

PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS TPPI TUBAN, JAWA TIMUR

Fahmi Nurulil Amri Yunus , Ir. Dyah Iriani Widyastuti, M.Sc. , Cahya Buana ST., MT.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 6011

E-mail : dyah@ce.its.ac.id, cahya_b@ce.its.ac.id

Abstrak - *Kebutuhan minyak di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga produksi minyak dalam negeri tidak sanggup memenuhi kebutuhan domestik yang cukup tinggi. Impor minyak bumi pada kenyataannya juga tidak mencukupi akibat keterbatasan kilang minyak, hal ini memaksa Indonesia untuk mengeluarkan dana lebih untuk mengimpor hasil jadi minyak bumi berupa gas LPG dan hasil olahan lainnya. Guna memenuhi kebutuhan masyarakat pemerintah akan membangun kilang minyak baru di TPPI tuban, sehingga diperlukan dermaga baru untuk menagatasi arus bongkar muat yang meningkat.*

Terminal khusus TPPI tuban akan membangun membangun 3 dermaga untuk meningkatkan dan mempercepat produksi . 3 dermaga yang akan dibangun terdiri dari satu jetti di bagian utara dan dua dermaga terdapat di bagian selatan breakwater. Dermaga yang berada di bagian utara berhadapan langsung dengan laut jawa yang terbuka dari segala arah tanpa adanya perlindungan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu struktur breakwater yang dapat melindungi dermaga utara dari gelombang besar agar kapal dapat bertambat ke pelabuhan.

Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan breakwater dengan panjang breakwater 1300 m dengan elevasi +5,5 m LWS. Volume pengerukan 3.302.625,2 m³. Rencana Anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan jetty ini adalah Rp 460.630.686.000,0

Kata kunci : TPPI, Breakwater, Pengerukan.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan minyak di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga produksi minyak dalam negeri tidak sanggup memenuhi kebutuhan domestik yang cukup tinggi. Impor minyak bumi menjadi satu-satunya alternatif yang memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Impor minyak bumi pada kenyataannya juga tidak mencukupi akibat keterbatasan kilang minyak, hal ini memaksa Indonesia untuk mengeluarkan dana lebih untuk mengimpor hasil jadi minyak bumi berupa gas LPG dan hasil olahan lainnya.

Saat ini PT. Pertamina (Persero) tengah merencanakan pembangunan kilang baru maupun modifikasi kilang existing, salah satunya yaitu pembangunan kilang Tuban. Pembangunan Kilang Tuban ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2016. Tujuan pembangunan kilang minyak baru selain untuk menutupi defisit, juga mempunyai peran yang cukup signifikan, yakni untuk membantu perekonomian dalam

industri petrokimia dan BBM di Indonesia. Dengan direncanakannya pembangunan kilang TPPI Tuban ini, maka Indonesia akan mendapat tambahan supply produk petrokimia maupun produk BBM dan LPG sehingga diharapkan dapat mengurangi volume impor.

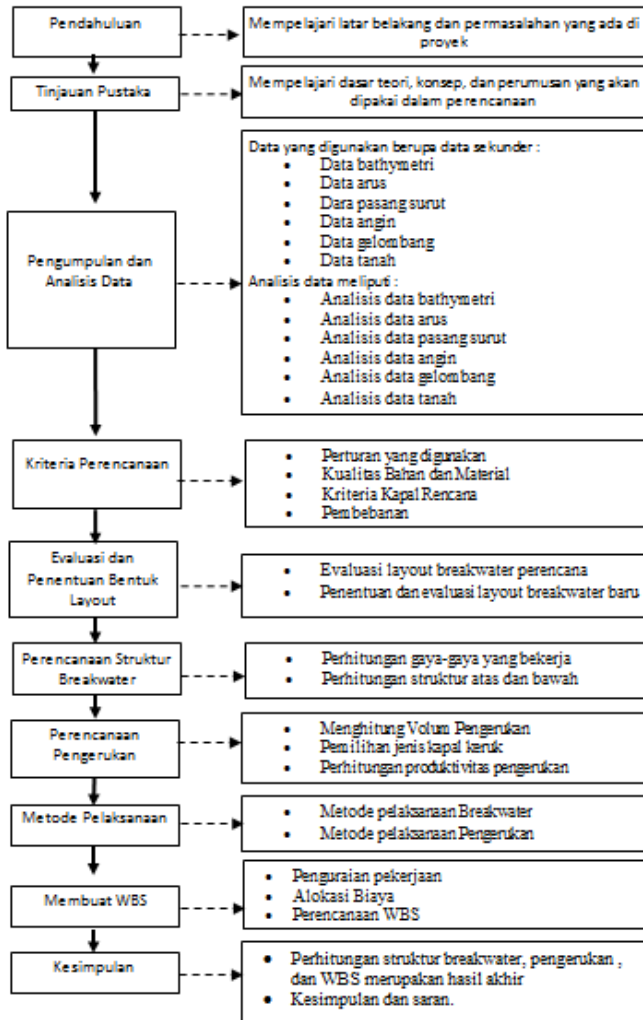
Pada Terminal khusus TPPI Tuban ini sudah terdapat 3 jetti existing namun keberadaannya sudah tidak mampu lagi untuk melayani arus bongkar muat, sehingga terminal khusus TPPI Tuban akan membangun 3 jetti tambahan untuk meningkatkan dan mempercepat produksi. Tiga jetti yang akan dibangun terdiri dari satu jetti di bagian utara breakwater dengan ukuran kapal yang dilayani berkisar 15.000 DWT untuk muatan LPG, sedangkan dua jetti lainnya terdapat di bagian selatan breakwater. Dua jetti di bagian selatan sudah terlindungi oleh breakwater yang ada, sehingga tidak diperlukan pembangunan breakwater kembali. Namun untuk jetti yang berada di bagian utara dan berhadapan langsung dengan Laut Jawa masih terbuka terhadap gelombang air laut dari segala arah tanpa ada perlindungan sama sekali. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu struktur breakwater yang dapat melindungi jetti utara dari gelombang besar.

Agar kapal dapat bertambat ke pelabuhan. Kapal dapat bertambat ke pelabuhan jika gelombang relatif tenang dan kedalaman air sesuai dengan syarat kedalaman untuk kapal rencana yang diperbolehkan bertambat. Pada jetti bagian utara didesain untuk kapal LPG berukuran 15.000 DWT dengan draft kapal 10 m, sehingga diperlukan kedalaman pada alur masuk lebih besar dari 10 m. Pada kondisi eksisting kedalaman yang ada di perairan tersebut masih kurang dari 10 m, sehingga diperlukan adanya pengerukan pada dasar laut guna memperdalam hingga batas yang direncanakan.

Melalui data-data di atas maka penulis membuat perencanaan struktur breakwater yang nantinya mampu melindungi daerah perairan pelabuhan dari gelombang besar, selain itu breakwater juga direncanakan agar kapal-kapal muatan mampu bertambat dan melakukan aktifitas bongkar/muat barang. Selain merencanakan struktur breakwater penulis juga merencanakan pengerukan pada alur masuk kapal (*entrance channel*) sehingga kapal dapat bertambat dan terhindar dari karam.

II. METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.

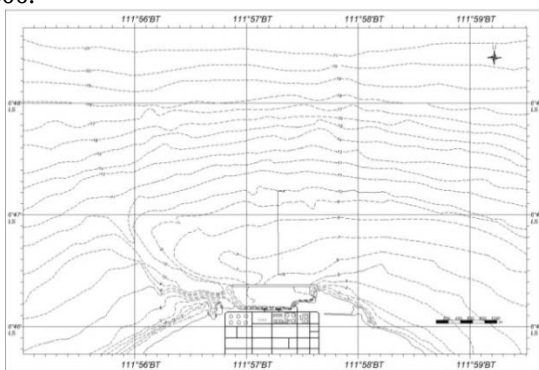


Gambar 1. Metodologi Tugas Akhir

III. PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

A. Data Bathymetri

Peta Bathymetri merupakan peta yang menunjukkan kontur permukaan dasar laut dari posisi 0.00 mLWS. Dalam tugas akhir ini pengambilan data tidak diambil dari pengukuran lapangan, tetapi dari hasil peta hidral. Dari peta bathymetri yang bisa dilihat Gambar 3. terlihat bahwa kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan utara kabupaten Tuban cukup landai dengan rata-rata kemiringan 1:300.



Gambar 2. Peta Bathymetri

B. Data Arus

Data arus yang digunakan dalam tugas akhir kali ini adalah data yang diperoleh dari keterangan orang lapangan. Kecepatan arus yang terjadi cukup rendah sebesar 0.95 m/s.

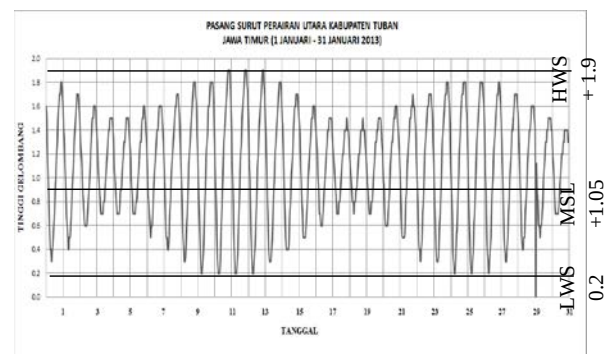
Dari data yang didapatkan maka diambil kesimpulan arah arus tidak mengganggu navigasi kapal karena kecepatannya masih di bawah kecepatan ijin 3 knot (1.5 m/s) dan tidak terjadi *cross current*.

C. Data Pasang Surut

Perilaku pasang surut diambil dari stasiun Karang Jamuang yang memiliki letak geografis 06° 55' 50" LS dan 112° 43' 10" BT kemudian di analisis sebagai berikut:

- Type pasang surut bersifat harian tunggal (*Diurnal Tide*)
- Beda pasang surut 1.7 m diatas mLWS
- Elevasi HWS (High Water Spring) pada +1.7 mLWS
- Elevasi LWS (Low Water Spring) pada 0.00 mLWS

Pada Gambar 4. dapat dilihat permodelan dari grafik pasang surut



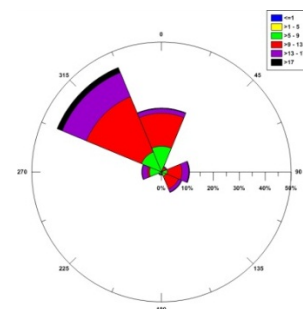
Gambar 3. Grafik Pasang Surut

D. Data Angin

Data angin yang digunakan diperoleh dari National Oceanic and Atmospheric Administration adalah data angin tahun 2006 – 2015 pada stasiun Ahmad Yani Semarang. Dari data tersebut didapatkan frekuensi angin setiap arah seperti pada Tabel 1. dan windrose pada Gambar 5.

Tabel 1. Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin

Persentase Kejadian Angin dalam %								
Kecepatan	Arah Angin							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
≤5	0.11	0.03	0.11	0.14	0.08	0.03	0.05	0.11
1-5	0.11	0.03	0.11	0.14	0.08	0.03	0.05	0.11
5-9	9.72	0.49	2.05	1.75	0.66	1.04	4.57	8.21
9-13	12.46	1.34	5.59	5.15	0.30	0.19	0.63	22.81
13-17	1.83	0.36	2.60	1.20	0.11	0.03	2.14	10.02
≥17	0.47	0.08	0.47	0.30	0.08	0.03	0.22	2.33
Jumlah	24.59	2.30	10.82	8.54	1.23	1.31	7.61	43.48

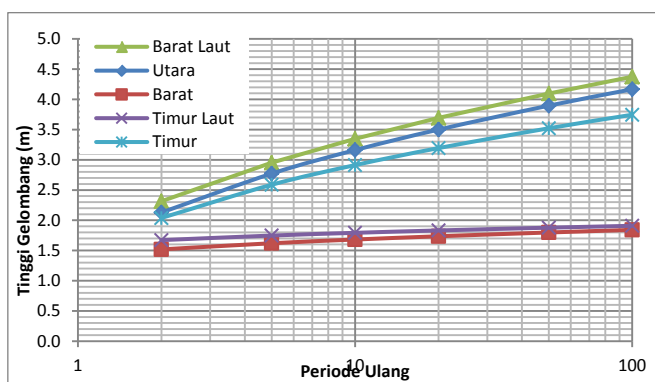


Gambar 4. Windrose Tahun 2006-2015

dari data angin diatas diketahui bahwa angin dominan yang terjadi pada laut utara tuban pada tahun 2006-2015 adalah angin yang berhembus dari barat laut dengan frekuensi kejadian sebesar 43.48%.

E. Analisis Gelombang

Perhitungan fetch efektif dari arah barat, barat laut, utara, timur laut, dan timur selanjutnya dapat dilakukan perhitungan tinggi dan periode gelombang metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB) yang dimodifikasi Shore Protection Manual, 1984. Dari perhitungan [1] menunjukkan bahwa perhitungan tinggi gelombang serta durasi menggunakan metode sangat tidak mungkin terjadi pada kondisi lapangan yang sesungguhnya sehingga perlu adanya penyesuaian menggunakan data gelombang yang dicatat oleh Stasiun Meteorologi kelas II Maritim Semarang yang selanjutnya dianalisa kembali untuk mengetahui asumsi durasi yang digunakan stasiun meteorologi dalam penentuan gelombang. Setelah itu dicari tinggi gelombang maksimum menggunakan grafik tinggi gelombang berdasarkan durasi angin. Hasil tersebut selanjutnya digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana berdasarkan periode ulang 50 tahunan menggunakan metode statistik atau metode weibull untuk masing-masing arah pengaruh gelombang.



Gambar 5. Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang

F. Analisa Data Tanah

Data tanah yang digunakan merupakan data tanah asli pada perairan terminal khusus PT. TPPI Tuban ini. Secara umum jenis lapisan tanah didominasi oleh batu kapur (*limestone*) dengan nilai N-SPT >50.

Dari statigrafi data tanah tersebut dapat diketahui parameter-parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan breakwater pada tugas akhir ini. dalam stitagrafi tanah hanya terdapat data SPT sehingga perlu dilakukan korelasi nilai SPT untuk mendapat parameter tanah yang lain.

Jenis Tanah : *Limestone*
 γ_s : 2 t/m^3
 ϕ : 36°

Koefisien tekanan tanah aktif:

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{36}{2} \right) = 0.259$$

Koefisien tekanan tanah pasif:

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{36}{2} \right) = 3.851$$

III. KRITERIA DISAIN

A. Mutu Beton

Dalam tugas akhir ini spesifikasi beton yang digunakan dalam perencanaan adalah:

- σ'_{bk} : 30 Mpa
: 300 kg/cm^2
- Modulus Elastisitas berdasarkan PBI 1971

$$E_b = 6400 \sqrt{300} \text{ kgf.cm}^{-2} = 1.108 \times 10^5 \text{ kgf.cm}^{-2}$$

B. Mutu Baja Tulangan

Mutu baja tulangan diambil kelas U32 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Modulus elastisitas (E_a) : $2.1 \times 10^5 \text{ kgf.cm}^{-2}$
- Tegangan leleh karakteristik 3200 kg/cm^2
- Tegangan tarik baja untuk pembebanan tetap berdasarkan PBI 1971 tabel 10.4.1:
 $\sigma_a = 1850 \text{ kgf.cm}^{-2}$
- Kekuatan tarik atau tekan baja rancana berdasarkan PBI 1971 tabel 10.4.3 :
 $\sigma'_{au} = 2780 \text{ kgf.cm}^{-2}$

C. Data Kapal

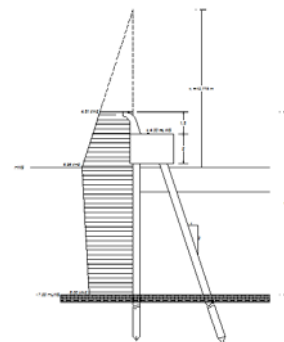
Dalam tugas akhir kali ini digunakan kapal rencana kapal LPG 15000 DWT, berikut adalah spesifikasi kapal rencana:

- DWT (Dead Weight Tonage)	= 15000 ton
- Displacement Tonage	= 20000 ton
- LoA (Panjang kapal)	= 146.7 m
- Lpp (Panjang Perpendicular)	= 135.5 m
- Lebar kapal (B)	= 24 m
- Draft kapal (D)	= 9.56 m

D. Pembebanan

Tekanan Gelombang

Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah beban yang diakibatkan oleh tekanan gelombang sedangkan tekanan hidrostatis tidak diperhitungkan karena gaya hidrostatis yang datang dari berbagai arah yang berlawanan akan saling menghilangkan. Untuk perhitungan tekanan gelombang digunakan perumusan menggunakan metode Goda (1985). Rumusan ini dapat digunakan untuk berbagai kondisi gelombang. Distribusi tekanan yang diberikan oleh Goda, yang berbentuk trapesium. (Gambar 6).



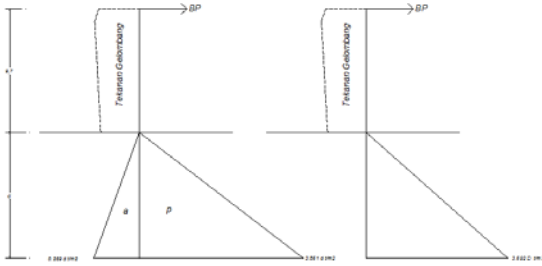
Gambar 6. Tekanan Gelombang

Tekanan Tanah

Selain adanya tekanan dari gelombang terdapat juga tekanan horizontal dari tanah pada dasar breakwater, untuk data-data tanah yang dibutuhkan dalam perhitungan dapat dilihat pada bab 3. Sheet pile dianggap dibenamkan sepanjang d meter, lalu diberi bearing pile atau tiang pancang miring pada ujung sheet pile sebagai angkur. Nilai dari tekanan tanah disajikan dalam perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned} \sigma_{Ha} &= K_a \times \sigma_v \\ &= 0.259 \times \gamma' \times d \\ &= 0.259 \times (2-1) \times d = 0.259 d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Hp} &= K_p \times \sigma_v \\ &= 3.851 \times \gamma' \times d \\ &= 3.851 \times (2-1) \times d = 3.851 d \end{aligned}$$



Gambar 7. Tekanan Horizontal

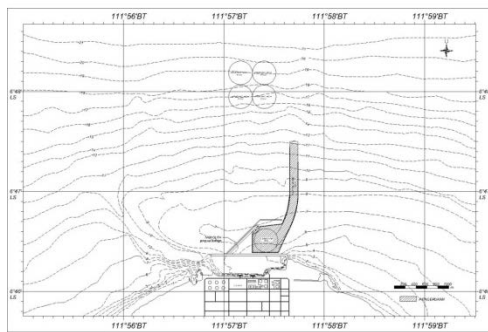
IV. EVALUASI LAYOUT

Perencanaan layout yang akan dilakukan pada bab ini hanya perencanaan fasilitas wilayah perairan saja karena breakwater direncanakan untuk melindungi layout perairan pelabuhan dari gelombang besar yang datang.

Tabel 2. Dimensi Layout Perairan

No.	Kebutuhan Fasilitas Perairan	Tinjauan	Dimensi	Keterangan
1	Anchorage Area	Jumlah	4	area penjangkaran diletakkan pada kedalaman -15 m LWS, makatidak diperlukan pengerukan
		Radius	219 m	
		Kedalaman	15 m	
2	Alur Masuk (Entrance Channel)	Lebar	147 m	kedalaman eksisting di alur masuk adalah antara -7 m LWS sampai -12 m LWS, maka diperlukan pengerukan
		Panjang	441 m	
		Kedalaman	12 m	
3	Kolam Putar (Turning Basin)	Diameter	441 m	dilakukan pengerukan karena kedalaman tidak mencukupi
		Kedalaman	12 m	
		Lebar	184 m	
4	Kolam Dermaga	Panjang	30 m	dilakukan pengerukan karena kedalaman tidak mencukupi
		Kedalaman	12 m	

Sehingga didapatkan layout breakwater seperti pada gambar dibawah ini



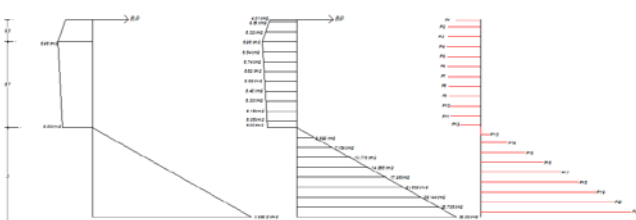
Gambar 8. Layout Breakwater

V. STRUKTUR BREAKWATER

A. Perencanaan Sheet Pile (Panjang Pembenanam, Gaya Tie Rod, dan Momen Maximum)

Dalam mencari panjang pembenanam, gaya tie rod, dan momen maximum pada sheet pile terdapat beberapa metode. Dalam tugas akhir ini digunakan metode grafis.

Langkah awal dalam metode grafis adalah mengetahui tekanan horizontal seperti pada Gambar 11.. dalam metode grafis sheet pile dianggap sebagai balok sederhana dengan perletakan di titik anchor (T) pada ujung sheet pile, dan titik P = 0 atau zero pressure atau contraflexure (Rd) dengan beban berupa tekanan tanah dan tekanan gelombang. P=0 pada kasus ini dianggap berada di seabed.

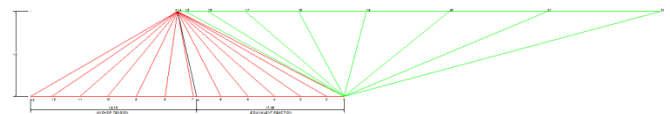


Gambar 9. Loading Diagram

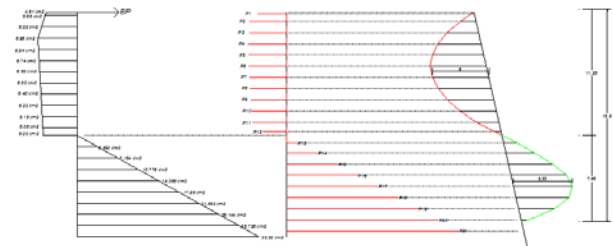
Tabel 3. Besar Gaya Terpusat

Nama	Gaya (ton)	Nama	Gaya (ton)
P1	5.09	P12	4.22
P2	5.99	P13	1.80
P3	6.64	P14	5.38
P4	6.90	P15	8.98
P5	6.80	P16	12.58
P6	6.68	P17	16.16
P7	6.58	P18	19.76
P8	6.46	P19	23.34
P9	6.36	P20	26.94
P10	6.24	P21	30.80
P11	6.14		

Setelah mengetahui beban terpusat yang terjadi pada sheet pile. Dapat digambar vector diagram seperti Gambar 13 dan diagram momen pada Gambar 14.



Gambar 10. Vector Diagram



Gambar 11. Momen Diagram

Dari Gambar 10. dan Gambar 11 didapat hasil:

$$\begin{aligned}
 d &= D \\
 &= 7.66 \text{ m} \\
 \text{Gaya Anchor} &= \text{Garis A-14 x Skala Lateral} \\
 &= 19.78 \times 2 \text{ ton} \\
 &= 39.56 \text{ ton} \\
 M_{\text{max}} &= 5.23 \times \text{skala momen} \\
 &= 5.23 \times 20 \text{ ton.m} \\
 &= 104.6 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

B. Dimensi Sheetpile

Penampang sheet pile dapat dicari dengan mencari *section modulus* minimum yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 Z_o &= \frac{M_{\text{max}}}{f_y} \\
 Z_o &= \frac{104.6}{24000} = 0.00436 \text{ m}^3 = 4360 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Z_o minimum yang dibutuhkan adalah 4360 cm³, maka dapat dipakai sheet pile berjenis steel sheet pipe pile D500 tebal 16 dengan pengunci LT 65x65x8 dari Nippon Steel Sumitomo Metal dengan mutu ASTM A252 grade 2.

Dimensi yang digunakan:

Diameter SSPP	= 500 mm
Tebal	= 16 mm
Junction	= 62.9 mm
Momen Inersia	= 134000 cm ⁴
Section Modulus	= 5070 cm ³
Fy	= 240 Mpa
Fu	= 415 Mpa

Dengan spesifikasi diatas sudah dapat digunakan, akan tetapi dalam pelaksanaan pemasangan sheetpile sangatlah sulit dalam sambungan dan penyambungan antar pengunci. Oleh karena itu untuk meminimalisir banyaknya pengunci, digunakan diameter yang lebih besar yaitu D1000 mm dan tebal 16 mm dengan pengunci LT 65x65x8 dari Nippon Steel Sumitomo Metal dengan mutu ASTM A252 grade 2.

Dimensi yang digunakan:

Diameter SSPP	= 1000 mm
Tebal	= 16 mm
Junction	= 69,6 mm
Momen Inersia	= 560000 cm ⁴
Section Modulus	= 11200 cm ³
Fy	= 240 Mpa
Fu	= 415 Mpa

C. Dimensi dan Kedalaman Bearing pile (Anchore)

Sheet pile tidak dapat dipasang begitu saja, diperlukan anchor pendukung kerja sheet pile yang dalam perencanaan ini digunakan bearing pile. Bearing pile dipasang sejarak 4 kali lebar sheet pile dan juntion yaitu 4.25 m.

Dimensi Bearing Pile yang dipakai

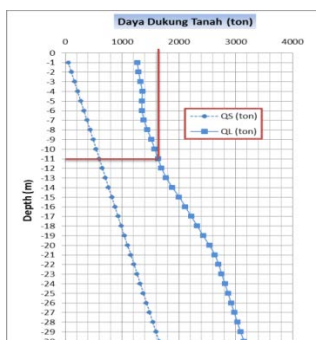
Diameter	= 1000 mm
Tebal	= 16 mm
Mutu	= ASTM A252 Grade 2
Fy	= 240 Mpa
Fu	= 415 Mpa

Untuk menentukan kedalaman bearing pile, disesuaikan dengan gaya yang akan diterima oleh bearing pile tersebut. Dalam perhitungan sheet pile gaya yang diterima bearing pile dianggap horizontal. Oleh karena itu agar gaya horizontal tersebut dapat diteruskan ke bearing pile, maka dihitung dengan keseimbangan gaya.

Direncanakan bearing pile dengan kemiringan 3:1 atau dengan sudut $\alpha = 18.435^\circ$ terhadap bidang vertical. Maka gaya yang diterima oleh bearing pile adalah sebesar:

P horizontal	= 39.56 ton/m . 4,25 m
	= 168.13 ton per pile
SF	= 3
Q horizontal	= 504.39
Q bearing pile	= Q horizontal / sin 18.435°
	= 504.39 / 0.316
	= 1596.17 ton

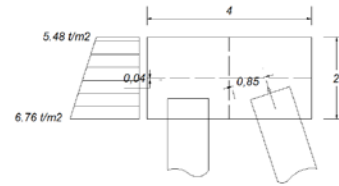
diatas bearing pile menerima gaya tarik, maka daya dukung yang digunakan adalah Q_L (Lihat Gambar 15). Kedalaman yang diperlukan untuk $Q = 1596.17$ ton adalah sebesar 11 m yang memiliki $Q_L = 1637.2$ ton atau dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 12. Daya Dukung Tanah

D. Kepala Sheetpile (Bulkhead)

Bulkhead diperlukan untuk mengikat sheetpile dengan tiang pancang miring. Dalam perencanaan ini terdapat dua jenis bulkhead yaitu, bulkhead dengan bearing pile dan bulkhead tanpa bearing pile. Terdapat gaya-gaya yang bekerja pada bulkhead seperti gaya tekanan gelombang dan gaya dari bearing pile (Gambar 15.).



Gambar 13. Gaya Pada Bulkhead

Gaya yang Bekerja

Bearing pile	= 168.13 ton/ sin18.435°
	= 531.672
Tekanan Gelombang	= $\frac{(5.48+6.76)}{2} \times 2$
	= 12.24

Momen yang terjadi pada bulkhead

Momen	= Qult BP . e + tekanan gelombang . e
	= 531.672 x 0.85 + 12.24 x 0.04
	= 452.411 ton.m

Perhitungan Tulangan Tumpuan

h'	= ht – selimut beton – ϕ geser – 0.5 ϕ lentur
	= 2000 – 80 – 29 – 0.5x29
	= 1880.5 mm = 188.05 cm
M	= 452.411 ton.m = 452411 kgm
Ca	= $\frac{h}{\sqrt{\frac{n.M}{b.\sigma}}} = \frac{188.05}{\sqrt{\frac{17.5.452411}{2.1850}}}$
	= 4.056
Φ_o	= $\frac{\sigma_a}{n.\sigma_b} = \frac{1850}{17.5 \times 116.67} = 0.906$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0.4$ (asumsi simetris, tulangan tekan dan tarik sama) dengan $Ca = 4,056$, dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

Φ	= 2.704
Φ	> Φ_o (Ok)
100n ω	= 6.509

Sehingga,

$$\omega = 6.509 / (100 \times 17,5) = 0,00372$$

Tulangan Tarik

As	= $\omega b h$
	= 0,00372 x 200 x 188,05
	= 139,87 cm ² = 13987 mm ²

Dipasang 22 –D29 dengan luas (14531,44 mm²)

Tulangan Tekan

A'	= 0,4 As
	= 0,4 x 13987 = 5594,8 mm ²

Dipasang 9 –D29 dengan luas (5944,68 mm²)

Tulangan Samping

A	= 10% .As
	= 10% . 13987 = 1398,7 mm ²

Dipasang 3 –D29 dengan luas (1981,56 mm²)

Cek jarak tulangan tarik

$$S = \frac{B-2.\text{decking}-2\phi_{\text{geser}}-n\phi_{\text{lentur}}}{\frac{n-1}{22-1}}$$

$$= \frac{150-2 \times 8-2 \times 2.9-22 \times 2.9}{22-1}$$

$$= 4,2 \text{ cm} < 3.9 \text{ cm (Ok)}$$

Karena $S < D+1 \text{ cm} = 3.9 \text{ cm}$, maka tulangan dibuat satu baris

Kontrol Retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan sebesar 0.1 mm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien:

Koefisien untuk perhitungan lebar retak untuk balok yang mengalami lentur murni

$$\omega_p = \frac{A_s}{b \cdot h}; C_3 = 1.50; C_4 = 0.04 \text{ dan } C_5 = 7.5$$

$$\text{maka, } \omega_p = \frac{13987}{200 \times 187,65} = 0.372$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1850}{2,704} = 684,172$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini:

$$w = \alpha \times \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = 1 \times \left(1,5 \cdot 8 + 0,04 \cdot \frac{2,9}{0,37} \right) \left(684,172 - \frac{7,5}{0,372} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$W = 0.008 < 0.01 \text{ cm (Ok)}$$

VI. Pengerukan

Pengerukan pada alur masuk perlu dilakukan karena kedalaman yang ada sekarang tidak memenuhi kriteria kedalaman untuk kapal 15.000 DWT, dimana kedalaman perairan yang diperlukan adalah -12.00 mLWS sedangkan kedalaman perairan yang ada hanya -7.00 mLWS sampai -12.00 mLWS. Untuk itu diperlukan adanya pengerukan hingga sedalam 5m.

Volume pengerukan yang didapat dari perhitungan diatas adalah 2.354.248 m³, karena terdapat *bulking factor* sebesar 1,4 untuk jenis tanah medium rock sehingga didapat volume pengerukan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{bulking factor} \times \text{volume pengerukan} \\ &= 1,4 \times 2.359.018 \\ &= 3.302.625,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dikarenakan volume keruk yang besar dengan tanah N-SPT hingga >50, maka digunakan kapal Cutter Suction Dredger (CSD) dengan dibantu Split Hopper Barge. Didapatkan waktu pengerukan selama:

$$\begin{aligned} T &= \frac{V}{\frac{P_{max} \times n}{3295947,2}} \\ &= \frac{3295947,2}{1015,12 \times 1} = 3246,85 \text{ jam} \\ &= 4,51 \text{ bulan} \end{aligned}$$

VII. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan breakwater ini meliputi beberapa tahapan pekerjaan sebagai berikut :

- Pekerjaan persiapan
- Pekerjaan Struktur Breakwater Monolith
 - Pekerjaan pemancangan
 - Pekerjaan pengecoran poer
- Pekerjaan Pengerukan pada alur masuk dan keluar dari kolam dermaga.

VIII. RAB dan WBS

Prosedur perhitungan besarnya rencana anggaran biaya meliputi :

- Penentuan harga material, alat dan upah
Besarnya harga material, alat dan upah didasarkan pada harga satuan pokok kerja di kota Kupang.
- Analisis harga satuan tiap pekerjaan
- Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya

Setelah dilakukan perhitungan terhadap besarnya volume pekerjaan, didapat rencana anggaran biaya total sebesar **Rp 460.630.686.000,0**. Untuk WBS dan Kurva S dapat dilihat pada Laporan Tugas Akhir

IX. KESIMPULAN

Berdasarkan pada bab – bab yang telah dibahas sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Dari pengumpulan dan analisis data pada bab 3 didapatkan :
 - Data bathymetri : perairan TPPI Tuban berada di perairann dangkal dengan kemiringan yang landai
 - Data arus : arus maksimum sebesar 0,95 m/s (arah arus sejajar pantai)
 - Data pasang surut : 1,7 meter
 - Data angin : arah dominan pembangkit gelombang dari arah barat laut
 - Data gelombang : tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan sebesar 4,06 meter
- Brakwater direncanakan dengan konstruksi *sheet pile* dengan tiang pancang miring sebagai anchor.
- Dalam perencanaan tugas akhir ini direncanakan struktur Brekwater sebagai berikut :

a. Panjang Breakwater	= 1300 meter
b. Lebar	= 4 meter
c. Elevasi Puncak	=+ 5,50 mLWS
- Pengerukan
Pada perencanaan dermaga ini untuk kapal 15.000 DWT, Kedalaman perairan yang dibutuhkan tidak cukup. Sehingga dibutuhkannya pengerukan pada Alur masuk hingga kolam dermaga. Kedalaman eksisting hanya -7 hingga -12 mLWS. Untuk mencapai kedalaman -12 mLWS dibutuhkan pengerukan sedalam rata-rata 4 meter. Kebutuhan volume yang dikeruk adalah 3.295.947,2 m³.
Dalam perencanaan ini akan digunakan kapal keruk hidrolik *CSD500 Damen* dengan tipe *Cutting Suction Dredger (CSD)* dari Damen.
- Rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam pembangunan *Breakwater dan pengerukan di Terminal Khusus TPPI Tuban, Jawa Timur* sebesar : **Rp 460.630.686.000,0**

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Indonesia 1971*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Department Of The Army. 1984. *Shore Protection Manual*, Vicksburg Missisipi.
- Japan Port and Harbour Association. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Daicousa Printing, Japan
- Kramadibrata, Soedjono. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung : Penerbit ITB
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta :Beta Offset
- US Department of Transportasion. 1984. *US Steel Sheet Piling Design Manual*. US
- Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. Diktat Pelabuhan. Surabaya.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.