

PERENCANAAN DERMAGA PLTU KAPASITAS KAPAL 5000 DWT

Daniel Rivandi Siahaan

0921052

Pembimbing : Ir. DAUD RAHMAT. W, M.Sc

ABSTRAK

Jetty adalah salah satu infrastruktur utama dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Bangunan ini berfungsi sebagai penyalur batubara dari kapal ke rumah pembangkit yang nantinya akan diubah menjadi energi listrik.

Berbagai metode telah dikembangkan oleh insinyur dan ilmuwan untuk menyelesaikan masalah pembebanan yang dipikul oleh *jetty*. Peraturan dan publikasi ilmiah telah dipublikasikan selama lebih dari 50 tahun untuk membantu pihak-pihak yang terlibat dari mulai tahap desain sampai masa konstruksi.

Pada tugas akhir ini penulis akan mendesain struktur *jetty* dengan menggunakan peraturan OCDI 1991 dan SNI-03-2847-2002 serta menggabungkan data lapangan dan teknik yang umum dilakukan pada analisis struktur, mekanika tanah, mekanika gelombang dan struktur beton bertulang. *Jetty* yang akan didesain berlokasi di Simeulue Propinsi Aceh. Dari hasil analisis gaya dalam struktur didapatkan perbedaan sebesar 9,16 persen sampai 90,63 persen antara desain awal dan desain akhir untuk balok, sementara untuk tiang pancang didapatkan perbedaan P-M *ratio* sebesar 56,4 persen. Beberapa penyederhanaan telah dilakukan dikarenakan oleh keterbatasan dalam tinjauan lingkungan.

(kata kunci : Analisa struktur, mekanika tanah, mekanika gelombang, struktur beton bertulang)

STEAM POWER PLANT JETTY DESIGN

THE CAPACITY OF 5000 DWT BARGE

Daniel Rivandi Siahaan

0921052

Pembimbing : Ir. DAUD RAHMAT. W, M.Sc

ABSTRACT

Jetty is one of most important structure in steam power plant. It delivers coals from barge to steam power house which will be transformed in to electricity by the steam turbine.

Many technical methods have been developed by engineers and scientists in order to solve different types of load acting on jetty structures. Codes and articles have been published for over past 50 years to give assistance for those who involved in the design process till the construction phase.

In this particular final project the author shall deliver a design of jetty structure using OCDI 1991 and SNI-03-2847-2002 by combining field data with an appropriate technics as have commonly used in structural analysis, soil mechanics, wave mechanics and design of concrete structure. The jetty structure will be objected to be part of steam power plant infrastructure located in Simeulue District Aceh province . Based on the internal force calculation results, the margins of diffrence are aproximately from 9,16 percent till 90,63 percent between preliminary and final design of beam, meanwhile margin of difference for pile foundations is 56,4 percent. Many simplifications have been conducted due to the limitations of environmental engineering judgement though. .

(keywords : Structural analysis, soil mechanics, wave mechanics, design of concrete structure)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir.....	iii
Pernyataan Publikasi Laporan Tugas Akhir.....	iv
Surat Keterangan Tugas Akhir	v
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar	xvi
Daftar Tabel.....	xix
Daftar Notasi.....	xxi
Daftar Lampiran.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Pembatasan Masalah Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
1.6 Lisensi Perangkat Lunak	4
1.7 Metodologi Penulisan	4
BAB II PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP	5
2.1 Umum	5
2.1.1 Komponen Sipil	5
2.1.2 Komponen Mekanikal	6
2.1.3 Komponen Elektrikal	8
2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	9

	2.2.1	Cara Kerja Boiler	9
	2.2.2	Sistem Pembakaran	12
BAB III	DASAR TEORI		16
	3.1	Teori Dermaga	16
	3.1.1	Umum	16
	3.1.2	Pemilihan Tipe <i>Jetty</i>	17
	3.1.3	Tinjauan Topografi Daerah Pantai	17
	3.1.4	Jenis Kapal yang dilayani	18
	3.1.5	Jenis Dermaga	18
	3.1.6	Kriteria Desain <i>Jetty</i>	22
	3.1.6.1	Panjang <i>Jetty</i>	22
	3.1.6.2	Lebar <i>Jetty</i>	23
	3.1.6.3	Kedalaman Dermaga	24
	3.1.7	Pembebanan Dermaga	25
	3.1.7.1	Beban Horizontal	25
	3.1.7.1.1	Gaya Benturan Kapal	25
	3.1.7.1.2	Gaya <i>Mooring</i> Akibat Angin	26
	3.1.7.1.3	Gaya <i>Mooring</i> Akibat Arus	27
	3.1.7.1.4	Gaya Tarikan Kapal pada Dermaga	28
	3.1.7.1.5	Beban Gelombang	29
	3.1.7.1.6	Beban Gempa	29
	3.1.7.2	Beban Vertikal	30
	3.1.7.2.1	Beban Mati	30
	3.1.7.2.2	Beban Hidup	30
	3.1.7.3	Kombinasi Pembebanan	32
	3.1.8	Material	33
	3.2	Dasar Teori Umum	34
	3.2.1	Teori Mekanika Gelombang	34
	3.2.1.1	Teori Gelombang Linier	34
	3.2.1.1.1	Parameter Gelombang	38
	3.2.1.1.2	Syarat Batas	40
	3.2.1.1.3	Persamaan Solusi Teori Gelombang Linier	42

3.2.1.1.4 Kecepatan, Percepatan Dan Perpindahan Partikel Air	43
3.2.1.2 Teori Gaya Gelombang.....	48
3.2.1.2.1 Gaya Seret (<i>Drag Force</i>).....	49
3.2.1.2.2 Gaya Inersia (<i>Inertia Force</i>).....	50
3.2.1.2.3 Gaya <i>Morrison</i> Total	50
3.2.1.2.4 Gaya Angkat (<i>Lift Force</i>)	54
3.2.2 Teori Peramalan Gelombang Dan Analisa Pasang Surut	54
3.2.2.1 Peramalan Gelombang (<i>Hindcasting</i>).....	55
3.2.2.2 Analisa Pasang Surut	59
3.2.3 Teori Beton Bertulang	61
3.2.3.1 Pelat Lantai	61
3.2.3.2 Balok Beton Bertulang	69
3.2.3.2.1 Ketentuan Dimensi Balok.....	69
3.2.3.2.2 Ketentuan Tulangan Longitudinal Balok	70
3.2.3.2.3 Ketentuan Tulangan Transversal Balok ..	72
3.2.3.2.4 Persyaratan Kuat Geser	73
3.2.3.3 <i>Pile Cap</i> Beton Bertulang.....	75
3.2.3.4 Tiang Pancang	75
3.2.3.5 Penyaluran Tulangan	76
3.2.4 Teori Pondasi Tiang Pancang	82
3.2.4.1 Umum	82
3.2.4.2 Syarat-syarat dalam Perencanaan Pondasi Tiang	88
3.2.4.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang	88
3.2.4.3.1 Daya Dukung Tiang.....	89
3.2.4.3.2 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Cara Statis	96
3.2.4.4 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Uji Pembebanan.....	99
3.2.4.5 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Sondir	102

	3.2.4.6 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data N-SPT	102
	3.2.4.7 Daya Dukung Lateral Tiang	104
	3.2.4.7.1 Analisis Tiang pada Tanah non Kohesif	105
BAB IV	DATA LINGKUNGAN, PEMBEBANAN DAN DESAIN AWAL	109
4.1	Analisa Pasang Surut	109
4.2	Analisa Data Angin	114
4.3	Peramalan Gelombang.....	116
4.4	Data Sondir Tanah	120
4.5	Perencanaan Kapal Desain	121
4.6	Perencanaan Elevasi Deck <i>Jetty</i> Berdasarkan Data Pasang Surut.....	122
4.7	Dimensi <i>Jetty</i> , <i>Trestle</i> , dan <i>Mooring dolphin</i>	122
4.8	Pembebanan <i>Jetty</i> , <i>Trestle</i> dan <i>Mooring dolphin</i>	123
	4.8.1 Beban Mati (keseluruhan).....	123
	4.8.2 Beban Gaya Gelombang	125
	4.8.3 Beban Truk	128
	4.8.4 Beban <i>Berthing</i> (Berlabuh Kapal)	129
	4.8.5 Beban <i>Mooring</i> (Tarikan Kapal)	132
	4.8.6 Beban Gempa.....	134
4.9	Desain Awal <i>Jetty</i> , <i>Trestle</i> dan <i>Mooring dolphin</i>	136
	4.9.1 Desain Awal <i>Jetty</i>	136
	4.9.1.1 Desain Awal Pelat <i>Jetty</i>	136
	4.9.1.2 Desain Awal Balok Memanjang <i>Jetty</i>	146
	4.9.1.3 Desain Awal Balok Melintang <i>Jetty</i>	158
	4.9.1.4 Desain Awal <i>Fender Jetty</i>	168
	4.9.1.5 Desain Awal Tiang Pancang <i>Jetty</i>	172
	4.9.1.6 Penulangan <i>Pile cap jetty</i>	182
	4.9.2 Desain Awal <i>Trestle</i>	186
	4.9.3 Desain Awal <i>Mooring dolphin</i>	186
	4.9.3.1 Pemilihan <i>bollard</i>	186
4.10	Resume Desain Awal.....	187

BAB V	DESAIN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN STRUKTUR <i>JETTY</i> , <i>TRESTLE</i> DAN <i>MOORING DOLPHIN</i>	189
5.1	Desain Struktur <i>Jetty</i> , <i>Trestle</i> , dan <i>Mooring dolphin</i>	189
5.2	Data Struktur.....	191
5.2.1	Data Struktur <i>Jetty</i>	191
5.2.2	Data Struktur <i>Trestle</i>	192
5.2.3	Data Struktur <i>Mooring dolphin</i>	193
5.3	Analisa Struktur	194
5.3.1	Properti Material.....	194
5.3.2	Pemodelan Penampang Profil.....	195
5.3.3	Pemodelan Pelat Lantai	196
5.3.4	Pembebanan.....	197
5.3.4.1	Beban Mati	197
5.3.4.2	Beban Gaya Gelombang.....	197
5.3.4.3	Beban Truk	198
5.3.4.4	Beban <i>Berthing</i>	202
5.3.4.5	Beban Mooring.....	203
5.3.4.6	Beban Gempa	204
5.3.5	Kombinasi Pembebanan	205
5.4	Hasil Analisis.....	206
5.4.1	Lendutan Struktur	206
5.4.2	Gaya Dalam	211
5.4.2.1	Balok.....	211
5.4.2.2	Tiang Pancang	213
5.4.2.3	Reaksi Perletakan	214
5.4.3	Penulangan Balok	215
5.4.4	Kontrol Kapasitas Tiang Pancang Baja	232
5.4.5	Penulangan <i>pile cap jetty</i>	243
5.4.6	Hubungan balok <i>pile cap</i> dan tiang pancang.....	247
5.5	Pembahasan	251
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	263
6.1	Kesimpulan	263
6.2	Saran.....	264

DAFTAR PUSTAKA	265
----------------------	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem <i>boiler</i>	10
Gambar 2. 2 <i>Primary & secondary air duct system</i> (warna biru).....	14
gambar 3. 1 tampak melintang <i>jetty</i> pelabuhan barang.....	17
gambar 3. 2 pelabuhan barang potongan (<i>general cargo</i>)	20
gambar 3. 3 pelabuhan barang peti kemas	20
gambar 3. 4 pelabuhan barang curah.....	21
gambar 3. 5 lebar pelabuhan/dermaga barang curah kering	24
gambar 3. 6 pembebanan truk “ <i>t</i> ”	32
gambar 3. 7 ruang tinjau kubus dalam fluida	35
gambar 3. 8 sketsa profil gelombang air	40
gambar 3. 9 klasifikasi gelombang sesuai tipe perairan.....	43
gambar 3. 10 ilustrasi pergerakan partikel air untuk perairan dangkal dan dalam	45
gambar 3. 11 ilustrasi perbedaan fasa antara kecepatan dan percepatan partikel air.	46
.....	46
gambar 3. 12 grafik menentukan gaya angkat	54
gambar 3. 13 kurva pasang surut.....	59
gambar 3. 14 tegangan dan regangan pada penampang beton bertulang	62
gambar 3. 15 pelat yang menumpu pada 2 tepi memikul beban terpusat	66
gambar 3. 16 persyaratan tulangan longitudinal balok	70
gambar 3. 17 persyaratan sambungan lewatan tulangan longitudinal.....	71
gambar 3. 18 persyaratan tulangan transversal komponen struktur lentur.....	73
gambar 3. 19 perencanaan geser balok	74
gambar 3. 20 detail kaitan untuk penyaluran kait standar.....	80
gambar 3. 21 kriteria umum pemilihan tipe pondasi.....	82
gambar 3. 22 beberapa jenis penggunaan pondasi tiang.....	83
gambar 3. 23 beberapa tipe tiang pancang berdasarkan perpindahan volume tanah	85
.....	85
gambar 3. 24 panjang dan beban maksimum untuk berbagai macam tipe tiang	85
yang umum dipakaidalam praktek (<i>carson</i> , 1965).....	85
gambar 3. 25 (a) dan (b) end/point bearing piles (c) friction piles	96
gambar 3. 26 satuan perlawanan geser tiang pada tanah pasir (granuler).....	98
gambar 3. 27 skema uji pembebanan	99
gambar 3. 28 hubungan antara pembebanan dan total penurunan (b) hubungan	101
antara pembebanan dan penurunan netto	101
gambar 3. 29 skema keruntuhan tiang pendek pada tanah non kohesif	106
gambar 3. 30 skema keruntuhan tiang panjang bebas pada tanah non kohesif...	106
gambar 3. 31 skema keruntuhan tiang pendek ujung jepit pada tanah non kohesif	107
.....	107

gambar 3. 32 skema keruntuhan tiang panjang ujung jepit pada tanah non kohesif	108
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran Pasang Surut Simeulue.....	110
Gambar 4. 2 Grafik probabilitas elevasi penting pasang surut Simeulue.	114
Gambar 4. 3 Perhitungan panjang <i>fetch</i> untuk Simeulue.....	116
Gambar 4. 4 Waverose total berdasarkan data angin Belawan.....	118
Gambar 4. 5 Data Sondir Lokasi S-8 PLTU Simeulue	120
Gambar 4. 6 Data N-SPT Lokasi BH-9 PLTU Simeulue	120
Gambar 4. 7 Ukuran Kapal Rencana.....	121
Gambar 4. 8 Elevasi Deck <i>Jetty</i>	122
Gambar 4. 9 Konfigurasi Pembebanan Truk.....	129
Gambar 4. 10 Spektrum Response Gempa Simeulue	135
Gambar 4. 11 Penyebaran beban roda.....	137
Gambar 4. 12 Dimensi Pelat <i>Jetty</i>	138
Gambar 4. 13 Pelat menerima 2 beban roda	140
Gambar 4. 14 Pelat dengan satu beban roda	141
Gambar 4. 15 Pelat <i>pre-cast jetty</i>	145
Gambar 4. 16 Potongan memanjang pelat <i>pre-cast jetty</i>	145
Gambar 4. 17 Potongan melintang pelat <i>pre-cast jetty</i>	146
Gambar 4. 18 Skema pembebanan balok memanjang <i>jetty</i>	147
Gambar 4. 19 Desain awal penulangan balok memanjang <i>jetty</i>	157
Gambar 4. 20 Desain awal potongan melintang balok memanjang <i>jetty</i>	157
Gambar 4. 21 Skema pembebanan balok melintang <i>jetty</i>	159
Gambar 4. 22 Desain awal penulangan balok melintang <i>jetty</i>	167
Gambar 4. 23 Desain awal potongan balok melintang <i>jetty</i>	167
Gambar 4. 24 <i>Fender</i> tipe AN.....	169
Gambar 4. 25 Skema jarak antar <i>fender</i>	170
Gambar 4. 26 Grafik <i>radius bow</i> vs ukuran kapal	171
Gambar 4. 27 Grafik hubungan antara $M_y / (K_{pd}4\gamma)$ dan $H_u/K_{pd}3\gamma$	175
Gambar 4. 28 Grafik hubungan ηD dengan $\delta(EI)^{3/5}(Kh)^{2/5}/QaD$	176
Gambar 4. 29 <i>Bollard</i> tipe MSB	186
Gambar 5. 1 Tampak Atas <i>Jetty Trestle</i> dan <i>Mooring dolphin</i>	189
Gambar 5. 2 Tampak Samping <i>Jetty, Trestle</i> dan <i>Mooring dolphin</i>	190
Gambar 5. 3 Tampak Depan <i>Jetty, Trestle</i> dan <i>Mooring dolphin</i>	190
Gambar 5. 4 Tampak 3 dimensi <i>Jetty, Trestle</i> dan <i>Mooring dolphin</i>	191
Gambar 5. 5 Pemodelan Material Beton Bertulang.....	194
Gambar 5. 6 Pemodelan Material Baja.....	195
Gambar 5. 7 Pemodelan Profil Balok 400/700.....	195
Gambar 5. 8 Pemodelan Tiang Pancang Baja	196
Gambar 5. 9 Pemodelan pelat lantai	196
Gambar 5. 10 Input beban gaya gelombang	197
Gambar 5. 11 Beban Gaya Gelombang	198
Gambar 5. 12 Pemodelan jalur truk.....	199
Gambar 5. 13 Jalur truk pada <i>trestle</i> dan <i>jetty</i>	199

Gambar 5. 14 Pemodelan truk 3 as.....	200
Gambar 5. 15 Pemodelan kelas truk.....	200
Gambar 5. 16 Mendefinisikan beban truk	201
Gambar 5. 17 Mendefinisikan analysis case truk	201
Gambar 5. 18 Pemodelan Beban <i>Berthing</i>	202
Gambar 5. 19 Pemodelan Beban <i>Berthing</i> pada <i>jetty</i>	202
Gambar 5. 20 Mendefinisikan beban mooring	203
Gambar 5. 21 Pemodelan beban mooring pada <i>mooring dolphin</i>	203
Gambar 5. 22 Pemodelan spektrum response wilayah gempa Simeulue	204
Gambar 5. 23 kombinasi pembebanan	205
Gambar 5. 24 Lendutan maksimum arah-x <i>jetty</i>	206
Gambar 5. 25 Lendutan maksimum arah-y <i>jetty</i>	207
Gambar 5. 26 Lendutan maksimum arah-x <i>trestle</i>	208
Gambar 5. 27 Lendutan maksimum arah-y <i>trestle</i>	208
Gambar 5. 28 Lendutan maksimum <i>mooring dolphin</i> arah-x	209
Gambar 5. 29 Lendutan maksimum <i>mooring dolphin</i> arah-y	210
Gambar 5. 30 Gaya dalam yang timbul akibat pembebanan	211
Gambar 5. 31 Penulangan longitudinal balok memanjang <i>jetty</i>	222
Gambar 5. 32 Potongan melintang balok memanjang <i>jetty</i>	223
Gambar 5. 33 Gaya-gaya pada balok akibat gempa ke arah kanan	227
Gambar 5. 34 Gaya-gaya pada balok akibat gempa ke arah kiri	228
Gambar 5. 35 Diagram gaya geser balok akibat gaya gempa arah kanan	230
Gambar 5. 36 Penulangan sengkang balok memanjang <i>jetty</i>	231
Gambar 5. 37 Potongan melintang balok memanjang <i>jetty</i>	231
Gambar 5. 38 Penampang melintang tiang panjang <i>jetty</i>	235
Gambar 5. 39 Denah kelompok tiang pancang.....	240
Gambar 5. 40 Detail hubungan balok, <i>pile cap</i> dan tiang pancang.....	248

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Nilai <i>Apron</i> standar	23
Tabel 3. 2 Kedalaman <i>jetty</i> berdasarkan <i>draft</i> kapal.....	24
Tabel 3. 3 Gaya tarikan kapal	28
Tabel 3. 4 Standar Material Baja OCDI 2002.....	33
Tabel 3. 5 Rangkuman Teori Gelombang Linier	47
Tabel 3. 6 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir.....	77
Tabel 3. 7 Faktor panjang penyaluran.....	78
Tabel 3. 8 Nilai <i>kc</i> untuk kolom dengan ujung-ujung ideal.....	91
Tabel 4. 1 Data pengukuran Pasang Surut Simeulue	110
Tabel 4. 2 Deskripsi Komponen Pasut.....	111
Tabel 4. 3 Data Konsituen Pasut Simeulue.....	111
Tabel 4. 4 Jenis Pasang Surut.....	113
Tabel 4. 5 Data Kejadian angin terbesar tahun 1997-2006.....	115
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>Fetch</i> efektif Simeulue.....	117
Tabel 4. 7 Tinggi Gelombang Terbesar Tahunan	119
Tabel 4. 8 Resume Hasil Analisis Gelombang Ekstrem Periode Ulang	119
Tabel 4. 9 Dimensi Kapal Curah.....	130
Tabel 4. 10 Reaksi <i>Fender</i> tipe AN	131
Tabel 4. 11 Dimensi Kapal.....	133
Tabel 4. 12 Kapasitas An Arch <i>Fender</i>	168
Tabel 4. 13 Dimensi <i>fender</i> tipe AN	169
Tabel 4. 14 Nilai <i>Kh</i> untuk Tanah nonkohesif (pasir, kerikil)	173
Tabel 4. 15 Dimensi <i>Bollard</i> tipe MSB	187
Tabel 4. 16 Rekapitulasi desain awal struktur	188
Tabel 5. 1 Lendutan maksimum arah-x <i>jetty</i>	207
Tabel 5. 2 Lendutan maksimum arah-y <i>jetty</i>	207
Tabel 5. 3 Lendutan maksimum arah-x <i>trestle</i>	209
Tabel 5. 4 Lendutan maksimum arah-y <i>trestle</i>	209
Tabel 5. 5 Lendutan maksimum arah-x <i>mooring dolphin</i>	210
Tabel 5. 6 Lendutan maksimum arah-y <i>mooring dolphin</i>	210
Tabel 5. 7 Gaya dalam maksimum balok <i>jetty</i>	212
Tabel 5. 8 Gaya dalam maksimum balok <i>trestle</i>	212
Tabel 5. 9 Gaya dalam maksimum balok <i>mooring dolphin</i>	212
Tabel 5. 10 Gaya dalam maksimum tiang pancang <i>jetty</i>	213
Tabel 5. 11 Gaya dalam maksimum tiang pancang <i>jetty</i>	213
Tabel 5. 12 Gaya dalam maksimum tiang pancang <i>jetty</i>	213
Tabel 5. 13 Reaksi perletakan maksimum <i>jetty</i>	214
Tabel 5. 14 Reaksi perletakan maksimum <i>trestle</i>	214
Tabel 5. 15 Reaksi perletakan maksimum <i>mooring dolphin</i>	214

Tabel 5. 16 Penulangan balok	232
Tabel 5. 17 Rekapitulasi desain akhir struktur	250
Tabel 5. 18 Persentase selisih desain balok	262
Tabel 5. 19 Persentase selisih desain tiang pancang	262