

PERENCANAAN KOLAM PELABUHAN PONDOK DAYUNG FASHARKAN TANJUNG PRIOK JAKARTA UTARA

Agus Ristiyanto, Asif Murtadlo, Salamun^{*)}, Hary Budienny^{*)}

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

ABSTRAK

Pelabuhan Pondok Dayung merupakan salah satu pelabuhan khusus yang peruntukannya mengacu sebagai salah satu penunjang sarana dan prasarana fasilitas pertahanan NKRI, yakni sebagai privasi agar TNI Angkatan Laut memiliki sarana pelabuhan sendiri tidak tergantung pada instansi lain. Perencanaan Kolam Pelabuhan Pondok Dayung Fasharkan meliputi perencanaan desain pemecah gelombang, desain dermaga pelabuhan, desain alur pelayaran, serta desain kolam putar pelabuhan. Secara fungsional pelabuhan ini nantinya dipakai sebagai tempat merapat dan berlabuhnya kapal-kapal militer, serta tempat perbaikan kapal-kapal TNI AL khususnya untuk Indonesia wilayah bagian barat dan sekitarnya. Perencanaan diawali dengan data meliputi pengolahan data kecepatan angin untuk peramalan bangkitan gelombang pada daerah laut dalam. Hasilnya didapatkan tinggi gelombang signifikan ($H_o=1,53$ m) dan periode gelombang signifikan ($T_o=9,585$ dtk) dengan kala ulang gelombang rencana selama 50 tahun. Pengolahan data pasang surut muka air laut serta data peta bathymetry dipakai sebagai acuan perencanaan tinggi elevasi bangunan breakwater dan dermaga, dari perhitungan pasang surut didapatkan nilai muka air laut rencana $HHWL=+51,4$ cm, $MSL=\pm 0,0$ cm, dan $LLWL=-34,6$ cm. Data armada kapal dipakai sebagai acuan perhitungan perencanaan lebar alur pelayaran didapatkan lebar alur 216 m (dua jalur), dan besar kedalaman rencana draf kolam pelabuhan $D=\pm 12,25$ m dari sea bet. Data geotek dipakai untuk mengetahui karakteristik tanah dipakai sebagai acuan perencanaan tipe bangunan breakwater, dan perencanaan struktur pondasi dermaga. Hasil perencanaan bangunan breakwater tipe sisi miring (1:1,5) dengan panjang total 1292 m, jumlah lapis 2 layer Secondary layer tebal 1 m berat butir batu 168-200 kg untuk lapis dalam Core layer berat butir 16-20 kg, dan desain elevasi mercu $\pm 3,79$ m dari MSL. Rencana dermaga panjang total 252 m dengan elevasi rencana +1,07 m dari MSL, rencana struktur pelat lantai tebal 20 cm, struktur pondasi tiang pancang Spun Pile \varnothing 50 cm dengan mutu beton K 500. Fasilitas dermaga yakni Fender tipe V (400H 1000L) dengan kapasitas energi benturan 160 kN, serta penambat tipe Bollard dengan kapasitas tarikan sebesar 35 ton.

kata kunci : Kolam pelabuhan, bangunan pantai breakwater, dermaga, pelabuhan

ABSTRACT

Ports of Pondok Dayung is one of the special port designation refers to as one of the supporting facilities and infrastructure facilities NKRI defense, such as privatization TNI navy military has its have means to sea port don't depend on other agencies. Planning a

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

pool port of Pondok Dayung Fasharkan design covering breakwaters, design port dock, grooves cruise design, as well as design lap pool port. Functionally, this port will be used as a berthing dock and military vessels, as well as a repair ships for the Navy in particular regional western Indonesia and the surrounding region. Planning begins with the data include wind speed data processing for generation forecasting waves in the sea area. The result shows the significant wave height ($H_o = 1.53$ m) and significant wave period ($T_o = 9.585$ sec) to reset wave when the plan for 50 years. Data processing tidal sea water as well as map data is used as reference planning bathimetry high elevation breakwater and dock buildings, from the calculation of the value obtained tidal sea level plan HHWL = + 51.4 cm, MSL = ± 0.0 cm, and LLWL = -34.6 cm. The data is used as reference fleet planning calculations obtained wide shipping channel groove width 216 m (two lines), and the great depth of the draft plan of the port pool $D = \pm 12.25$ m from the sea bet. Geotek the data used to determine the characteristics of the soil used as reference planning building type breakwater, pier foundation and structure planning. Planning generated breakwater building type hypotenuse (1: 1.5) with a total length of 1292 m, the number of tier 2 Secondary layer 1 m thick layer of heavy stones to 168-200 kg layer Core layer in grain weight 16-20 kg, and design mercu elevation ± 3.79 m of MSL. Plan a total of 252 m long quay with a plan elevation of +1.07 m MSL, plan structure 20 cm thick floor slabs, pile foundation structure Spun Pile $\varnothing 50$ cm with concrete quality K 500. dock Fender ie type V (400H 1000L) the impact energy capacity of 160 kN, as well as the type fastening Bollard pull capacity of 35 tons.

keywords: *Swimming harbour, coastal building breakwater, pier, harbour*

PENDAHULUAN

Perencanaan pelabuhan khusus TNI AL Pondok dayung adalah salah satu progam penunjang sarana dan prasarana, khususnya bidang pertahanan dan keamanan nasional, untuk itu perlu adanya pelabuhan militer bagi TNI Angkatan Laut di setiap wilayah di Indonesia. Pada dasarnya NKRI adalah negara maritim negara dengan banyak kepulauan, oleh karena itu perlunya dibangunnya penunjang pelabuhan militer pada setiap wilayah perbatasan nasional khususnya.

Fungsi perencanaan pelabuhan militer pondok dayung ini salah satunya dimaksudkan sebagai sarana pendukung sekaligus penunjang kemajuan dibidang pertahanan dan keamanan wilayah NKRI pada bagian barat, serta daerah kota jakarta khususnya dan sekitarnya.

Tugas akhir ini dilakukan untuk merencanakan kolam pelabuhan fasharkan pondok dayung agar memperoleh desain teknis perencanaan secara optimal. Batasan lingkup perencanaan bangunan fasilitas pantai kolam pelabuhan ini mulai dari perencanaan desain mulut pelabuhan, pemilihan tipe *breakwater*, dan desain dermaga.

Berdasarkan hal di atas, tujuan dari tugas akhir ini salah adalah:

- Merencanakan pembangunan pelabuhan yang dapat menampung kapasitas armada kapal-kapal TNI AL baik yang akan berlabuh untuk melakukan perbaikan atau melakukan bongkar muat di pelabuhan.

- Mengoptimalkan fungsi dari bangunan *breakwater* sebagai pengontrol besar transport sedimen, serta mengontrol besar gelombang atau ketenangan kolam perairan akibat gelombang laut yang merambat masuk kedalam kolam pelabuhan.
- Desain dermaga diharapkan dapat melayani kapal perang TNI AL yang akan berlabuh dalam Pelabuhan.

TINJAUAN PUSTAKA

Studi Literatur

Berikut adalah studi literatur yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu:

- *CERC Shore Protection Manual Volume 1 dan Volume 2 1984*. US Army Coastal Engineering Research Center, (SPM 1984).
- *Pelabuhan 2010*, Beta Offset dan *Teknik Pantai 1999*, Beta Offset menurut Bambang Triatmodjo.
- *Perencanaan Pelabuhan 2002*, Soedjono Kramadibrata.

Gambaran Umum

Perencanaan Kolam Pelabuhan TNI AL Pondok Dayung ini terdiri dari pemilihan desain *lay out* kolam pelabuhan, bangunan pemecah gelombang, serta bangunan dermaga. Secara umum ada beberapa segi aspek yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan kali ini berhubungan dengan kondisi lokasi dilapangan antara lain.

1. Angin

Data angin digunakan untuk menentukan peramalan arah dan tinggi gelombang secara empiris. Data yang diperlukan adalah data arah dan besar kecepatan angin di atas permukaan air laut pada lokasi bangkitan atau data di darat dekat lokasi peramalan dan kemudian di konversi dalam bentuk data angin di laut. Pencatatan data angin dinyatakan dalam satuan *knot* ($1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/dtk}$).

2. Gelombang

a. Klasifikasi Gelombang

Beberapa teori yang menjelaskan secara umum mengenai penggambaran bentuk gelombang, salah satunya dijelaskan menurut teori gelombang *Airy* atau dikenal juga sebagai teori gelombang amplitudo kecil. Dalam teori *Airy* gelombang diklasifikasikan menjadi tiga zona berdasarkan kedalamannya yaitu:

- *Deep water* (Laut dalam)
Syarat $d/L \geq 1/2$; $2\pi d/L \geq \pi$.
- *Transitional water* (Laut transisi)
Syarat $1/25 \leq d/L \leq 1/2$; $1/4 \leq 2\pi d/L \leq \pi$
- *Shallow water* (Laut dangkal)
Syarat $d/L \leq 1/25$; $2\pi d/L \leq 1/4$.

b. Peramalan Gelombang

Peramalan bangkitan gelombang, disesuaikan klasifikasi kedalaman bangkitan gelombang yang terjadi. Peramalan bangkitan gelombang di laut dengan mengacu pada teori SMB (peramalan *semi empiris*) peramalan gelombang yang disajikan

menurut *US Army Coastal Engineering Research Center SPM 1984 volume 1*. Metode yang ditemukan oleh *Sverdrup & Munk* ini yang dikenal dengan *methode Semi Empiris*, dengan menggunakan gelombang *Signifikan* yang dikemudian disempurnakan oleh *Bretsneider* tahun 1958 sampai saat ini dan metode ini masih sangat layak digunakan.

Dalam peramalan dipakai adanya bangkitan gelombang (*fetch*) yakni panjang daerah angin berhembus dengan kecepatan serta arah konstan dalam membangkitkan gelombang laut. Di lokasi pembangkitan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin, tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Angin yang berhembus diatas muka air akan memindahkan energinya ke air dan menimbulkan gelombang. Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang SEA, sedang gelombang yang berada diluar daerah pembangkitan disebut gelombang SWELL.

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

F_{eff} = *Fetch* rerata efektif

X_i = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch* (km).

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

c. Distribusi Periode Ulang Rencana

Distribusi periode ulang gelombang rencana yang tersaji pada *Teknik Pantai, 1999, Bambang Triatmojo*, distribusi ini dipakai untuk prediksi atau memperkirakan tinggi gelombang signifikan dengan berbagai periode ulang. Distribusi ini ditemukan oleh *Gumbel (1958)* dan *Goda (1988)*

- Metode *Fisher-Tippet Type 1*

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T-0,12} \dots\dots\dots(2)$$

- Metode Distribusi *Weibull*

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{K}}}{N_T-0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{K}}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$P(H_s \leq H_{sm})$ = Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui

H_{sm} = Tinggi gelombang urutan ke (m)

m = Urutan tinggi gelombang (ke 1,2,.....n)

N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan.

3. Transformasi Gelombang

Dalam perjalanan gelombang dari tengah laut sampai ke pantai gelombang mengalami proses perubahan yaitu perubahan kecepatan, tinggi dan mungkin arahnya. Parameter gelombang yang dianggap tidak mengalami perubahan sepanjang perambatannya adalah periode. perubahan karakteristik gelombang akibat variasi kedalaman perairan dangkal. Perubahan parameter itu karena adanya pendangkalan (*shoaling*), pembelokan (*refraksi*) dan pemecahan gelombang (*breaking*).

4. Fluktuasi Muka Air Laut

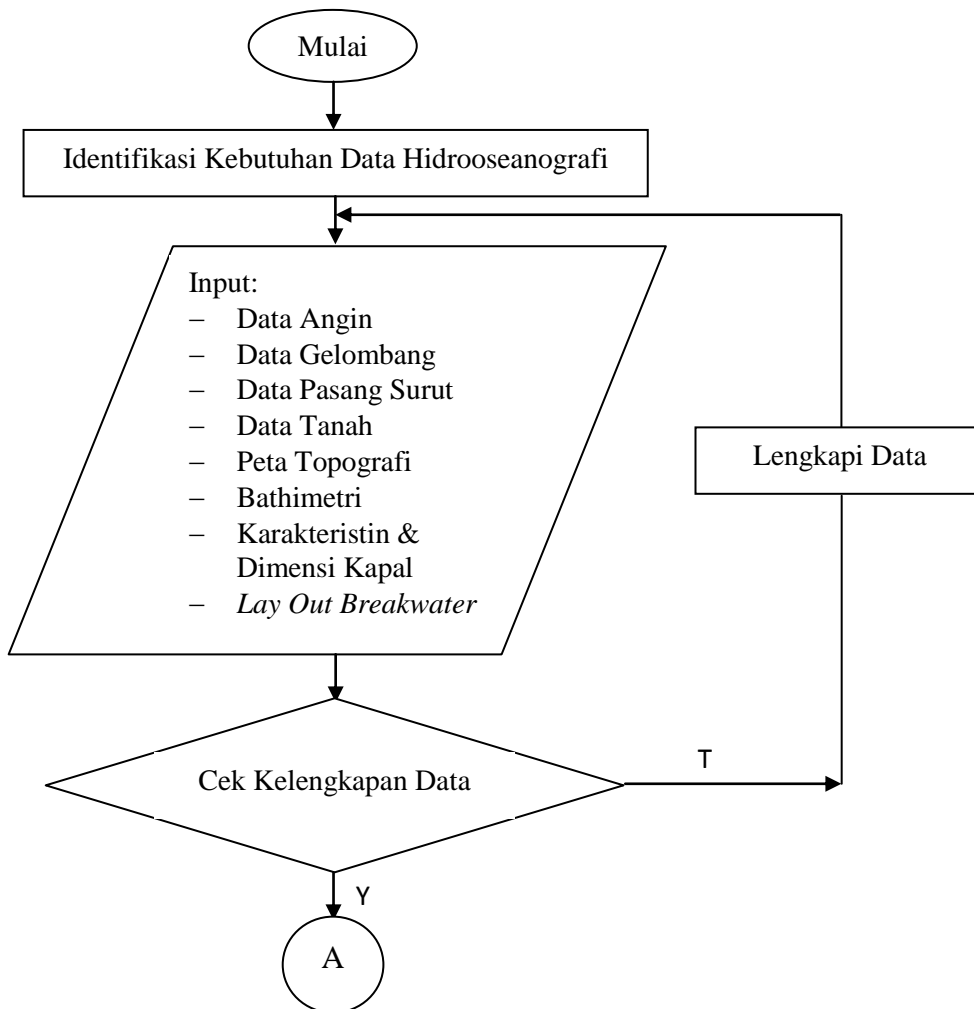
Elevasi muka air laut merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan pada tugas akhir ini. Beberapa proses alam yang terjadi dalam waktu yang bersamaan membentuk variasi muka air laut dengan periode yang panjang. Proses alam tersebut meliputi pasang surut yakni perubahan akibat adanya gaya tarik antara benda-benda di langit, utamanya matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi, (*wave set-up*) kenaikan muka air laut akibat gelombang, (*wind set-up*) kenaikan muka air laut akibat angin, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global.

$$DWL = HHWL + Wave Set-up + Wind Set-up + SLR \dots\dots\dots(4)$$

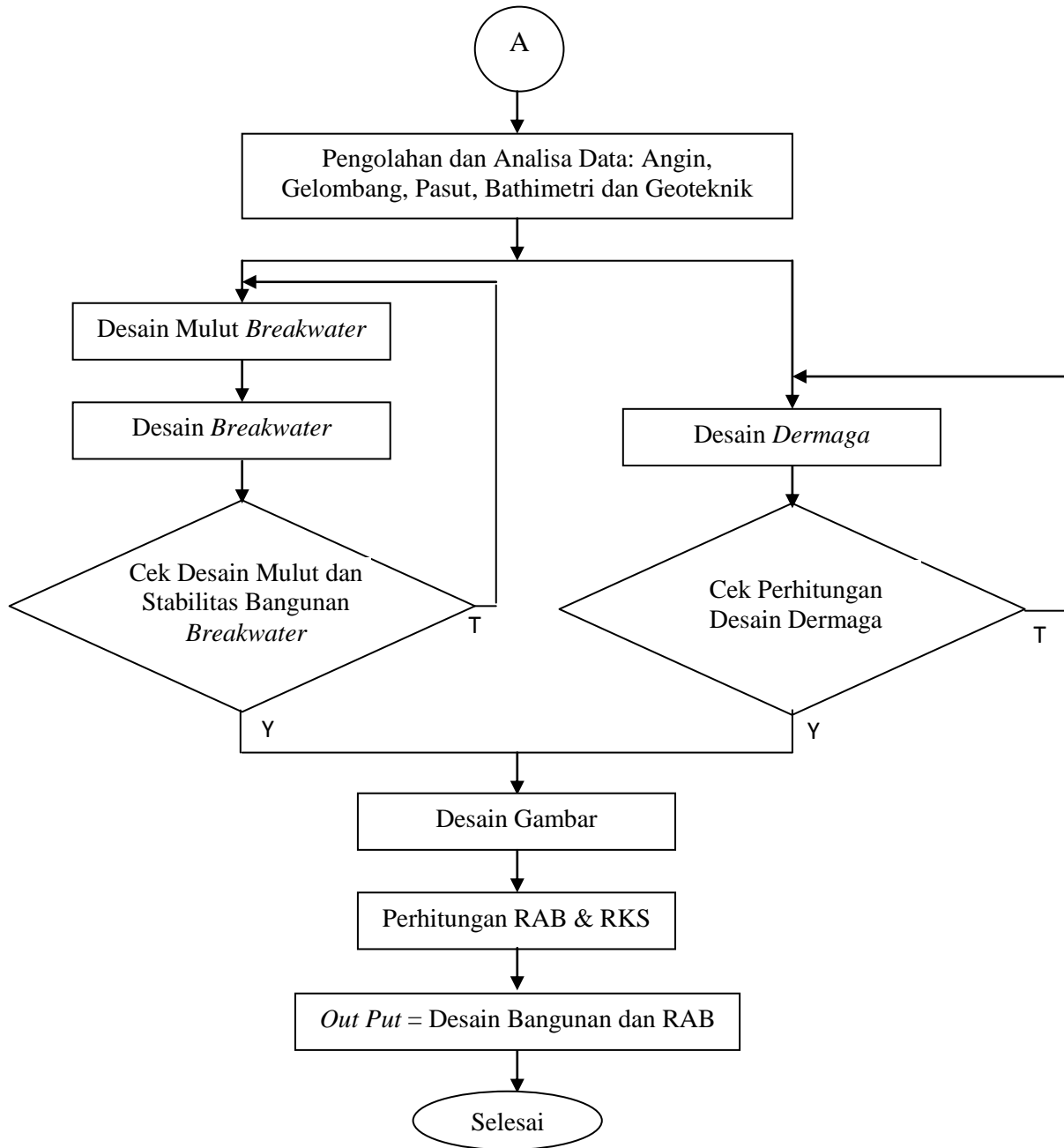
dimana:

- HHWL = Nilai muka air pasang tertinggi
- Wave Set-up* = Nilai muka air laut akibat gelombang
- Wind Set-up* = Nilai muka air laut akibat angin
- SLR = Nilai muka air laut akibat perubahan suhu global

METODE PERENCANAAN



Gambar 1. Flowchat Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 1. Flowchat Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

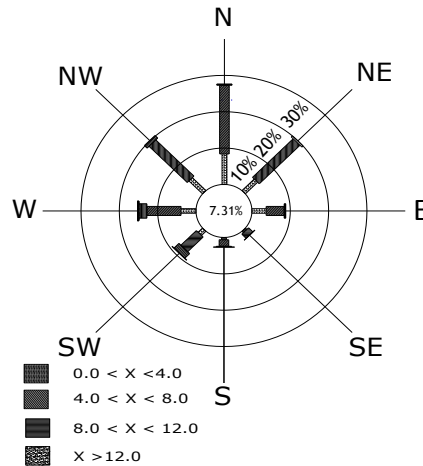
ANALISA DATA DAN PERENCANAAN BANGUNAN PANTAI

Analisis Data Hidro-Oseanografi

Analisa ini dilakukan untuk mengolah data mentah yang ada di lapangan sehingga didapatkan nilai serta informasi yang akan digunakan dalam perencanaan nantinya.

Analisa Angin

Data kecepatan dan arah angin terpakai adalah data dari bulan Januari 1998 – Desember 2007 badan Dishidros TNI AL, dan diprosentasikan dalam bentuk *wind rosse*. Berikut adalah prosentase data kecepatan angin dan arah angin dominan dalam bentuk *wind rosse*.



Gambar 2. *Wind Rosse* Prosentase Data Kecepatan Angin Tahun 1998-2007

nilai prosentase arah angin dominan bangkitan angin arah Utara (N) sebesar 26,21%, kemudian disusul pada arah Barat Laut (NW) sebesar 15,53%, dengan rata-rata angin dominan pada kisaran interval 4 – 8 m/dtk.

Analisa Gelombang

Analisa tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) berdasarkan data angin, hitung besar *Fetch efektif*, tegangan angin, lanjut dengan perhitungan peramalan pembangkitan gelombang, transformasi gelombang, dan fluktuasi muka air laut.

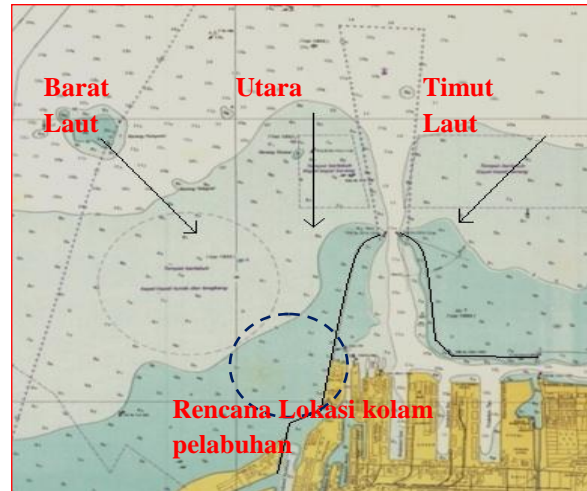
a. Fetch

Analisa arah bangkitan *Fetch* terpakai adalah arah Timur Laut (NE), Utara (N), dan Barat Laut (NW). Sedangkan untuk arah selain arah diatas gelombang tidak diperhitungkan karena gelombang yang dihasilkan oleh jarak titik tinjauan *fetch* kecil.

Tabel 1. Besar *Fetch Efektif*

Arah	Besar <i>Fetch Efektif</i>
Timur Laut (NE)	359,674 km
Utara (N)	297,539 km
Barat Laut (NW)	107,861 km

Dari Tabel diatas didapatkan perhitungan jarak *fetch* terbesar adalah bangkitan *fetch efektif* pada arah timur laut, tetapi dalam tinjauan lokasi dilapangan lokasi arah timur laut terhalang oleh bangunan *breakwater* milik pelabuhan tanjung Priok, arah timur laut tidak diperhitungkan kesimpulannya arah bangkitan *fetch efektif* terbesar/maksimum terpakai adalah arah utara (N) = 297,539 km.



Gambar 3. Lay Out Analisa Situasi Bangkitan Arah Angin

b. Faktor Tegangan Angin (U_A)

Pengolahan data kecepatan angin yang diambil dari darat (U_L) di korelasikan terlebih dahulu terhadap kondisi kecepatan angin di atas laut (U_w) sehingga di dapatkan nilai korelasinya sebesar (R_L). Selanjutnya dari angka korelasi diubah dalam bentuk pendekatan nilai angin di atas permukaan air laut dengan formula sebagai berikut:

$$U_w = R_L \times U_L \dots\dots\dots(5)$$

dikonversikan terhadap faktor *stress* angin

$$U_A = 0,71 \times U_w^{1,23} \dots\dots\dots(6)$$

c. Peramalan Gelombang

Pendekatan pertama peramalan gelombang diasumsikan pada daerah laut dalam (*deep water*) untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), memakai peramalan gelombang menurut teori SMB dari *Shore Protection Manual Volume 1 dan Volume 2 1984*. US Army Coastal Engineering Research Center. Didapatkan nilai H_s dan T_s untuk tiap tahun:

Tabel 2. Tinggi (H_s) dan Periode (T_s) Gelombang Signifikan Tiap Tahun

Tahun	H33 %	T33%
1998	2,16	9,11
1999	2,35	10,28
2000	2,48	9,88
2001	2,21	9,62
2002	1,23	10,38
2003	1,22	10,60
2004	2,22	10,07
2005	1,97	9,08
2006	1,57	7,54
2007	1,88	9,29
Rata-rata	1,929	9,585

Dari nilai Hs rata-rata = 1,929 m dan Ts rata-rata = 9,585 m/s dapat diketahui klasifikasi tipe gelombangnya.

- Pendekatan rumus gelombang perairan dalam $L_0 = 1,56 T^2$
 $= 1,56 (9,585)^2 = 143,3 \text{ m}$
- Dengan $d_s = 5,5$ (dr MSL)
 $d/L_0 = 5,5/143,3 = 0,042$
- Dengan tabel L-1 teknik pantai, Bambang Triatmodjo.
- $d/L = 0,08553 \rightarrow$ Gelombang Laut Transisi ($1/25 < d/L < 1/2$) teori Airy

d. Probabilitas Gelombang Dengan Analisa Frekuensi

Fungsi distribusi yang dipakai yakni dengan metode *Fisher-Tippet Type I* dan Metode *Weibull*. Fungsi dari kedua distribusi ini adalah mencari nilai probabilitas gelombang untuk kala ulang rencana selama 50 tahun, dengan memakai nilai *defiasi* standar tertentu. Dari kedua fungsi distribusi terpakai adalah distribusi menurut teori *Fisher Tippet Type I* dengan di dapat nilai $H=3,09 \text{ m}$.

Tabel 4. Tinggi Gelombang (Hs) dengan Periode Ulang Menurut *Teori FT-I*

Periode ulang (tahun)	Fisher Tippet-1	
	yr	Hsr (m)
2	0,37	1,87
5	1,50	2,26
10	2,25	2,52
25	3,20	2,85
<u>50</u>	3,90	<u>3,09</u>
100	4,60	3,33

e. Transformasi Gelombang

Dalam perjalanan gelombang dari tengah laut sampai ke pantai gelombang mengalami proses perubahan, pendangkalan (*shoaling*), pembelokan (*refraksi*), penjarangannya gelombang menemui suatu halangan struktur (*Difraksi*), dan gelombang pecah (*breaking wave*).

Ho akibat *Refraksi* = $K_s K_r H = 2,791 \text{ m}$

dengan $K_s = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$ dan $K_r = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \dots \dots \dots (7)$

Ho Akibat *Difraksi* = $K_d H = 1,76 \text{ m}$

nilai K_d didapat dengan tabel L-1 (teknik pantai, Bambang Triamodjo)

Gelombang Pecah (*Breaking Wave*)

batas kecuraman gelombang pecah pada daerah *Transition Water* menurut (*SPM volume 1, 1984*)

$\frac{H}{L} = \frac{1}{7} \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \rightarrow \frac{d}{H} = 1,28$ atau $\frac{H}{d} = 0,9 \dots \dots \dots (8)$

Didapatkan kategori gelombang telah pecah yakni $\frac{d}{H} = \frac{5,5}{3,09} = 1,77 > 1,28$

gelombang terpakai adalah H ekuivalen.

Gelombang Ekuivalen

$$H_0 = K_r K_d H \rightarrow 1,532 \text{ m} \dots\dots\dots(9)$$

f. Fluktuasi Muka Air Laut

Pasang Surut

peramalan pasang surut dipakai data *Dishidros* TNI AL tahun 2007 selama 5 bulan Januari, Februari, Maret, April, dan Mei. hasil dari perhitungan sebagai berikut

$$HHWL = 62\text{cm} + 45,2 \text{ cm} = \pm 107,2 \text{ cm}$$

$$MSL = 10,6\text{cm} + 45,2 \text{ cm} = \pm 55,8 \text{ cm}$$

$$LLWL = 45,2 \text{ cm} - 45,2 \text{ cm} = \pm 0 \text{ cm}$$

Wave set-up

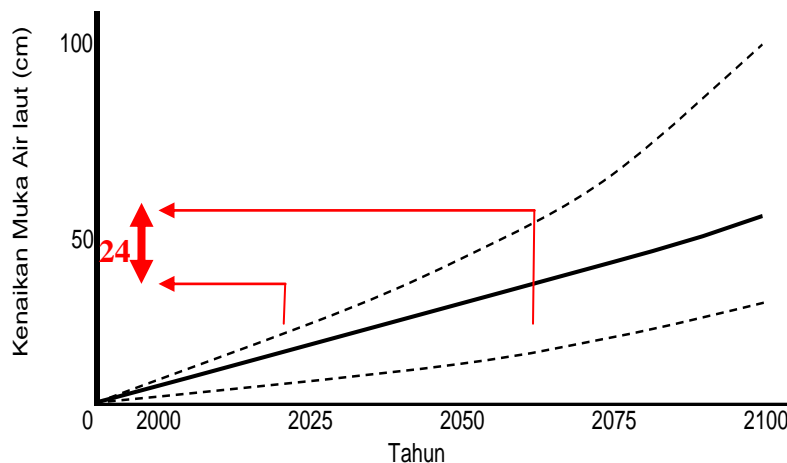
$$S_w = 0,19 (1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g T^2}}) H_b = 0,48 \text{ m}$$

Diambil $\rightarrow 0,5 \text{ m}$

Wind set-up

$$\Delta h = \frac{F_c V^2}{2 g d} = 0,15 \text{ m} \rightarrow = 15 \text{ cm}$$

Sea Level Rise



Gambar 4. Grafik *Sea Level Rise* (SLR)

Design Water Level (DWL)

Desain acuan elevasi perencanaan bangunan *breakwater* dan bangunan dermaga.

$$DWL = HWL + \text{Wave set up} + \text{Sea Level Rise}$$

$$= 179,2 \text{ cm} \approx 1,79 \text{ m}$$

Perencanaan Bangunan Pantai dan Fasilitas Pelabuhan

1. Desain Kolam Pelabuhan

Parameter yang terpakai diambil dari karakteristik jenis kapal yang terbesar:

- Berat (W) : 13.500 ton (*Kelas Nusanive*)
- Panjang (Loa) : 144 m (*Kelas Nusanive*)
- Lebar : 23,4 m (*Kelas Nusanive*)
- Draft (d) : 7,3 m (*Kelas Arun*)

- Mesin : 2×16 silinder Pielstick diesels, 15,300 shp
- Kecepatan : 17 knot
- Jangkauan : 15.000 nm (15 knots)
- Senjata : 2 x meriam 40 mm, 2 x meriam 20 mm
- Awak : 47 penumpang

a. Lebar Alur Pelayaran

Perhitungan Lebar Alur Pelayaran menurut OCDI lebar terbesar

$$\begin{aligned} \text{Lebar Alur} &= 1,5 \times \text{Loa} \\ &= 1,5 \times 144 = 216 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Desain Kedalaman Kolam Pelabuhan

Setelah didapat nilai kedalaman *draft* kapal terbesar yang akan dilayani oleh pelabuhan, selanjutnya dapat dihitung rencana kedalaman (H) total, dengan di tambah faktor keamanan.

$$\begin{aligned} H &= d + G + R + P + S + K \\ &= -12,25 \text{ m (kedalaman dari LWL)} \end{aligned}$$

c. Luas Kolam Pelabuhan

Luas kolam putar adalah luasan lingkaran dengan jari – jari 1,5 kali panjang total kapal (*Loa*) dari kapal terbesar. $A = \frac{1}{4} \pi \times R^2$

$$\begin{aligned} R &= 1,5 \text{ Loa} + 25\text{m} \\ &= 1,5 (144) + 25 \\ &= 241 \sim 245 \text{ meter} \end{aligned}$$

Maka untuk diameter (D) dan total luasan kolam putar

$$\begin{aligned} D &= 2 \times R = 482 \text{ meter} \\ A &= \frac{1}{4} \pi (482)^2 \\ &= 182.374,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Bangunan Breakwater

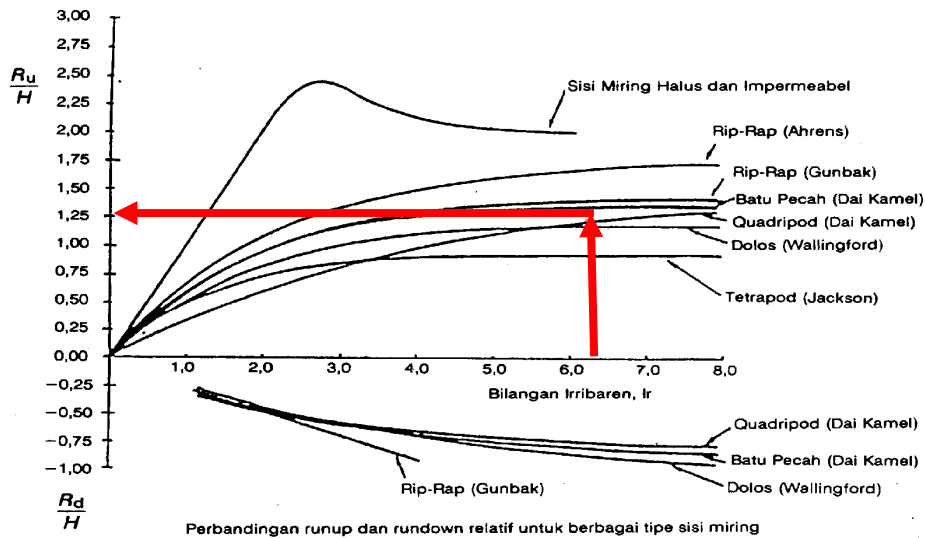
Parameter data yang terpakai untuk perencanaan bangunan *breakwater* adalah sebagai berikut:

- Tinggi gelombang (Hr) : 2,79 m (terjadi akibat refraksi)
- Tinggi gelombang (Hd) : 1,76 m (terjadi akibat difraksi)
- Tinggi dalam ekivalen (H'₀) : 1,53 m (akibat refraksi dan difraksi)
- Periode gelombang (T) : 9,585 detik (periode Ts rata-rata)
- Kemiringan dasar laut : 0,002 (data *dishidros*)
- Kedalaman (ds) : -5,0 m (data *bathri metri*)
- HWL : +107,2 cm (pengolahan data pada bab 4)
- MSL : +55,8 cm (pengolahan data pada bab 4)

a. Penentuan Dimensi Puncak Pemecah Gelombang Tipe *Rubbermore*

Tipe batu yang pakai adalah batu pecah (dai kamel)

$$\begin{aligned} \text{Run up gelombang} \rightarrow I_r &= \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{Lo}\right)^{0,5}} \\ &= 6,45 \end{aligned}$$



Gambar 5. Grafik Run-up

$$\frac{R_u}{H} = 1,24 \text{ (Dengan H ekuivalen)}$$

$$R_u = 1,24 \times 1,53 = 1,91 \text{ m}$$

didapatkan tinggi rencana elevasi bangunan *breakwater*

$$\text{Elv.mercu} = \text{DWL} + \text{Run-Up} + F(\text{jagaan})$$

$$= + 4,20 \text{ m (dari MSL)}$$

tinggi puncak pemecah gelombang

$$D_s = d + \text{MSL} + \text{Elv. mercu}$$

$$= +9,758 \text{ m} \rightarrow \text{(dari kontur/seabet)}$$

b. Perhitungan Struktural

$$n = 2 \text{ (jumlah lapis batu pelindung)}$$

$$K_D = 6,4 \text{ (koef. tumbukan)}$$

$$\text{Kemiringan } breakwater = 1 : 1,5$$

$$K_\Delta = 1,15 \text{ (koef. lapis batu alam kasar)}$$

$$\gamma_a = 1,025 \sim 1,03 \text{ t/m}^3 \text{ (BJ air laut)}$$

$$\gamma_r = 2,74 \text{ t/m}^3 \text{ (BJ batu alam kasar)}$$

- Berat butir batu lapis (W)

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left[\frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 \right]^3 \cot \theta} \dots \dots \dots (10)$$

- Diameter batu lapis (D)

$$D = 2 \times \sqrt[3]{(w/\gamma_r)/\pi} \dots \dots \dots (11)$$

- Rencana ketebalan lapis pelindung luar

$$t = nK_\Delta \{W/(\gamma_r)\}^{1/3} \dots \dots \dots (12)$$

- Lebar puncak pemecah gelombang

$$B = nK_\Delta \left\{ \frac{W}{\gamma_r} \right\}^{1/3} \dots \dots \dots (13)$$

- Jumlah butir batu pelindung

$$N = Ank_{\Delta} \left\{ 1 - \frac{p}{100} \right\} x \left\{ \frac{\gamma r}{W} \right\}^{2/3} \dots\dots\dots(14)$$

c. Bangunan Dermaga

- Beban Vertikal
Beban mati (*dead load*), Beban hidup (*live load*), Beban kejut dihitung ($K=1+20/(50+L)$), Beban air hujan (R)

- Beban Lateral
Gaya benturan kapal (*vesse / berthing*)

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2 \cdot g} \text{ Cm} \cdot \text{Ce} \cdot \text{Cs} \cdot \text{Cc} = 12,958 \text{ ton meter}$$

Gaya tarikan kapal (Rw)

$$Rw = 1,1 \times Qa \times Aw = 204145,98 \text{ kg} \approx 20,42 \text{ ton} / \text{ panjang Loa} = 144 \text{ m}$$

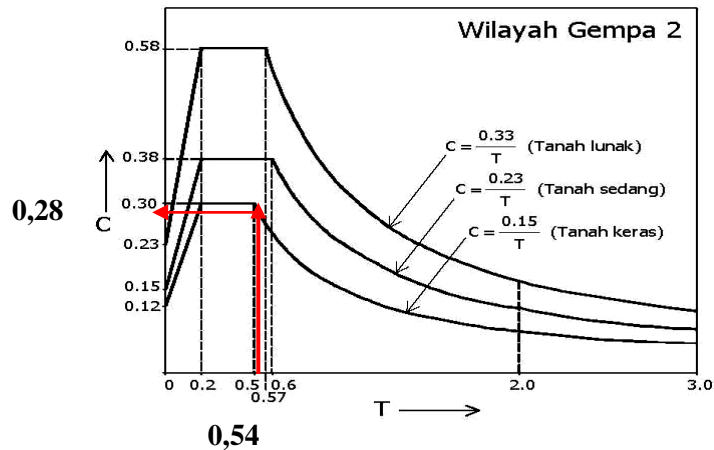
Gaya tarikan akibat arus (Rf)

$$Rf = \frac{1}{2} \times \rho \times C \times V \times B' = 8627,50 \text{ kg} = 8,6275 \text{ ton}$$

Gaya yang diterima oleh *bollard* atau penambat sebesar $\frac{1}{8} \times R$ (yang disyaratkan untuk di terima oleh tali kapal)

- Gaya Akibat gempa
Gaya gempa pada struktur diperhitungkan berdasar pada prosedur analisis struktur beton akibat gempa menurut RSNI 03-1726-2010, dimana dalam perhitungan di laporan ini gaya gempa diperhitungkan secara *auto load* dengan program SAP 2000 V.14.

Wilayah 2 dengan Tinggi struktur (H= 9 meter), Waktu getar bangunan (T= 0,06 x 9 = 0,54 detik) dan besar koefisien spektrum gaya C didapat dari:



Gambar 4. Grafik Koefisien Gempa untuk Wilayah 2

- Kombinasi Pembebanan
berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan SNI-03-2347-2002 "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton".
- Perencanaan Struktur Atas Dermaga
Perencanaan Pelat Lantai

perhitungan gaya dalam plat diperhitungkan menggunakan program SAP2000.V14 mengacu pemebebanan *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Penulangan plat jarak antar tulangan baik arah X maupun arah Y menggunakan tulangan D 13 – 150 dengan mengacu pada pembebanan – pembebanan yang ada.

- Perencanaan Struktur Bawah Dermaga
Struktur Balok

h1 tinggi = ~ ~ → dipakai = 650 mm

b1 lebar = ~ ~ → dipakai = 450 mm

Mutu beton ($f'c$) = K-350 (35 MPa = 350 kg/cm²) 30x10³ kN/m²

Mutu baja (f_y) = U-40 (400 MPa = 4000 kg/cm²) tulangan ulir 400x10³ kN/m²

Struktur Tiang Kolom

diperhitungkan dibantu menggunakan program SAP2000.V14. dengan karakteristik struktur.

Spun Pile Dimensi : Ø 500 mm

Tebal : 90 mm

Mutu beton : K-600 ~ → ($f'c$)= 50 Mpa

- Perhitungan *Poer (Pile Cap)*

(single pile "90 x 90 x 100") (double pile "150 x 142,5 x 100"), Mutu beton ($f'c$) = K 300 Mutu baja tulangan = 240 Mpa dengan menggunakan perhitungan yang ada maka digunakan tulangan Untuk arah x dipilih tulangan atas = D16 – 150 Tulangan bawah = D16 – 150. Untuk arah y dipilih Tulangan atas = D16 – 150 Tulangan bawah = D16 – 150.

- Perencanaan *Fender* Dan Penambat

Fender sisi depan dermaga direncanakan menggunakan *fender* karet tipe V dengan karakteristik ukuran H= 400 dan L=1000 Energi benturan yang terjadi (E)

$$E = \frac{13500 \times 0,15^2}{2 \times 9,81} \times 1,86 \times 0,45 \times 1 \times 1$$

$$= 12,958 \text{ ton m.}$$

Penambat dengan spesifikasi bahan baja diameter 300 m tebal 21 mm tinggi 250 mm, mutu baja 1600 kg/cm² dengan kapasitas tarik 35 ton.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab-bab sebelumnya dalam perencanaan Kolam Pelabuhan TNI-AL Pondok Dayung Fasharkan Tanjung Priok Jakarta Utara, dapat diambil beberapa kesimpulan yakni sebagai berikut :

1. Pemilihan bentuk dan jenis kontruksi dipengaruhi oleh fungsi dari pelabuhan yakni sebagai pelabuhan militer, tata guna lahan (geografis letak pelabuhan), dan karateristik kapal yang akan dilayani oleh pelabuhan.
2. Analisa data angin dilakukan dengan mengambil data pengamatan angin selama 10 tahun yakni dari tahun 1998 sampai dengan 2007, dengan hasil pengolahan data angin diperoleh bangkitan angin dominan dari arah utara.
3. Desain *lay out* mulut *breakwater* menyesuaikan arah dari angin dan gelombang dominan yakni dari arah utara, dengan desain lebar mulut *breakwater* (L) = 216 meter, dan kedalaman alur pelayaran yang sekaligus dipakai sebagai kedalaman kolam pelabuhan (H) = -12,25 meter dihitung dari LWL.

4. Desain karakteristik gelombang rencana pada Perencanaan Kolam Pelabuhan TNI-AL ini memakai kala ulang 50 tahun, hasilnya didapatkan tinggi gelombang rencana ($H_o = 3,09$ meter) dan durasi ($T_o = 9,59$ detik).
5. Desain bangunan *Breakwater* pada perencanaan Kolam Pelabuhan TNI-AL ini berdasarkan kajian dan perhitungan dimensi konstruksi diperoleh :
 - Tipe pemecah gelombang sisi miring (1:1,5), dengan jumlah susunan batu lapis pelindung ($n = 2$ lapis)
 - Spesifikasi batu alam (kasar) pada *core layer* (lapisan dalam) berat per butir ($W = >16$ kg, dan untuk *second layer* (lapisan luar) berat per butir ($W = >160$ kg dipasang tebal 1 meter.
 - Panjang total *breakwater* $\pm 1,292$ km, dengan rencana lebar puncak mercu = 2 m, dan panjang lebar kaki = 5 m.
6. Desain bangunan Dermaga pada perencanaan Kolam Pelabuhan TNI-AL ini berdasarkan kajian dan perhitungan dimensi konstruksi diperoleh :
 - Elevasi lantai dermaga = + 300 m diukur dari posisi LWL
 - Dimensi dermaga 11,2 m x 252 m
 - Struktur beton bertulang mutu K-350 dengan dimensi struktur beton pada Plat lantai 20 cm, balok memanjang 45 cm x 65 cm balok melintang 45cm x 65 cm , pilecap single 90cm x 90cm x 100cm , pilecap dobel 100cm x 120cm x 160cm
 - Struktur pondasi tiang pancang diameter = 50 cm dengan panjang tiang pancang tegak 22 meter, dan panjang tiang pancang miring 22,109 meter.
 - Karet fender tipe V H=400, L=1500.
 - Alat penambat *Bollard* kapasitas 35 ton.

SARAN

Berdasarkan kajian dalam “Perencanaan Kolam Pelabuhan Pondok Dayung Fasharkan Tanjung Priok Jakarta Utara”, ada beberapa hal yang perlu ditinjau kembali. Dalam kesempatan ini Penulis bermaksud memberikan beberapa saran yang berkaitan dengan perencanaan Kolam pelabuhan ini, yakni sebagai berikut :

1. Sebelum memulai suatu perencanaan, sebaiknya data-data yang dipakai harus lengkap, valid dan relevan agar dapat direncanakan dengan tepat. Konsep perencanaan struktur dan tipe struktur yang akan digunakan juga harus dipersiapkan dengan baik.
2. Dalam kajian perencanaan pelabuhan TNI-AL ini kedepan dapat dilakukan pekerjaan pengerukan pada desain kolam pelabuhan dan alur pelayaran karena kedalaman draf kapal yang besar, untuk disarankan dalam perencanaan pengerukan desain kolam dan alur perlu dilakuan kajian berlanjut tentang besar nilai tranportasi sedimentasi serta besar pendangkalan yang terjadi. Dengan demikian, pendangkalan yang terjadi dapat diperhitungkan dan diminimalisir terlebih dahulu.
3. Dalam pengembangan sarana dan prasarana laut hendaknya disesuaikan dengan periotas kebutuhan mengingat dalam perencanaan Pelabuhan ini membutuhkan biaya cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

_____. 2007. *Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia*. Tide Tabel indonesia Archipelago, Jakarta.

- CERC, 1984. *Shore Protection Manual Volume, 1-2*. US Army Coastal Engineering Research Center, Wosington (SPM, 1984).
- Chu-Kia Wang, and Charles G, Salmon, 1994. *Disain Beton Bertulang Edisi I & IV*, Erlangga, Jakarta.
- Daftar Kapal Perang TNI-AL, Disfaslanal TNI-AL, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Dinas Hidro-Oceanografi, 2010. *Peta Bathimetri*, Disfaslanal TNI-AL, Jakarta.
- Muhroji, *Diklat Kuliah Rekayasa Pondasi I-II*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- PBI Peraturan Perencanaan Beton Bertulang SKSNI-T15-1991-03.
- PT. Miarsono & Associates, Laboratorium Teknik Sipil Universitas Diponegoro, *Soil Investigation Boring Machine Pembangunan Pelabuhan TNI AL Pondok Dayung*, Jakarta Utara.
- Salamun, *Bahan Ajar Mata Kuliah Hidrolika Pantai*, Pusdiktek – Universitas Diponegoro, Semarang.
- Triatmodjo, Bambang, 2010. *Pelabuhan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 1999. *Teknik Panta*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Widiarto, Himawan, *Diklat Kuliah Mekanika Gempa*, Universitas Diponegoro, Semarang.