elok tercinta yang telah memberikan dukungan sepenuhnya baik moral, material maupun spiritual sejak penulis lahir, kemudian belajar dan bermasyarakat hingga masuk dan berhasil menyelesaikan studi di perguruan tinggi ini.
3. Kakak-kakakku di rumah, atas segala kasih sayang, pengertian dan perhatian yang diberikan pada adiknya sehingga sang adik dapat merasakan nikmatnya hidup, belajar dan berusaha serta berhasil dalam studi yang dijalani.
4. Prof. Dr. Ir. W. A. Pratikto, selaku dosen pembimbing 1, atas waktu, arahan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini berlangsung hingga selesai.
5. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc., selaku dosen pembimbing 2, atas masukan dan arahan yang diberikan selama tugas akhir ini dikerjakan.
6. Ir. Solihin, selaku dosen co. pembimbing, atas segala informasi, saran, dukungan dan dorongan serta waktu dan segala bantuan yang pernah diberikan pada penulis sejak kemajuan proposal hingga selesainya tugas akhir ini.
7. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc., selaku koordinator tugas akhir, atas waktu dan kesempatan yang diberikan penulis untuk mengikuti ujian tugas akhir ini hingga penulis berhasil dalam ujian tersebut.
8. Ir. Arief Suroso, M.Sc., selaku dosen wali dan segenap dosen plus staf karyawan Teknik Kelautan, atas pengetahuan yang pernah disampaikan kepada penulis selama kuliah di Jurusan ini.



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Halaman Pengesahan	
Halaman Persembahan	
Abstrak	
Kata Pengantar	i
Ucapan Terima Kasih	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii

BAB I PENDAHULUAN

I.1	Latar Belakang	I-1
I.2	Perumusan Masalah	I-2
I.3	Batasan Masalah	I-2
I.4	Tujuan	I-3
I.5	Manfaat	I-3
I.6	Metodologi	I-4

BAB II DASAR TEORI

II.1	Sand Dunes	II-1
	II.1.1 Bangunan Sand Dunes Menggunakan Pagar	II-2
	II.1.2 Bangunan Sand Dunes Menggunakan Vegetasi	II-5
II.2	Tsunami	II-8
	II.2.1 Pembangkit Gelombang Tsunami	II-9
	II.2.2 Tinggi Gelombang Tsunami	II-13
	II.2.3 Gaya Gelombang Tsunami	II-15
II.3	Properti Tanah	II-17
	II.3.1 Penurunan Tanah	II-20
	II.3.2 Kuat Geser Tanah	II-23
II.4	Stabilitas Sand Dunes	II-24
	II.4.1 Stabilitas Terhadap Longsor (<i>Sliding</i>)	II-25
	II.4.2 Stabilitas Terhadap Gaya Geser	II-29
II.5	Pemadatan Tanah	II-29

BAB III METODOLOGI

III.1	Metodologi Perencanaan Sand Dunes	III-1
-------	---	-------

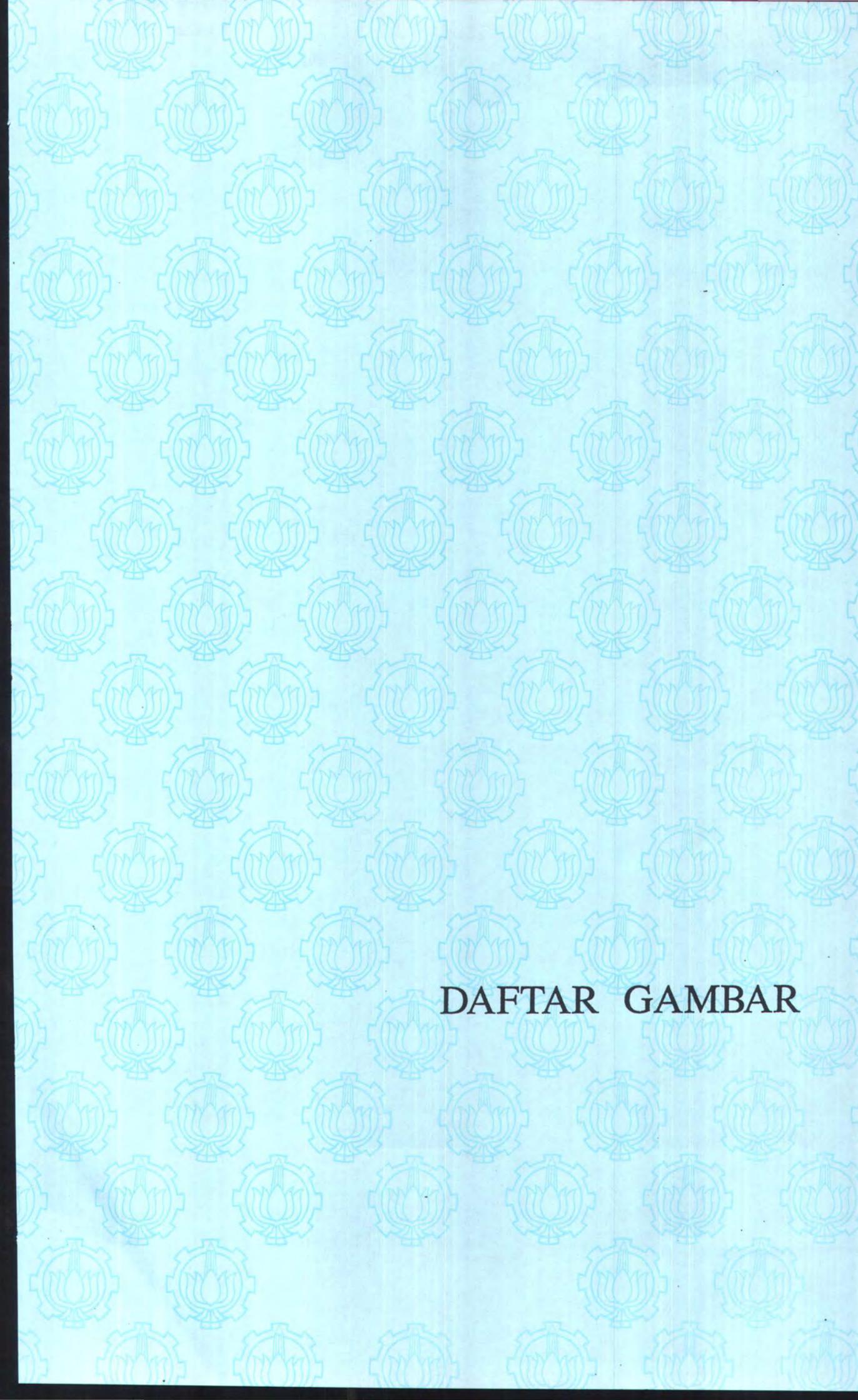
BAB IV	DATA-DATA UNTUK PERENCANAAN	
IV.1	Lokasi dan Keadaan Geologi	IV-1
IV.2	Hasil Pemodelan Gelombang Tsunami 1994	IV-4
IV.3	Data Tanah	IV-5
IV.4	Material Timbunan	IV-7
BAB V	PERHITUNGAN DAN ANALISA	
V.1	Perhitungan Gaya Gelombang	V-1
V.2	Perencanaan Lay Out Sand Dunes	V-5
V.2.1	Properti Sand Dunes	V-5
V.2.2	Dimensi Sand Dunes	V-6
V.2.2.1	Bentuk Sand Dunes	V-6
V.2.2.2	Tinggi Sand Dunes	V-8
V.2.2.3	Lebar Sand Dunes	V-8
V.2.3	Letak Sand Dunes	V-9
V.3	Perhitungan Kuat Geser	V-9
V.4	Perhitungan Stabilitas Sand Dunes	V-13
V.5	Perhitungan Penurunan Tanah	V-14
BAB VI	METODOLOGI PELAKSANAAN	
VI.1	Langkah Pengerjaan	VI-1
VI.2	Peralatan	VI-4
VI.2.1	Penempatan dan Pengendalian Peralatan	VI-5
VI.2.2	Penggunaan Peralatan	VI-6
BAB VII	KESIMPULAN	
VII.1	Kesimpulan	VII-1
VII.2	Saran	VII-2

Daftar Pustaka

Lampiran

 Lampiran A Perhitungan Kuat Geser Sand Dunes

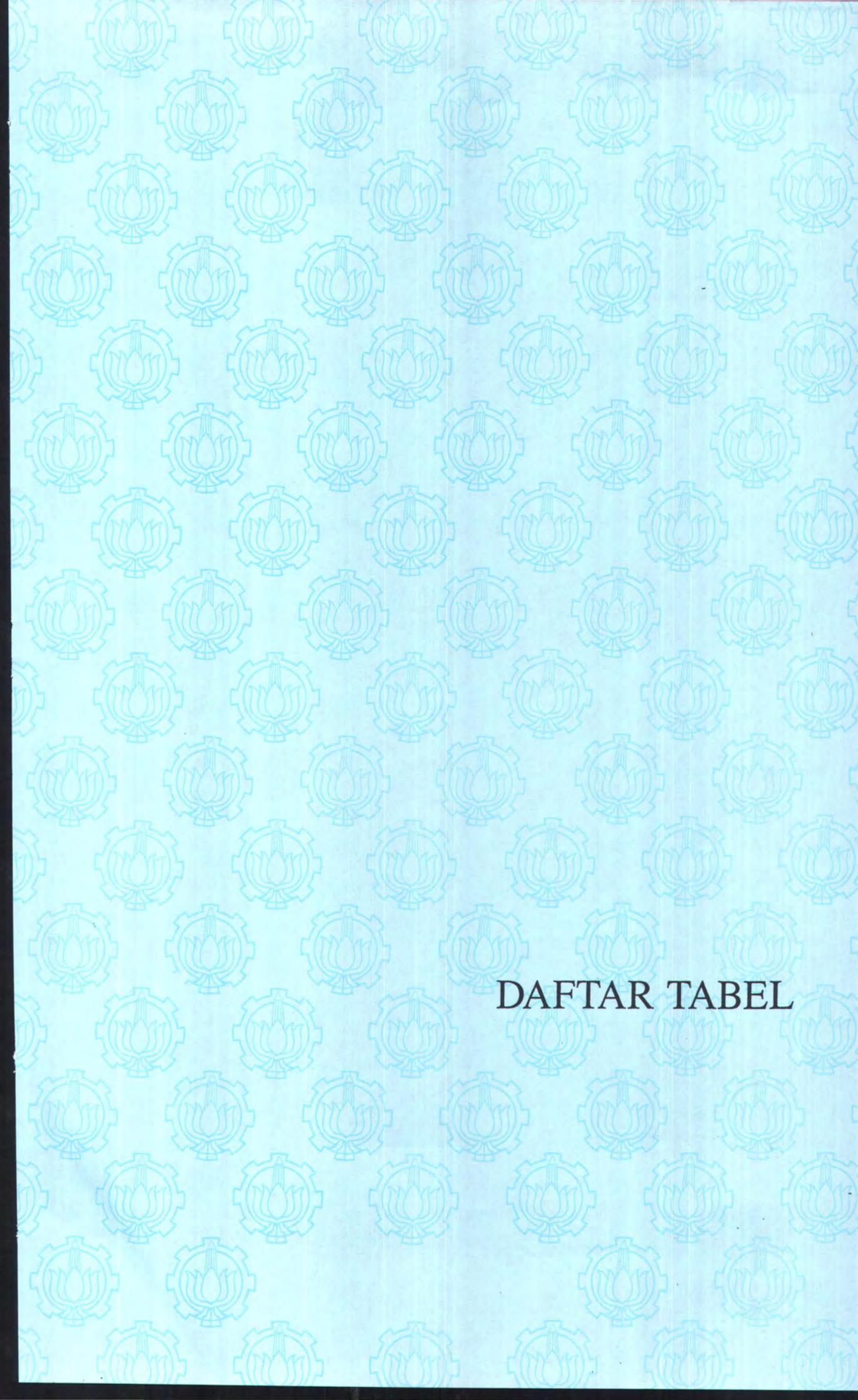
 Lampiran B Perhitungan Stabilitas Sand Dunes Terhadap Gelincir (*Sliding*)



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

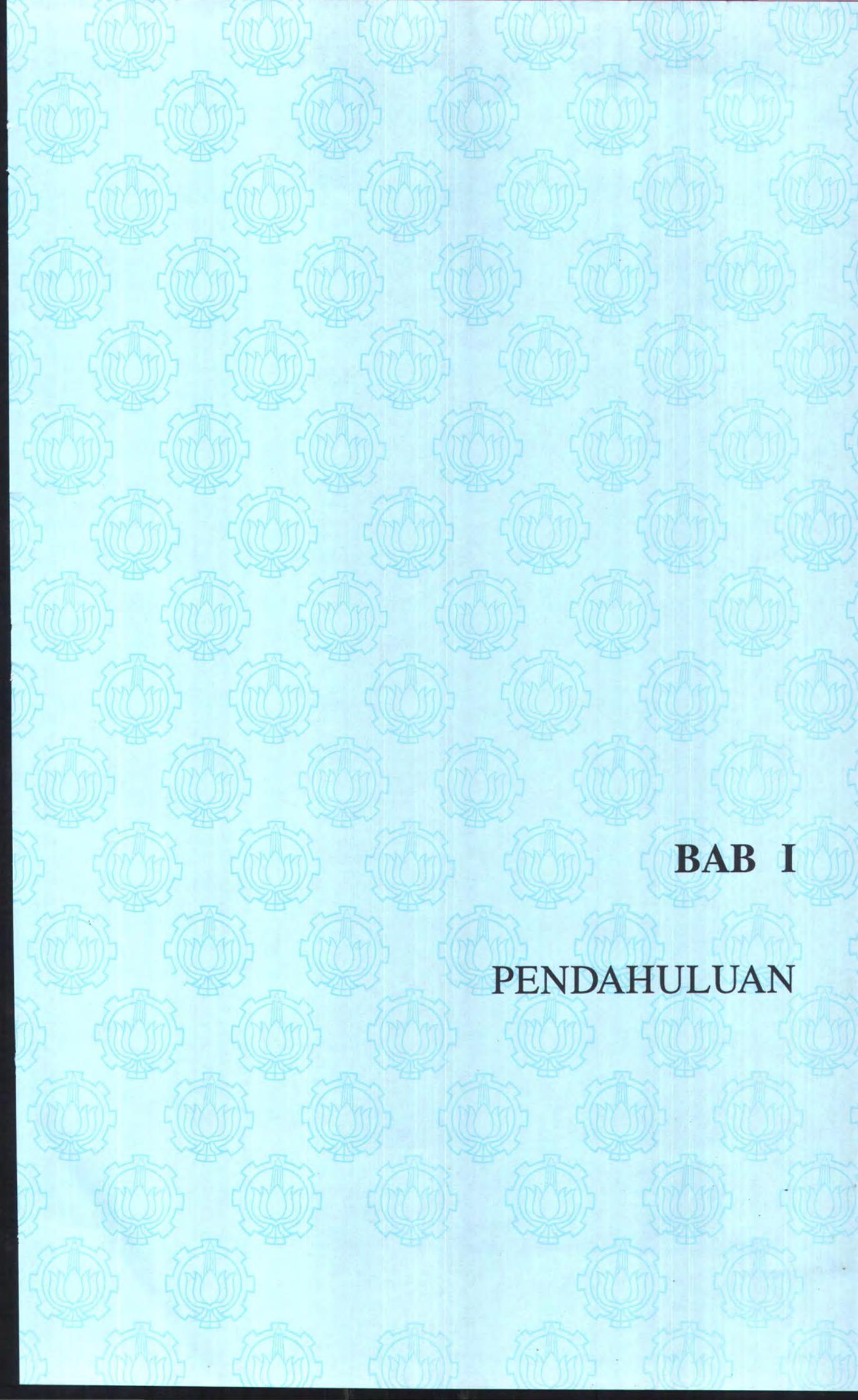
Gambar 1.1	Diagram alir metodologi perencanaan	I-5
Gambar 2.1	Sand dunes dengan menggunakan pagar	II-4
Gambar 2.2	Pergerakan sepanjang garis patahan	II-9
Gambar 2.3	Peta Tektonik di Indonesia	II-12
Gambar 2.4	Pemodelan Gelombang dan Urutan posisi	II-14
Gambar 2.5	Tinggi Surge	II-16
Gambar 2.6	Diagram gaya gelombang pada struktur pantai	II-17
Gambar 2.7	Analisis busur lingkaran	II-27
Gambar 2.8	Cara perhitungan dengan metode sayatan	II-28
Gambar 4.1	Peta kontur Teluk Rajegwesi Banyuwangi	IV-3
Gambar 5.1	Bentuk sand dunes yang direncanakan	V-7
Gambar 5.2	Grafik hasil perhitungan angka keamanan sand dunes terhadap gaya geser	V-12



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas ukuran untuk jenis-jenis tanah	II-18
Tabel 2.2	Porositas, angka pori dan berat satuan tanah-tanah tipikal alami	II-19
Tabel 4.1	Elevasi muka air maksimum hasil uji model fisik	IV-4
Tabel 4.2	Data parameter fisik tanah	IV-6
Tabel 5.1	Gaya gelombang tsunami pada struktur	V-3
Tabel 5.2	Perhitungan kuat geser sand dunes	V-11
Tabel 5.3	Perhitungan penurunan tanah	V-15



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pantai sebagai tempat yang membatasi pengaruh laut menuju daratan merupakan obyek yang harus dijaga dan dipelihara kelestariannya. Hal ini berkaitan dengan banyak digunakannya pantai sebagai tempat wisata, tempat bekerja, juga sebagai tempat pemukiman penduduk.

Pada pantai yang sering menerima gelombang yang cukup besar umumnya dibuat bangunan pelindung berupa tumpukan batuan dan sebagainya untuk mencegah erosi pada pantai tersebut.

Gelombang laut merupakan salah satu penyebab erosi pada pantai. Gelombang dapat dikarenakan angin, pasang surut, atau pergerakan tanah di dasar laut yang disebut dengan gempa. Untuk gelombang yang disebabkan gerakan tanah di dasar laut ini dikenal dengan nama tsunami. Tsunami mempunyai panjang gelombang yang besar sehingga pada waktu menjalar ke arah pantai dan mengalami pendangkalan kedalaman laut akan menimbulkan gelombang yang sangat tinggi dengan energi yang besar. Gelombang tersebut dapat menyapu pantai dan sekitarnya, sehingga menimbulkan banyak kerusakan dan kerugian.

Dari data yang ada, terdapat pantai-pantai tertentu di Indonesia yang memiliki potensi besar untuk terkena dampak dari bahaya tsunami. Pantai-pantai tersebut adalah pantai-pantai dimana laut yang ada di depannya merupakan laut lepas dan merupakan daerah yang dilewati lempeng-lempeng tektonik. Salah satu

dari daerah tersebut adalah Teluk Rajegwesi di Banyuwangi. Pantai yang ada pada teluk tersebut sangat rawan untuk terkena dampak dari bahaya tsunami yang pernah terjadi sebelumnya yakni pada tahun 1994.

Saat ini telah banyak dibuat bangunan pelindung pantai untuk mencegah erosi pada pantai tersebut akibat pengaruh arus dan gelombang laut. Salah satu bangunan pelindung pantai untuk mereduksi pengaruh gelombang tsunami adalah Sand Dunes, yakni tumpukan atau bukit pasir yang dibentangkan sepanjang pantai pada jarak tertentu dari pantai dengan dimensi tertentu.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini akan dibahas masalah-masalah antara lain:

1. Bagaimana perencanaan dimensi sand dunes sebagai bangunan pelindung pantai untuk mereduksi pengaruh tsunami terhadap lingkungan di sekitarnya.
2. Bagaimana stabilitas sand dunes terhadap keruntuhan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam rangka mempermudah penyelesaian tugas akhir ini dan karena keterbatasan data yang diperoleh, maka dibuat suatu batasan masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan yang dituliskan dalam tugas akhir ini mengacu pada kejadian tsunami tahun 1994 di Teluk Rajegwesi.

2. Data tanah yang dipergunakan dalam perencanaan ini merupakan data tanah yang telah tersedia dari hasil perencanaan yang pernah dilakukan sebelumnya dan merupakan data tanah dengan kondisi lunak sehingga dianggap dapat mewakili data tanah setempat.
3. Perencanaan sand dunes ini dilakukan pada dua kondisi tanah, yakni kondisi tanah lempung dan pasir.
4. Tinjauan ekonomis tidak dibahas.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Merencanakan dimensi sand dunes dan jarak sand dunes dari garis pantai.
2. Menentukan stabilitas sand dunes untuk mencegah keruntuhan.

1.5 Manfaat

Hasil dari perencanaan ini diharapkan dapat bermanfaat untuk dijadikan acuan dalam membuat bangunan Sand Dunes untuk perlindungan pantai-pantai di Indonesia terutama pada daerah-daerah yang mempunyai potensi yang cukup untuk terjadinya tsunami.



1.6 Metodologi

Perencanaan bangunan pelindung pantai ini menggunakan metodologi seperti yang terdapat pada diagram alir pada gambar 1.1. Penjelasan mengenai metodologi ini akan dibahas pada bab tersendiri, yakni pada bab 3.

BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

II.1 Sand Dunes

Sand dunes merupakan bangunan pelindung pantai yang diletakkan di belakang garis pantai untuk mencegah pergerakan badai pasang surut dan gelombang menuju daerah di belakang pantai (SPM Vol. 1, 1984). Timbunan dunes yang letaknya lebih jauh ke arah daratan juga berfungsi melindungi, tetapi mempunyai tingkatan yang lebih rendah daripada yang terletak di dekat garis pantai (*foredunes*). Timbunan tanah yang stabil yang berada di belakang *foredunes* tersebut merupakan garis kedua dari pertahanan dalam melawan erosi apabila *foredunes* telah rusak akibat badai.

Untuk memberikan stabilitas pada sand dunes, dapat digunakan tumbuhan. Stabilisasi sand dunes ini dilakukankan untuk mencegah kehilangan kemampuan perlindungan dari sand dunes tersebut.

Pada daerah yang mempunyai suplai pasir yang cukup dan sering terjadi banjir akibat badai, maka penimbunan pasir pada daerah tersebut dapat menyediakan perlindungan yang lebih efektif dengan harga yang lebih murah daripada *seawall*. Sand dunes di dekat pantai tidak hanya melindungi dari air yang tinggi (*high water*) dan gelombang, tetapi juga menyediakan cadangan untuk mensuplai pantai.

Akumulasi pasir pada lereng pantai oleh sebuah dunes akan membangun atau meluaskan dune menuju garis pantai. Pasir ini akan kembali ke pantai akibat adanya badai dan kemudian bertumpuk di pantai.

II.1.1 Bangunan Dunes Menggunakan Pagar

Beberapa metode mekanik seperti pemagaran yang terbuat dari semak-semak atau tiang-tiang yang dipancang pada pasir, telah digunakan untuk membangun *foredune*. Beberapa pabrik plastik telah melakukan investigasi untuk digunakan sebagai pagar pasir dan hasilnya memuaskan tetapi hanya untuk jangka pendek.

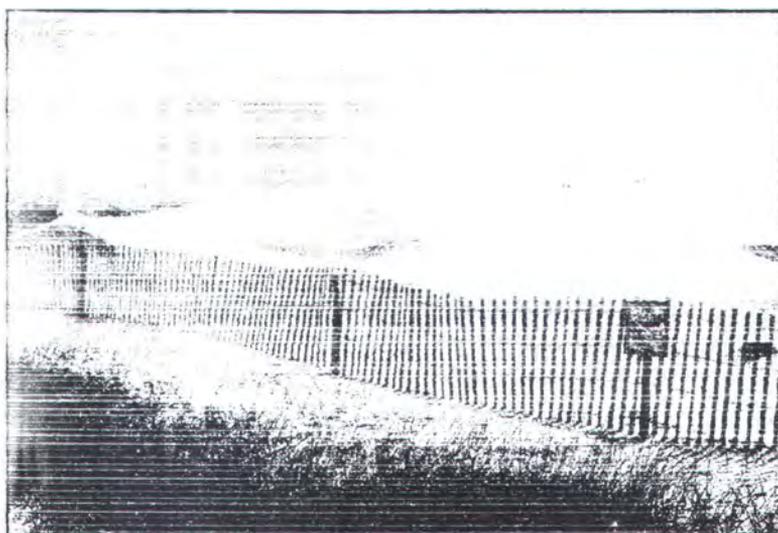
Uji lapangan untuk pembangunan dunes dengan *sand fences* pada beberapa kondisi telah diadakan di Cape Cod, Massachusetts, Core Banks, North Carolina, dan Padre Island, Texas. Di bawah ini adalah pedoman dan perkiraan berdasarkan pengujian dan observasi yang pernah dilakukan selama beberapa tahun yang lalu (SPM Vol. 1, 1984):

- a. Pemagaran dengan porositas (rasio dari area pada tempat terbuka terhadap total area) sekitar 50% merupakan cara yang terbaik untuk dipakai. Pagar yang paling praktis dan efektif harganya adalah pagar kayu standart.
- b. Bentuk pagar yang efektif adalah yang berbentuk lurus. Bangunan pagar dengan cabang samping atau jajaran zigzag tidak menambah efektifitas penahan yang cukup untuk menjadi ekonomis.

- c. Pagar harus sejajar dengan garis pantai dan tidak perlu tegak lurus arah angin.
- d. Dengan pergerakan pasir pada pantai, pagar dengan porositas 50% biasanya digunakan untuk jangka waktu hingga 1 tahun (Savage dan Woodhouse, 1969). Dune akan setinggi pagar dan kemiringan dune sekitar 1:4 sampai 1:7 tergantung pada ukuran butiran dan kecepatan angin.
- e. Pembangunan dunes dengan *sand fencing* dapat dilakukan dengan dua cara:
- Dengan membangun pagar tunggal.
 - Dengan membangun barisan pagar ganda dengan masing-masing pagar berjarak 4 kali tinggi pagar.
- Pagar tunggal biasanya lebih efektif harganya, terutama pada kecepatan angin yang rendah, tetapi pagar ganda lebih cepat menahan pasir pada kondisi kecepatan angin yang lebih tinggi.
- f. Akumulasi dari pasir tanpa pagar tidak konstan dan lebarnya bervariasi menurut lokasi, musim dan dari tahun ke tahun. Agar lebih efektif, pagar harus diperiksa secara reguler, diperbaiki atau bila perlu diganti dengan yang baru.
- g. Kemampuan menahan dari pembangunan awal pagar setinggi 1,2 m adalah sekitar 5 m^3 sampai 8 m^3 tiap meter.
- h. Penggunaan mobil-mobil rongsokan dalam pembangunan sand dunes akan lebih mahal dan kurang efektif daripada pagar. Hal ini juga dapat merusak pemandangan dan membahayakan.

- i. Dunes dengan pagar harus distabilkan dengan vegetasi atau pagar akan rusak dan pasir terlepas dari pagar. Pada saat pagar menahan pasir pada laju yang tinggi, vegetasi yang ada akan menahan pasir pada laju yang sebanding untuk bermacam pengangkat dari pagar pasir. Bangunan dunes dengan pagar merupakan langkah pertama dari dua langkah operasi yang ada.

Pagar mempunyai dua keuntungan awal dengan atau tanpa penanaman, yaitu pagar dapat dibangun setiap saat dan pagar dapat segera bekerja efektif sebagai penahan pasir setelah dibangun. Tidak perlu menunggu sampai waktu tertentu untuk kemampuan menahan yang baik dalam perbandingannya dengan metode vegetatif. Dengan demikian, pagar pasir berguna untuk mengakumulasikan pasir sebelum vegetasi ditanam. Gambar 2.1 merupakan contoh sand dunes dengan menggunakan pagar.



Gambar 2.1 Sand dunes dengan menggunakan pagar (SPM Vol. 1, 1984)

II.1.2 Bangunan Dunes Menggunakan Vegetasi

a. Pemilihan tanaman

Terdapat sedikit spesies tanaman yang tumbuh di lingkungan pantai yang keras. Tanaman-tanaman yang tumbuh sepanjang pantai beradaptasi dengan kondisi pantai yang memiliki pasir yang keras dan selalu berakumulasi, terkena sinar matahari, temperatur permukaan yang tinggi, genangan air bergaram, dan kekeringan. Tanaman yang dapat bertahan akan terus hidup, tumbuh-tumbuhan *rhizomatous* atau *stoloniferous* dengan sistim akar yang meluas, batang yang sesuai dengan pertumbuhan yang cepat melalui akumulasi pasir, dan kemampuan menahan hamburan garam. Walaupun sedikit tanaman yang mempunyai karakteristik yang memadai, satu atau lebih dari spesies yang cocok dengan kondisi pantai yang keras tumbuh sepanjang kebanyakan pantai di Amerika.

Tanaman yang paling sering digunakan adalah *ammophila breviligulata* sepanjang pertengahan dan di atas pantai Atlantik juga di wilayah Great Lakes; *ammophila arenaria* di sepanjang pantai barat daya pasifik dan pantai California; *uniola paniculata* di sepanjang pantai Atlantik selatan dan pantai Gulf; *panicum amarum* dan *panicum amarulum* sepanjang pantai Atlantik dan Gulf.

b. Pengambilan dan pengolahan tanaman

Tanaman harus digali dengan hati-hati sehingga semua akarnya dapat terangkat. Rumpun tanaman harus dipisahkan sesuai dengan jumlah batang yang diinginkan. Tanaman harus bersih dari tumbuhan mati dan dipotong dengan panjang sekitar 50 cm untuk memudahkan pemindahan.

Kebanyakan dari tanaman dapat disimpan beberapa minggu jika bagian bawahnya dibungkus kain goni yang basah, dilindungi pasir yang lembab, atau atau ditempatkan pada wadah dengan kandungan air 3 sampai 5 meter. Kandungan sea oats akan berkurang jika disimpan melebihi 3 sampai 4 hari. Untuk mengurangi berat selama pemindahan, akar dan titik basal dapat dicelupkan ke dalam lumpur dan tanaman diikat dalam kertas yang sudah di beri tekanan. Tanaman akan bertahan lama bila didinginkan. Penggalan tanaman selama musim salju dan dilakukan pada tempat penyimpanan yang dingin, yaitu 1 – 3 derajat celcius digunakan pada akhir penanaman pada musim semi.

c. Penanaman dan pemupukan

Teknik pencangkakan untuk kebanyakan spesies rumput laut telah dikembangkan dengan baik. Pencangkakan disarankan dilakukan di daerah dekat beach berm dan di daerah-daerah kritis, seperti daerah yang rawan erosi. Kebanyakan dari daerah-daerah kritis membutuhkan rentang pencangkakan yang padat untuk meyakinkan keberhasilan stabilisasi tanah. Sebuah alat pencangkok mekanik yang dimuat di traktor adalah suatu alat yang direkomendasikan untuk lereng datar dan sedang. Lereng yang curam dan tidak teratur harus ditanam dengan tangan. Tabel 6-4 memberikan sebuah rangkuman spesifikasi penanaman rumput laut.

Penyemaian secara praktis dilakukan hanya jika perlindungan dari erosi dan angin kering dapat diberikan dengan pemupukan dan irigasi yang teratur dan tidak dapat dilakukan untuk kebanyakan daerah pantai. Penyemaian rumput laut

secara umum tidak tersedia di pasar bebas dan harus dipanen selama musim gugur untuk penyemaian pada musim semi.

Tempat dimana dilakukan pengujian, rumput laut harus diberi makan suplemen dengan menambah produksi daun-daunan. Pada gilirannya hal ini akan memberikan kapasitas pasir tang tertahan lebih besar. Hanya rumput pantai Amerika yang harus secara rutin diberi pupuk pada musim tanam yang kedua dengan 56 kg per hektar untuk pupuk nitrogen dalam bulan April dan diber lagi pada bulan September. Spesies-spesies lain harus diberi pupuk jika pertumbuhannya tidak normal atau layu. Secara umum, hanya daerah-daerah yang mempunyai pertumbuhan yang sedikit akan membutuhkan pemupukan. Selama musim tanam yang ketiga, pupuk dapat diberikan untuk memperbaiki pertumbuhan. Bagaimanapun kondisinya, *sea ous* tidak responsif terhadap pupuk setelah musim tanam yang kedua.

d. Lebar penanaman

Jarak penanaman dan pergerakan dari pasir harus dipahami dalam mencari lebar penanaman. Ketika sedikit pasir bergerak untuk tertahan dan spasi penanamannya padat, hampir semua pasir dapat tertangkap sepanjang sisi pantai dari penanaman dan sebuah dune yang dasarnya pendek terbentuk. Jika spasi penanaman sepanjang sisi pantai tidak rapat dalam kondisi pergerakan pasir, sebuah dune yang mempunyai dasar yang luas akan terbentuk. Bagaimanapun juga, tingkat pertumbuhan tanaman membatasi waktu dimana spasi penanaman

yang kurang rapat sepanjang sisi pantai akan menjadi efektif. Jarak dan polanya harus dicari dengan membuat karakteristik dari lokasi dan tujuan penanaman.

Gambar berikut menunjukkan sebuah eksperimen untuk menguji kemungkinan penambahan dari dasar dune oleh pagar pasir pada sebuah tanaman rumput. Pagarnya diletakkan pada pertengahan sekitar 30 meter dari lebar tanaman. Sejumlah pasir akan tertahan selagi rumput Amerika ini mulai tumbuh tetapi setelah itu sedikit pasir tertahan oleh pagarnya. Puncak dune terperangkap di dekat pasir pantai selama angin darat. Dataran dari dune akan menahan pasir yang digerakkan angin laut yang bertiup di atas wilayah dune yang tidak ada tanamannya.

II.2 Tsunami

Kata tsunami berasal dari bahasa Jepang, yakni kata *tsu* berarti pelabuhan dan kata *nami* berarti gelombang besar atau gelombang panjang yang lazimnya disebut *tidal wave*.

Tsunami didefinisikan sebagai gelombang yang memiliki periode panjang yang disebabkan oleh adanya suatu gangguan impulsif pada kulit bumi yang terjadi di dasar laut seperti gempa bumi atau erupsi vulkanik yang dapat menaikkan permukaan air dalam area yang sangat luas.

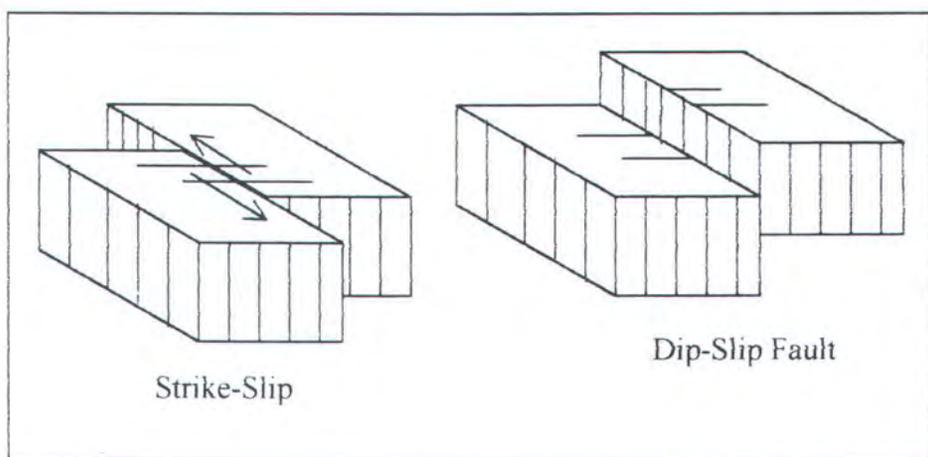
Gelombang ini bersifat transien atau sesaat dan sangat berbeda dengan gelombang laut biasa yang disebabkan oleh angin serta bersifat kontinyu. Selain itu, gelombang tsunami juga mempunyai sifat *nondispersive*, yaitu kecepatan fase

gelombang tidak tergantung pada panjang gelombang. Saat masih dekat dengan sumber, gelombang tsunami mempunyai kecepatan fase lebih kecil jika dibandingkan dengan gelombang tsunami yang telah menjalar jauh dari sumbernya.

Gelombang tsunami menyebabkan ombak-ombak besar seperti karena adanya badai atau topan dan perputaran air di daerah pantai atau pelabuhan.

II.2.1 Pembangkit Gelombang Tsunami

Tsunami dapat disebabkan oleh adanya aktivitas vulkanik atau pergeseran lapisan bumi pada dasar laut. Sangat sedikit prosentase tsunami yang terjadi akibat aktivitas vulkanik, dengan kata lain umumnya tsunami terjadi sebagai akibat pergerakan lapisan bumi (fault) dibawahnya. Pergerakan ini dapat berupa pergerakan secara horisontal (strike-slip fault) dan pergerakan secara vertikal (dip-slip fault) seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pergerakan sepanjang garis patahan (Camfield, 1980)

Pergerakan lapisan bumi dapat terjadi pada daerah-daerah yang dilewati oleh lempeng-lempeng tektonik dunia. Di dunia terdapat tujuh lempeng tektonik besar dan beberapa lempeng tektonik kecil, ini dapat dilihat pada gambar 2.3. Ketujuh lempeng besar yang dikenal antara lain adalah:

1. Eurasian Plate (Lempeng Eurasia)
2. Indian-Australian Plate (Lempeng India-Australia)
3. Pasific Plate (Lempeng Pasifik)
4. Atlantic Plate (Lempeng Atlantik)
5. African Plate (Lempeng Afrika)
6. American Plate (Lempeng Amerika)
7. Antartican Plate (Lempeng Antartika)



Indonesia merupakan tempat pertemuan beberapa lempeng besar dan lempeng kecil. Lempeng-lempeng tersebut tersebar di beberapa bagian di Indonesia, yakni:

1. Bagian barat-selatan, dilewati oleh *Indian-Australian Plate*.
2. Bagian utara-barat Indonesia, dilewati oleh *Asian Continental Plate*.
3. Bagian utara, dilewati oleh *South China-Oceanic Plate* dan *Philipine Plate*.
4. Bagian timur-utara, dilewati oleh *Pasific-Oceanic Crust*.
5. Bagian timur-selatan, dilewati oleh *Australia Continental Crust*.

Dari teori tektonik lempeng yang sebagian telah dijelaskan di atas, maka dapat diketahui bahwa di Indonesia ada beberapa tempat yang rawan terhadap terjadinya gempa bumi dan tsunami. Salah satu kejadian tsunami di Indonesia

adalah kejadian tsunami pada tahun 1994 di laut selatan Indonesia yang menjalar ke beberapa wilayah daratan termasuk Teluk Rajegwesi Banyuwangi.

Energi gelombang tsunami yang berasal dari aktifitas vulkanik atau pergeseran kulit bumi di dasar laut cenderung untuk menyebar sepanjang puncak gelombang dan akibat dari tsunami ini kebanyakan dirasakan di daerah pantai sekitar sumber kejadian dengan daya rusak yang sangat hebat, bahkan mencakup daerah yang luas sekali.

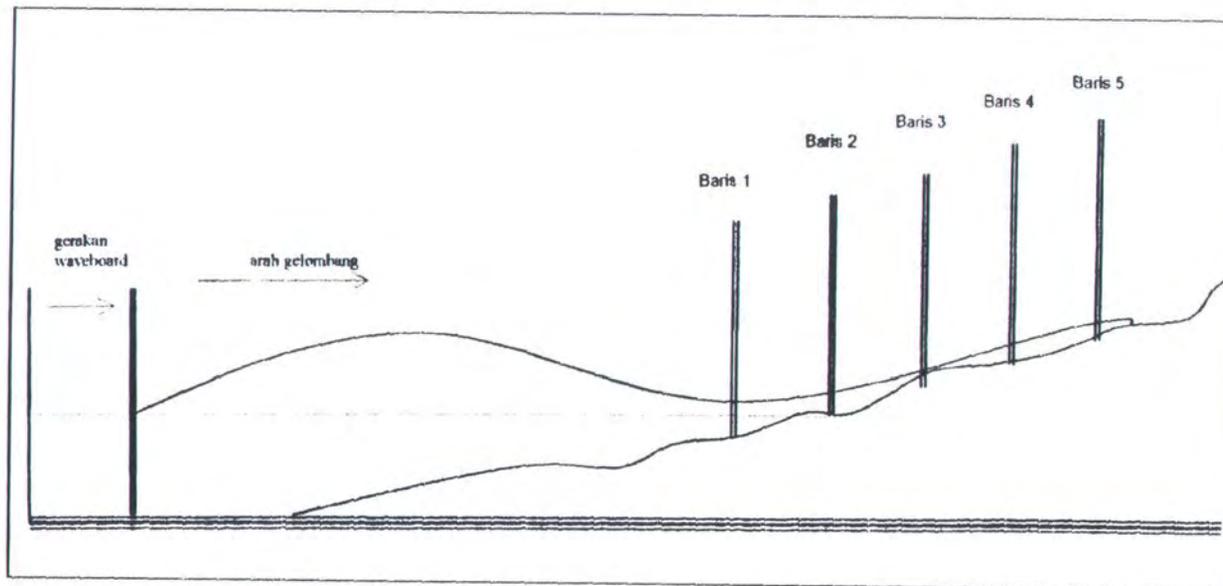
Daya perusak tsunami berupa hampasan gelombang yang tinggi dengan gaya yang sangat besar. Daya perusak tersebut mampu menyapu bangunan-bangunan di belakang garis pantai.

Pada kasus perusakan pantai karena gelombang normal seperti erosi, biasanya dibuat bangunan pelindung pantai seperti *jetty* atau *breakwater*. Untuk kasus perusakan pantai akibat gelombang tsunami diperlukan bangunan yang mempunyai dimensi yang cukup efektif untuk mereduksi daya perusak tsunami tersebut.

II.2.2 Tinggi Gelombang Tsunami

Tinggi tsunami akan berbeda dari titik ke titik ke belakang garis pantai, oleh karena itu diperlukan suatu pemodelan gelombang tsunami. Gambar 2.4 adalah pemodelan fisik gelombang tsunami di Teluk Rajegwesi 1994. Dengan menggunakan pemodelan gelombang tsunami, maka tinggi runup pada suatu titik dapat ditentukan setelah tinggi tsunami pada titik tersebut diketahui.

Ketika tinggi tsunami sepanjang suatu seksi dari garis pantai relatif konstan, sebagai pendekatan awal tinggi runup dapat diasumsikan menjadi konstan sepanjang seksi dari garis pantai tersebut. Variasi pada tinggi tsunami dan topografi garis pantai akan menyebabkan variasi pada karakteristik runup sepanjang beberapa seksi dari garis pantai. Karena variasi ini sulit diperkirakan, perkiraan tinggi runup akan mengandung kesalahan (*error*). Apabila tsunami dengan tinggi yang diketahui menghasilkan runup yang bervariasi pada sebagian seksi dari garis pantai, tinggi tsunami tersebut dibuat lebih tinggi dari tinggi yang diketahui untuk perancangan konservatif.



Gambar 2.4 Pemodelan gelombang dan urutan posisi sensor (Hendrajaya, 1999)

II.2.3 Gaya Gelombang Tsunami

Gelombang tsunami merupakan gelombang dengan amplitudo kecil dengan panjang gelombang yang sangat panjang, sehingga analisa gelombang tsunami dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan gelombang panjang (*long-wave equation*).

Pada waktu runup dari tsunami beraksi sebagai hempasan air dengan kecepatan tinggi mengenai pantai, timbul beberapa macam gaya pada struktur pantai tersebut, antara lain:

- a. Gaya surge, disebabkan oleh puncak gelombang yang mengenai struktur. Gaya ini bertambah seiring dengan pertambahan tinggi surge, seperti terlihat pada gambar 2.6 dan dengan ketinggian tertentu dapat menghempas struktur. Tinggi surge diukur dari permukaan tanah, untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.5. Gaya surge per unit panjang diberikan oleh Cross (1967) dalam (Camfield, 1980) sebagai:

$$F_s = \rho g h^2 / 2 + C_F \rho u^2 h \quad (2.2)$$

dimana:

$$C_F = [(4gn^2/h^{1/3})^{1.2} + 1],$$

sehingga persamaan di atas menjadi:

$$F_s = \rho g h^2 / 2 + [(4gn^2/h^{1/3})^{1.2} + 1] \rho u^2 h \quad (2.3)$$

b. Gaya drag, gaya yang disebabkan adanya kecepatan air akibat runup tsunami.

Gaya drag per unit waktu adalah:

$$F_D = \rho C_D A u^2/2 \quad (2.4)$$

dimana:

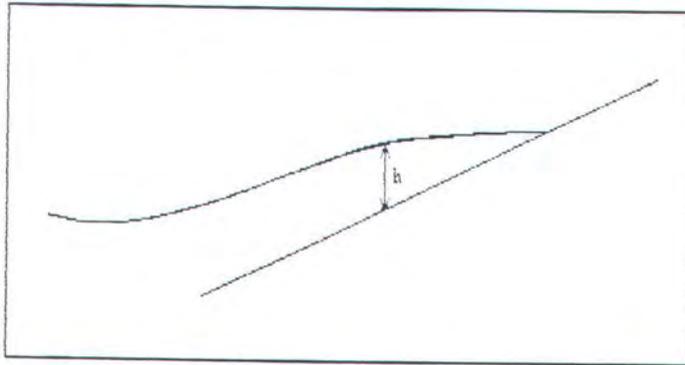
F_D = gaya drag per satuan waktu

ρ = densitas air laut

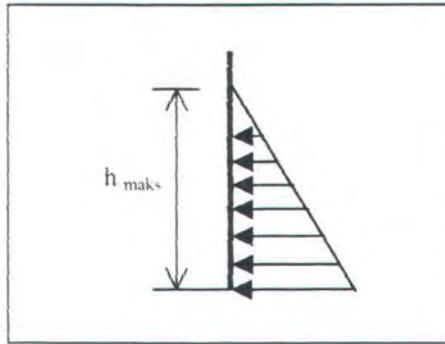
C_D = koefisien drag, tergantung pada badan struktur

A = luas permukaan struktur yang terkena aliran air

u = kecepatan air



Gambar 2.5 Tinggi surge (Camfield, 1980)



Gambar 2.6 Diagram gaya surge tsunami pada struktur pantai (Camfield, 1980)

II.3 Properti Tanah

Tanah adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang dapat dipisahkan oleh suatu cara mekanik apabila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).

Sifat utama dari butiran tanah adalah bentuk dan ukurannya. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari yang berukuran kecil sampai ke ukuran molekul besar. Butiran tanah dengan ukuran di atas 0,06 mm merupakan fraksi tanah yang kasar (*coarse fraction*) dan fraksi tanah sangat kasar (*very coarse fraction*) yang dapat diamati dengan mata telanjang atau lensa tangan. Butiran tanah dengan ukuran di bawah 0,06 mm hingga 2 mikron merupakan fraksi tanah halus (*fine fraction*) dan dapat diamati dengan menggunakan mikroskop. Selanjutnya untuk butiran tanah dengan ukuran di bawah 2 mikron, yang merupakan fraksi tanah sangat halus hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop elektron.

Menurut klasifikasi yang ada, tanah dikelompokkan menjadi 4 kategori besar, yaitu:

- Kerikil (gravel)
- Pasir (sand)
- Lanau (silt)
- Lempung (clay)

Ukuran butiran tanah untuk masing-masing jenis tanah di atas ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batas Ukuran Untuk Jenis-Jenis Tanah (McCarthy, 1979)

Jenis Tanah	Batas Atas	Batas Bawah
Kerikil	Bervariasi antara 3 in. Sampai 8 in. (8 cm sampai 20 cm)	4,76 mm (sekitar 0,20 in. menurut #4 U.S. Standard Sieve) atau 2,00 mm (#10 U.S. Standard Sieve)
Pasir	4,76 mm atau 2,00 mm	0,074 mm (#200 U.S. Standard Sieve) atau 0,05 mm (#270 U.S. Standard Sieve)
Lanau & Lempung	0,074 mm atau 0,050 mm	Tidak ada

Keterangan: #x menunjukkan tanah lolos ayakan nomor x.

Lebih lanjut tanah dikelompokkan lagi menjadi beberapa jenis dengan karakteristik yang lebih spesifik, seperti yang sebagian ditunjukkan pada tabel 2.2

dengan ukuran porositas, angka pori, dan berat satuan tanahnya untuk tanah-tanah tipikal alami.

Tabel 2.2 Porositas, Angka Pori dan Berat Satuan Tanah-Tanah
Tipikal Alami (Terzaghi, 1987)

No	Uraian	Porositas n (%)	Angka Pori e	Kadar Air W (%)	Berat Satuan	
					γ_d (g/cm ³)	γ (g/cm ³)
1.	Pasir seragam, lepas	46	0,85	32	1,43	1,69
2.	Pasir seragam, padat	34	0,51	19	1,75	1,89
3.	Pasir berbutir campuran, lepas	40	0,67	25	1,59	1,79
4.	Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	1,86	1,96
5.	Tillglasial, ber- butir campuran	20	0,25	9	2,12	2,32
6.	Lempung glasial lunak	55	1,2	45	-	1,77
7.	Lempung glasial kaku	37	0,6	22	-	2,07
8.	Lempung orga- nik agak lunak	66	1,9	70	-	1,58
9.	Lempung orga- nik sangat lunak	75	3,0	110	-	1,43
10.	Beton lunak	84	5,2	194	-	1,27

Pada umumnya jenis tanah yang ada pada lapisan dibawah pasir di pantai adalah tanah jenis pasir (*sand*) dan lempung (*clay*), sehingga dalam perencanaan ini akan digunakan analisa terhadap kedua jenis tanah tersebut.

II.3.1 Penurunan Tanah

Berat struktur yang ada di atas tanah akan menimbulkan tegangan pada tanah tersebut. Deformasi dalam tanah karena tegangan ini menyebabkan perubahan volume dalam tanah tersebut, sehingga struktur akan mengalami penurunan.

Pada situasi tertentu pembebanan struktur pada tanah terjadi pada arah vertikal ke bawah. Untuk kejadian umum dimana tegangan yang terbentuk berada dibawah tegangan ultimat tanah, kebanyakan dari penurunan struktur akibat tegangan terjadi pada arah vertikal. Keakuratan dalam memprediksi penurunan dapat ditentukan dengan mempertimbangkan pengaruh dari tegangan vertikal.

Penurunan disebabkan oleh tekanan tanah dan tekanan lateral dari tanah di luar daerah pembebanan. Faktor penurunan yang sangat signifikan untuk tanah berkohesi berbeda dengan faktor penurunan untuk tanah tak berkohesi. Pada tanah berkohesi penyebab utama penurunan adalah tekanan tanah, sedangkan untuk tanah homogen yang tak berkohesi penyebab utama penurunan adalah tekanan lateral di luar daerah pembebanan.

Untuk analisa penurunan, pertama kali harus dicari profil lapisan tanah, sehingga dapat diketahui sifat masing-masing lapisan. Kemudian ditentukan

besarnya tekanan tanah sebelum dibebani pada suatu tempat di tengah-tengah lapisan tanah liat. Tekanan ini disebut sebagai tekanan pra pembebanan atau tekanan awal.

Setelah adanya pendirian suatu struktur di atas tanah, maka akan timbul penambahan tekanan pada lapisan tanah tersebut yang disebut dengan tekanan akibat konsolidasi. Untuk lapisan tanah liat yang tidak tebal, tekanan awal dan penambahan tekanan di tentukan pada tengah-tengah lapisan saja. Apabila lapisan tanah liat seperti tersebut di atas tebal, maka tekanan awal dan penambahan tekanan diambil dari puncak, tengah dan dasar lapisan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya dengan menggunakan aturan Simpson. Perhitungan penurunan menggunakan persamaan yang diambil dari Wahyudi (1997):

$$S_i = \frac{\gamma H}{E} \frac{a^2}{a - a'} \left[r_H - \left(\frac{a}{a'} \right)^2 r_{H'} \right] \quad (2.5)$$

$$S_{cp} = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(1 + \frac{\Delta \sigma}{\sigma'_0} \right) \quad (2.6)$$

dimana:

S_i = penurunan serentak

S_{cp} = penurunan tanah akibat konsolidasi

γ = berat volume material struktur

H = tinggi timbunan

a, a' = lebar maksimum dan minimum timbunan

$r_{H,rH}$ = koefisien

C_c = indeks kompresi

= $0.156 e_0 + 0.0107$, menurut Rendon-Herrero (B. M. Das, 1991)

$\Delta\sigma$ = tekanan di muka tanah akibat berat timbunan

σ'_0 = tekanan overburden efektif

Pada tanah *over consolidated* persamaan untuk penurunan akibat konsolidasi adalah:

$$S_{sp} = \frac{H}{1 + e_0} \left[C_s \log\left(\frac{\sigma_c}{\sigma_0}\right) + C_c \log\left(\frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_c}\right) \right] \quad (2.7)$$

Untuk nilai penurunan tertentu, perlu diketahui faktor waktu dengan menggunakan persamaan:

$$T_v = \frac{\pi}{4} (U)^2 \quad \text{untuk } U \leq 60\% \quad (2.8)$$

$$T_v = -0,9332 \log(1-U) - 0,0851 \quad \text{untuk } U > 60\% \quad (2.9)$$

dimana:

T_v = faktor waktu

U = derajat konsolidasi (%)

Apabila T_v diketahui, maka untuk mengetahui waktu penurunan dapat digunakan persamaan:

$$T_v = \frac{C_v l}{H_{dr}^2} \quad (2.10)$$

dimana:

C_v = koefisien konsolidasi (cm^2/dt)

T = waktu penurunan (dt)

H_{dr} = panjang maksimum lintasan drainase (cm)

Nilai S_i , penurunan awal, jauh lebih kecil dari S_c dan waktu yang diperlukan juga lebih singkat dari S_c . Untuk kasus tertentu, harga S_i tidak diperhitungkan, hal ini dikarenakan pembangunan struktur di atas tanah yang memakan waktu cukup banyak, sehingga harga S_i tersebut dianggap telah tercapai sebelum bangunan selesai.

II.3.2 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah diartikan sebagai kemampuan suatu tanah untuk menahan tegangan dengan baik. Kuat geser tanah disebabkan oleh:

1. Geseran dalam akibat geseran antar butir-butir tanah yang menghambat terjadinya peluncuran (sliding)
2. Kohesi atau daya ikat antar partikel tanah.

Berdasarkan daya ikat antar partikelnya, tanah diklasifikasikan menjadi 3 macam, yakni:

- a. Tanah berbutir halus (kohesif), seperti tanah liat.

- b. Tanah berbutir kasar (tak berkohesi), seperti pasir.
- c. Tanah berkohesi atau bergeseran, seperti lumpur.

Untuk perhitungan kuat geser tanah digunakan persamaan dari Coulomb (1973) dalam Soedarmo dan Purnomo (1993), yakni:

$$S = C + \sigma \tan \phi \quad (2.11)$$

dimana:

S = kuat geser tanah (kg/cm^2)

C = kohesi (kg/cm^2)

σ = tegangan normal pada tanah (kg/cm^2)

ϕ = sudut geser dalam tanah (derajat)

$\tan \phi$ = faktor geser diantara butiran yang bersentuhan

II.4 Stabilitas Sand Dunes

Perhitungan stabilitas sand dunes dilakukan berdasarkan dengan teori stabilitas lereng (*slope*) akibat beban yang menyimpannya. Stabilitas sand dunes sangat diperlukan untuk menghindari keruntuhan pada sand dunes tersebut.

II.4.1 Stabilitas Terhadap Longsor (*Sliding*)

Pada suatu tempat dimana terdapat dua permukaan tanah dengan ketinggian yang berbeda, terdapat gaya-gaya yang membuat tanah pada permukaan yang lebih tinggi berpindah ke permukaan yang lebih rendah sehingga menyebabkan terjadinya keruntuhan. Pada tanah juga terdapat gaya-gaya yang menahan gaya-gaya dari luar sehingga menambah stabilitas timbunan. Gaya-gaya yang menyebabkan terjadinya keruntuhan disebut sebagai gaya pengganggu atau gaya penggerak, sedangkan gaya-gaya yang menahan gaya-gaya dari luar disebut sebagai gaya perlawanan. Contoh dari gaya penggerak adalah gaya gravitasi, gaya rembesan dan gaya-gaya akibat pembebanan suatu struktur diatas timbunan. Gaya perlawanan yang melawan gaya penggerak pada suatu timbunan timbul karena karakteristik tanah penyusun timbunan itu sendiri, seperti kuat geser dan kohesi tanah. Jadi dapat diperkirakan bahwa timbunan akan mengalami keruntuhan apabila gaya perlawanan lebih kecil atau tidak mampu melawan gaya penggerak yang ada. Untuk menjaga agar timbunan stabil sehingga tidak mengalami keruntuhan, diperlukan suatu angka keamanan/faktor keamanan yang merupakan perbandingan dari momen perlawanan dengan momen penggerak pada timbunan tersebut yang diekspresikan dengan persamaan:

$$F = \frac{\text{Momen perlawanan}}{\text{Momen penggerak}} \quad (2.12)$$

dimana:

F = angka/faktor keamanan

Dalam analisa stabilitas timbunan/lereng terdapat beberapa metode yang digunakan untuk jenis tanah yang berbeda-beda. Metode-metode tersebut diantaranya adalah:

1. Metode busur lingkaran (*Circular Arc Method*)

Metode ini diciptakan oleh K. E. Petterson (Sowers, 1979). Metode ini digunakan untuk analisa lereng dengan jenis tanah yang sepenuhnya kohesif. Dalam hal ini, stabilitas lereng yang tergantung pada perlawanan geser tanah liat yang jenuh, ditentukan oleh kohesi tanah liat.

Analisa dengan metode ini dilakukan dengan menggambar busur lingkaran sepanjang mulai dari bagian bawah hingga bagian atas dari lereng yang direncanakan, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.7. Penentuan angka keamanan lereng tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \frac{RCI}{W\bar{x}} \quad (2.13)$$

dimana:

R = jari-jari busur

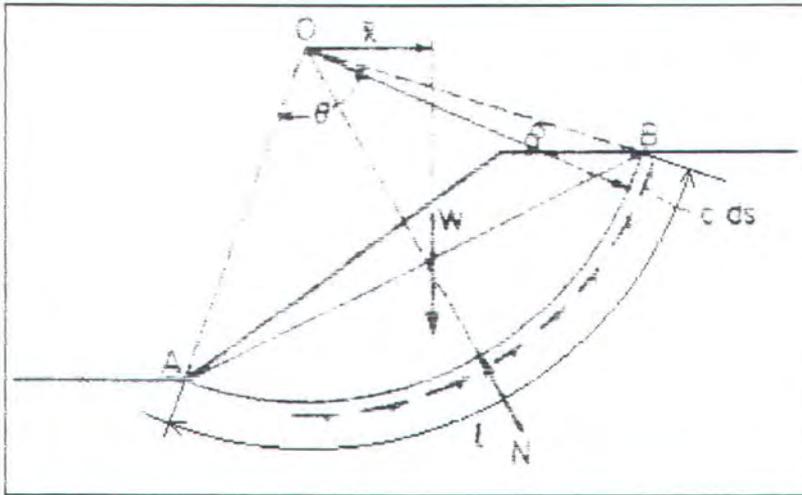
C = kohesi

l = panjang busur

W = beban pada pusat

\bar{x} = jarak pusat terhadap titik tengah lingkaran





Gambar 2.7 Analisis busur lingkaran (Sowers, 1979)

2. Metode sayatan (Slice Method)

Metode ini diciptakan oleh Wolmar Fellenius (McCarthy, 1979). Metode ini umumnya dipakai untuk tanah berkohesi. Analisa lereng dengan metode ini juga menggunakan busur lingkaran seperti pada metode busur lingkaran, tetapi busur tersebut dibagi menjadi beberapa sayatan dengan panjang sayatan yang sama. Gambar 2.8 menunjukkan cara perhitungan stabilitas dengan metode sayatan. Angka keamanan ditentukan sebagai jumlah total momen penggerak dari tiap-tiap sayatan dibagi dengan jumlah total momen perlawanannya, seperti diformulasikan pada persamaan berikut:

II.4.2 Stabilitas Terhadap Gaya Geser

Gaya geser yang ditimbulkan oleh beban lateral akan melawan kuat geser tanah sehingga dapat mengakibatkan terjadinya keruntuhan. Untuk menjaga agar timbunan tetap stabil dengan adanya gaya geser, maka diperlukan angka keamanan yang cukup dalam menjaga stabilitas timbunan tersebut. Angka keamanan untuk menjaga stabilitas timbunan terhadap gaya geser dirumuskan oleh D. W. Taylor dan W. Fellenius (Sowers, 1979) sebagai:

$$SF = \tau / P$$

dimana:

τ = kuat geser tanah

P = beban pada timbunan

II.5 Pemadatan Tanah

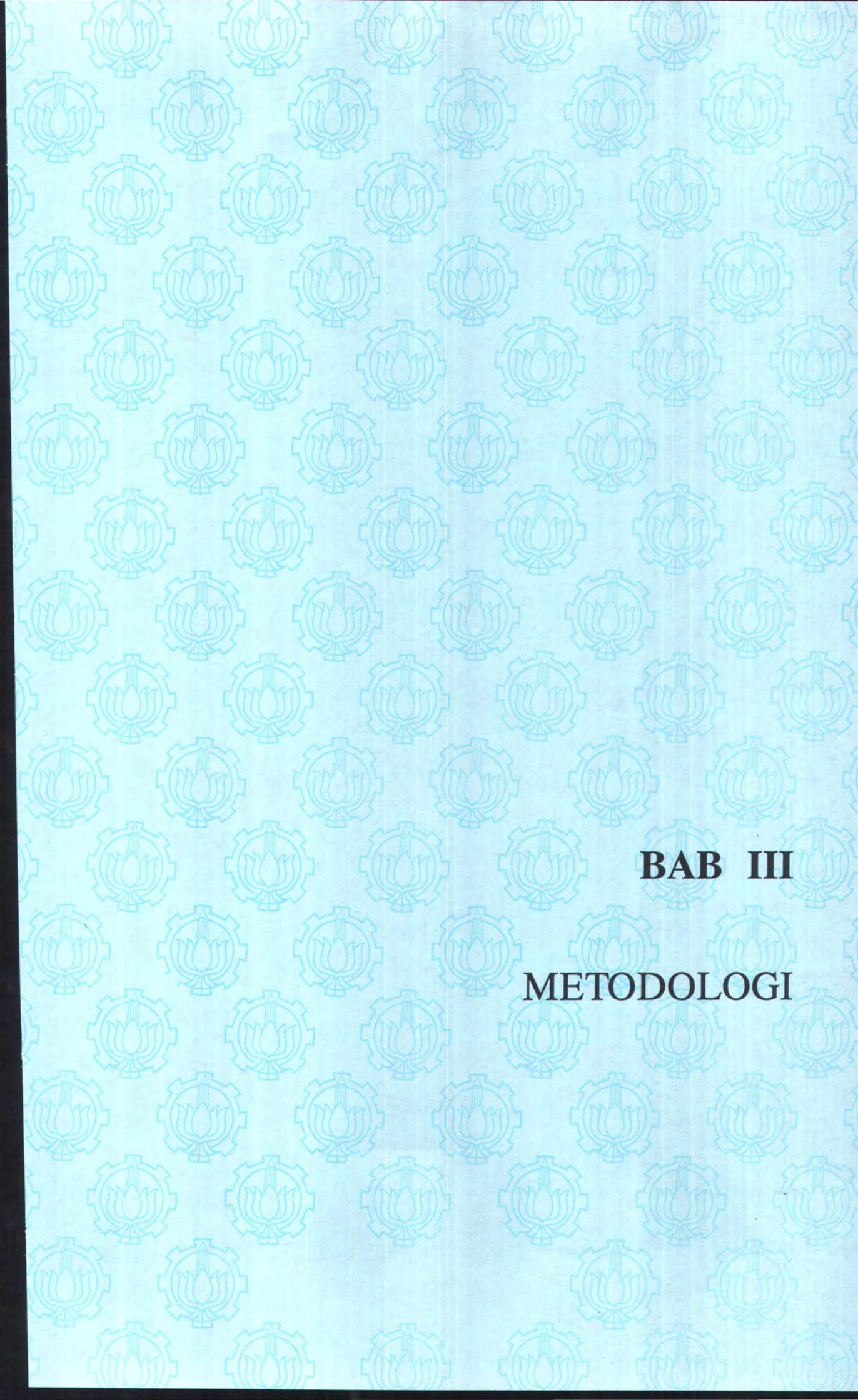
Pada pembuatan timbunan tanah, untuk meningkatkan kekuatan tanah dan kemantapan timbunan tersebut diperlukan pemadatan tanah. Alat-alat yang umum digunakan dalam proses pemadatan tanah antara lain adalah penggilas besi berpermukaan halus, penggilas getar dan mesin getar dalam.

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Untuk mempermudah pemadatan tanah biasanya digunakan air sebagai pembasah atau pelumas. Dengan adanya air, partikel-partikel tanah akan

lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain untuk membentuk kondisi yang lebih rapat atau padat.

Pada kasus pemadatan tanah dengan menggunakan air, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah pada saat dipadatkan meningkat. Apabila kadar air ditingkatkan terus secara bertahap, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume akan meningkat secara bertahap pula.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemadatan tanah adalah jenis tanah dan usaha pemadatan. Untuk tanah jenis pasir pada umumnya, harga berat volume kering cenderung untuk menurun dahulu dengan naiknya kadar air, kemudian naik hingga batas maksimum dengan penambahan kadar air selanjutnya. Penurunan berat volume kering pada awal penambahan kadar air disebabkan oleh pengaruh peristiwa kapiler pada tanah. Pada tanah dengan kadar air yang rendah, adanya tegangan tarik kapiler pada pori-pori tanah mencegah kecenderungan partikel tanah untuk bergerak dengan bebas dan untuk menjadi lebih padat. Kemudian tegangan kapiler akan berkurang dengan bertambahnya kadar air sehingga partikel-partikel tanah menjadi lebih mudah bergerak dan menjadi lebih padat.



BAB III

METODOLOGI

BAB III

METODOLOGI

Dalam suatu perencanaan terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan secara berurutan agar tercapai hasil perencanaan yang baik. Tahapan perencanaan tersebut tersusun sebagai metodologi perencanaan. Bentuk dan urutan tahapan perencanaan dalam metodologi disusun sesuai dengan proses perencanaan itu sendiri.

Hal yang paling pokok dalam suatu metodologi perencanaan adalah pengumpulan data yang akan digunakan dalam perencanaan tersebut. Metode pengumpulan data dalam perencanaan dapat dibagi menjadi 2 bagian, yakni pengumpulan data langsung dan pengumpulan data tidak langsung. Pengumpulan data langsung adalah pengumpulan data yang dilakukan secara langsung dari lokasi dimana perencanaan akan dilakukan. Pengumpulan data tidak langsung adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan mengambil data dari penelitian atau perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya.

III.1 Metodologi Perencanaan Sand Dunes

Dalam perencanaan sand dunes kali ini, metodologi yang digunakan seperti telah disebutkan garis besarnya pada Bab I tersusun dalam beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pengumpulan data.

Pengumpulan data yang akan digunakan dalam perencanaan kali ini meliputi pengumpulan data langsung dan pengumpulan data tidak langsung. Pengumpulan data langsung berupa pengumpulan data-data kondisi lokasi dimana perencanaan akan dilakukan, yakni kondisi geografis pantai Rajegwesi. Pengumpulan data tersebut dilakukan dengan investigasi lokasi setempat. Pengumpulan data tidak langsung dalam perencanaan ini adalah pengumpulan data gelombang tsunami yang didapatkan dari hasil pemodelan fisik kejadian tsunami 1994 di Teluk Rajegwesi Banyuwangi yang pernah dilakukan sebelumnya. Hasil dari pengumpulan data yang telah dilakukan akan dijelaskan pada bab tersendiri, yakni pada bab IV.

2. Perhitungan gaya gelombang tsunami yang terjadi di pantai Rajegwesi.

Data gelombang tsunami yang telah diperoleh digunakan untuk perhitungan gaya gelombang yang terjadi pada pantai Rajegwesi. Perhitungan gaya gelombang dan langkah-langkah setelah perhitungan ini dimuat pada bab tersendiri, yakni pada bab V.

3. Perencanaan awal dimensi sand dunes dan letak sand dunes.

Hasil investigasi lokasi digunakan untuk melakukan perencanaan awal dimensi sand dunes dan letak dimana sand dunes akan dibangun.

4. Perhitungan kuat geser tanah penyusun sand dunes.

Beban gelombang yang terjadi pada sand dunes digunakan untuk menghitung tegangan geser dalam tanah penyusun sand dunes tersebut. Besar tegangan geser dalam tanah kemudian dibandingkan dengan kuat geser tanah untuk menentukan kekuatan tanah tersebut dalam menahan beban gelombang.

5. Perhitungan stabilitas sand dunes.

Setelah langkah-langkah di atas dilakukan, selanjutnya dihitung stabilitas sand dunes terhadap bahaya longsor.

6. Analisa hasil perencanaan awal.

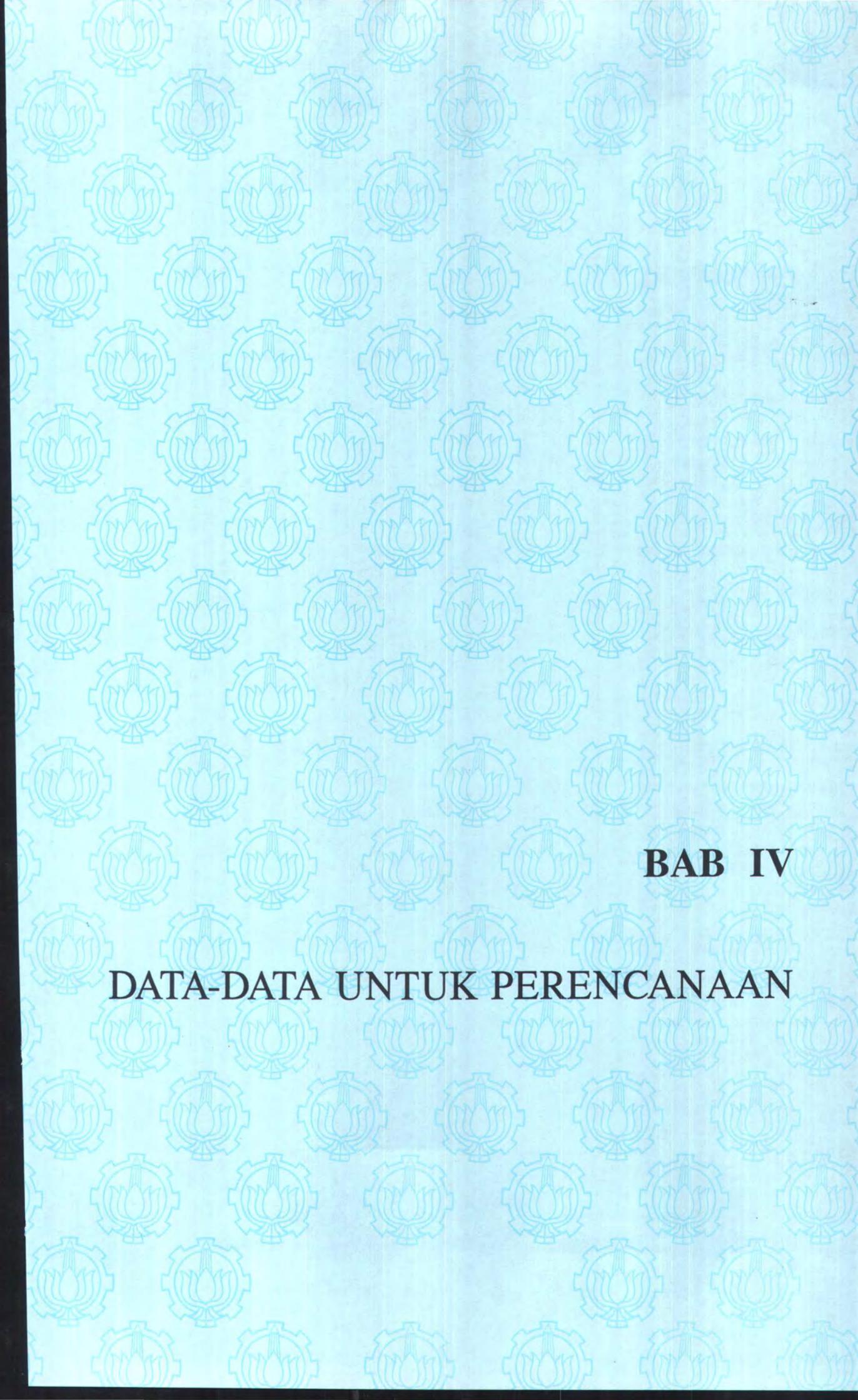
Hasil perencanaan awal yang dilakukan sesuai dengan langkah-langkah sebelumnya kemudian dianalisa apakah perencanaan tersebut memenuhi faktor keamanan atau tidak. Apabila memenuhi, maka dilakukan langkah selanjutnya, yakni langkah no. 7. Apabila tidak memenuhi, maka akan dilakukan perencanaan baru dengan dimensi yang berbeda hingga memenuhi faktor keamanan yang diinginkan.

7. Perhitungan penurunan tanah dibawah sand dunes.

Tahap ini dilakukan untuk memastikan seberapa besar tanah di bawah sand dunes akan mengalami penurunan dan apakah penurunan tersebut cukup aman atau diperlukan penambahan tinggi sand dunes untuk mengantisipasi tinggi gelombang tsunami yang akan terjadi.

8. Pelaksanaan hasil perencanaan.

Setelah perencanaan yang dilakukan memenuhi syarat keamanan yang ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah melaksanakan hasil perencanaan tersebut pada lapangan atau daerah yang telah ditetapkan, yakni di pantai Rajegwesi Banyuwangi.

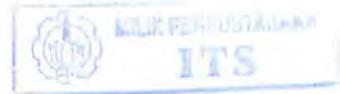


BAB IV

DATA-DATA UNTUK PERENCANAAN

BAB IV

DATA-DATA UNTUK PERENCANAAN SAND DUNES



IV.1 Lokasi dan Keadaan Geologi

Teluk Rajegwesi terbentuk dari batuan tua berumur Miosen Awal yang bersifat keras dan sangat padu yang membentuk morfologi perbukitan pantai pada kedua sisi teluk, di bagian barat merupakan lereng Gunung Sukamade dan sisi timur merupakan kaki Gunung Karangtambak, dengan kemiringan berkisar antara 20° hingga 60° . Bagian selatan dan tenggara teluk ini terdapat Gunung Jagatamu yang seolah-olah benteng alam yang membentuk Teluk Pancamaya dan di bagian timur terdapat pantai landai di atas dataran aluvium bernama Pantai Pancamaya.

Dataran aluvium merupakan hasil pengendapan sedimen yang ditransportasikan Kali Karangtambak yang dipengaruhi oleh arus laut Teluk Rajegwesi. Berdasarkan gradasi dan letak pengendapannya dapat dibedakan menjadi dua satuan yaitu endapan pasir pantai dan endapan delta sungai. Satuan endapan pasir pantai diendapkan pada daerah sepanjang pesisir yang lebarnya berkisar antara 50 - 150 meter (makin ke barat makin lebar).

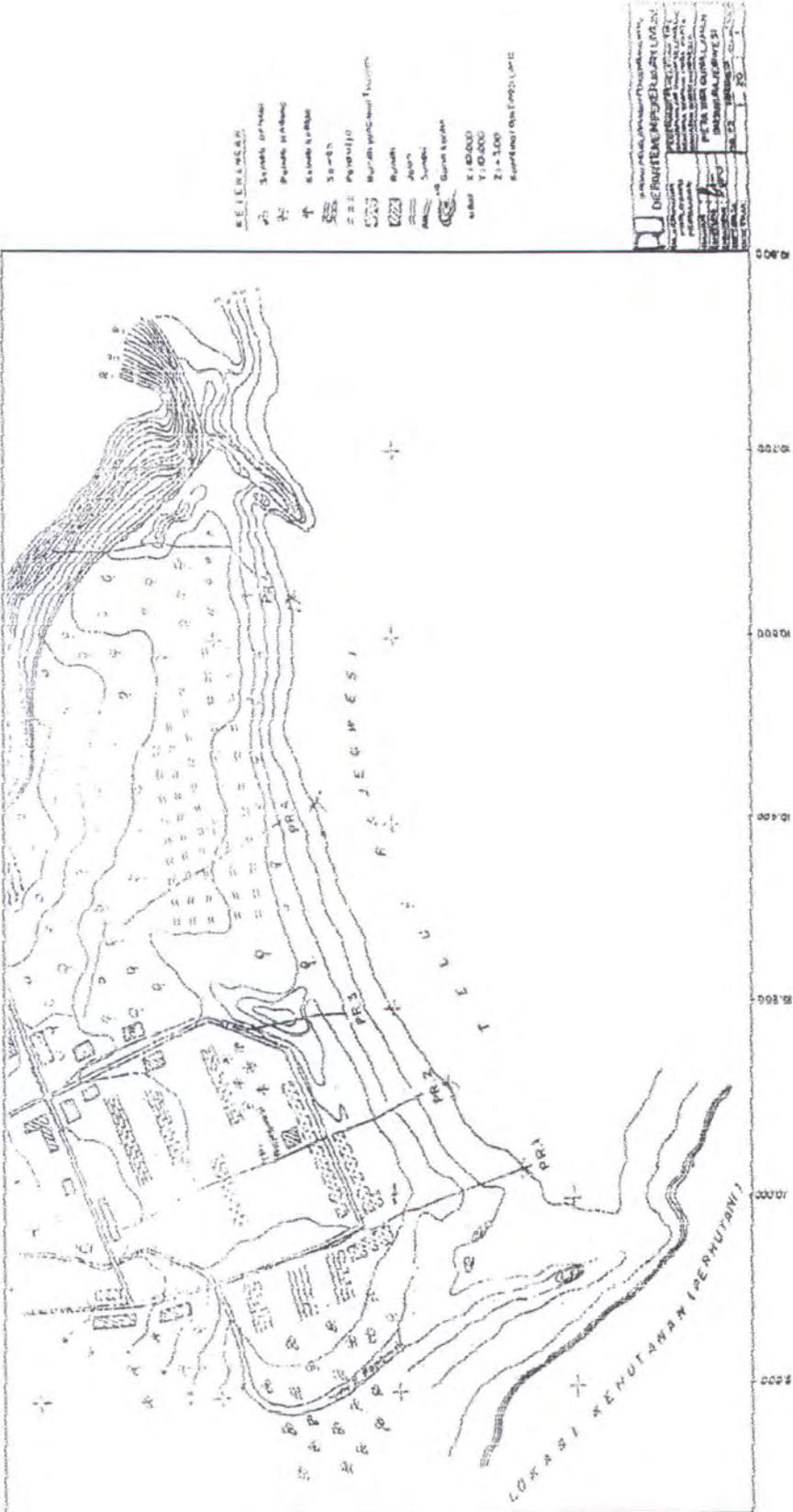
Susunan endapan pasir pantai berupa pasir urai berukuran pasir halus - kasar, berwarna putih kecoklatan.

Teluk Rajegwesi merupakan teluk terbuka dan lebar membentuk Pantai Rajegwesi di bagian Tengahnya. Pantai Rajegwesi ini ditutupi oleh endapan sungai berupa endapan limbah banjir dari muara sungai Kali Karangtambak yang

membentuk pedataran aluvium yang cukup luas. Bathimetri pantai berkisar antara 3 meter sampai dengan 20 meter yang membentuk pantai yang landai dengan ketinggian dataran aluvium antara 2 - 3 meter sehingga dapat dikategorikan sebagai pantai dengan kerentanan tinggi terhadap tsunami.

Pada bencana tsunami tahun 1994, tercatat run-up antara 5 - 7 meter dan jangkauan rayapannya mencapai 40 meter ke arah daratan, dengan arah gelombang pada daerah di depan Teluk Rajegwesi adalah 26° disertai fenomena yang menghancurkan pemukiman penduduk dan banyak memakan korban jiwa.

Data lokasi ini diambil dari data-data yang ada pada Studi Eksperimental Penggunaan Model Fisik Untuk Memprediksikan Penjalaran dan Tinggi Gelombang Tsunami (D. Y. Hendrajaya, 1999).



Gambar 4.1 Peta kontur Teluk Rajegwesi Banyuwangi

IV.2 Hasil Pemodelan Gelombang Tsunami 1994

Hasil pemodelan fisik gelombang tsunami yang terjadi di Teluk Rajegwesi Banyuwangi tahun 1994 memperlihatkan seberapa besar tinggi gelombang yang mencapai pantai dari beberapa jarak pengamatan. Hal ini dapat dijadikan referensi sebagai data yang akan digunakan dalam perhitungan gaya gelombang pada perencanaan sand dunes kali ini.

Data hasil pemodelan fisik gelombang tsunami dari kejadian tsunami tahun 1994 oleh D. Y. Hendrajaya, 1999 menunjukkan beberapa tinggi gelombang pada beberapa jarak dibelakang garis pantai, seperti dituangkan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1 Elevasi muka air maksimum hasil uji model fisik

Posisi Sensor	Jarak dari garis pantai		
	45 m	90 m	135 m
1	3,1 m	4,1 m	2,5 m
2	n.a.	n.a.	3,3 m
3	2,6 m	3,2 m	2,6 m
4	n.a.	n.a.	n.a.
5	2,2 m	2,0 m	0,9 m

Data gelombang yang lain dari hasil pemodelan ini adalah kecepatan rata-rata gelombang yang menyapu pantai pada arah horizontal. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa gelombang mulai mencapai pantai pada menit ke-18 dari

saat gelombang dibangkitkan pada jarak 22 km dengan kecepatan 75 km/jam. Data kecepatan ini akan digunakan dalam perhitungan gaya gelombang tsunami sebagai kecepatan rata-rata gelombang yang mengenai sand dunes pada arah horizontal.

IV.3 Data Tanah

Data tanah setempat sangat diperlukan dalam perhitungan kuat geser dan penurunan dalam perencanaan ini. Untuk memperoleh data tersebut diperlukan pengambilan dan pengujian tanah lokasi setempat. Karena keterbatasan waktu dan biaya dan belum pernah diadakannya pengujian pada lokasi setempat, maka dalam perencanaan sand dunes kali ini akan digunakan data tanah dari tempat lain. Untuk memberikan keamanan yang memadai atas ketidakakuratan data tanah yang akan digunakan, maka diambil data tanah yang sudah ada dengan kondisi yang cukup buruk. Apabila data tanah tersebut memenuhi faktor keamanan yang diinginkan, maka dapat diambil dugaan bahwa perencanaan pada kondisi tanah yang sebenarnya akan lebih aman.

Data tanah pengganti yang dimaksudkan di atas adalah data tanah pada sebuah lokasi di Surabaya yang diperoleh dari perencanaan yang pernah dilakukan sebelumnya. Data tersebut memuat beberapa karakteristik tanah yang akan digunakan dalam perhitungan dan terdiri atas dua kondisi jenis tanah, yakni kondisi lempung dan pasir sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data parameter fisik tanah

Kedalaman (m)	Parameter Tanah												
	$\gamma(t/m^3)$		Cc		Cs		Cv(cm ² /dt)	Cu (kg/cm ²)		LL	PI	eo	wc
	Lempung	Pasir	Lab	Empiris*	Lab	Empiris**	$\times 10^{-4}$	Lab	Empiris***	(%)	(%)		(%)
3	1.491	1.780	0.894	0.867	0.130	0.192	17.067	0.092	0.101	82.100	49.200	1.970	55.405
6	1.486	1.830	0.880	0.886	0.121	0.195	19.470	0.091	0.147	82.300	50.600	2.005	55.532
9	1.491	1.850	0.935	0.981	0.139	0.214	9.104	0.104	0.198	86.000	53.800	2.139	56.778
12	1.514	1.720	0.778	0.967	0.125	0.223	8.243	0.186	0.267	96.700	61.100	1.994	61.197
15	1.520	1.720	0.546	0.947	0.113	0.218	12.438	0.267	0.311	95.000	58.600	1.974	55.934
18	1.524	1.740	0.410	0.852	0.083	0.202	5.675	0.336	0.351	93.400	55.900	1.801	50.881
21	1.581	1.690	0.620	0.830	0.040	0.197		0.365	0.408	92.700	56.300	1.762	49.660
24	1.611	1.760	0.360	0.812		0.182		0.509	0.422	81.100	48.100	1.872	49.580
27	1.603	1.740		0.817		0.189		0.483	0.497	86.400	51.900	1.815	46.945
30	1.410	1.720		0.748		0.180		0.543	0.557	87.700	52.100	1.645	47.885
33	1.675	1.730		0.683		0.172				89.600	51.200	1.456	44.968
36	1.689	1.740		0.699		0.170				85.500	50.600	1.559	35.330
39	1.768	1.810		0.606		0.146				76.700	42.800	1.457	23.768
42	1.836	1.840		0.703		0.176				91.100	53.200	1.483	27.048
45	1.880	1.880		0.619		0.170				97.000	59.500	1.135	22.059

Note : Rumus Empiris yang dipakai

*) Cc = $0,006.LL+0,13.eo^2-0,13$ (Kosasih dan Mochtar, 1997)

***) Cs = $0,002.LL+0,002.eo^2-0,005$ (Kosasih dan Mochtar, 1997)

****) Cu = $pc \times (0,11+0,0037 \times PI)$ (Skempton, 1975)

Harga laboratorium di atas adalah harga rata-rata untuk seluruh data pada setiap kedalaman yang ditinjau.

IV.4 Material Timbunan

Dalam pembuatan sand dunes ini diperlukan perencanaan material tanah yang akan digunakan dalam pelaksanaannya nanti. Untuk itu diperlukan data-data parameter fisik dari tanah yang akan digunakan tersebut.

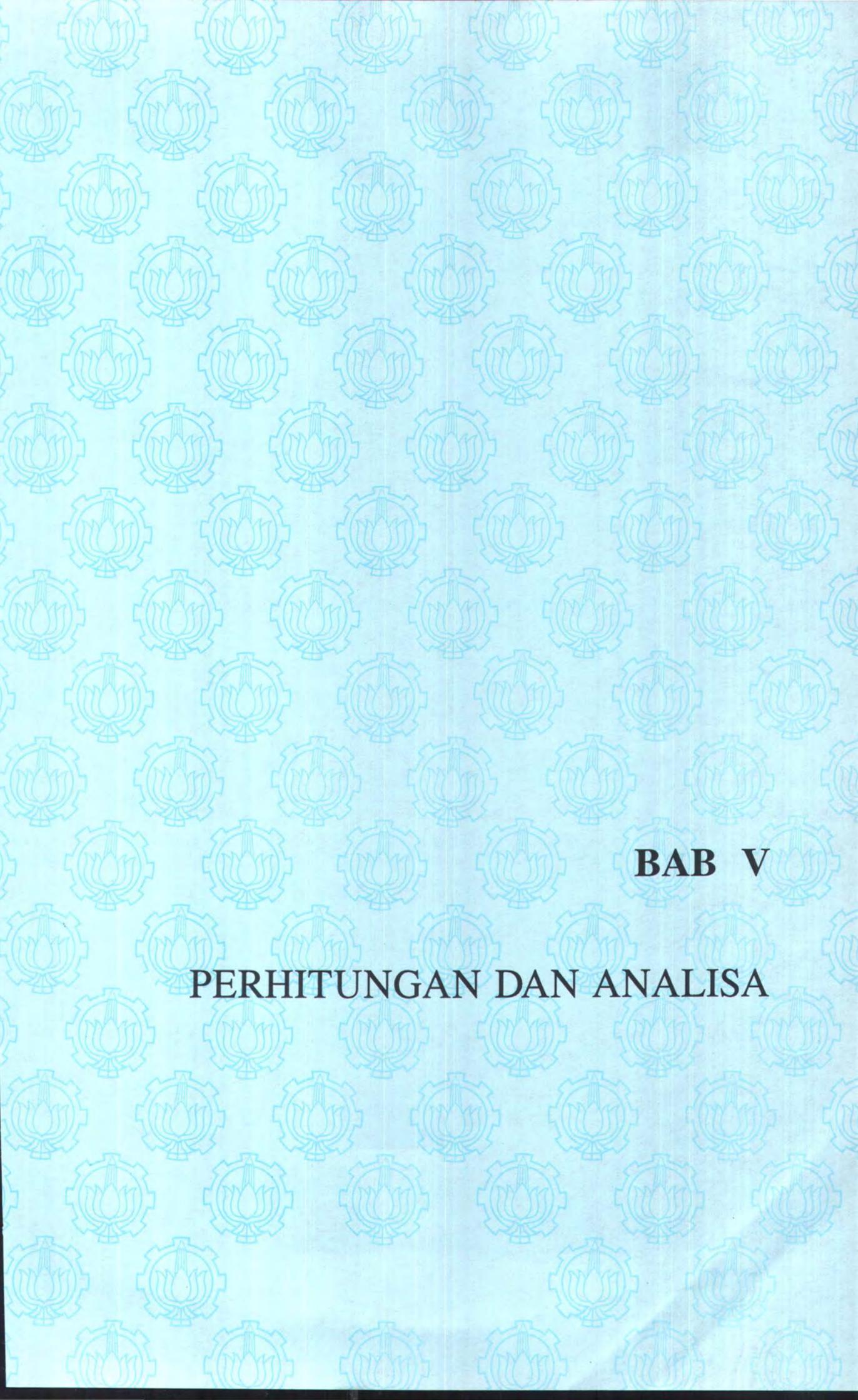
Material sand dunes dalam hal ini direncanakan terdiri dari pasir yang akan diperoleh dari hasil pengerukan. Material pasir untuk perencanaan sand dune ini diasumsikan sebagaimana material yang sering digunakan dengan parameter fisik sebagai berikut:

$$\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3 \text{ (dalam keadaan padat)}$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$C = 0$$

Harga sudut geser diambil dari hasil uji penetrasi standar yang pernah dilakukan, dan pengujian ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menentukan kondisi tanah (J. E. Bowles, 1991). Dari hasil pengujian diperoleh harga sudut geser untuk pasir dalam keadaan padat sebesar $30^\circ - 40^\circ$. Untuk memberikan keamanan terhadap hasil perencanaan, maka diambil harga sudut geser yang terkecil, yakni 30° .



BAB V

PERHITUNGAN DAN ANALISA

BAB V

PERHITUNGAN DAN ANALISA

V.1 Perhitungan Gaya Gelombang

Setelah data-data gelombang dikumpulkan maka selanjutnya dilakukan perhitungan gaya gelombang tsunami yang diperkirakan akan terjadi dengan data-data tersebut. Data-data gelombang yang dimaksudkan dalam hal ini antara lain adalah data tinggi gelombang dan kecepatan gelombang hasil pemodelan gelombang tsunami di Teluk Rajegwesi yang pernah dilakukan sebelumnya.

Dari data tinggi gelombang yang ada, diambil harga tinggi gelombang 4.1 m yang merupakan harga terbesar dari tinggi gelombang hasil pemodelan yang terletak pada jarak 90 m di belakang garis pantai. Pengambilan harga tinggi gelombang ini sekaligus merupakan keputusan awal dari perencanaan, yakni bahwa bangunan sand dunes direncanakan untuk ditempatkan pada jarak 90 m di belakang garis pantai itu juga.

Data kecepatan gelombang yang diperoleh dari hasil pemodelan fisik merupakan kecepatan rata-rata dari partikel air yang bergerak pada arah horizontal menuju ke pantai. Kecepatan rata-rata gelombang disebutkan sebesar 75 km/jam atau dalam satuan MKS berharga sebesar 20.83 m/dt. Kecepatan gelombang tersebut digunakan sebagai kecepatan *surge* dengan arah kecepatan horizontal.

Perhitungan gaya gelombang tsunami dilakukan dengan menggunakan persamaan dari Camfield seperti dijelaskan pada bab II. Gaya-gaya dalam

perhitungan ini dianggap telah mewakili seluruh besar gaya yang ditimbulkan oleh gelombang tsunami. Hal ini dikarenakan gaya-gaya yang dimaksud merupakan gaya-gaya yang paling dominan dan harganya relatif sangat besar terhadap gaya-gaya lain yang ditimbulkan oleh gelombang tsunami, sehingga gaya-gaya lain tersebut tidak dimasukkan dalam perhitungan.

Dari persamaan 2.3 dan 2.4 terlihat bahwa untuk perhitungan gaya-gaya di atas, selain data-data gelombang juga diperlukan harga-harga dari besaran-besaran lain seperti massa jenis air laut, percepatan gravitasi, koefisien manning dan koefisien drag. Harga-harga dari masing-masing besaran tersebut adalah:

- $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$
- $g = 98.1 \text{ m/dt}^2$
- $n = 0.022$ (Chadwick and Morfett, 1993)
- $C_D = 1.2$ (Camfield, 1980)

Dengan diketahui harga-harga di atas, maka besar gaya gelombang dapat dihitung. Hasil dari perhitungan gaya gelombang tersebut tertera pada tabel berikut:

Tabel 5.1 Gaya gelombang tsunami pada struktur

h (m)	F _s (N/m)	F _D (N/m)	F (N/m)	h (m)	F _s (N/m)	F _D (N/m)	F (N/m)
0.0	0.000	53385.417	53385.417	2.1	962385.077	53385.417	1015770.493
0.1	45498.697	53385.417	98884.114	2.2	1009203.741	53385.417	1062589.158
0.2	90632.757	53385.417	144018.173	2.3	1056119.913	53385.417	1109505.330
0.3	135772.991	53385.417	189158.408	2.4	1103133.776	53385.417	1156519.193
0.4	180962.627	53385.417	234348.044	2.5	1150245.496	53385.417	1203630.913
0.5	226219.115	53385.417	279604.532	2.6	1197455.223	53385.417	1250840.639
0.6	271551.659	53385.417	324937.075	2.7	1244763.092	53385.417	1298148.509
0.7	316965.842	53385.417	370351.259	2.8	1292169.228	53385.417	1345554.645
0.8	362465.369	53385.417	415850.786	2.9	1339673.745	53385.417	1393059.162
0.9	408052.850	53385.417	461438.266	3.0	1387276.747	53385.417	1440662.163
1.0	453730.209	53385.417	507115.626	3.1	1434978.329	53385.417	1488363.745
1.1	499498.918	53385.417	552884.334	3.2	1482778.579	53385.417	1536163.996
1.2	545360.129	53385.417	598745.545	3.3	1530677.581	53385.417	1584062.998
1.3	591314.768	53385.417	644700.184	3.4	1578675.410	53385.417	1632060.827
1.4	637363.592	53385.417	690749.009	3.5	1626772.137	53385.417	1680157.553
1.5	683507.231	53385.417	736892.648	3.6	1674967.826	53385.417	1728353.243
1.6	729746.213	53385.417	783131.630	3.7	1723262.541	53385.417	1776647.958
1.7	776080.990	53385.417	829466.406	3.8	1771656.338	53385.417	1825041.755
1.8	822511.948	53385.417	875897.365	3.9	1820149.271	53385.417	1873534.688
1.9	869039.425	53385.417	922424.841	4.0	1868741.392	53385.417	1922126.808
2.0	915663.715	53385.417	969049.131	4.1	1917432.746	53385.417	1970818.163

$$F = 1/6(\rho g)[h^3] + [(4\rho g^2)1.2]r_u/1.6[h1.6] + 1/2(\rho u^2)[h^2]$$

$$F = 819287.12 \text{ N}$$

Dari tabel 5.1 dapat dilihat besar gaya pada tiap ketinggian dari struktur dengan *increment* sebesar 0,1 m. Distribusi gaya *surge* pada struktur berbentuk kurva yang mendekati garis linier. Gaya *surge* terbesar dialami pada bagian struktur yang paling bawah, hal ini dikarenakan pada bagian tersebut tinggi *surge* adalah yang terbesar.

Gaya *drag* seperti diformulasikan pada persamaan 2.4 merupakan gaya *drag* total pada struktur, sehingga untuk gaya *drag* pada tiap meter tinggi struktur diperoleh dengan membagi gaya *drag* total dengan tinggi struktur sand dunes. Dengan demikian, maka distribusi gaya *drag* pada struktur pada tiap ketinggian adalah sama besar.

Untuk menghitung gaya total pada struktur, maka dilakukan integrasi dari gaya-gaya yang bekerja pada tiap titik terhadap tinggi gelombang dengan batas integral mulai dari $h = 0$ hingga $h = 4,1$ (h_{maks}). Hasil integrasi gaya-gaya pada struktur tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 F_{tot} &= \int_0^{4,1} F dh \\
 &= \int_0^{4,1} \left\{ \frac{\rho g h}{2} + \left[\left(\frac{4 g n^2}{h^{1/3}} \right)^{1,2} + 1 \right] \rho u^2 h + \frac{\rho C_D A u^2}{2} \right\} dh \\
 &= \frac{\rho g}{4} [h^2]_0^{4,1} + \frac{\rho u^2 (4 g n^2)^{1,2}}{1,6} [h^{1,6}]_0^{4,1} + \frac{\rho u^2}{2} [h^2]_0^{4,1} + \frac{\rho C_D A u^2}{2} [h]_0^{4,1} \\
 &= 819287,12 \text{ N}
 \end{aligned}$$



V.2 Perencanaan Lay out Sand Dunes

Seperti yang telah kita ketahui pada bab sebelumnya bahwa sand dunes merupakan bangunan pelindung pantai yang diletakkan di belakang garis pantai untuk mencegah pergerakan badai pasang surut dan gelombang menuju daerah di belakang pantai, maka dalam perencanaan tata letak sand dunes perlu diperhatikan beberapa faktor agar kestabilan sand dunes tetap terjaga selama sand dunes tersebut berdiri. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam hal ini antara lain adalah:

- properti sand dunes
- dimensi sand dunes
- letak sand dunes

V.2.1 Properti Sand Dunes

Bangunan sand dunes disusun dari material tanah dengan karakteristik tertentu sehingga dapat menahan sejumlah beban yang akan diterimanya. Pada perencanaan ini material sand dunes yang akan digunakan adalah pasir dengan karakteristik seperti dibawah ini.

$$c = 0$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3 \text{ (dalam keadaan padat)}$$

Pasir merupakan jenis tanah yang tak berkohesi seperti dijelaskan pada bab sebelumnya. Ini berarti daya ikat antar butiran tanah pada tanah jenis ini adalah nol, dengan kata lain kekuatan geser tanah penyusun sand dunes ditentukan oleh besar tegangan normal akibat beban pada sand dunes dan sudut geser dalam tanah penyusun sand dunes itu sendiri. Jadi besar sudut geser dalam dari pasir merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan sand dunes menahan beban yang ada, disamping adanya faktor-faktor lain seperti kemiringan sand dunes dan sebagainya.

Pemilihan pasir sebagai material sand dunes dalam perencanaan ini dilakukan atas dasar bahwa pasir merupakan jenis tanah yang paling mudah didapatkan untuk digunakan dalam jumlah yang besar.

V.2.2 Dimensi Sand Dunes

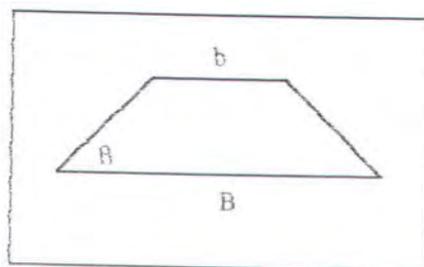
Pada perencanaan sand dunes akan ditentukan dimensi-dimensi sand dunes yang meliputi:

1. Bentuk sand dunes
2. Tinggi sand dunes
3. Lebar sand dunes

V.2.2.1 Bentuk Sand Dunes

Perencanaan bentuk sand dunes dibuat seperti bentuk lereng pada umumnya, yakni suatu bentuk trapesium yang memanjang sepanjang garis pantai,

seperti yang diperlihatkan dalam gambar di bawah. Kemiringan dari bentuk trapesium tersebut akan diperhitungkan dalam bab berikutnya mengenai perhitungan stabilitas sand dunes.



Gambar 5.1 Bentuk sand dunes yang direncanakan

Keterangan gambar:

b = lebar bagian atas sand dunes

B = lebar bagian bawah sand dunes

β = sudut kemiringan sand dunes

Pemilihan perencanaan bentuk sand dunes ini diambil atas dasar pemikiran bahwa semakin ke bawah, lebar sand dunes semakin besar sehingga dapat menopang lapisan di atasnya sepanjang sisi-sisi sand dunes tersebut tanpa memberikan bahan pelapis tambahan seperti semen, beton, atau pelapis lainnya. Alasan lain dari pemilihan bentuk ini adalah kemudahan pembangunan dan kemudahan penggunaan lalu lintas di atas bangunan ini.

V.2.2.2 Tinggi Sand Dunes

Tinggi sand dunes direncanakan sesuai dengan tinggi gelombang tsunami yang diperoleh dari data yang ada. Dari data tersebut dicari harga tinggi gelombang maksimum pada jarak tertentu di belakang garis pantai sesuai dengan letak sand dunes yang akan direncanakan. Harga maksimum tinggi gelombang tersebut dipilih untuk memberikan keamanan yang cukup bagi sand dunes untuk menahan gelombang yang terjadi. Dari data hasil pemodelan fisik gelombang tsunami dari kejadian tsunami tahun 1994 diperoleh beberapa tinggi gelombang pada beberapa jarak dibelakang garis pantai, seperti ditunjukkan dalam tabel 3.1.

Dari tabel 3.1 dapat diketahui bahwa tinggi gelombang pada pantai maksimum berada pada jarak 90 m, yakni sebesar 4.1 m. Untuk perencanaan awal diambil harga tinggi sand dunes yang sedikit lebih besar dari tinggi gelombang yang diperkirakan, yakni sebesar 5 m. Hal ini dilakukan dengan harapan agar tidak terjadi *overtopping* pada sand dunes.

V.2.2.3 Lebar Sand Dunes

Sand dunes berbentuk trapesium, ini berarti bahwa sand dunes tersebut memiliki lebar yang bervariasi pada tiap-tiap ketinggian dari sand dunes tersebut. Dalam perencanaan ini sisi-sisi sand dunes yang miring mendekati bentuk garis lurus, sehingga dapat dianggap bahwa sisi-sisi tersebut adalah lurus. Lebar bagian atas dari sand dunes ini dibuat dengan ukuran yang dapat digunakan sebagai lalu lintas pekerja dan alat konstruksi di atasnya. Untuk keperluan tersebut, maka

diambil sebuah keputusan perencanaan yakni lebar bagian atas sand dunes yang direncanakan adalah 8 m. Keputusan ini diambil berdasarkan data-data dimensi alat-alat konstruksi yang terdapat di lampiran.

V.2.3 Letak Sand Dunes

Sand dunes dapat diletakkan tepat pada tempat di belakang garis pantai atau pada jarak tertentu di belakang garis pantai, hal ini disesuaikan dengan tinggi sand dunes dan tinggi gelombang tsunami yang diperkirakan. Pada perencanaan ini sand dunes akan diletakkan pada jarak 90 m dibelakang garis pantai. Penentuan letak tersebut dikarenakan bahwa pada jarak 90 m, tinggi gelombang telah mengalami penurunan dan mengingat bahwa area kosong yang tersedia di belakang garis pantai mempunyai panjang minimal sekitar 100 m dan di belakang area tersebut telah didirikan bangunan-bangunan seperti rumah penduduk dan sebagainya. Alasan lain penentuan letak sand dunes tersebut adalah bahwa dari data yang diperoleh, tinggi gelombang maksimum hasil pemodelan terdapat pada jarak 90 m di belakang garis pantai, yakni pada sensor 1.

V.3 Perhitungan Kuat Geser

Salah satu karakteristik tanah yang cukup penting untuk diperhitungkan dalam pembangunan sebuah bangunan diatasnya adalah kuat geser yang dimiliki oleh tanah tersebut. Kuat geser tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam menopang beban lateral akibat gaya-gaya dari luar komponen tanah tersebut.

Dalam kasus pembangunan sand dunes ini kuat geser tanah penyusun sand dunes dihitung untuk memastikan kekuatan tanah dalam menahan beban lateral akibat gaya gelombang tsunami yang mengenai struktur tanah tersebut dengan menggunakan persamaan 2.11.

Komponen penyusun sand dunes terdiri dari material pasir yang merupakan tanah tak berkohesi. Hal ini dapat diartikan bahwa besar harga C adalah nol, sehingga kuat geser tanah penyusun sand dunes ditentukan oleh besarnya beban sand dunes dan beban-beban lain dari luar yang juga menambah tegangan dalam struktur sand dunes tersebut.

Hasil perhitungan kuat geser sand dunes untuk kemiringan tertentu dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.2 Perhitungan kuat geser sand dunes

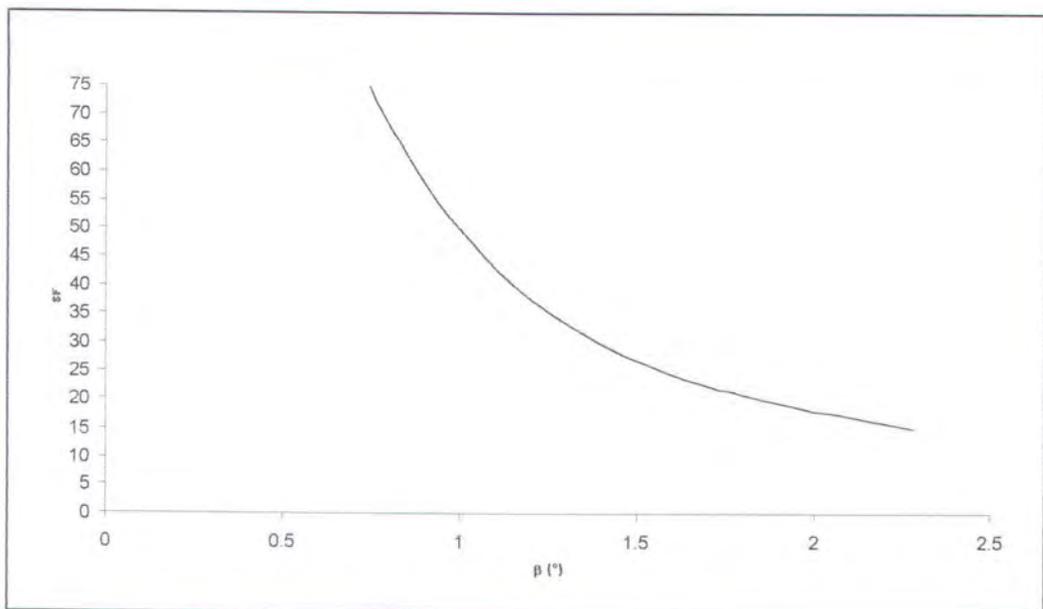
H (m)	τ (N/m ²)				
	$\beta = 15$	$\beta = 30$	$\beta = 45$	$\beta = 60$	$\beta = 75$
4.1	72651.600	54880.758	48376.179	44620.758	41871.600
4.0	84817.931	62878.620	54848.276	50211.954	46817.931
3.9	97803.048	71256.483	61539.765	55929.816	51823.048
3.8	111606.951	80014.345	68450.648	61774.345	56886.951
3.7	126229.641	89152.207	75580.924	67745.540	62009.641
3.6	141671.117	98670.069	82930.593	73843.402	67191.117
3.5	157931.379	108567.931	90499.655	80067.931	72431.379
3.4	175010.427	118845.793	98288.110	86419.126	77730.427
3.3	192908.261	129503.655	106295.958	92896.988	83088.261
3.2	211624.882	140541.517	114523.199	99501.517	88504.882
3.1	231160.289	151959.379	122969.834	106232.712	93980.289
3.0	251514.482	163757.241	131635.861	113090.574	99514.482
2.9	272687.461	175935.103	140521.282	120075.103	105107.461
2.8	294679.227	188492.965	149626.096	127186.298	110759.227
2.7	317489.778	201430.827	158950.303	134424.160	116469.778
2.6	341119.116	214748.689	168493.903	141788.689	122239.116
2.5	365567.240	228446.551	178256.896	149279.884	128067.240
2.4	390834.150	242524.413	188239.282	156897.747	133954.150
2.3	416919.847	256982.275	198441.061	164642.275	139899.847
2.2	443824.329	271820.137	208862.233	172513.471	145904.329
2.1	471547.598	287037.999	219502.799	180511.333	151967.598
2.0	500089.653	302635.861	230362.757	188635.861	158089.653
1.9	529450.495	318613.723	241442.109	196887.057	164270.495
1.8	559630.122	334971.585	252740.854	205264.919	170510.122
1.7	590628.536	351709.448	264258.992	213769.448	176808.536
1.6	622445.736	368827.310	275996.523	222400.643	183165.736
1.5	655081.722	386325.172	287953.447	231158.505	189581.722
1.4	688536.494	404203.034	300129.764	240043.034	196056.494
1.3	722810.053	422460.896	312525.474	249054.229	202590.053
1.2	757902.397	441098.758	325140.578	258192.091	209182.397
1.1	793813.528	460116.620	337975.074	267456.620	215833.528
1.0	830543.446	479514.482	351028.964	276847.815	222543.446
0.9	868092.149	499292.344	364302.246	286365.677	229312.149
0.8	906459.638	519450.206	377794.922	296010.206	236139.638
0.7	945645.914	539988.068	391506.991	305781.401	243025.914
0.6	985650.976	560905.930	405438.453	315679.263	249970.976
0.5	1026474.824	582203.792	419589.308	325703.792	256974.824
0.4	1068117.459	603881.654	433959.556	335854.987	264037.459
0.3	1110578.879	625939.516	448549.198	346132.849	271158.879
0.2	1153859.086	648377.378	463358.232	356537.378	278339.086
0.1	1197958.079	671195.240	478386.660	367068.574	285578.079
0.0	1871295.610	1142308.854	875481.182	721428.154	608653.511

Dari tabel di atas dapat diketahui kuat geser pada tiap lapisan tanah penyusun sand dunes dari dasar sampai ketinggian 4.1 m. Pada bagian dasar sand dunes, kuat geser bagian tersebut merupakan kuat geser antara dua lapisan tanah, yakni tanah penyusun sand dunes dan lapisan tanah di bawah sand dunes. Kuat geser pada bagian ini merupakan kuat geser total dari sand dunes.

Untuk menghitung stabilitas sand dunes terhadap geser digunakan persamaan 2.15, yakni:

$$SF = \tau / P$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka dapat dibuat suatu grafik angka keamanan untuk tiap kemiringan sand dunes seperti di bawah ini:



Gambar 5.2 Grafik hasil perhitungan angka keamanan sand dunes terhadap gaya geser

Seperti tampak pada grafik di atas, angka keamanan sand dunes dengan tinggi 5 m dan lebar 8 m terhadap bahaya geser memenuhi syarat aman pada kemiringan 25° .

V.4 Perhitungan Stabilitas Sand Dunes

Dalam sub bab sebelumnya telah diketahui bahwa struktur sand dunes telah aman dari bahaya geser. Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah perhitungan stabilitas sand dunes terhadap bahaya gelincir (*sliding*). Perhitungan ini akan dilakukan dalam dua kondisi, yakni kondisi pada saat sand dunes sedang dibangun dan kondisi pada saat gelombang tsunami mengenai sand dunes.

Untuk kondisi yang pertama, dapat dilakukan pendekatan bahwa pada saat pembangunan, sand dunes mengalami beban dari alat-alat konstruksi yang bekerja di atasnya. Pada kondisi ini dilakukan perhitungan stabilitas terhadap beban merata dari alat-alat konstruksi yang diasumsikan mempunyai berat maksimal 20 ton.

Setelah dilakukan perhitungan seperti yang tertera pada lampiran, diperoleh angka keamanan yang cukup pada kemiringan 44° , yakni sebesar 1.55. Angka keamanan ini telah memenuhi angka keamanan yang disyaratkan.

Dengan terpenuhinya angka keamanan yang disyaratkan dalam perencanaan sand dunes ini, maka sand dunes dengan dimensi $H = 5$ m dan $\beta = 44^\circ$ secara teoritis dapat stabil dengan beban di atasnya.

V.5 Perhitungan Penurunan Tanah

Untuk mengetahui terjadinya penurunan pada tanah di bawah sand dunes dilakukan perhitungan dengan menggunakan formulasi seperti dijelaskan pada bab II.

Pada saat pembuatan sand dunes, adanya pemadatan dan proses-proses pembangunan yang lain menyebabkan tanah mengalami penurunan. Penurunan ini dinamakan dengan penurunan segera seperti dijelaskan pada bab sebelumnya. Formulasi untuk penurunan segera ini dituliskan dalam persamaan 2.5. Penurunan segera biasanya telah tercapai pada saat pembangunan karena beban yang ditimbulkan oleh alat-alat berat yang digunakan dalam pembangunan tersebut.

Pada perencanaan ini penurunan segera dianggap telah terjadi selama pembangunan sand dunes, sehingga persamaan 2.5 tidak digunakan dalam perhitungan penurunan tanah di bawah sand dunes. Jadi perhitungan penurunan tanah di bawah sand dunes dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.7, yakni penurunan tanah akibat konsolidasi untuk tanah *over consolidated*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perhitungan penurunan tanah

H (m)	z (m)	e ₀	C _c	C _s	γ (t/m ³)	σ ₀ (t/m ²)	σ _c (t/m ²)	l	Δσ (t/m ²)	σ ₀ +Δσ (t/m ²)	S (m)	S cum (m)
1	0.5	1.97	0.867	0.192	1.491	0.246	2.246	1	9.5	9.7455	0.2482	0.24824
1	1.5	1.97	0.867	0.192	1.491	0.737	2.737	1	9.5	10.237	0.2041	0.45234
1	2.5	1.97	0.867	0.192	1.491	1.228	3.228	1	9.5	10.728	0.1794	0.63176
1	3.5	2.005	0.886	0.195	1.486	1.716	3.716	1	9.5	11.216	0.1632	0.79499
1	4.5	2.005	0.886	0.195	1.486	2.202	4.202	1	9.5	11.702	0.1494	0.94435
1	5.5	2.005	0.886	0.195	1.486	2.688	4.688	0.98	9.31	11.998	0.136	1.08035
1	6.5	2.139	0.981	0.214	1.491	3.177	5.177	0.96	9.12	12.297	0.1319	1.21224
1	7.5	2.139	0.981	0.214	1.491	3.668	5.668	0.95	9.025	12.693	0.1223	1.33456
1	8.5	2.139	0.981	0.214	1.491	4.159	6.159	0.94	8.93	13.089	0.114	1.44851
1	9.5	1.994	0.967	0.223	1.514	4.661	6.661	0.94	8.93	13.591	0.1116	1.56009
1	10.5	1.994	0.967	0.223	1.514	5.175	7.175	0.92	8.74	13.915	0.1035	1.66357
1	11.5	1.994	0.967	0.223	1.514	5.689	7.689	0.91	8.645	14.334	0.0971	1.76068
1	12.5	1.974	0.947	0.218	1.52	6.206	8.206	0.9	8.55	14.756	0.09	1.85072
1	13.5	1.974	0.947	0.218	1.52	6.726	8.726	0.88	8.36	15.086	0.084	1.93471
1	14.5	1.974	0.947	0.218	1.52	7.246	9.246	0.86	8.17	15.416	0.0785	2.01317
1	15.5	1.801	0.852	0.202	1.524	7.768	9.768	0.84	7.98	15.748	0.0703	2.08344
1	16.5	1.801	0.852	0.202	1.524	8.292	10.29	0.82	7.79	16.082	0.0657	2.14917
1	17.5	1.801	0.852	0.202	1.524	8.816	10.82	0.8	7.6	16.416	0.0615	2.21069
1	18.5	1.762	0.83	0.197	1.581	9.369	11.37	0.78	7.41	16.779	0.0568	2.26748
1	19.5	1.762	0.83	0.197	1.581	9.95	11.95	0.76	7.22	17.17	0.053	2.32046
1	20.5	1.762	0.83	0.197	1.581	10.53	12.53	0.72	6.84	17.371	0.048	2.36847
1	21.5	1.872	0.812	0.182	1.611	11.13	13.13	0.74	7.03	18.157	0.0444	2.41285
1	22.5	1.872	0.812	0.182	1.611	11.74	13.74	0.74	7.03	18.768	0.0426	2.45549
1	23.5	1.872	0.812	0.182	1.611	12.35	14.35	0.7	6.65	18.999	0.0386	2.49409
1	24.5	1.815	0.817	0.189	1.603	12.96	14.96	0.68	6.46	19.416	0.0371	2.53117
1	25.5	1.815	0.817	0.189	1.603	13.56	15.56	0.68	6.46	20.019	0.0358	2.56695
1	26.5	1.815	0.817	0.189	1.603	14.16	16.16	0.66	6.27	20.432	0.0334	2.60036
1	27.5	1.645	0.748	0.18	1.641	14.78	16.78	0.64	6.08	20.864	0.0305	2.63083
1	28.5	1.645	0.748	0.18	1.641	15.42	17.42	0.62	5.89	21.315	0.0284	2.65918
1	29.5	1.645	0.748	0.18	1.641	16.07	18.07	0.6	5.7	21.766	0.0264	2.68554
1	30.5	1.456	0.683	0.172	1.675	16.72	18.72	0.58	5.51	22.234	0.0242	2.70972
1	31.5	1.456	0.683	0.172	1.675	17.4	19.4	0.57	5.415	22.814	0.0229	2.73262
1	32.5	1.456	0.683	0.172	1.675	18.07	20.07	0.56	5.32	23.394	0.0217	2.75429
1	33.5	1.559	0.699	0.17	1.689	18.76	20.76	0.56	5.32	24.076	0.0205	2.77482
1	34.5	1.559	0.699	0.17	1.689	19.44	21.44	0.55	5.225	24.67	0.0194	2.79427
1	35.5	1.559	0.699	0.17	1.689	20.13	22.13	0.54	5.13	25.264	0.0184	2.81269
1	36.5	1.457	0.606	0.146	1.768	20.86	22.86	0.53	5.035	25.897	0.0157	2.8284
1	37.5	1.457	0.606	0.146	1.768	21.63	23.63	0.52	4.94	26.57	0.0148	2.84325
1	38.5	1.457	0.606	0.146	1.768	22.4	24.4	0.5	4.75	27.148	0.0136	2.85689
1	39.5	1.457	0.606	0.146	1.836	23.2	25.2	0.5	4.75	27.95	0.0132	2.87012
1	40.5	1.457	0.606	0.146	1.836	24.04	26.04	0.5	4.75	28.786	0.0128	2.88294
1	41.5	1.457	0.606	0.146	1.836	24.87	26.87	0.5	4.75	29.622	0.0124	2.89537
1	42.5	1.457	0.606	0.146	1.88	25.73	27.73	0.5	4.75	30.48	0.0121	2.90743
1	43.5	1.457	0.606	0.146	1.88	26.61	28.61	0.5	4.75	31.36	0.0117	2.91913
1	44.5	1.457	0.606	0.146	1.88	27.49	29.49	0.5	4.75	32.24	0.0114	2.9305

$$S = H / 1+e_0 [C_s \log (\sigma_c / \sigma_0) + C_c \log (1+D_s / \sigma_0)]$$

$$q_s = \gamma_s H_s = 9.5 \text{ ton/m}$$

$$\Delta \sigma = \Delta \sigma + \sigma_0$$

Besar penurunan total = 2.93 m

Penurunan total tanah terjadi sebesar 2,93 m. Waktu penurunan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.13, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tebal lapisan yang terkonsolidasi = 45 m

$$\begin{aligned}C_v \text{ rata-rata} &= 16,0 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{detik} \\ &= 5,0 \text{ m}^2/\text{tahun}\end{aligned}$$

Sehingga waktu yang diperlukan sampai 90% konsolidasi tercapai adalah:

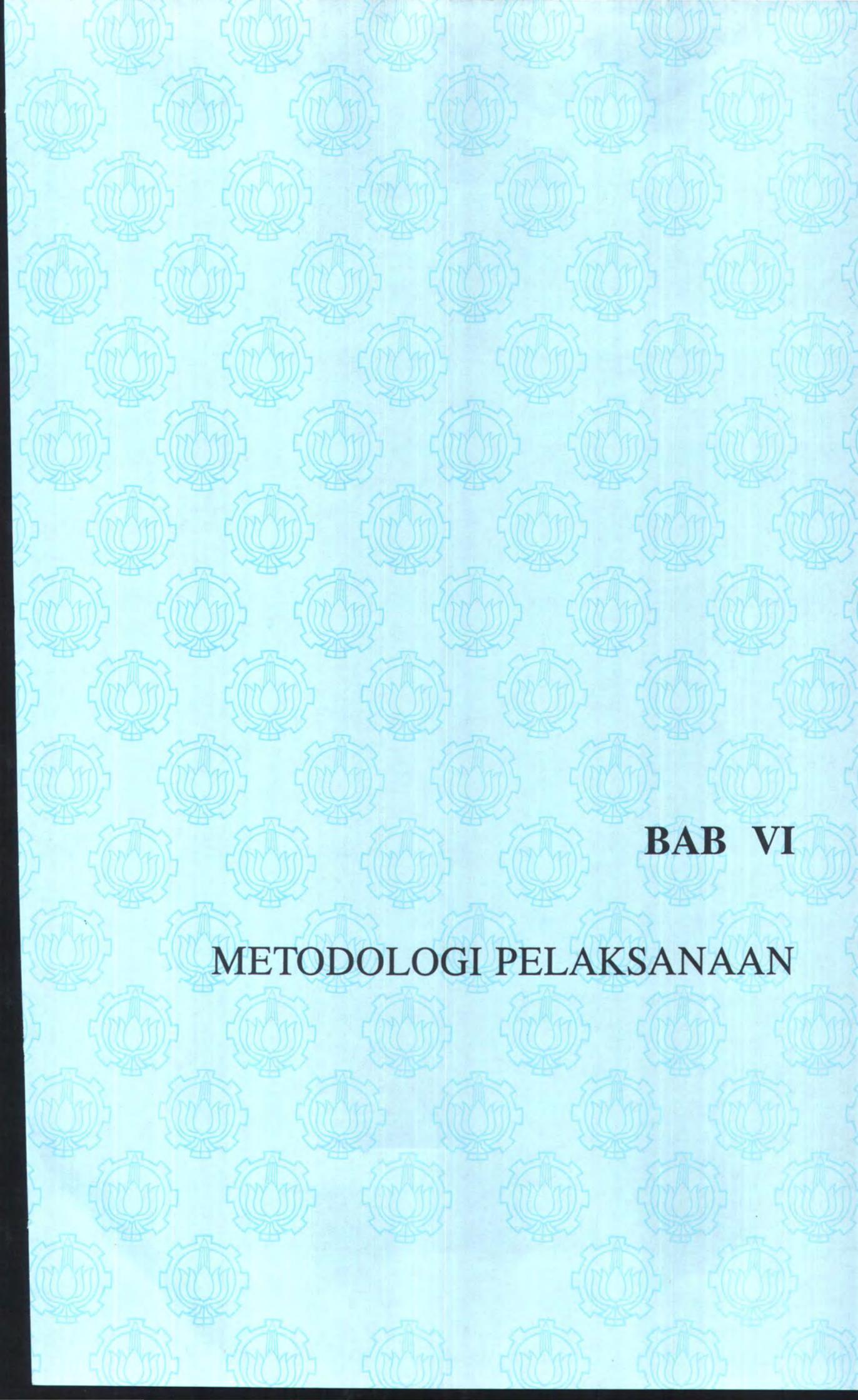
$$\begin{aligned}t &= \frac{T_{90\%} (H_{dr})^2}{C_v} \\ &= \frac{0,848 (45)^2}{5} \\ &= 343,4 \text{ tahun}\end{aligned}$$

Waktu penurunan yang terjadi pada tanah di bawah sand dunes sangat lama, sehingga perencanaan ini dapat dianggap aman terhadap bahaya penurunan.

Selanjutnya, dengan melihat kembali bahwa syarat keamanan sand dunes dalam menerima gaya geser terpenuhi pada kemiringan 25^0 , dan stabilitas terhadap gelincir telah memenuhi syarat untuk kemiringan kurang dari 44^0 , maka untuk hasil perencanaan yang memenuhi kedua syarat stabilitas yang ada diambil harga kemiringan sand dunes sebesar 25^0 . Dengan demikian sand dunes direncanakan dibangun dengan dimensi sebagai berikut:

- $H = 5 \text{ m.}$
- $B = 8 \text{ m.}$
- $\beta = 25^{\circ}.$

Letak sand dunes dari garis pantai sesuai dengan perencanaan awal yakni pada jarak 90 m di belakang garis pantai.



BAB VI

METODOLOGI PELAKSANAAN

BAB VI

METODOLOGI PELAKSANAAN

Dalam pelaksanaan pembangunan sand dunes, kondisi daerah setempat sangat mempengaruhi kelancaran dalam pelaksanaan pembangunannya, disamping itu tersedianya peralatan yang akan digunakan juga dapat mempengaruhi kelancaran dalam pelaksanaannya.

Dalam pelaksanaan yang mantap, harus betul-betul dipersiapkan sarana-sarana yang dapat menunjang kelancaran pembangunan sand dunes. Untuk mencegah hal-hal yang dapat memperburuk keadaan dan mengganggu kelancaran pekerjaan, maka sebelum pekerjaan dimulai harus diadakan langkah-langkah pengamanan areal pekerjaan.

VI.1 Langkah Pengerjaan

Dalam pelaksanaan hasil perancangan ini ditentukan beberapa macam pekerjaan yang umum dilakukan dalam pembuatan timbunan tanah. Macam-macam pekerjaan tersebut tersusun atas langkah-langkah seperti tersebut di bawah ini:

1. Pekerjaan Pendahuluan

Setelah perencanaan dimensi sand dunes selesai dilakukan dan volume bahan penyusun sand dunes ditentukan, maka selanjutnya dilakukan pencarian

daerah-daerah yang dapat digali sumber dayanya sebagai penyusun sand dunes tersebut.

Setelah daerah penggalian ditentukan, langkah berikutnya adalah pekerjaan persiapan.

Bentuk pekerjaan persiapan yang harus dilakukan antara lain adalah:

- Pembuatan direksi keet

Direksi keet adalah kantor yang terletak dilapangan, biasanya dibuat dengan ukuran tertentu dan terdiri dari 2 bagian. Bagian yang pertama diperiapkan untuk penempatan perlengkapan-perengkapan seperti gambar-gambar rencana, buku direksi, papan pengumuman, P3K dan lain-lain. Bagian kedua berisi peralatan-peralatan kerja.

- Pembuatan jalan hantar

Pekerjaan ini merupakan salah satu hal yang sangat penting, sebab dengan adanya jalan ini segala mobilisasi pembangunan dan pelaksanaan proyek akan lebih lancar. Pembuatan jalan hantar disesuaikan dengan fungsi jalan itu sendiri dan dibuat berdasarkan peralatan yang akan melewatinya, misalnya truck yang akan mengangkut bahan timbunan, mesin pemadat dan peralatan lainnya.

- Pemasangan patok pengukuran (*bowplank*)

Bowplank merupakan suatu susunan tiang kayu yang dipasang pada lokasi pembangunan dan berfungsi sebagai patokan atau petunjuk bagi pelaksana tentang elevasi lokasi pekerjaan untuk menentukan tempat operasional

pelaksanaan. Patok ini juga digunakan sebagai patokan dalam pembuatan kemiringan timbunan (*slope*) dan penentuan garis tengah dalam pembuatan lebar puncak maupun dasar timbunan.

2. Pekerjaan Pengerukan

Pekerjaan pengerukan adalah pekerjaan pengambilan tanah di suatu tempat untuk mendapatkan tanah sebagai bahan timbunan yang diinginkan.

3. Pekerjaan Penimbunan dan Pemadatan

Setelah bahan timbunan diperoleh, maka selanjutnya mulai dilakukan penimbunan pada tempat yang direncanakan. Penimbunan dilakukan tiap lapis merata dengan tebal tiap lapisan maksimal sebesar 20 cm dan dipadatkan dengan alat pemadat. Demikian langkah tersebut dilakukan terus menerus hingga diperoleh tebal atau tinggi timbunan yang direncanakan.

Setelah pemadatan selesai dilakukan, maka dilakukan pengujian terhadap tanah hasil pemadatan tersebut di laboratorium untuk mengetahui apakah timbunan telah memenuhi kepadatan yang diijinkan.

Untuk mendapatkan kepadatan yang maksimal biasanya dilakukan penambahan timbunan (*extra banking*).

Pemadatan tanah timbunan dianggap memenuhi syarat apabila dari hasil pengujian diperoleh berat volume kering tanah timbunan tidak kurang dari 90% berat volume kering maksimal.

Setelah hasil pemadatan timbunan memenuhi kepadatan yang diijinkan, maka kelebihan tebal timbunan akibat extra banking dipotong kembali hingga diperoleh dimensi timbunan sesuai rencana.

4. Pekerjaan Pembuatan Slope

Pekerjaan ini merupakan kelanjutan dari pekerjaan penimbunan dan pemadatan. Pembentukan lereng ini dilakukan dengan bantuan tiang kerja yang dipancangkan pada tanah dan dibentuk sesuai dengan lereng yang direncanakan.

Adapun maksud dari pemasangan tiang tersebut adalah sebagai kontrol dari pembentukan lereng agar diperoleh hasil yang benar sesuai rencana.

5. Pekerjaan Penyelesaian

Pekerjaan yang paling akhir akan dilakukan dalam pembangunan sand dunes adalah pekerjaan penyelesaian yang berupa perawatan atas segala kerusakan yang terjadi selama pelaksanaan pekerjaan.

VI.2 Peralatan

Peralatan merupakan sarana pendukung dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Penggunaan peralatan yang memadai dibantu dengan tenaga terampil yang menguasai bidang pekerjaannya akan menghasilkan suatu kerja maksimum.

VI.2.1 Penempatan dan pengendalian peralatan

Penempatan dari peralatan yang akan digunakan harus diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh :

- Kelancaran pekerjaan, yaitu dengan penempatan alat yang mudah dicapai sehingga alat dapat bekerja secara optimal.
- Keamanan bekerja, yaitu merupakan faktor yang penting dalam pekerjaan. Dengan penempatan peralatan yang benar akan memberi jaminan dalam keamanan bekerja.
- Keselamatan alat dari kerusakan. Hal ini harus benar-benar diperhatikan agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan dengan lancar.

Pengendalian peralatan dimaksudkan sebagai pendayagunaan alat bantu kerja sesuai dengan kapasitas peralatan tersebut, agar tujuan dapat dicapai dan keselamatan alat-alat dapat dipenuhi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan khususnya untuk peralatan mesin adalah:

- memperhatikan jam kerja dari mesin, jangan mengoperasikan mesin secara berlebihan yang nantinya akan mengurangi efisiensi mesin.
- penggantian minyak pelumas dan stempet harus diperhatikan.
- kebersihan dan perawatan alat.

Hal tersebut di atas sangat ditekankan penggunaannya, khususnya dalam menangani pelaksanaan peralatan tersebut. Ketelitian dalam perawatan peralatan,

khususnya alat-alat mesin akan mempunyai pengaruh besar dalam efektifitas dan efisiensi kerja.



VI.2.2 Penggunaan peralatan

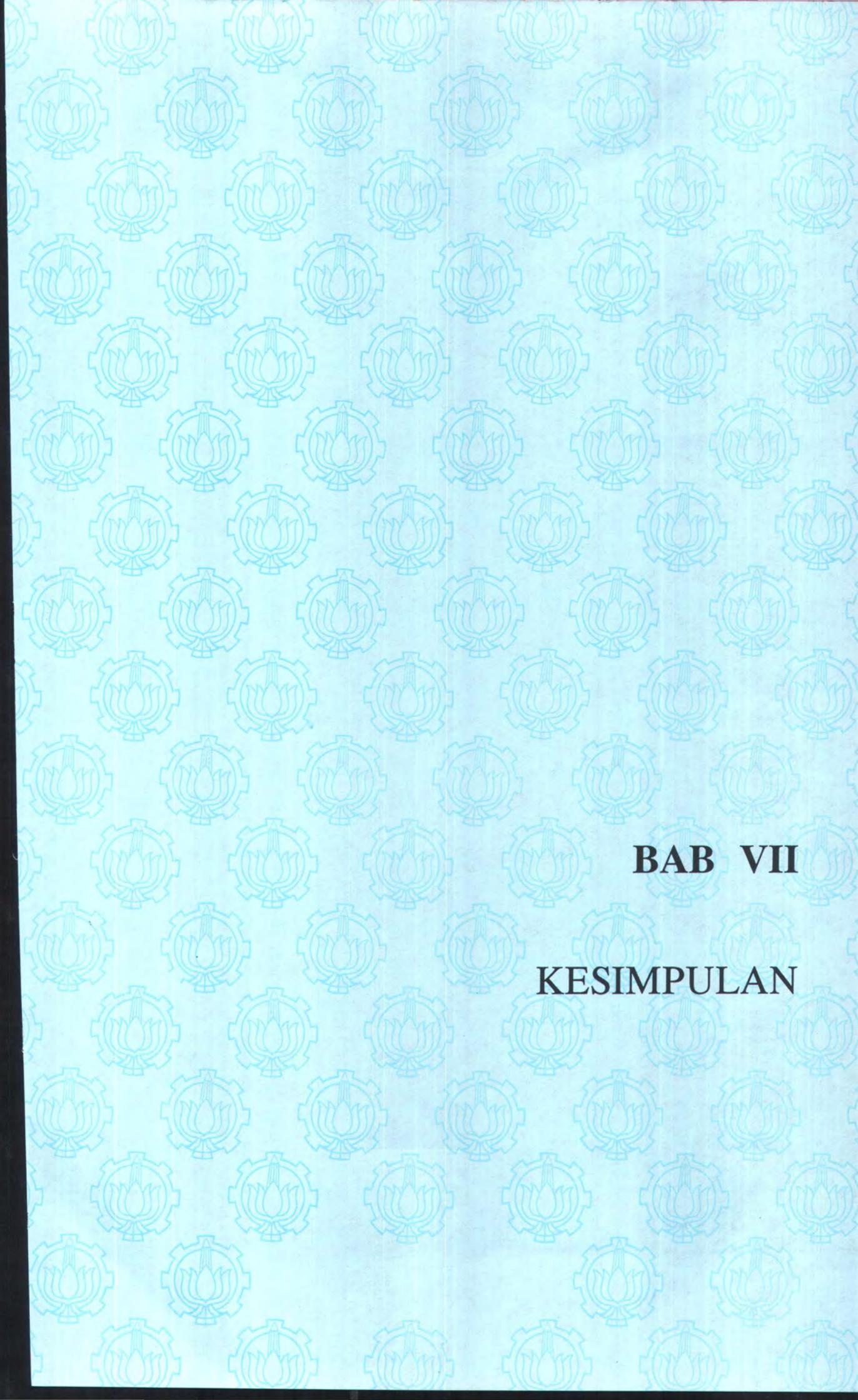
Peralatan yang akan digunakan di tempat penimbunan atau pembangunan sand dunes adalah peralatan yang berfungsi sebagai sarana pemadat, pembentuk lereng dan pemerata permukaan timbunan. Alat-alat yang dapat digunakan untuk keperluan ini antara lain:

- Mesin gilas beroda-halus (*smooth-wheel roller*)

Mesin ini dapat digunakan sebagai pemadat untuk semua jenis tanah, terutama untuk tanah yang tidak kohesif seperti pasir.

- Mesin perata tanah (*grader*)

Adalah alat perata timbunan yang juga dapat berfungsi sebagai pembentuk lereng dan puncak timbunan.



BAB VII

KESIMPULAN

BAB VII

KESIMPULAN

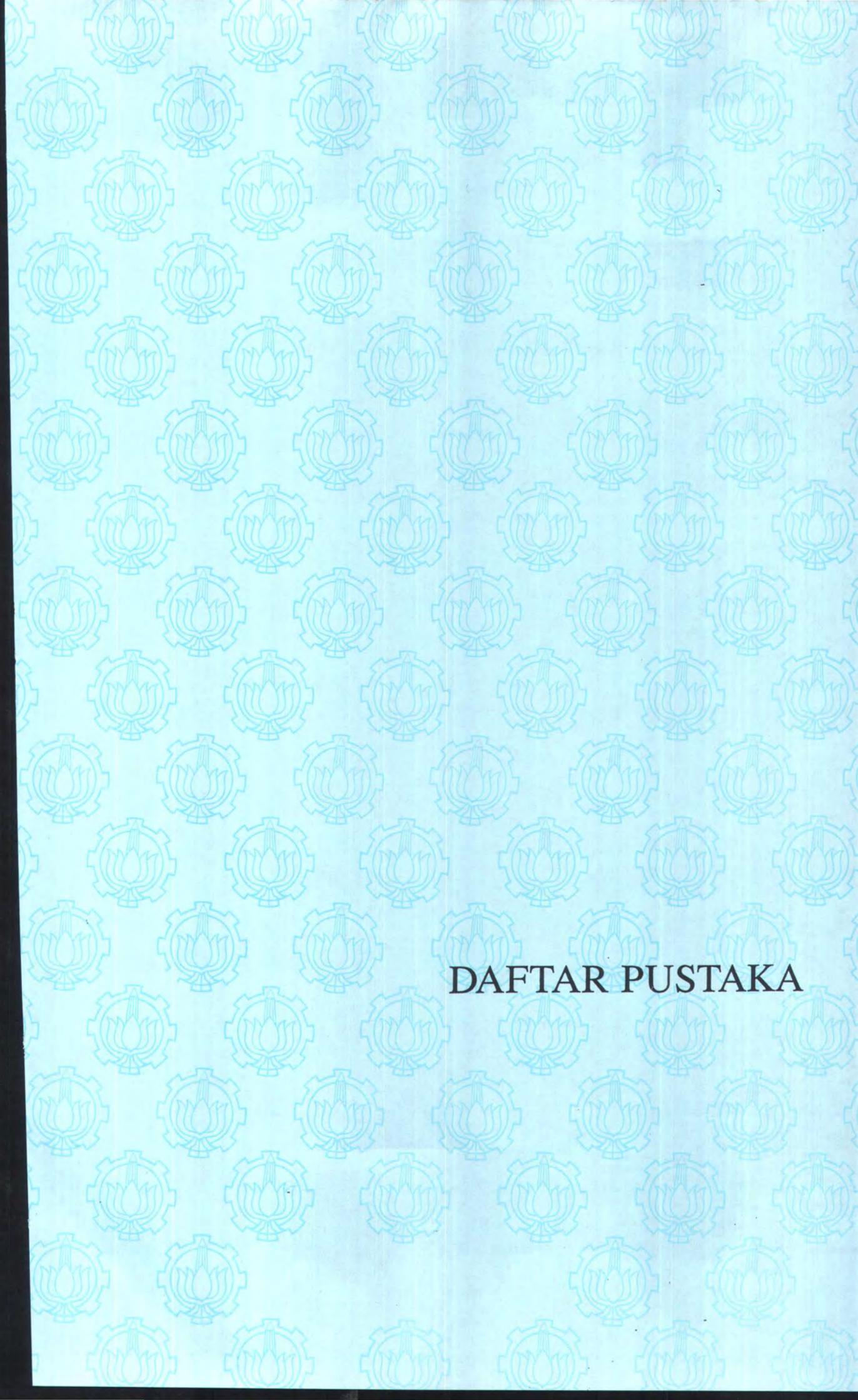
VII.1 Kesimpulan

Dari penjelasan-penjelasan yang ada pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan tentang perencanaan sand dunes sebagai pelindung pantai. Kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

1. Hasil akhir perencanaan yang telah memenuhi syarat stabilitas adalah sand dunes dengan dimensi tinggi 5 m, lebar 8 m dan kemiringan 25° , dengan letak sand dunes 90 m dari garis pantai. Sand dunes dibangun dengan material pasir yang akan diperoleh dari hasil pengerukan di lokasi sekitar Teluk Rajegwesi dan dipadatkan hingga memenuhi kepadatan yang disyaratkan.
2. Stabilitas dari sebuah bangunan dapat dilihat dari berbagai segi. Dalam perencanaan kali ini stabilitas sand dunes ditinjau dari dua segi, yakni stabilitas terhadap bahaya geser dan stabilitas terhadap bahaya gelincir dengan syarat stabilitas berupa angka keamanan seharga lebih besar dari 1.5. Dimensi sand dunes hasil perencanaan ini telah memenuhi syarat keamanan tersebut, sehingga perencanaan ini secara teoritis layak digunakan dari segi stabilitasnya.

VII.2 Saran

Untuk memberikan kekuatan tambahan dalam mencegah keruntuhan dalam perencanaan sand dunes dapat digunakan bahan-bahan tambahan seperti geotekstil. Dengan bahan ini bangunan sand dunes diharapkan memiliki angka keamanan yang lebih besar, sehingga dapat bertahan dalam kondisi yang lebih kritis.

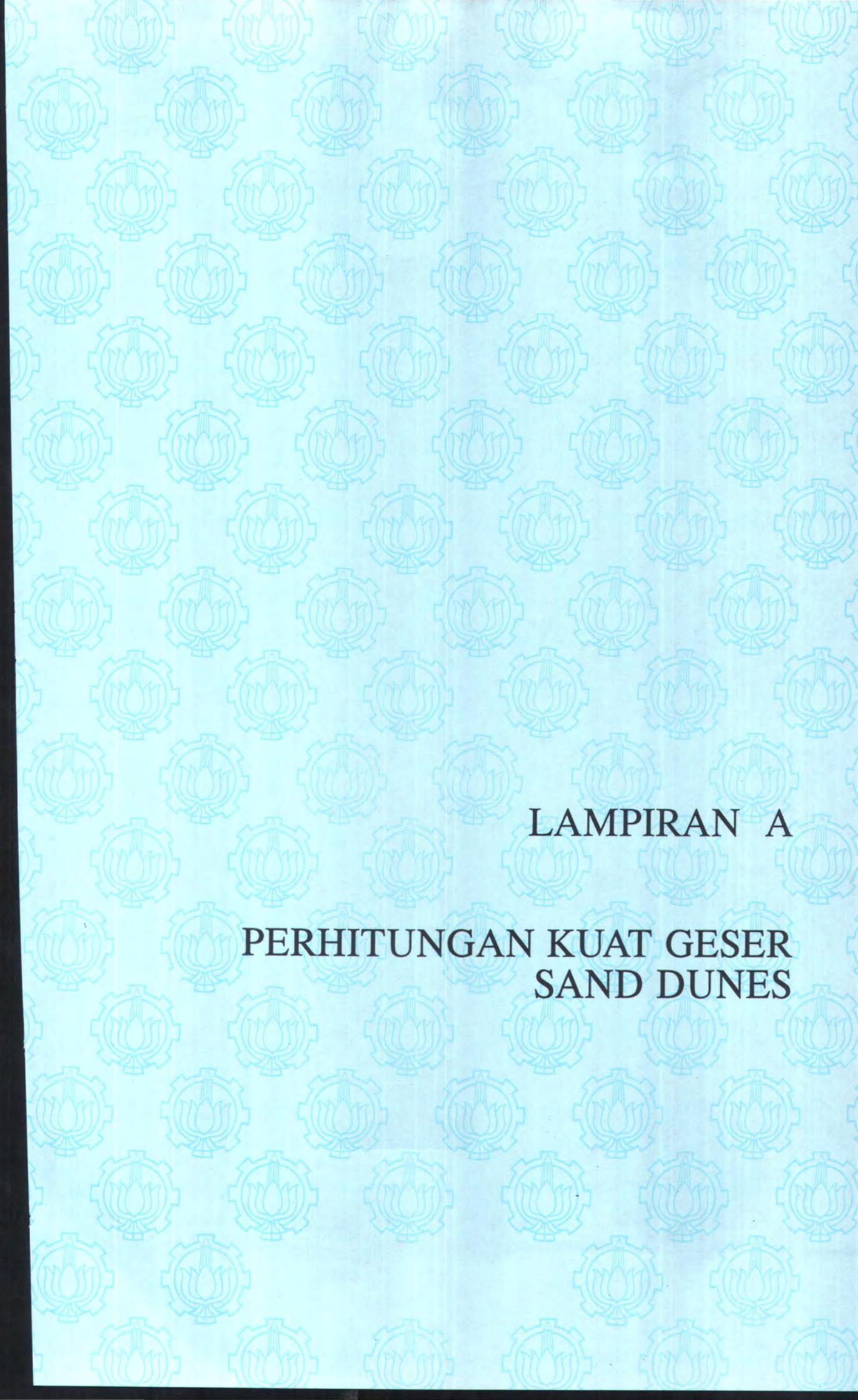


DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

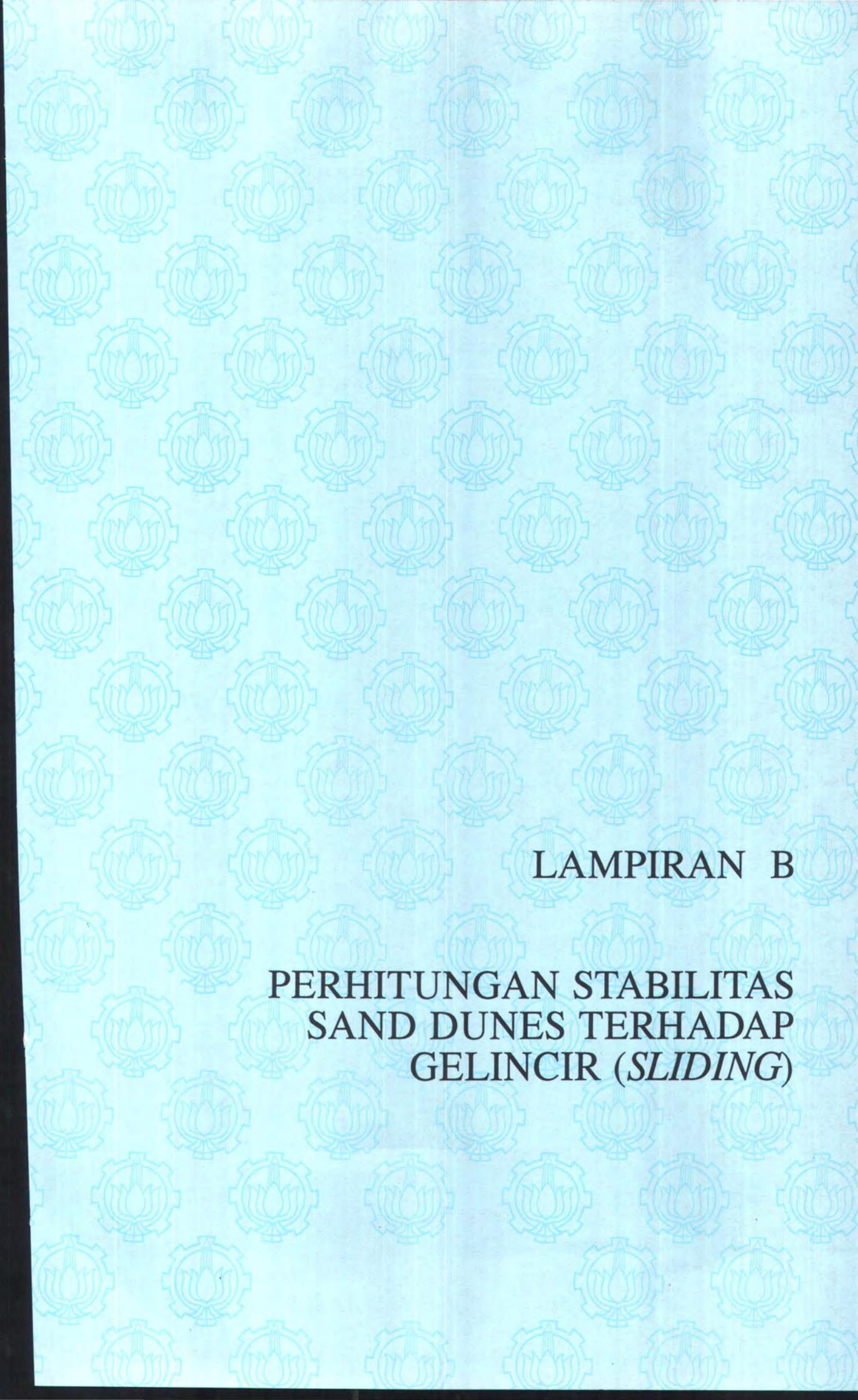
- Bowles, J. E., 1991. **Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah**. Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Camfield, F. E., 1980. **Tsunami Engineering**. U. S. ARMY, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Kingman Building, Fort Belvoir, Virginia.
- Chadwick, A. and J. Morfett, 1993. **Hydraulics in Civil and Environmental Engineering**. Second Edition, E and FN Spon, London – Glasgow – New York – Tokyo – Melbourne – Madras.
- Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center. 1984. "Planning Analysis". **Shore Protection Manual**. Department of the Army Waterways Experiment Station, Washington DC. Vol 1. 5:24.
- Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center. 1984. "Structural Features". **Shore Protection Manual**. Department of the Army Waterways Experiment Station, Washington DC, Vol 2. 6:37
- Das, B. M., 1993. **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Erlangga, Jakarta.
- Duncan, J. M. and A. L. Buchignani, 1975. **An Engineering Manual for Slope Stability Studies**. University of California, Department of Civil Engineering.

- Hendrajaya, D. Y., 1999. **Studi Eksperimental Penggunaan Model Fisik Untuk Memprediksikan Penjalaran dan Tinggi Gelombang Tsunami (Studi Kasus Pada Teluk Rajegwesi – 1994)**. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- McCarthy, D. F., 1982. **Essentials of Soil Mechanics and Foundations**. Prentice-Hall Company, Reston-Virginia. USA.
- Soedarmo, G. D., Purnomo, S. J. 1993. **Mekanika Tanah 2**. Kansius, Yogyakarta.
- Sowers, G.F., 1979. **Introductory Soil Mechanics and Foundation : Geotechnical Engineering**. Macmillan Publishing Co., Inc., USA.
- Terzaghi, K. And R. B. Peck, 1987. **Soil Mechanics in Engineering Practise**. New York, Wiley.



LAMPIRAN A

PERHITUNGAN KUAT GESER
SAND DUNES



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN STABILITAS
SAND DUNES TERHADAP
GELINCIR (*SLIDING*)

**PERHITUNGAN STABILITAS TERHADAP GELINCIR (*SLIDING*)
Untuk Kemiringan (β) = 30°**

γ sand dunes = 19000 N/m³

ϕ sand dunes = 30

$\tan \phi = 0.577$

C clay = 9908.1 N/m²

γ clay = 14626.71 N/m³

$q = 200000/8 = 25000$ N/m

$\beta = 30$ $\tan \beta = 0.577$

$\alpha_1 = 26$

$\alpha_2 = 35$

$\theta = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) = 89^\circ$

$AB = 5 / \sin \beta = 10$ m

$R = AB \sin (\alpha_2 + \beta) / \sin \theta = 9.064$ m

$X_0 = R \cos (\alpha_1 + \beta) = 5.069$

$Y_0 = R \sin (\alpha_1 + \beta) = 7.514$

$X_a = 0$ $X_t = 10.138$

$Y_a = 0$ $Y_t = 0$

$X_b = 1$	$Y_b = 0.577$	$Y_{b'} = -0.585$
$X_c = 2$	$Y_c = 1.155$	$Y_{c'} = -1.015$
$X_d = 3$	$Y_d = 1.732$	$Y_{d'} = -1.311$
$X_e = 4$	$Y_e = 2.309$	$Y_{e'} = -1.487$
$X_f = 5$	$Y_f = 2.887$	$Y_{f'} = -1.550$
$X_g = 6$	$Y_g = 3.464$	$Y_{g'} = -1.502$
$X_h = 7$	$Y_h = 4.041$	$Y_{h'} = -1.342$
$X_i = 8$	$Y_i = 4.619$	$Y_{i'} = -1.063$
$X_j = 8.660$	$Y_j = 5$	$Y_{j'} = -0.808$
$X_k = 9$	$Y_k = 5$	$Y_{k'} = -0.653$
$X_l = 10$	$Y_l = 5$	$Y_{l'} = -0.091$
$X_m = 11$	$Y_m = 5$	$Y_{m'} = 0.660$
$X_n = 12$	$Y_n = 5$	$Y_{n'} = 1.673$
$X_o = 13$	$Y_o = 5$	$Y_{o'} = 3.126$
$X_p = 13.777$	$Y_p = 5$	$Y_{p'} = 5$



TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 30° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Lempung

No Slice	α (rad)	l (m)	Bagian Di Atas Permukaan Tanah Dasar					Bagian Di Bawah Permukaan Tanah Dasar				
			luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)	luas (m ²)	W (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	cl (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.530	1.159	0.289	5484.828	1785.714	3622.670	-3672.813	0.293	4280.811	2132.987	11480.683	-2162.510
2	-0.405	1.088	0.866	16454.483	1785.714	9677.027	-7195.155	0.800	11701.077	6207.808	10782.447	-4615.688
3	-0.288	1.043	1.443	27424.138	1785.714	16170.419	-8292.652	1.163	17005.882	9414.366	10333.271	-4827.956
4	-0.174	1.015	2.021	38393.793	1785.714	22846.343	-6966.104	1.399	20458.680	11632.946	10060.456	-3547.015
5	-0.063	1.002	2.598	49363.448	1785.714	29472.559	-3215.846	1.518	22206.843	12795.761	9927.741	-1396.187
6	0.048	1.001	3.175	60333.103	1785.714	35823.623	2958.311	1.526	22318.876	12871.189	9919.355	1062.901
7	0.159	1.013	3.753	71302.758	1785.714	41666.770	11557.061	1.422	20799.041	11857.258	10034.340	3288.833
8	0.272	1.038	4.330	82272.413	1785.714	46746.951	22581.777	1.202	17588.213	9781.271	10286.229	4724.982
9	0.250	1.032	4.786	90935.857	1785.714	51875.040	22896.080	0.731	10687.807	5979.519	10224.736	2639.180
10	0.154	1.012	5.000	95000.000	1785.714	55219.969	14823.610	0.372	5445.232	3106.714	10026.396	833.987
11	0.512	1.147	4.716	89596.466	1785.714	45996.449	44762.516	0.006	92.193	46.405	11364.935	45.160
12	0.644	1.251	3.834	72837.943	1785.714	34447.309	44820.073	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.792	1.424	2.601	49410.400	1785.714	20763.835	36436.680	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.968	3.136	0.937	17803.856	1785.714	6412.347	16136.811	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

420741.311 187630.348

85826.223 114440.589 -3954.313

$$SF = \frac{\sum W \cos \alpha \tan \phi + \sum c l}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= 3.381$$

TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 30° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Pasir

No Slice	α (rad)	l (m)	luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.530	1.159	0.581	11045.573	1785.714	6393.406	-6481.900
2	-0.405	1.088	1.666	31654.105	1785.714	17740.928	-13190.903
3	-0.288	1.043	2.606	49514.667	1785.714	28399.619	-14564.135
4	-0.174	1.015	3.419	64969.483	1785.714	37957.463	-11573.653
5	-0.063	1.002	4.116	78209.991	1785.714	46094.168	-5029.484
6	0.048	1.001	4.701	89325.177	1785.714	52543.212	4339.013
7	0.159	1.013	5.175	98320.575	1785.714	57069.270	15829.233
8	0.272	1.038	5.533	105119.387	1785.714	59452.757	28719.497
9	0.250	1.032	5.517	104819.249	1785.714	59642.396	26324.357
10	0.154	1.012	5.372	102073.321	1785.714	59255.571	15906.953
11	0.512	1.147	4.722	89716.225	1785.714	46056.729	44821.179
12	0.644	1.251	3.834	72837.943	1785.714	34447.309	44820.073
13	0.792	1.424	2.601	49410.400	1785.714	20763.835	36436.680
14	0.968	3.136	0.937	17803.856	1785.714	6412.347	16136.811

532229.010 182493.721

$$SF = \Sigma W \cos \alpha \tan \phi / \Sigma W \sin \alpha$$

$$= 2.9164$$

**PERHITUNGAN STABILITAS TERHADAP GELINCIR (*SLIDING*)
Untuk Kemiringan (β) = 35°**

$\gamma_{\text{ sand dunes }} = 19000 \text{ N/m}^3$

$\phi_{\text{ sand dunes }} = 30$

$\tan \phi = 0.577$

$C_{\text{ clay }} = 9908.1 \text{ N/m}^2$

$\gamma_{\text{ clay }} = 14626.71 \text{ N/m}^3$

$q = 200000/8 = 25000 \text{ N/m}$

$\beta = 35 \quad \tan \beta = 0.700$

$\alpha_1 = 26$

$\alpha_2 = 35$

$\theta = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) = 84$

$AB = 5 / \sin \beta = 8.717 \text{ m}$

$R = AB \sin (\alpha_2 + \beta) / \sin \theta = 8.237 \text{ m}$

$X_0 = R \cos (\alpha_1 + \beta) = 3.993$

$Y_0 = R \sin (\alpha_1 + \beta) = 7.204$

$X_a = 0 \quad X_t = 7.986$

$Y_a = 0 \quad Y_t = 0$

$X_b = 1 \quad Y_b = 0.700 \quad Y_{b'} = -0.470$

$X_c = 2 \quad Y_c = 1.400 \quad Y_{c'} = -0.788$

$X_d = 3 \quad Y_d = 2.101 \quad Y_{d'} = -0.973$

$X_e = 4 \quad Y_e = 2.801 \quad Y_{e'} = -1.033$

$X_f = 5 \quad Y_f = 3.501 \quad Y_{f'} = -0.971$

$X_g = 6 \quad Y_g = 4.201 \quad Y_{g'} = -0.785$

$X_h = 7 \quad Y_h = 4.901 \quad Y_{h'} = -0.464$

$X_i = 7.141 \quad Y_i = 5 \quad Y_{i'} = -0.408$

$X_j = 8 \quad Y_j = 5 \quad Y_{j'} = 0.008$

$X_k = 9 \quad Y_k = 5 \quad Y_{k'} = 0.664$

$X_l = 10 \quad Y_l = 5 \quad Y_{l'} = 1.568$

$X_m = 11 \quad Y_m = 5 \quad Y_{m'} = 2.874$

$X_n = 11.930 \quad Y_n = 5 \quad Y_{n'} = 5$

TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 35° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Lempung

No Slice	α (rad)	l (m)	Bagian Di Atas Permukaan Tanah Dasar					Bagian Di Bawah Permukaan Tanah Dasar				
			luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)	luas (m ²)	W (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	cl (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.439	1.105	0.350	6651.972	2083.333	4565.042	-3713.048	0.235	3434.329	1794.769	10946.192	-1459.803
2	-0.308	1.049	1.050	19955.915	2083.333	12124.935	-6684.783	0.629	9196.555	5059.502	10397.935	-2789.432
3	-0.183	1.017	1.751	33259.858	2083.333	20065.981	-6419.535	0.880	12875.278	7309.897	10075.698	-2338.592
4	-0.060	1.002	2.451	46563.801	2083.333	28035.852	-2918.351	1.003	14665.625	8451.953	9925.977	-879.794
5	0.062	1.002	3.151	59867.745	2083.333	35699.450	3818.892	1.002	14653.465	8444.092	9926.979	903.293
6	0.184	1.017	3.851	73171.688	2083.333	42712.456	13793.346	0.878	12838.234	7286.590	10078.843	2353.095
7	0.310	1.050	4.551	86475.631	2083.333	48693.878	27007.572	0.624	9132.790	5021.637	10403.702	2785.201
8	0.057	1.002	4.993	94868.239	2083.333	55885.297	5487.078	0.204	2980.876	1718.251	9924.007	168.706
9	0.393	1.083	4.668	88694.598	2083.333	48405.175	34805.889	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.581	1.196	3.884	73796.036	2083.333	36627.669	41628.358	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.735	1.348	2.779	52797.095	2083.333	23498.288	36815.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.917	1.645	1.063	20195.658	2083.333	7820.367	17688.387	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

364134.390 161308.923

45086.691 81679.333 -1257.326

$$SF = \frac{\sum W \cos \alpha \tan \phi + \sum c l}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= 3.06714$$

TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 35° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Pasir

No Slice	α (rad)	l (m)	luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.439	1.105	0.585	11113.142	2083.333	6896.435	-5609.323
2	-0.308	1.049	1.679	31902.179	2083.333	18697.195	-10308.236
3	-0.183	1.017	2.631	49984.760	2083.333	29561.489	-9457.350
4	-0.060	1.002	3.453	65614.351	2083.333	39014.883	-4061.197
5	0.062	1.002	4.153	78902.499	2083.333	46668.270	4992.264
6	0.184	1.017	4.729	89848.469	2083.333	52177.689	16850.000
7	0.310	1.050	5.176	98339.065	2083.333	55216.951	30625.530
8	0.057	1.002	5.225	99278.904	2083.333	58427.714	5736.705
9	0.393	1.083	4.668	88694.598	2083.333	48405.175	34805.889
10	0.581	1.196	3.884	73796.036	2083.333	36627.669	41628.358
11	0.735	1.348	2.779	52797.095	2083.333	23498.288	36815.117
12	0.917	1.645	1.063	20195.658	2083.333	7820.367	17688.387

423012.125 159706.144

$$SF = \Sigma W \cos \alpha \tan \phi / \Sigma W \sin \alpha$$

$$= 2.6487$$

PERHITUNGAN STABILITAS TERHADAP GELINCIR (SLIDING)
Untuk Kemiringan (β) = 40°

$\gamma_{\text{ sand dunes }} = 19000 \text{ N/m}^3$

$\phi_{\text{ sand dunes }} = 30$

$\tan \phi = 0.577$

$C_{\text{ clay }} = 9908.1 \text{ N/m}^2$

$\gamma_{\text{ clay }} = 14626.71 \text{ N/m}^3$

$q = 200000/8 = 25000 \text{ N/m}$

$\beta = 40$

$\tan \beta = 0.839$

$\alpha_1 = 27$

$\alpha_2 = 36$

$\theta = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) = 77$

$AB = 5 / \sin \beta = 7.779 \text{ m}$

$R = AB \sin (\alpha_2 + \beta) / \sin \theta = 7.746 \text{ m}$

$X_0 = R \cos (\alpha_1 + \beta) = 3.027$

$Y_0 = R \sin (\alpha_1 + \beta) = 7.130$

$X_a = 0$

$X_t = 6.053$

$Y_a = 0$

$Y_t = 0$

$X_b = 1$

$Y_b = 0.839$

$Y_{b'} = -0.346$

$X_c = 2$

$Y_c = 1.678$

$Y_{c'} = -0.547$

$X_d = 3$

$Y_d = 2.517$

$Y_{d'} = -0.616$

$X_e = 4$

$Y_e = 3.356$

$Y_{e'} = -0.554$

$X_f = 5$

$Y_f = 4.195$

$Y_{f'} = -0.360$

$X_g = 5.959$

$Y_g = 5$

$Y_{g'} = -0.039$

$X_h = 6$

$Y_h = 5$

$Y_{h'} = -0.022$

$X_i = 7$

$Y_i = 5$

$Y_{i'} = 0.481$

$X_j = 8$

$Y_j = 5$

$Y_{j'} = 1.192$

$X_k = 9$

$Y_k = 5$

$Y_{k'} = 2.199$

$X_l = 10$

$Y_l = 5$

$Y_{l'} = 3.758$

$X_m = 10.474$

$Y_m = 5$

$Y_{m'} = 5$



TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 40° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Lempung

No Slice	α (rad)	l (m)	Bagian Di Atas Permukaan Tanah Dasar					Bagian Di Bawah Permukaan Tanah Dasar				
			luas (m2)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan φ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)	luas (m2)	W (N/m)	(W+q) cos α tan φ (N/m)	cI (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.333	1.058	0.420	7971.446	2272.727	5589.435	-3349.291	0.173	2530.120	1380.486	10484.285	-827.213
2	-0.199	1.020	1.259	23914.339	2272.727	14821.265	-5172.306	0.447	6533.756	3697.953	10107.211	-1290.507
3	-0.068	1.002	2.098	39857.232	2272.727	24267.225	-2870.336	0.582	8506.695	4899.931	9931.176	-579.566
4	0.061	1.002	2.937	55800.125	2272.727	33465.451	3556.252	0.585	8557.423	4931.358	9926.730	524.037
5	0.192	1.019	3.776	71743.018	2272.727	41949.459	14108.841	0.457	6688.620	3790.869	10093.168	1274.981
6	0.310	1.050	4.614	87672.359	2272.727	49447.494	27476.439	0.180	2634.257	1448.188	10405.499	804.713
7	0.017	1.000	4.760	90431.184	2272.727	53514.895	1575.833	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.466	1.120	4.164	79110.417	2272.727	41970.367	36587.989	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.618	1.227	3.305	62791.662	2272.727	30619.237	37692.993	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.789	1.419	2.022	38413.798	2272.727	16551.906	28870.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	1.000	1.852	0.621	11801.369	2272.727	4387.032	11846.605	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

316583.766 150323.360

20148.784 60948.069 -93.553

$$SF = \frac{\sum W \cos \alpha \tan \phi + \sum cI}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= 2.6471$$

TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 40° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Pasir

No Slice	α (rad)	l (m)	luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.333	1.058	0.593	11258.055	2272.727	7382.677	-4423.835
2	-0.199	1.020	1.705	32401.645	2272.727	19624.881	-6848.666
3	-0.068	1.002	2.679	50907.374	2272.727	30632.203	-3623.188
4	0.061	1.002	3.522	66916.161	2272.727	39871.253	4236.973
5	0.192	1.019	4.233	80431.492	2272.727	46873.773	15765.033
6	0.310	1.050	4.794	91094.242	2272.727	51328.680	28521.756
7	0.017	1.000	4.760	90431.184	2272.727	53514.895	1575.833
8	0.466	1.120	4.164	79110.417	2272.727	41970.367	36587.989
9	0.618	1.227	3.305	62791.662	2272.727	30619.237	37692.993
10	0.789	1.419	2.022	38413.798	2272.727	16551.906	28870.341
11	1.000	1.852	0.621	11801.369	2272.727	4387.032	11846.605

342756.904 150201.835

$$SF = \Sigma W \cos \alpha \tan \phi / \Sigma W \sin \alpha$$

$$= 2.282$$

**PERHITUNGAN STABILITAS TERHADAP GELINCIR (*SLIDING*)
Untuk Kemiringan (β) = 45°**

$\gamma_{\text{ sand dunes}} = 19000 \text{ N/m}^3$

$\phi_{\text{ sand dunes}} = 30$

$\tan \alpha = 0.577$

$C_{\text{ clay}} = 9908.1 \text{ N/m}^2$

$\gamma_{\text{ clay}} = 14626.71 \text{ N/m}^3$

$q = 200000/8 = 25000 \text{ N/m}$

$\beta = 45 \quad \tan \beta = 1$

$\alpha_1 = 28$

$\alpha_2 = 37$

$\theta = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) = 70$

$AB = 5 / \sin \beta = 7.071 \text{ m}$

$R = AB \sin (\alpha_2 + \beta) / \sin \theta = 7.452 \text{ m}$

$X_0 = R \cos (\alpha_1 + \beta) = 2.178$

$Y_0 = R \sin (\alpha_1 + \beta) = 7.126$

$X_a = 0 \quad X_t = 4.356$

$Y_a = 0 \quad Y_t = 0$

$X_b = 1 \quad Y_b = 1$

$Y_{b'} = -0.232$

$X_c = 2 \quad Y_c = 2$

$Y_{c'} = -0.324$

$X_d = 3 \quad Y_d = 3$

$Y_{d'} = -0.281$

$X_e = 4 \quad Y_e = 4$

$Y_{e'} = -0.100$

$X_f = 5 \quad Y_f = 5$

$Y_{f'} = 0.229$

$X_g = 6 \quad Y_g = 5$

$Y_{g'} = 0.729$

$X_h = 7 \quad Y_h = 5$

$Y_{h'} = 1.444$

$X_i = 8 \quad Y_i = 5$

$Y_{i'} = 2.474$

$X_j = 9.320 \quad Y_j = 5$

$Y_{j'} = 5$

TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 45° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Lempung

No Slice	α (rad)	l (m)	Bagian Di Atas Permukaan Tanah Dasar					Bagian Di Bawah Permukaan Tanah Dasar				
			luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	$(W+q) \cos \alpha \tan \phi$ (N/m)	$(W+q) \sin \alpha$ (N/m)	luas (m ²)	W (N/m)	$(W+q) \cos \alpha \tan \phi$ (N/m)	cI (N/m)	$(W+q) \sin \alpha$ (N/m)
1	-0.228	1.027	0.500	9500.000	2777.778	6904.721	-2778.185	0.116	1698.913	955.427	10171.931	-384.426
2	-0.091	1.004	1.500	28500.000	2777.778	17982.995	-2852.205	0.278	4067.517	2338.598	9949.554	-370.915
3	0.043	1.001	2.500	47500.000	2777.778	29000.654	2177.413	0.302	4420.187	2549.602	9917.405	191.428
4	0.179	1.016	3.500	66500.000	2777.778	39360.134	12318.686	0.190	2781.675	1580.407	10068.555	494.626
5	0.318	1.053	4.426	84098.983	2777.778	47648.353	27138.071	0.018	259.913	142.552	10430.028	81.190
6	0.463	1.118	4.521	85901.243	2777.778	45797.945	39643.579	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.621	1.230	3.913	74354.970	2777.778	36214.609	44888.386	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.800	1.436	3.041	57770.656	2777.778	24349.791	43443.939	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	1.194	2.716	1.667	31677.158	2777.778	7323.428	32035.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

254582.630 196014.740

7566.585 50537.472 11.903

$$SF = \frac{\sum W \cos \alpha \tan \phi + \sum cI}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= 1.5951$$

TABEL PERHITUNGAN STABILITAS SAND DUNES

Untuk Kemiringan Sand Dunes 45° dan Jenis Tanah di Bawah Sand Dunes adalah Pasir

No Slice	α (rad)	l (m)	luas (m ²)	W (N/m)	q (N/m)	(W+q) cos α tan ϕ (N/m)	(W+q) sin α (N/m)
1	-0.228	1.027	0.616	11706.877	2777.778	8145.814	-3277.552
2	-0.091	1.004	1.778	33783.678	2777.778	21020.818	-3334.021
3	0.043	1.001	2.802	53241.794	2777.778	32312.570	2426.076
4	0.179	1.016	3.690	70113.378	2777.778	41413.073	12961.202
5	0.318	1.053	4.444	84436.608	2777.778	47833.527	27243.536
6	0.463	1.118	4.521	85901.243	2777.778	45797.945	39643.579
7	0.621	1.230	3.913	74354.970	2777.778	36214.609	44888.386
8	0.800	1.436	3.041	57770.656	2777.778	24349.791	43443.939
9	1.194	2.716	1.667	31677.158	2777.778	7323.428	32035.056

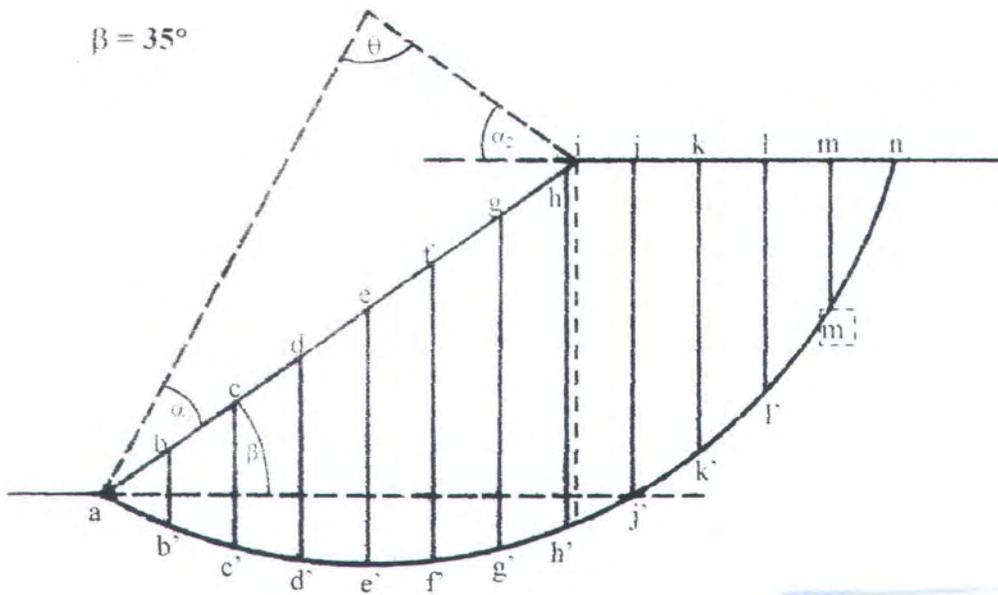
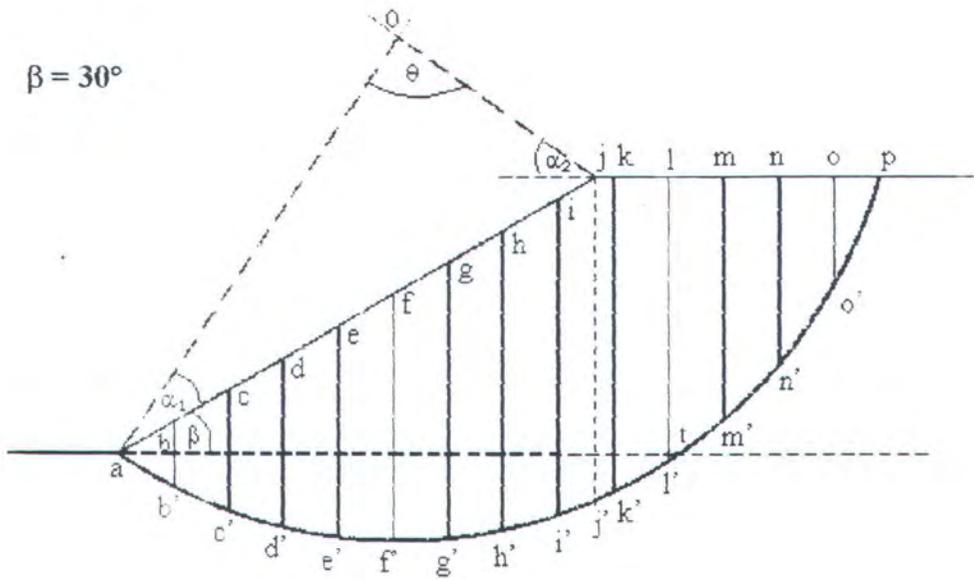
264411.574 196030.202

$$SF = \frac{\sum W \cos \alpha \tan \phi}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= 1.349$$

Gambar Cara Perhitungan (Metode Sayatan)

Untuk $\beta = 30^\circ$ dan 35°



Gambar Cara Perhitungan (Metode Sayatan)

Untuk $\beta = 40^\circ$ dan 45°

