

PERENCANAAN DERMAGA PELABUHAN TANJUNG BONANG REMBANG

Rizqi Maulana Wijaya, Purwanto¹⁾, Priyo Nugroho P.*⁾

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang terletak di pantai Desa Sendangmulyo, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Pembangunan dermaga ini, bertujuan untuk melayani kapal general cargo 10.000 DWT dan untuk memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Rembang dan sekitarnya. Untuk menunjang dermaga tersebut, diperlukan perencanaan alur pelayaran, kolam pelabuhan, breakwater, serta dimensi dan struktur dermaga beserta kelengkapannya. Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang direncanakan menghadap ke arah Timur Laut dengan kedalaman yang digunakan minimal -10,5 m, lebar alur pelayaran diambil sebesar 137 m dan kedalaman kolam pelabuhan -10 m. Struktur breakwater menggunakan tipe rubblemound breakwater untuk bagian barat dan timur. Struktur dermaga menggunakan beton bertulang cor setempat dengan mutu beton $f'c = 35$ Mpa. Struktur pondasi menggunakan tiang pancang baja dengan mutu JIS A5525, SKK 400, $f_y' = 2.350$ kg/cm². Dalam perencanaan struktur dermaga ini, sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 dengan model 3D. Pembebanan dan penulangan struktur dikontrol berdasarkan peraturan SNI dan BMS 1992. Dari hasil perencanaan desain didapatkan, dermaga terdiri dari bangunan jetty head dan 2 buah trestle. Dimensi dari jetty head yaitu panjang 170 m dan lebar 22 m, sedangkan dimensi dari trestle yaitu panjang 26 m dan lebar 10 m. Dimensi balok dermaga yaitu lebar 40 cm dan tinggi 60 cm, sedangkan dimensi tiang pancang diameter 45 cm, tebal 1,2 cm serta panjang 20,65 m untuk tiang pancang tegak dan 20,75 m untuk tiang pancang miring dengan perbandingan kemiringan 10 V : 1 H. Dimensi pile cap untuk tiang tunggal pada jetty head dan trestle yaitu 1 x 1 x 1,5 m. Dimensi pile cap untuk tiang ganda pada jetty head yaitu 1,5 x 1 x 1,5 m serta dimensi pile cap untuk tepi jetty head yaitu 1,6 x 1,2 x 2,6 m. Pada struktur sandar yang dipakai adalah Fentek Arch Fender tipe AN 600 L = 2.500 mm serta struktur tambat yang dipakai adalah bollard dan Bitt dengan kapasitas 50 ton.

kata kunci : General Cargo, Dermaga, Desain, Struktur

ABSTRACT

Jetty Tanjung Bonang Rembang Port located on the coast of Sendangmulyo Village, Sluke Sub District, Rembang District, Central Java Province. This jetty construction is aiming to serve 10,000 DWT general cargo ship and to maximize distribute goods in the area of Rembang and surroundings. In order to support this jetty is needed planning for a navigation

¹⁾ Penulis Penanggung Jawab

channel, port basin, breakwaters, as well as dimensions and structure of the jetty along with the attributes. Navigation channel of Tanjung Bonang Rembang Port is planned facing towards Northeast with depth that is used at least -10.5 m, navigation channel width is taken by 137 m and port basin depth is -10 m. The type of breakwaters structure is rubblemound breakwaters for the west side and east side. The structure of jetty is used local cast reinforced concrete with strength of concrete $f_c = 35 \text{ MPa}$. Foundation structure are using steel piles with quality JIS A5525, SKK 400, $f_y' = 2,350 \text{ kg/cm}^2$. In the planning of this jetty, system structure is analyzed by using the program SAP 2000 with 3D models. Load and reinforce structures is controlled by SNI regulations and BMS 1992. From the designing plan result is obtained that jetty consists of a jetty head and 2 trestle. The dimension of jetty head is 170 m length and 22 m width, while the dimension of trestle is 26 m length and 10 m width. The jetty beam dimension is 40 cm width and 60 cm height, while the pile dimension is 45 cm diameter, 1.2 cm thickness, and 20.65 m length for vertical pile and 20.75 m length for diagonal piles with slope ratio 10 V: 1 H. Pile cap dimension for single pile on jetty head and trestle is 1 x 1 x 1.5 m. Pile cap dimensions for double pile on jetty head is 1.5 x 1 x 1.5 m, and pile cap dimensions for the edge of jetty head is 1.6 x 1.2 x 2.6 m. On the berthing structure is used Fentek Arch Fender-type AN 600 L = 2,500 mm and the mooring structure is used Bollard and Bitt with a capacity 50 tons.

keywords: General Cargo, Jetty, Design, Structure

PENDAHULUAN

Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang terletak di pantai Desa Sendangmulyo, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan kondisi eksisting, terdapat dermaga untuk kapal curah 5.000 DWT dan dermaga untuk kapal barang 1.000 DWT. Mengingat potensi Rembang diberbagai sektor dan pergerakan arus barang yang tinggi, dalam perkembangan selanjutnya, Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang direncanakan melayani kapal *general cargo* 10.000 DWT. Untuk memenuhi hal itu, maka perlu dibangun dermaga yang dapat melayani kapal *general cargo* 10.000 DWT.



Sumber: Pemerintah Daerah Kabupaten Rembang

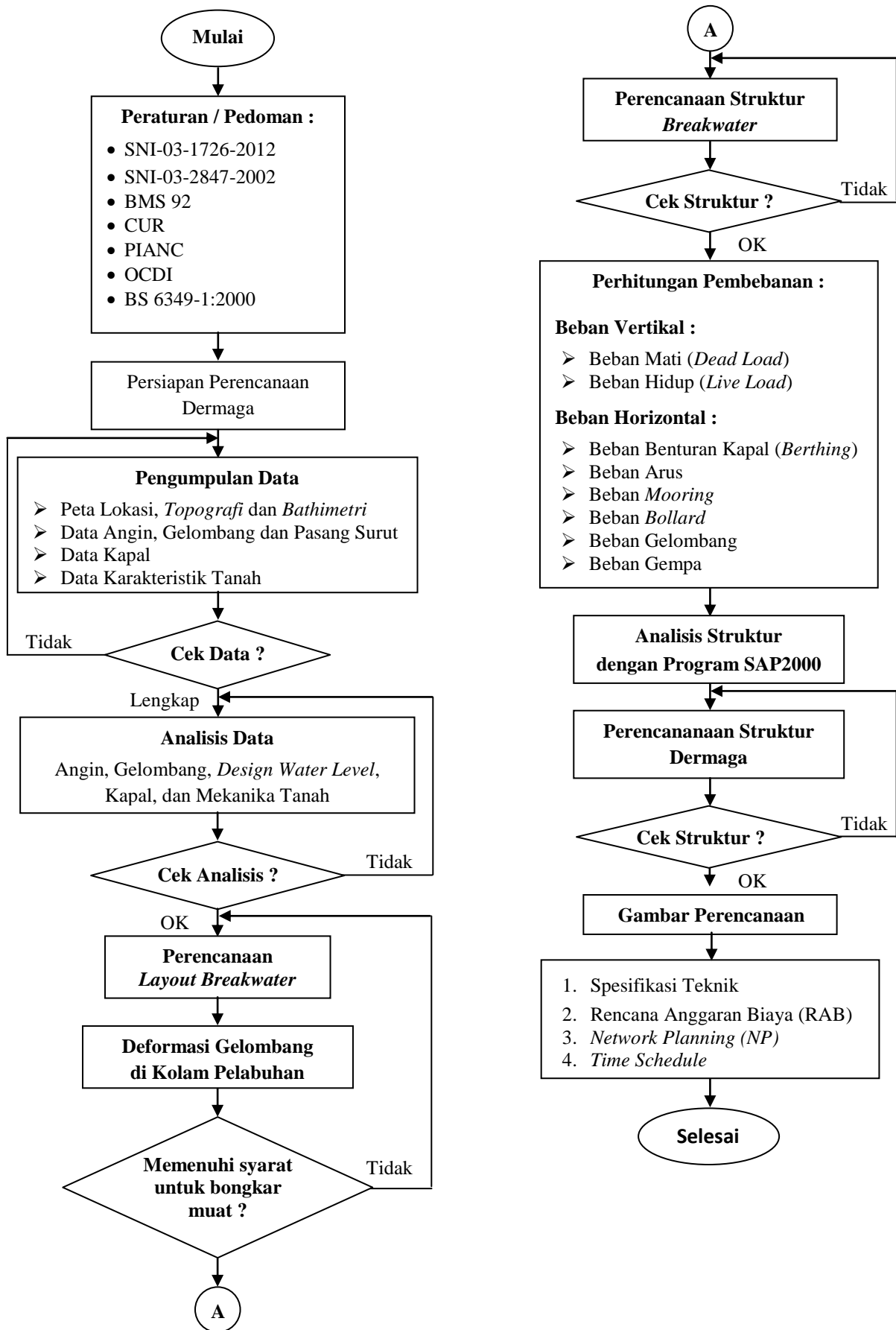


Sumber: Google Earth, 2014

Gambar 1. Lokasi Pekerjaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang

METODOLOGI

Berikut adalah diagram alir (*flow chart*) Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang

ANALISIS DATA

Analisis data yang meliputi hal-hal berikut:

1. Analisis Data Angin

Data angin yang digunakan data dari tahun 2001 sampai tahun 2012. Data angin ini untuk mengetahui arah angin yang berpengaruh di wilayah pantai tersebut sehingga didapat angin dominan dengan mawar angin (*wind rose*). Prosentase angin didapat dari data BMKG-Stasiun Meteorologi Maritim Semarang dari tahun 2001 - 2012.

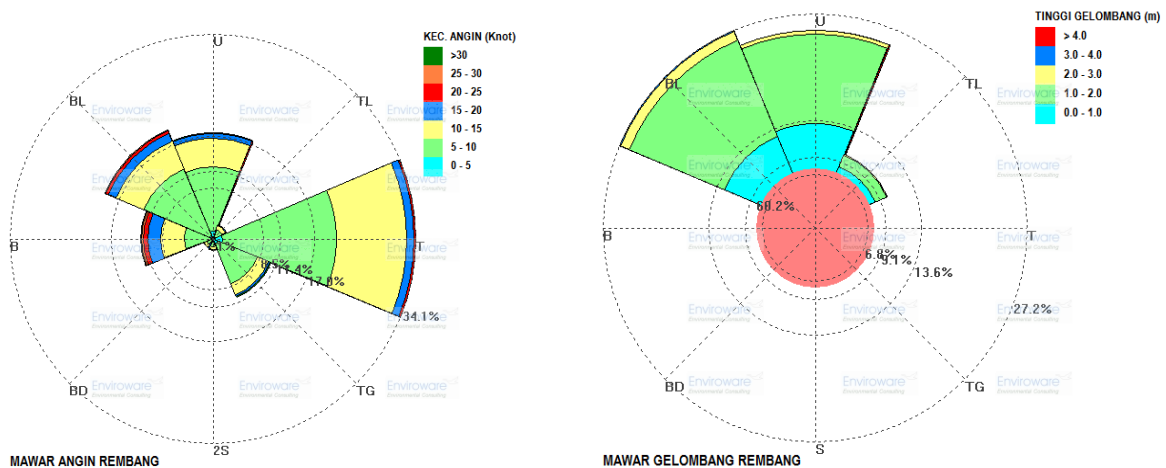
Tabel 1. Prosentase Kejadian Angin Tahun 2001 - 2012

Arah	Interval Kecepatan Angin (Knot)								Jumlah
	Calm	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	> 30	
-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	0,09
Utara	-	1,37	10,66	4,77	0,71	0,11	0,00	0,02	17,64
Timur Laut	-	0,16	1,51	0,68	0,11	0,07	0,00	0,00	2,53
Timur	-	1,53	19,20	11,87	1,23	0,18	0,02	0,02	34,06
Tenggara	-	0,75	7,28	1,94	0,32	0,09	0,00	0,02	10,41
Selatan	-	0,09	1,23	0,43	0,07	0,00	0,00	0,00	1,83
Barat Daya	-	0,14	1,00	0,41	0,11	0,02	0,00	0,00	1,69
Barat	-	0,39	4,38	3,97	2,17	0,80	0,32	0,09	12,12
Barat Laut	-	0,68	11,96	5,09	1,37	0,39	0,14	0,00	19,63
Jumlah	0,09	5,11	57,22	29,17	6,09	1,67	0,48	0,16	100,00

Dari hasil perhitungan prosentase angin dan mawar angin (*wind rose*) selama tahun 2001 - 2012, didapatkan arah angin dominan dari arah barat laut sebesar 19,63%.

2. Analisis Data Gelombang

Data angin selama tahun 2001 - 2012 digunakan untuk melakukan peramalan gelombang sehingga menghasilkan tinggi dan periode gelombang laut dalam. Adapun peramalan gelombang yaitu data angin di darat ditransformasikan menjadi data angin di laut, kemudian diberi faktor tegangan angin dengan harga *fetch*. Dari nilai tegangan dan harga *fetch* dicari tinggi gelombang dan periode gelombang dengan menggunakan metode *Sverdrup-Munk-Bretschneider* (CERC, 1984). Kala ulang gelombang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang rencana (*H*) di laut dalam untuk kala ulang *n* tahun.



Gambar 3. Mawar Angin (*Wind Rose*) & Mawar Gelombang (*Wave Rose*)

Untuk keperluan dalam perencanaan didapatkan hasil peramalan gelombang berupa H_{max} dan H representatif sebagai berikut :

Tabel 2. Gelombang Representatif Hasil Peramalan Gelombang (2001 - 2012)

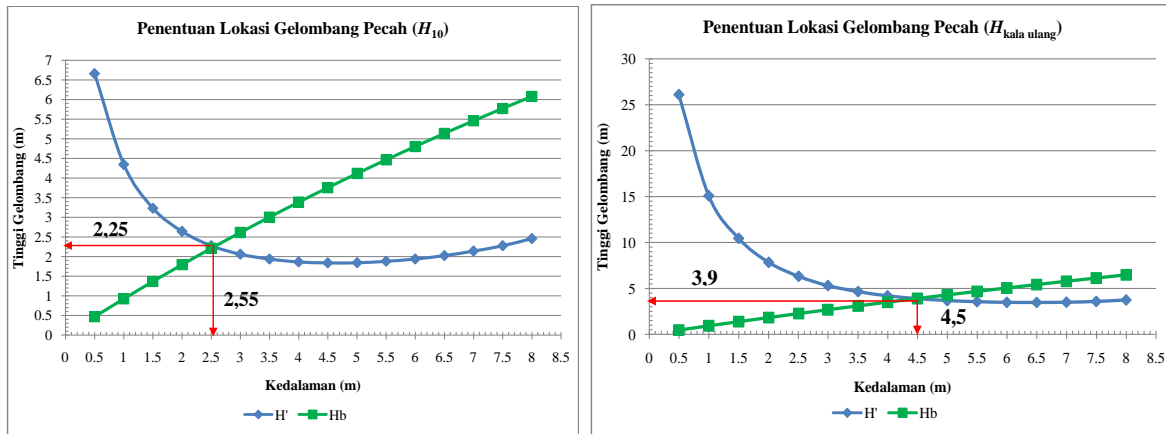
Tahun	Arah	Gelombang Maksimal		Gelombang Representatif			
		H_{max}	T_{max}	H_{10}	T_{10}	H_{33}	T_{33}
2001	Barat laut	2,96	7,13	2,70	6,87	1,87	5,85
	Utara	4,04	8,08	2,42	6,52	1,78	5,76
	Timur laut	2,96	7,13	2,96	7,13	1,56	5,56
2002	Barat laut	3,66	7,76	2,92	7,07	2,33	6,45
	Utara	2,96	7,13	1,99	6,05	1,53	5,43
	Timur laut	1,68	5,68	1,55	5,50	1,48	5,40
2003	Barat laut	3,11	7,27	2,41	6,55	1,92	5,97
	Utara	2,96	7,13	1,78	5,78	1,39	5,32
	Timur laut	1,77	5,80	1,77	5,80	1,61	5,58
2004	Barat laut	3,66	7,76	2,12	6,16	1,47	5,31
	Utara	1,77	5,80	1,57	5,52	1,37	5,23
	Timur laut	1,13	4,86	1,13	4,86	1,08	4,95
2005	Barat laut	3,66	7,76	2,16	6,22	1,43	5,26
	Utara	2,96	7,13	1,95	5,98	1,48	5,36
	Timur laut	2,38	6,53	2,38	6,53	1,45	5,27
2006	Barat laut	2,15	6,27	1,91	5,98	1,61	5,56
	Utara	2,02	6,12	1,86	5,92	1,68	5,67
	Timur laut	1,77	5,80	1,77	5,80	1,44	5,33
2007	Barat laut	2,67	6,84	2,02	6,11	1,68	5,67
	Utara	2,02	6,12	1,87	5,93	1,63	5,61
	Timur laut	1,77	5,80	1,77	5,80	1,77	5,80
2008	Barat laut	2,56	6,73	2,07	6,16	1,67	5,64
	Utara	2,02	6,12	1,81	5,85	1,58	5,53
	Timur laut	1,68	5,68	1,68	5,68	1,51	5,44
2009	Barat laut	2,67	6,84	1,90	5,95	1,56	5,49
	Utara	2,38	6,53	2,16	6,27	1,77	5,78
	Timur laut	2,02	6,12	2,02	6,12	2,02	6,12
2010	Barat laut	3,66	7,76	2,12	6,18	1,61	5,54
	Utara	2,56	6,73	1,92	5,97	1,55	5,48
	Timur laut	2,02	6,12	2,02	6,12	2,02	6,12
2011	Barat laut	2,67	6,84	2,31	6,44	1,86	5,89
	Utara	1,50	5,42	1,48	5,40	1,31	5,13
	Timur laut	2,96	7,13	2,96	7,13	2,14	6,14
2012	Barat laut	2,96	7,13	2,60	6,75	1,87	5,88
	Utara	2,02	6,12	1,92	5,99	1,74	5,76
	Timur laut	2,96	7,13	2,96	7,13	2,22	6,31

Perhitungan tinggi gelombang dengan kala ulang menggunakan dua metode yaitu distribusi *Gumbel (Fisher-Tippet Type I)* dan distribusi *Weibull*.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan H dan T dengan Kala Ulang

Kala Ulang	Fisher Tippett Type I		Weibull	
	H (m)	T (s)	H (m)	T (s)
2	3,07	7,20	2,95	7,10
5	3,58	7,69	3,39	7,50
10	3,93	8,01	3,79	7,87
25	4,36	8,41	4,38	8,41
50	4,68	8,71	4,86	8,85
100	5,00	9,01	5,37	9,33

Hasil yang digunakan adalah metode *Fisher-Tippett Type I* kala ulang 25 tahun karena hasil perbandingan antara metode *Fisher-Tippett Type I* dan metode *Weibull* menunjukkan bahwa standar deviasi metode *Fisher-Tippett Type I* lebih kecil daripada metode *Weibull* sehingga tingkat interval keyakinannya relatif besar.



Gambar 4. Penentuan Lokasi Gelombang Pecah dengan H10 dan Hkalah ulang 25th

Hasil dari grafik di atas menunjukkan lokasi gelombang pecah untuk H_{10} pada kedalaman $d_b = 2,55$ m dan $H_b = 2,25$ m dan untuk $H_{kalah\ ulang\ 25th}$ pada kedalaman $d_b = 4,5$ m dan $H_b = 3,9$ m.

3. Analisis Data Pasang Surut

- HWS : + 1,83 m
- MSL : + 0,93 m
- LWS : ± 0,00 m

4. Analisis Data Kapal

Kapal rencana yang digunakan dalam perencanaan ini adalah kapal terbesar yang bertambat pada pelabuhan Tanjung Bonang Rembang yaitu kapal barang dengan ukuran 10.000 DWT dengan panjang (L_{oa}) = 137 m, lebar (B) = 19,9 m dan draft (d) = 8,2 m.

5. Analisis Data Tanah

Berdasarkan pekerjaan *boring*. & *soil test* didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Resume Hasil Pengamatan Sample Boring BH.1 & BH.2

Titik	Kedalaman (m)	Deskripsi Jenis Tanah
BH.1	0,00-2,00	Pasir kerikilan padat, warna abu-abu kecoklatan muda
	2,00-6,50	Pasir kelanauan padat, warna abu-abu kecoklatan muda
	6,50-8,00	Lempung sangat lunak warna abu-abu
	8,00-10,00	Lempung campur kulit kerang, sangat lunak, warna abu-abu
	10,00-14,00	Lempung lunak, warna abu-abu
	14,00-18,50	Pasir kelempungan padat, warna coklat muda agak putih
	18,50-28,00	Pasir (terurai) padat, warna coklat abu-abu agak putih
	28,00-30,00	Batu boulderan keras, warna coklat abu-abu
BH.2	0,00-6,50	Pasir kerikilan sedikit lanau, padat, warna abu-abu, coklat muda agak putih
	6,50-10,00	Kerikil kepasiran setengah padat, warna abu-abu kecoklatan agak putih
	10,00-16,00	Pasir (terurai) padat, warna abu-abu kecoklatan agak putih
	16,00-18,00	Lempung kelanauan keras, warna coklat agak putih
	18,00-22,00	Pasir kelanauan padat, warna coklat muda agak keputihn
	22,00-30,00	Pasir kerikilan (terurai) padat, warna abu-abu kecoklatan agak putih

Tabel 5. Resume Hasil Uji N-Spt Titik BH.1 dan Titik BH.2

No.	Kedalaman (m)	Nilai N-Spt	
		BH.1	BH.2
1	-03,00	46	>60
2	-06,00	42	>60
3	-09,00	1	49
4	-12,00	5	>60
5	-15,00	55	>60
6	-18,00	48	>60
7	-21,00	58	>60
8	-24,00	>60	41
9	-27,00	>60	>60
10	-30,00	>60	>60

Tabel 6. Resume Hasil Soil Test

Sample	Depth (m)	W (%)	γ_m (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	n (%)	e	c (kg/cm ²)	ϕ (°)
B1	5,0	27,72	1,75	1,37	48,98	0,96	0,02	30
	10,0	73,61	1,61	0,92	64,4	1,81	0,10	6
	15,0	16,49	1,71	1,46	45,85	0,85	0,17	32
	20,0	22,51	1,72	1,40	47,95	0,92	0,02	32
	25,0	23,90	1,72	1,39	48,5	0,94	0,01	34
	30,0	rock	rock	rock	rock	rock	rock	rock
B2	5,0	15,74	1,73	1,49	44,58	0,80	0,01	32
	10,0	12,58	1,75	1,55	42,51	0,74	0,02	33
	15,0	14,78	1,78	1,55	42,59	0,74	0,01	34
	20,0	18,33	1,74	1,47	45,41	0,83	0,01	33
	25,0	16,69	1,75	1,49	44,55	0,80	0,02	35
	30,0	17,70	1,76	1,49	44,85	0,81	0,01	36

PERENCANAAN LAYOUT PELABUHAN

Dalam perencanaan *Layout* Pelabuhan menggunakan acuan rencana kapal 10.000 DWT. Mulut Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang direncanakan menghadap ke arah Timur Laut dengan kedalaman alur pelayaran yang digunakan minimal -10,5 m, lebar alur pelayaran diambil sebesar 137 m dan kedalaman kolam pelabuhan -10 m.

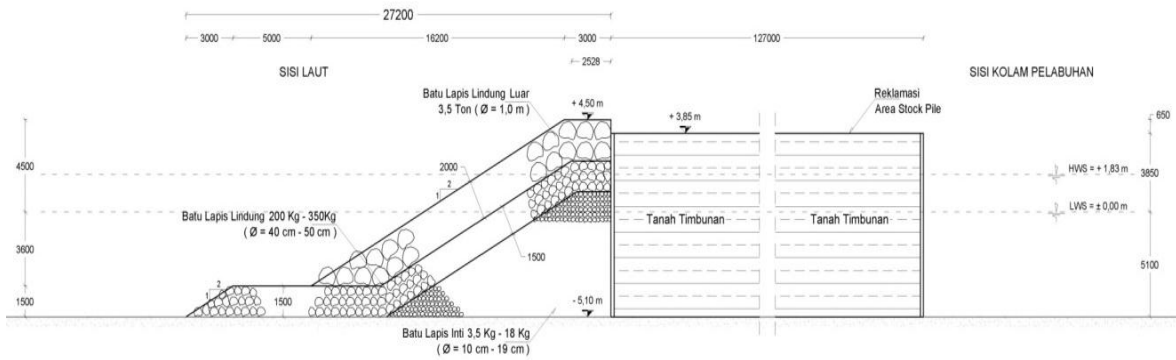
Untuk dapat menjaga ketenangan kolam pelabuhan dalam melakukan bongkar muat, maka diperlukan struktur *breakwater* yang melindungi kolam pelabuhan. Struktur *breakwater* direncanakan menggunakan tipe *rubblemound breakwater* yang dibangun pada bagian barat dan timur. Perhitungan elevasi *breakwater* menggunakan gelombang rencana H_{10} dan perhitungan stabilitas *breakwater* menggunakan gelombang rencana $H_{kala\ ulang\ 25th}$ pada kondisi kedalaman -7,00 m setelah mengalami refraksi dan *shoaling*.

Elevasi puncak *breakwater* dihitung berdasarkan *Desain Water Level* (DWL) ditambah dengan *Run up* (Ru). Dari perhitungan didapatkan *Desain Water Level* (DWL) = +2,33 m dan *Run up* (Ru) = +2,03 m, sehingga elevasi puncak *breakwater* = +4,5 m. Untuk hasil perhitungan struktur *breakwater* disajikan pada Tabel 7.

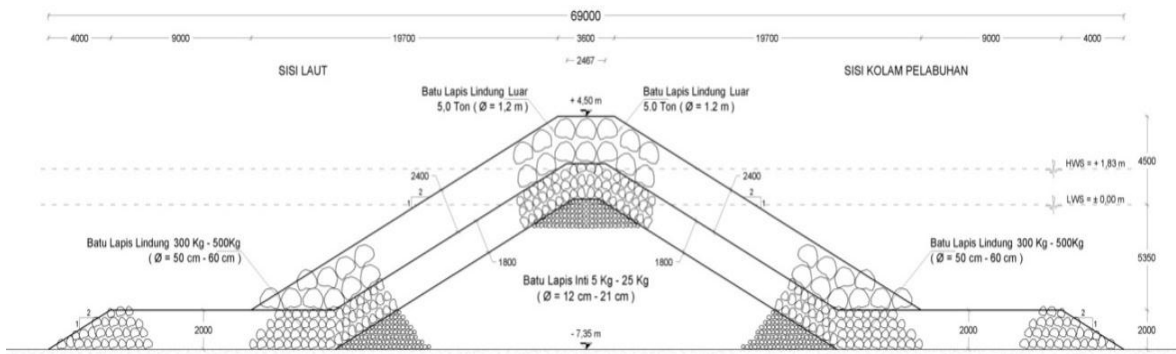
Posisi dermaga direncanakan pada *stock pile* bagian timur, terdiri dari bangunan *jetty head* yang dihubungkan dengan 2 buah *trestle*. Dimensi dermaga/*jetty head* 170 m x 22 m dan dimensi *trestle* 26 m x 10 m dengan elevasi +3,85 m.

Tabel 7. Resume Perhitungan Breakwater

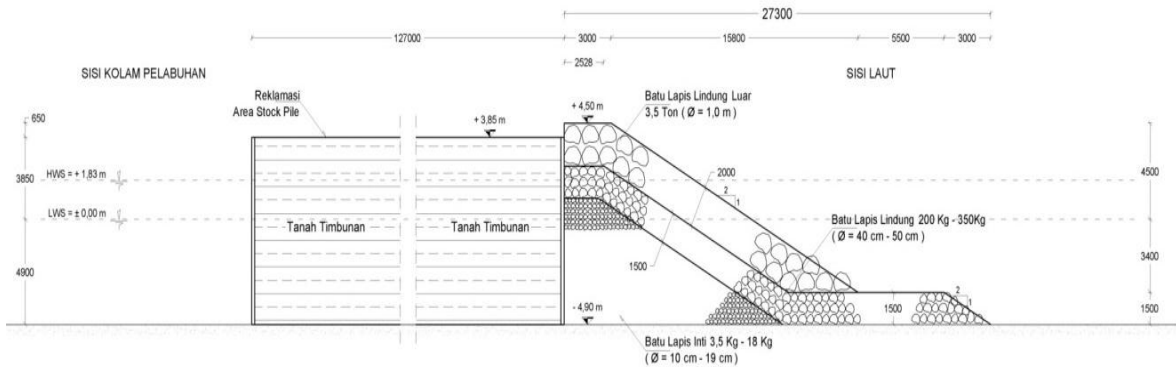
No	Spesifikasi <i>Breakwater</i>	Ujung <i>Breakwater</i> Barat & Timur	Lengan <i>Breakwater</i> Barat & Timur
1	Elevasi <i>breakwater</i>	+4,5 m	+4,5 m
2	Berat batu lapis lindung luar :		
	Sisi Laut	5,0 Ton	3,5 Ton
	Sisi Kolam Pelabuhan	5,0 Ton	-
3	Ukuran batu lapis lindung luar :		
	Sisi Laut	Ø = 1,2 m	Ø = 1,0 m
	Sisi Kolam Pelabuhan	Ø = 1,2 m	
4	Tebal lapis lindung luar :		
	Sisi Laut	t = 2,4 m	t = 2,0 m
	Sisi Kolam Pelabuhan	t = 2,4 m	t = 1,4 m
5	Lebar puncak <i>breakwater</i>	3,6 m	3,0 m
6	Berat batu lapis lindung	300 Kg ~ 500 Kg	200 Kg ~ 350 Kg
7	Ukuran batu lapis lindung	Ø = 50 cm ~ 60 cm	Ø = 40 cm ~ 50 cm
8	Berat batu lapis inti	5 Kg ~ 25 Kg	3,5 Kg ~ 18 Kg
9	Ukuran batu lapis inti	Ø = 12 cm ~ 21 cm	Ø = 10 cm ~ 19 cm
10	Berat batu pelindung kaki :	300 Kg ~ 500 Kg	200 Kg ~ 350 Kg
11	Ukuran batu pelindung kaki :	Ø = 50 cm ~ 60 cm	Ø = 40 cm ~ 50 cm
12	Tebal pelindung kaki :	$t_{toe} = 2,0$ m	$t_{toe} = 1,5$ m
13	Lebar pelindung kaki	6,0 m ~ 9,0 m	4,5 m ~ 6,0 m
14	Kemiringan dinding :		
	Sisi Laut	1:2	1:2
	Sisi Kolam Pelabuhan	1:1,5	-



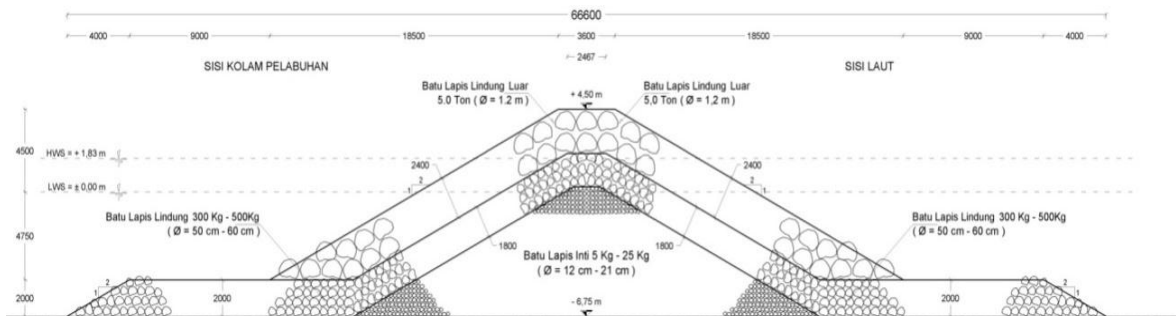
Gambar 5. Tipikal Potongan Melintang Lengan Breakwater Barat



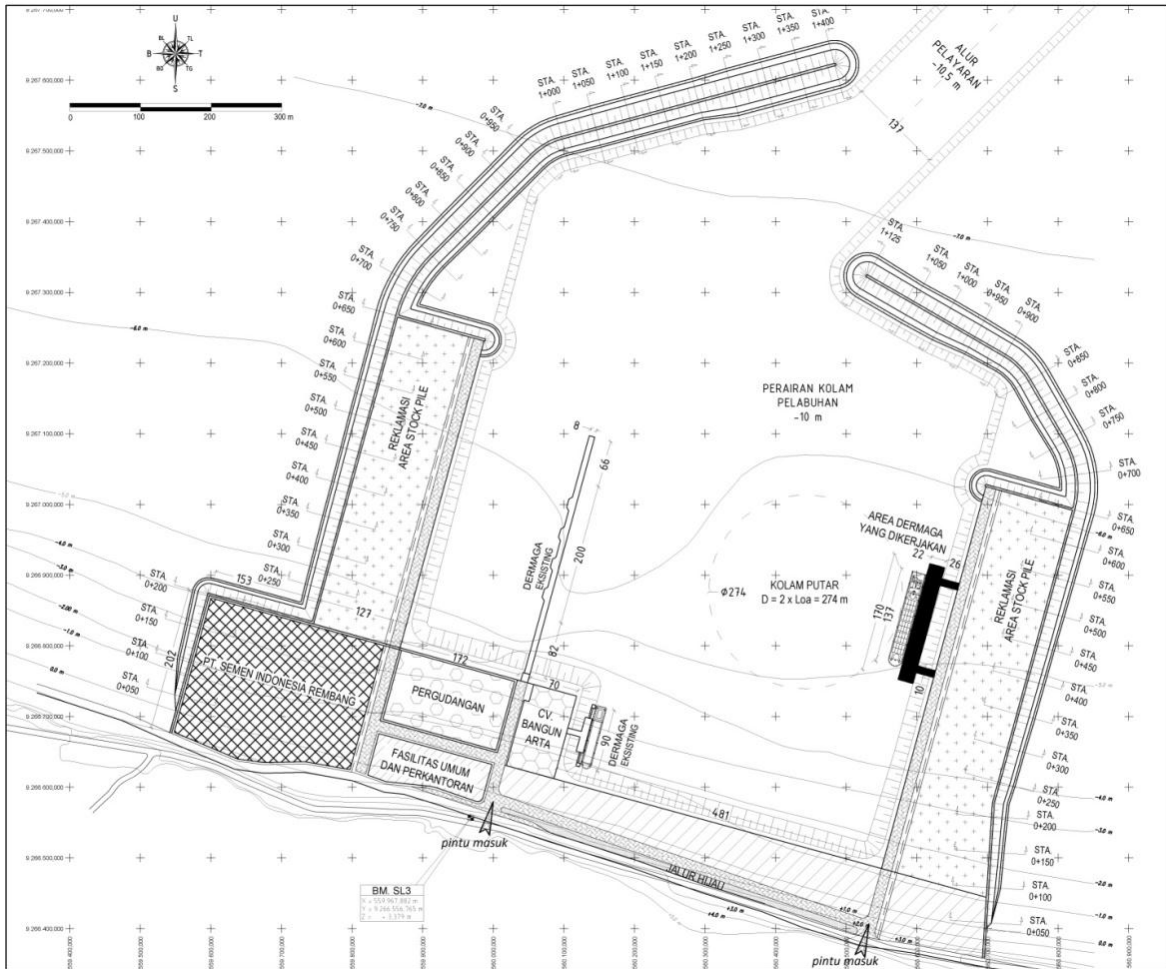
Gambar 6. Tipikal Potongan Melintang Ujung Breakwater Timur



Gambar 7. Tipikal Potongan Melintang Lengan Breakwater Timur



Gambar 8. Tipikal Potongan Melintang Ujung Breakwater Timur



Gambar 9. Layout Pelabuhan Tanjung Bonang Rombang

PERENCANAAN STRUKTUR

Struktur atas dermaga menggunakan beton bertulang cor setempat dengan mutu beton $f'c = 35$ Mpa. Struktur pondasi menggunakan tiang pancang baja dengan mutu JIS A5525, SKK 400, $f_y' = 2.350$ kg/cm². Dalam perencanaan struktur dermaga ini, sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 dengan model 3D. Pembebanan dan penulangan struktur dikontrol berdasarkan peraturan SNI dan BMS 1992.

Dimensi balok menggunakan ukuran 40 cm x 60 cm, sedangkan diameter tiang pancang 45 cm, tebal 1,2 cm serta panjang 20,65 m untuk tiang pancang tegak dan 20,75 m untuk tiang pancang miring dengan perbandingan kemiringan 10 V : 1 H. Dimensi *pile cap* 1 x 1 x 1,5 m untuk tiang tunggal pada *jetty head* dan *trestle*; *pile cap* 1,5 x 1 x 1,5 m untuk tiang ganda pada *jetty head* serta *pile cap* 1,6 x 1,2 x 2,6 m untuk tepi *jetty head*.

Persyaratan Mutu Bahan

Persyaratan mutu bahan yang digunakan dalam Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rombang mengacu pada peraturan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk

Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002). Persyaratan mutu bahan tersebut diuraikan sebagai berikut :

1. Beton

Kuat tekan beton (f'_c) = 35 MPa ; Modulus elastik (E_c) = $4700 * \sqrt{f'_c} = 27805$ MPa ;
Angka poisson (ν) = 0,2 ; Modulus geser (G) = $E_c / [2 * (1 + \nu)] = 11585$ MPa.

2. Baja

Untuk tulangan ulir (D) : $f_y = 400$ MPa ; Untuk tulangan polos (\emptyset) : $f_y = 240$ MPa ;
Modulus elastic (E_s) = 200.000 MPa ; Angka poisson (ν) = 0,3 ; Modulus geser:
(G) = $E_s / [2 * (1 + \nu)] = 76923$ MPa.

Kombinasi Pembebanan

Pada perencanaan ini, kombinasi pembebanan diambil dari berbagai sumber yaitu *SNI T-02-2005 "Standar Pembebanan untuk Jembatan"* Tabel 40 dan *Perencanaan Pelabuhan* oleh Bambang Triatmodjo, yang dirangkum sebagai berikut :

Comb 1 : 1,3 DL + 1,8 LL

Comb 2 : 1,3 DL + 1,8 LL + W

Comb 3 : 1,3 DL + 1,8 LL + Be

Comb 4 : 1,3 DL + 1,8 LL + M

Comb 5 : 1,3 DL + 0,5 LL + Q

Dimana :

DL = Beban Mati

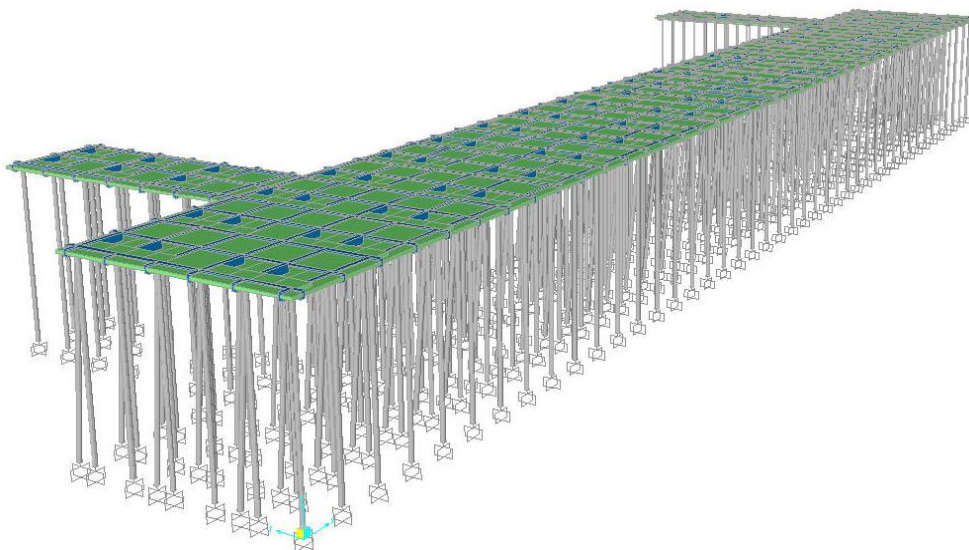
LL = Beban Hidup (Beban D & T)

W = Beban Gelombang

Be = Beban *Berthing*

M = Beban *Mooring*

Q = Beban Gempa



Gambar 10. Permodelan Struktur 3D Dermaga dan Trestle dalam program SAP2000

Hasil Permodelan Struktur

Berdasarkan analisa permodelan struktur menggunakan program SAP2000 *Advanced* 14 menghasilkan *output* berupa *Joint Displacement* dan *Element Force* yang dirangkum sebagai berikut .:

Tabel 8. *Joint Displacement* Maksimum Struktur

TABLE: <i>Joint Displacements</i>				
<i>Joint</i>	<i>OutputCase</i>	U1	U2	U3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	m	m	m
363	COMB5	0,014737	0,002295	-0,000941
1036	COMB1	0,000048	-0,01976	-0,003868
918	COMB2	0,000071	-0,015077	-0,005611

Kontrol Lendutan :

Lendutan maksimum struktur (*d*) : 0,0197 m = 1,97 cm

Panjang tiang dalam permodelan struktur (*L*) = 16,5 m = 1650 cm

Batas lendutan ijin :

$$\bar{d} = 2L/500$$

$$\bar{d} = 2 * 1650 / 500 = 6,6 \text{ cm} > d = 1,97 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

Tabel 9. *Element Force* pada Plat

TABLE: <i>Element Forces - Area Shells</i>							
<i>Area</i>	<i>ShellType</i>	<i>Joint</i>	<i>OutputCase</i>	F11	F22	M11	M22
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	Tonf/m	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
415	Shell-Thick	45	COMB2	-0,039	0,65	-3,88147	-2,82571
415	Shell-Thick	914	COMB2	-0,00296	-0,007893	5,35679	4,43228
381	Shell-Thick	3	COMB3	-0,027	-0,122	-1,56456	-3,60908
374	Shell-Thick	869	COMB2	0,018	0,002858	3,71467	5,08786

Tabel 10. *Element Force* pada Balok

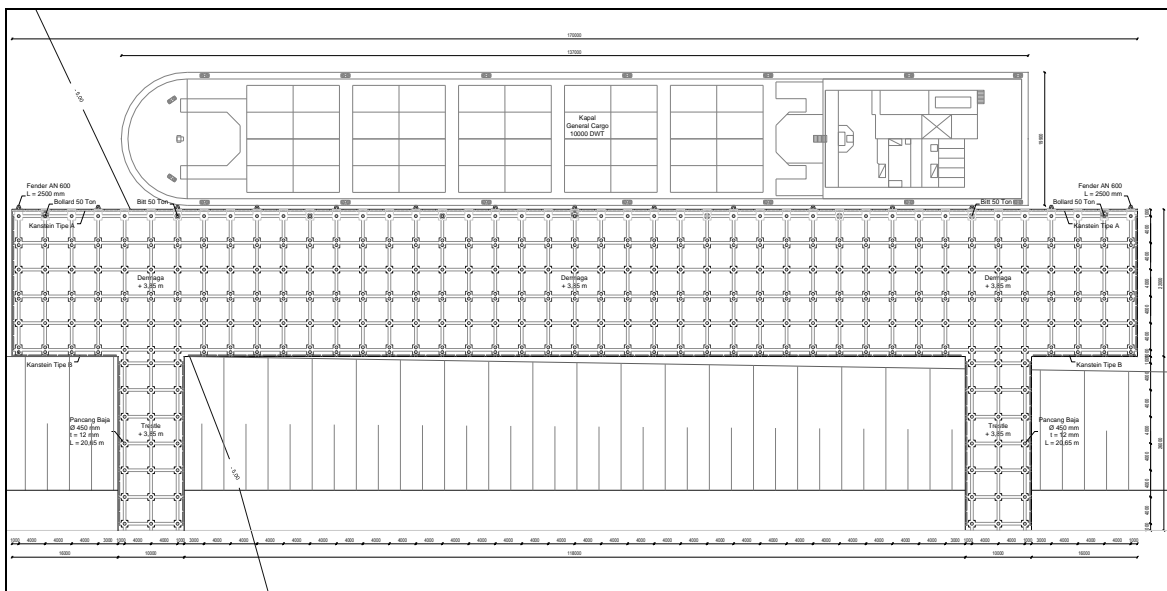
TABLE: <i>Element Forces - Frames Balok</i>							
Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
541	COMB5	-4,0579	4,9219	0,0032	-0,81241	-0,02301	-4,27418
323	COMB5	4,0494	3,2854	-0,015	0,74754	-0,03247	3,98897
3	COMB2	-0,0473	-24,0464	0,0003337	0,11216	-0,00101	-18,79987
439	COMB4	-0,2029	24,0069	0,0299	2,20391	-0,02754	-17,3731
435	COMB2	0,0773	-6,1879	-0,0014	-2,67748	-0,00068	9,05888
303	COMB2	0,0645	9,0123	-0,03	2,76056	0,02708	-6,88926
352	COMB3	0,1063	-21,1438	0,0002762	-0,1204	-0,00165	-20,26201
483	COMB4	-0,1415	-8,5728	0,0017	-0,15306	-0,0012	17,87299

Tabel 11. Element Force pada Pancang

TABLE: Element Forces - Frames Pancang							
Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
840	COMB1	-86,1377	-0,119	-0,4424	-0,00121	-3,62527	-0,64871
1051	COMB1	2,0922	0,1384	-0,0472	0,00848	-0,51721	1,49606
1050	COMB5	-13,1059	-0,2695	-0,2569	-0,01777	-1,99887	-1,67596
1012	COMB1	-25,5958	0,6045	-0,0345	0,00565	0,19359	-4,15112
669	COMB2	-44,8506	0,0572	-2,8532	-0,0011	8,64585	-0,62925
705	COMB2	-44,1816	0,069	0,1866	0,00321	-0,42907	0,38646
968	COMB3	-36,4195	0,532	0,1352	-0,03127	-0,7445	-3,65255
1005	COMB3	-16,8684	0,5275	-0,0987	0,02469	0,55046	-3,60115
664	COMB1	-47,7863	-0,0421	-0,552	-0,00132	-4,22335	-0,22985
664	COMB2	-45,5789	-0,043	-2,853	-0,00157	8,64823	0,47376
1013	COMB1	-30,7671	0,6044	0,0038	-0,00224	-0,01768	-4,15327
1012	COMB1	-22,8154	0,3264	-0,0345	0,00565	-0,37882	3,56733

Element force pada output pemodelan tersebut kemudian dipakai sebagai input perhitungan desain tulangan. Berikut disajikan hasil perhitungan tulangan struktur Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang.

- Plat Lantai : D 13 – 100
- Balok Tumpuan : Tulangan Atas 4 D 22
Tulangan Bawah 2 D 22
Tulangan Torsi 2 D 13
Sengkang Ø 12 - 100
- Balok Lapangan : Tulangan Atas 2 D 22
Tulangan Bawah 4 D 22
Tulangan Torsi 2 D 13
Sengkang Ø 12 - 200
- Pile Cap : D 22 – 100



Gambar 11. Denah Dermaga & Trestle Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang

KESIMPULAN

Dari hasil Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang terletak di pantai Desa Sendangmulyo, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Pembangunan dermaga ini, bertujuan untuk melayani kapal *general cargo* 10.000 DWT dan untuk memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Rembang dan sekitarnya.
2. Dari perencanaan *layout* pelabuhan didapatkan :
 - a. Mulut Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang direncanakan menghadap ke arah Timur Laut dengan kedalaman alur pelayaran yang digunakan minimal -10,5 m, lebar alur pelayaran diambil sebesar 137 m dan kedalaman kolam pelabuhan -10 m..
 - b. *Breakwater* Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang dibangun pada bagian barat dan timur direncanakan menggunakan tipe *rubblemound slope breakwater*, dengan hasil perhitungan struktur *breakwater* sebagai berikut:

Tabel 12. Resume Perhitungan Breakwater

No	Spesifikasi <i>Breakwater</i>	Ujung <i>Breakwater</i> Barat & Timur	Lengan <i>Breakwater</i> Barat & Timur
1	Elevasi <i>breakwater</i>	+4,5 m	+4,5 m
2	Berat batu lapis lindung luar :		
	Sisi Laut	5,0 Ton	3,5 Ton
	Sisi Kolam Pelabuhan	5,0 Ton	-
3	Ukuran batu lapis lindung luar :		
	Sisi Laut	Ø = 1,2 m	Ø = 1,0 m
	Sisi Kolam Pelabuhan	Ø = 1,2 m	
4	Tebal lapis lindung luar :		
	Sisi Laut	t = 2,4 m	t = 2,0 m
	Sisi Kolam Pelabuhan	t = 2,4 m	t = 1,4 m
5	Lebar puncak <i>breakwater</i>	3,6 m	3,0 m
6	Berat batu lapis lindung	300 Kg ~ 500 Kg	200 Kg ~ 350 Kg
7	Ukuran batu lapis lindung	Ø = 50 cm ~ 60 cm	Ø = 40 cm ~ 50 cm
8	Berat batu lapis inti	5 Kg ~ 25 Kg	3,5 Kg ~ 18 Kg
9	Ukuran batu lapis inti	Ø = 12 cm ~ 21 cm	Ø = 10 cm ~ 19 cm
10	Berat batu pelindung kaki :	300 Kg ~ 500 Kg	200 Kg ~ 350 Kg
11	Ukuran batu pelindung kaki :	Ø = 50 cm ~ 60 cm	Ø = 40 cm ~ 50 cm
12	Tebal pelindung kaki :	t _{toe} = 2,0 m	t _{toe} = 1,5 m
13	Lebar pelindung kaki	6,0 m ~ 9,0 m	4,5 m ~ 6,0 m
14	Kemiringan dinding :		
	Sisi Laut	1:2	1:2
	Sisi Kolam Pelabuhan	1:1,5	-

3. Dari perencanaan dermaga dan struktur, direncanakan :
 - a. Elevasi dermaga (*jetty head*) & *trestle* : +3,85 m dari LWS
 - b. Panjang dermaga (*jetty head*) : 170 m dan lebar dermaga (*jetty head*) : 22 m
 - c. Panjang *trestle* : 26 m dan lebar *trestle* : 10 m
 - d. *Fender* yang digunakan adalah *Fentek Arch Fender* tipe AN 600 L=2500 mm sebanyak 15 unit dipasang tiap jarak 12 m

- e. *Bollard* yang digunakan kapasitas 50 ton sebanyak 3 unit dan *Bitt* yang digunakan kapasitas 50 ton sebanyak 6 unit, dipasang tiap jarak 20 m.

Tabel 13. Resume Perencanaan Struktur Dermaga

	Plat Lantai	Balok Tumpuan	Balok Lapangan
Dimensi (mm)	4000 x 4000 x 250	1000 x 1000 x 1500	1500 x 1000 x 1500
Tulangan Atas	D 13 - 100	4 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	-	2 D 13	4 D 22
Tulangan Bawah	D 13 - 100	2 D 22	2 D 13
Sengkang	-	Ø 12 - 100	Ø 12 - 100
Selimit Beton (mm)	50	50	50
	Pile Cap 1	Pile Cap 2	Pile Cap 3
Dimensi (mm)	1000 x 1000 x 1500	1500 x 1000 x 1500	1600 x 1200 x 2600
Tulangan Atas	D 22 - 100	D 22 - 100	D 22 - 100
Tulangan Badan	D 22 - 100	D 22 - 100	D 22 - 100
Tulangan Bawah	D 22 - 100	D 22 - 100	D 22 - 100
Selimit Beton (mm)	50	50	50
Pondasi Tiang Pancang Baja			
Mutu Baja	JIS A5525, SKK 400, $f_y' = 2350 \text{ kg/cm}^2$		
Diameter (Ø)	450 mm	Panjang Tiang Tegak	20,65 m
Tebal (t)	12 mm	Panjang Tiang Miring	20,75 m
Kedalaman	- 18 m	Kemiringan Tiang	10 V : 1 H

4. Dari perhitungan rencana anggaran biaya dermaga, didapatkan :

Tabel 144. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang

No.	Uraian Pekerjaan		Jumlah
A.	Pekerjaan Persiapan	Rp.	122.998.907,57
B.	Pekerjaan Struktur Pondasi	Rp.	22.950.722.836,39
C.	Pekerjaan Struktur Atas	Rp.	12.115.501.616,65
D.	Pekerjaan Fasilitas	Rp.	1.724.007.310,15
	Jumlah	Rp.	36.913.230.670,75
	PPN 10%	Rp.	3.691.323.067,08
	Jumlah + PPN 10%	Rp.	40.604.553.737,83
	Dibulatkan	Rp.	40.604.554.000,00

Terbilang: Empat Puluh Milyar Enam Ratus Empat Juta Lima Ratus Lima Puluh Empat Ribu Rupiah

SARAN

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang ini antara lain :

1. Agar Kapal *General Cargo* 10.000 DWT dapat bersandar pada dermaga, maka perlu dilakukan pengerukan pada alur pelayaran minimal -10,5 m dan pengerukan pada kolam pelabuhan minimal -10 m.
2. Proses pemancangan tiang pancang harus mendapat perhatian khusus. Pemancangan tiang pancang di laut menggunakan bantuan ponton pancang yang di atasnya diberi *H beam* yang dilas menjadi satu dengan ponton sebagai alas diesel *hammer*. Sebelum

mulai pemancangan ponton pancang harus dijangkarkan untuk mencegah goyangan akibat gelombang. Untuk proses pemancangan tiang, posisi tiang pancang perlu diatur agar sesuai perencanaan dengan bantuan *theodolite*. Sedangkan untuk tiang pancang miring, kemiringan penghantar tiang pancang diatur dengan cara membuat perbandingan dengan mal yang dilengkapi dengan *waterpass* dengan mengatur kemiringan sesuai perbandingan, yakni 10V : 1H.

3. Perlu dilakukan pengaturan lalulintas keluar-masuk area pekerjaan, mengingat posisi akses keluar-masuk Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang berada di jalan raya Semarang-Surabaya (Jalur Pantura).

DAFTAR PUSTAKA

- British Standard 6349-1: 2000. Maritime Structure.*
CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
DPU, 1992. *Bridge Management System*.
FENTEK, *Marine Fendering System*, www.fentek.net.
SNI-03-1792-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.
SNI-03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
SNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan.
Triatmodjo, Bambang., 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta.