

**STUDI TENTANG DERMAGA TYPE WARF UNTUK PELABUHAN MILITER DI
PANTAI BANONGAN KABUPATEN SITUBONDO
*STUDY ON TYPE WARF PIERS FOR MILITARY PORTS IN SITUBONDO***

Ali Wafa¹, Noor salim²* Irawati³

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : aliwafaaja96@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author
Email : noorsalim@gmail.com

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : irawati@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Perencanaan dermaga militer adalah salah satu program sarana dan prasarana, khususnya bidang pertahanan dan keamanan. Sampai dengan tahun 2021, Situbondo belum memiliki Dermaga yang dapat disandari KRI. Dihadapkan kondisi di atas maka diperlukan pembangunan fasilitas labuh dermaga yang memenuhi standar TNI AL. Dalam perencanaan dermaga sangat dipengaruhi oleh data teknik kepantauan antara lain, pasang surut, gelombang, angin, arus dan data batimetri. Dengan adanya permasalahan tersebut maka penulis akan melakukan analisis dalam bentuk Tugas Akhir yang berjudul “Studi Tentang Dermaga Type Warf Untuk Pelabuhan Militer Di Situbondo”. Kapal yang akan berlabuh adalah kapal KRI Klas Arun tipe tanker BCM 12.000 DWT sehingga membutuhkan panjang dermaga 353,4 m dan lebarnya 186,9 m. Hasil analisis pasang surut dan gelombang, diperoleh elevasi HWL adalah 2,92 m. Digunakan Jenis dermaga type warf. Untuk perhitungan strukturnya, dermaga ini menggunakan beton bertulang untuk struktur utamanya. Untuk pondasi, menggunakan tiang pancang tipe “ASTM A252 Spiral Welded Pipe” dengan dimensi 600 mm dan kedalaman pemancangan 13 m dan 15 m. Jenis fender yang digunakan adalah fender karet “V Seibu” dan bollard yang digunakan adalah bollard berkapasitas 100 ton.

Keywords: Analisis data, struktur, pondas, fender dan bollard.

Abstract

Military dock planning is one of the facilities and infrastructure programs, especially in the field of defense and security. Until 2021, Situbondo does not yet have a dock that KRIs can lean on. Faced with the above conditions, it is necessary to build a dock anchorage facility that meets the TNI AL standards. In planning the pier is strongly influenced by coastal engineering data, among others, tides, waves, wind, currents and bathymetry data. With these problems, the author will conduct an analysis in the form of a Final Project entitled "Study on Type Warf Piers for Military Ports in Situbondo". The ship that will be docked is the KRI Klas Arun tanker type BCM 12,000 DWT so it requires a pier length of 353.4 m and a width of 186.9 m. The results of the analysis of tides and waves, obtained the HWL elevation is 2.92 m. Used Warf type dock type. For structural calculations, this pier uses reinforced concrete for the main structure. For the foundation, using the type of pile "ASTM A252 Spiral Welded Pipe" with dimensions of 600 mm and a pile depth of 13 m and 15 m. The type of fender used is a "V Seibu" rubber fender and the bollard used is a bollard with a capacity of 100 tons.

Keywords: Data analysis, structure, foundation, fenders and bollards.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim memiliki wilayah laut seluas lebih dari 3,5 juta km², yang merupakan dua kali luas daratan (Triatmodjo :

1999). Perairan yang sangat luas dan juga mempunyai garis pantai yang panjang, salah satunya adalah kota Situbondo. Secara Geografis kabupaten Situbondo terletak diantara $7^{\circ} 35'$ - $7^{\circ} 44'$ LS dan $113^{\circ} 30'$ - $114^{\circ} 42'$ BT. Adapun batas-batas daerahnya meliputi sebagai berikut: sebelah utara adalah Selat Madura, sebelah Timur adalah Kabupaten Banyuwangi, sebelah selatan adalah Kabupaten Bondowoso, sebelah barat Kabupaten Probolinggo, mempunyai luas wilayah 1.693 km² dengan jumlah penduduk berdasarkan hasil sensus penduduk terakhir sekitar 889.893 jiwa, dengan kepadatan penduduk rata-rata 407,5 jiwa/km².

Perencanaan pelabuhan khusus militer adalah salah satu program 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. Oleh karena itu perlu dibangunnya penunjang pelabuhan militer pada setiap wilayah perbatasan nasional. Fungsi perencanaan pelabuhan militer ini salah satunya dimaksudkan sebagai sarana pendukung sekaligus penunjang kemajuan dibidang pertahanan dan keamanan wilayah NKRI.

Ditinjau dari aspek strategis pertahanan posisi geografis pelabuhan di pesisir pantai Banongan, Kabupaten Situbondo berada di garis berbatasan langsung dengan Selat Madura menyebabkan sebagai salah satu pangkalan terdepan di lingkungan TNI. Dalam rangka pelaksanaan tugas pokok militer untuk mendukung unsur-unsur operasional TNI berupa KRI / KAL diperlukan Fasilitas Labuh berupa Dermaga, dan sarana prasarana pendukung pangkalan lainnya. Sampai dengan tahun 2021, Situbondo belum memiliki Dermaga yang dapat disandari KRI. Dihadapkan kondisi di atas maka diperlukan pembangunan fasilitas labuh berupa dermaga yang memenuhi standar TNI AL.

Dalam perencanaan dermaga tersebut sangat di pengaruhi oleh data - data teknik kepantiaan antara lain, pasang surut, gelombang, angin, arus dan data – data batimetri, sehingga di perlukan pencarian – pencarian atau survey data tersebut untuk perencanaan dermaga. Dengan adanya

permasalahan tersebut maka penulis akan melakukan analisis yang tertuang dalam bentuk Tugas Akhir yang berjudul “Studi Tentang Dermaga Type Warf Untuk Pelabuhan Militer Di Situbondo”.

Perumusan Masalah Penelitian

1. Bagaimana menganalisa prediksi jumlah kapal militer yang akan berlabuh di pesisir pantai Banongan - Kabupaten Situbondo ?
2. Bagaimana menganalisa data teknik kepantiaan yang ada di pesisir pantai Banongan - Kabupaten Situbondo ?
3. Bagaimana merencanakan kontruksi dermaga type warf untuk pelabuhan militer di wilayah pantai Banongan - Kabupaten Situbondo ?

Batasan Masalah

Pembahasan permasalahan mengambil beberapa batasan sebagai berikut, antara lain :

1. Tidak menganalisa RAB (Rencana Anggaran Biaya).
2. Fasilitas dermaga seperti Marine Loading Arm, jib crane dan monitor tower tidak dibahas secara mendalam.
3. Data yang digunakan menggunakan data sekunder
4. Tidak merencanakan breakwater dan kolam putar dermaga.

Tujuan

Adapun tujuan dari studi ini adalah :

1. Menganalisa prediksi jumlah kapal militer yang akan berlabuh di pesisir pantai Banongan, Kabupaten Situbondo
2. Menganalisa data teknik kepantiaan yang ada di pesisir pantai Banongan, Kabupaten Situbondo
3. Merencanakan kontruksi dermaga yang cocok untuk pelabuhan militer di wilayah pantai Banongan, Kabupaten Situbondo

II. TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Dermaga

Dermaga merupakan salah fasilitas pelabuhan yang fungsinya untuk tempat berlabuh dan tambat kapal yang sedang bersandar di pelabuhan dan untuk tempat kegiatan bongkar muat barang.

Dimensi Dermaga

1. Panjang dermaga

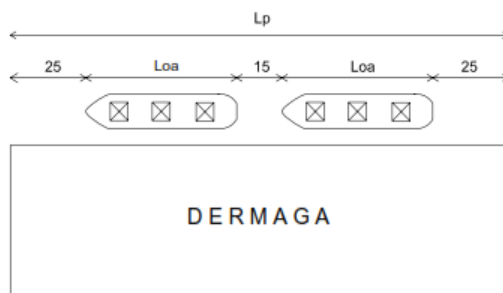
Untuk menentukan panjang dermaga yang akan dibangun digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_p &= n L_{oa} + (n-1) 15 + (2 \times 25) \\ d &= L_p - 2e \\ b &= \frac{3A}{(d-2e)} \end{aligned}$$

dimana :

- L_p = panjang dermaga (m)
- A = luas gudang (m²)
- n = jumlah kapal yang bertambat
- L_{oa} = panjang kapal (m)
- b = lebar gudang (m)
- a = lebar apron (m)
- e = lebar jalan (m)
- d = panjang gudang (m)

Pada perencanaan dermaga ini, di desain panjang dermaga dan kapal yang menggunakan fasilitas dermaga ini memiliki ukuran antara 700 DWT - 1.000 DWT. Perencanaan panjang area tambatan pada tugas akhir ini berdasarkan ukuran kapal terbesar yaitu 1.000 DWT.



Gambar 1. Panjang Dermaga sesuai kapal yang berlabuh

Sumber : Triatmodjo, 1999

2. Lebar dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi, dan kebutuhan bongkar muat barang yang berada diatas dermaga.

3. Elevasi Dermaga

Elevasi dermaga menurut buku Bambang Triatmodjo, Pelabuhan didapat dari elevasi hasil perhitungan pasang surut (HHWL) ditambah tinggi gelombang yang terjadi akibat angin / fetch di dalam kolam pelabuhan maksimum dalam pelabuhan 0,5m dan tinggi jagaan (1 m).

Gaya yang berkerja pada dermaga

1. Gaya benturan kapal

Besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah sesuai dengan rumus berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

dimana :

- E = energi kinetik yang timbul akibat benturan kapal (ton meter)
- V = kecepatan kapal saat merapat (m/det)
- W = displacement tonnage (ton)
 $= 1,3 \times DWT \times k \times \frac{L \times B \times D}{35}$
- L = panjang kapal (ft)
- B = lebar kapal (ft)
- D = draft (ft)
- a = sudut penambatan kapal terhadap garis luar dermaga (10°)
- g = gaya gravitasi bumi = 9,81 m/det²
- C = koefisien massa

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

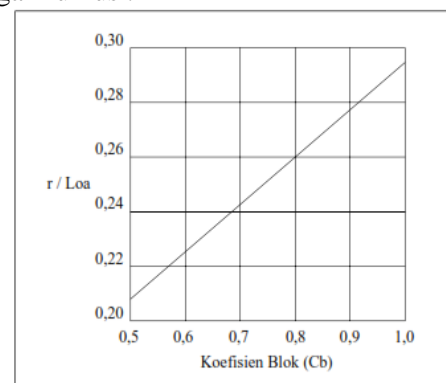
$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2 \times C_b \times B}$$

$$C_m = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_0}$$

dimana :

- C_b = koefisien blok kapal
- d = draft kapal (m)
- B = lebar kapal (m)
- L_{pp} = panjang garis air (m)
- γ_0 = berat jenis air laut (t/m³)

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan rumus :



Gambar 2. Grafik koefisien blok dan Jarak sandar kapal ke pusat berat

Sumber : Triatmodjo, 1999

$$C_e = \frac{1}{1 + (1/e)^2}$$

dimana :

l = jarak sepanjang permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (m)

Dermaga : $l = 1/4$ Loa (m)

Dolphin : $l = 1/6$ Loa (m)

r = jari – jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air (m)

2. Gaya akibat angin

Gaya akibat angin maksimum terjadi saat berhembus angin dari arah lebar:

$$F_w = C_w \times \gamma_w \times A_w \times \frac{V_w^2}{2g}$$

dimana :

F_w = Gaya akibat angin arah tegak lurus kapal (Kgf)

γ_w = Berat jenis udara

G = Percepatan gravitasi

A_w = Proyeksi bidang yang tertiuip angin (m^2) Diambil sebesar $804 m^2$ untuk arah lebar kapal

V_w = Kecepatan angin di pelabuhan (m/dt)
 Kecepatan angin rencana diambil $17 \text{ Knot} = 8.7448 \text{ m/dt}$

C_w = Koefisien angin = 1,1

Fasilitas Dermaga

1. Fender

Fender berfungsi sebagai bantalan yang ditempatkan di depan dermaga. Fender akan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Gaya yang diteruskan ke dermaga tergantung pada tipe fender dan defleksi fender yang diizinkan. (Bambang Triatmodjo : 2009).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara *fender* adalah:

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

dimana:

L = Jarak maksimum antar *fender* (m)

r = Jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = Tinggi *fender*

2. Boulder

Fungsi dari *boulder* adalah untuk penambat kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktivitas bongkar muat maupun lalu-lintas kapal yang lainnya.

III. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi tempat penelitian ini adalah di pesisir pantai keperan Kecamatan Mnggaran, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur terletak $7^\circ 35' - 7^\circ 44'$ LS dan $113^\circ 30' - 114^\circ 42'$ BT

Jenis Data Dan Sumber Data

Adapun data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder / tidak langsung.

1. Data Primer

Berupa data yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan terhadap perencanaan pembangunan dermaga dan fasilitasnya.

2. Data Sekunder

Data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis, maupun informasi lain yang erat kaitannya dengan objek penelitian yaitu :

- Data Kapal
- Data Tanah
- Data Batimetri
- Data Pasang Surut
- Data Gelombang
- Data Angin
- Data Arus

Metode Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan akan diolah, adapun tahapan dalam analisa data meliputi :

- Penyajian data kapal rancangan
- Penyajian data topografi dan bathymetri
- Penyajian data pasang surut
- Penyajian data gelombang
- Penyajian data angin
- Penyajian data arus
- Penyajian data tanah

Gambar 3. Diagram Alur Perencanaan
 Sumber : Perencanaan

DIAGRAM ALUR PERENCANAAN



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Umum

Perencanaan dermaga ini berada di wilayah pantai utara, tepatnya di pantai Banongan, Kec. Asembagus, Kab. Situbondo, Jawa Timur terletak 7°41'24.63" LS dan 114°15'16.70" BT. Secara umum kab. Situbondo merupakan dataran rendah, dengan ketinggian 0 – 1.250 m di atas permukaan laut, dengan kemiringan antara 0° – 45°.

Kriteria dan Prediksi Kapal Rencana

Dalam tugas akhir ini kapal yang direncanakan untuk bertambat di dermaga militer adalah kapal KRI Klas Arun tipe tanker BCM 12.000 DWT. Digunakan kapal jenis ini dikarenakan kapal ini berfungsi sebagai kapal pengisi bahan bakar kapal militer Angkatan Laut Indonesia saat beroperasi di laut, dengan spesifikasi kapal sebagai berikut:

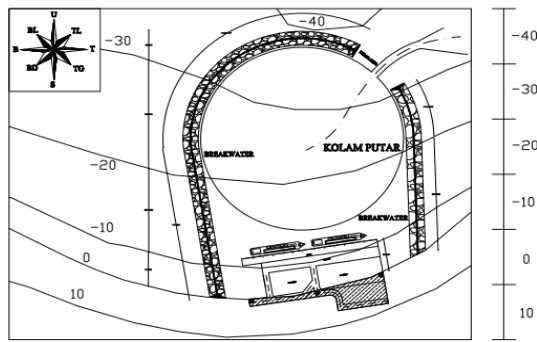
1. Bobot = 12.000 DWT
2. Loa (Length Overall) = 140,5 m
3. B (Beam) = 19,2 m
4. d (Draft) = 7,30 m
5. Kecepatan = 17 knot

Peluang pasar untuk kategori pelayanan jasa seperti ini berasal dari TNI-AL, swasta, pemerintah serta kapal-kapal yang singgah dan berlabuh di Surabaya, dengan jumlah mencapai 6.800 kapal pertahun. Jadi prediksi untuk kapal yang akan berlabuh perharinya adalah

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{jumlah kapal yang berlabuh}}{\text{jumlah hari pertahun}} / 2 \\
 &= \frac{6800 \text{ kapal}}{360 \text{ hari}} / 2 = 18,8889 / 2 \\
 &= 9,444 \Rightarrow 9 \text{ kapal/hari}
 \end{aligned}$$

Data Bathymetri

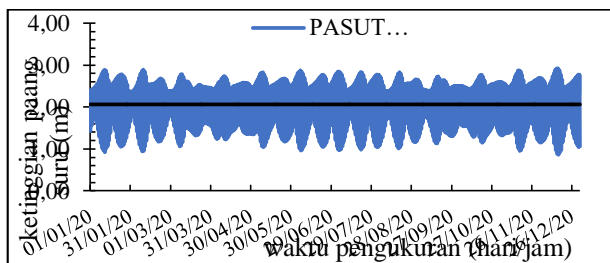
Peta batimetri tersebut memiliki kedalaman paling dangkal sebesar 10 m, kedalaman paling dalam sebesar 40 m dengan interval kedalaman pada peta sebesar 10 m.



Gambar 4. Peta Batimetri dan Layout Dermaga
 Sumber : Perencanaan

Data Pasang Surut

Dari hasil perhitungan pasang surut di atas didapat elevasi pasang surut maksimum sebesar 0,86 yang terjadi pada tanggal 14 Desember 2020 jam 15:00:00 (diurnal) dan elevasi pasang surut minimum 1,20 yang terjadi pada tanggal 15 Desember 2020 jam 23:00:00 (diurnal).



Gambar 5. Grafik pasang surut pantai Banongan, Kab. Situbondo
 Sumber : Perhitungan

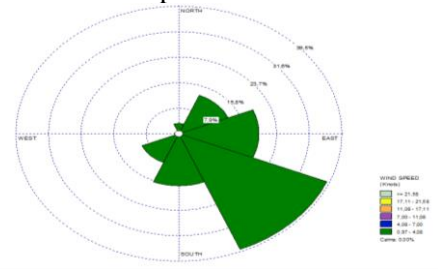
Dari pembacaan grafik diatas didapatkan data sebagai berikut :

- Elevasi HWL (High Water Level) pada +2,92 m
- Elevasi LWL (Low Water Spring) pada +0,86 m
- Elevasi MSL (Mean Sea Level) + 2,06 m
- Elevasi MHWL (Mean High Water Level)+3,52 m
- Elevasi MLWL (Mean Low Water Level) +2,49 m

Data Angin

Data angin digunakan untuk mentukan arah dan tinggi gelombang. Data yang di perlukan adalah data arah dan kecepatan angin,

dimana data tersebut di dapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika Kelas III Banyuwangi dalam kurun waktu bulanan pada bulan Mei 2020 pada tabel 4.2 di atas.

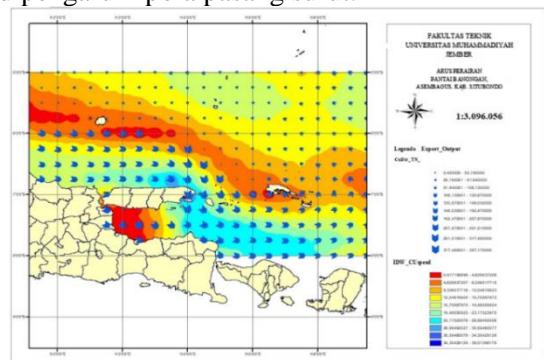


Gambar 6. Mawar Angin
 Sumber : perhitungan

Dari hasil data angin pada bulan mei 2020 pada tabel 4.3 dan gambar 4.4 diatas mendapatkan hasil pengolahan data melalui WRplot untuk menentukan arah angin dominan dari tenggara. Maka arah angin yang digunakan untuk selanjutnya adalah arah angin dari tenggara.

Data Arus

Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut.



Gambar 7. arus di area lokasi
 Sumber : BMKG kelas III Banyuwangi

Dari analisa perhitungan data arus didapat :

- Kecepatan arus maksimum 0,380 m/d
- Kecepatan arus minimum 0,009 m/m

Analisis Gelombang

1. Panjang Fetch

Dengan menganalisa posisi geografis pantai maka panjang fetch efektif dari arah

angin yang berpengaruh dapat dilihat pada tabel perhitungan fetch efektif :

Tabel 1. Perhitungan fecth

Arah	a ^o	Cos a	Xi (Km)	Xi*cos a	Feff (Km)
	42	0,7431	372	276,433	
	36	0,809	301	243,509	
	30	0,866	279	241,614	
	24	0,9135	266	242,991	
	18	0,951	186	176,886	
	12	0,9781	98	95,8538	
	6	0,9945	77	76,5765	
SE	0	1	0	0	100,21
	6	0,9945	0	0	
	12	0,9781	0	0	
	18	0,951	0	0	
	24	0,9135	0	0	
	30	0,866	0	0	
	36	0,809	0	0	
	42	0,7431	0	0	
	336	13,510	1579	1353,86	

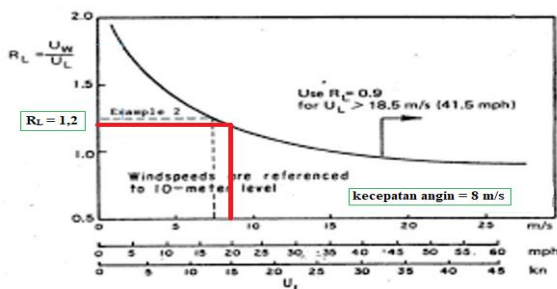
Sumber : Perhitungan

$$Feff \text{ (rerata efektif)} = \frac{\sum Xi \cos a}{\sum \cos a}$$

Sehingga untuk - Arah Selatan $F_{eff} = 100,21$ km

2. Tinggi dan Periode Gelombang Pada Laut Dalam

- Mencari kecepatan dan arah angin maksimal dari arah angin yang dapat menimbulkan gelombang paling besar. Bulan Januari 2020 dengan kecepatan angin 8 m/s.
- Dihitung kecepatan angin di laut dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat

Sumber : Perhitungan

Dari grafik diatas di dapat nilai faktor korelasi akibat perbedaan ketinggian (R_L) = 1,2 Kecepatan di atas permukaan laut diperoleh :

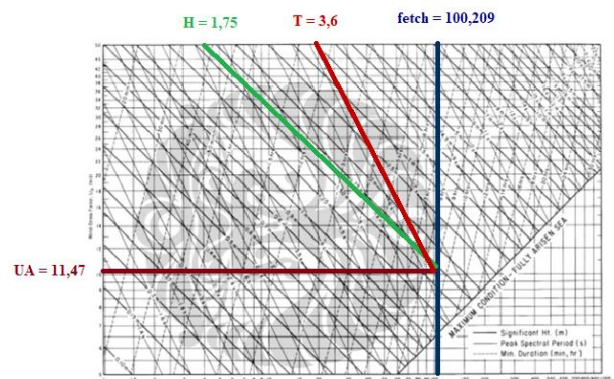
$$U_w = U_L \times R_L \\ = 8 \times 1,2 \\ = 9,6 \text{ m/dt}$$

a. Menghitung nilai faktor tegangan angin (U_A)

$$U_A = 0.71 \times U_w^{1.23} \\ = 0.71 \times 9,6^{1.23} \\ = 11,47 \text{ m/dt}$$

Dari nilai (U_A) dan Fetch tinggi dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang.

$$U_A = 8,38 \text{ m/dt}$$



Gambar 9. Grafik Periode Gelombang

Sumber : Perhitungan

Kriteria Perencanaan Dermaga Dimensi dermaga

1. Panjang Dermaga

Untuk menghitung panjang dermaga, digunakan kapal yang akan dilayani yaitu kapal militer dengan gross tonage 12000 ton sebanyak 2 buah kapal, jadi untuk kebutuhan panjang dermaga minimum pada perencanaan dermaga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Lp = (n \text{ Lo}) + ((n-1) 15) + (2 \times 25) \\ = (2 \times 140,5) + ((2 - 1) \times 15) + (2 \times 25) \\ = 346 \text{ m}$$

2. Lebar Dermaga

Untuk menentukan lebar dermaga diperlukan data areal fasilitas yang akan digunakan untuk terminal, gudang, apron, jalan dan sebagainya. direncanakan :

lebar apron = 20 m
 digunakan lebar jalan (e) = 15 m

- panjang gudang (d)
 $d = L_p - 2e$
 $= 346 - (2 \times 15) = 316 \text{ m}$
- lebar gudang (b)
 $b = \frac{3A}{d-e}$
- luas area transit (A)
 $A = L_oa \times B$
 $= 140,5 \times 19,20 = 2697,6 \text{ m}^2$
 $b = \frac{3 \times 2697,6}{316-15} = 26,89$
- lebar area parkir = 65 m
- lebar jalan = 15 m

sehingga lebar total minimal pada dermaga :

$$L_{\min} = L_{\text{apron}} + L_{\text{gudang}} + L_{\text{jalan}} + L_{\text{parkir}} + 50$$

$$= 20 + 26,89 + 15 + 65 + 50 = 176,89 \text{ m}$$

3. Pengerukan Dermaga

Pengerukan dermaga digunakan untuk meningkatkan infrastruktur pelabuhan, dan pelebaran dermaga yang direncanakan dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

Tabel 2. Pengerukan

No	L (m ²)	T (m)	V (m ³)
1.	2976,23	x	8,952772 = 26645,51 m ³
2.	7213,74	x	8,019865 = 57853,22 m ³
3.	2448,57	x	1,960144 = 4799,55 m ³
4.	2221,6	x	2,261064 = 5023,18 m ³
Total pengerukan			94321,46 m ³

Sumber : Perhitungan

Struktur Dermaga

1. Perencanaan Plat

Kuat tekan beton $f_c' = 35 \text{ Mpa}$
 Tegangan leleh baja $f_y = 400 \text{ Mpa}$

a) Data plat

panjang bentang plat arah x (L_x) = 5 m
 panjang bentang plat arah y (L_y) = 4m
 tebal plat h = 350
 Koefisien momen plat , $L_x/L_y = 1,25$
 Lapangan x $C_{lx} = 34$
 Lapangan y $C_{ly} = 22$
 Tumpuan x $C_{tx} = 63$
 Tumpuan y $C_{ty} = 54$
 ϕ tulangan D = 25

b) Beban mati

Tabel 3. beban mati

No	Jenis Beban Mati	Berat	Tebal	Q
1	Berat sendiri plat (kN/m ³)	24,0	0,35	8,40
2	Berat finishing (kN/m ³)	22,0	0,35	7,70
Total beban mati,			$Q_D =$	16,10

Sumber : Perhitungan

c) Beban hidup

Tabel 4. kriteria beban hidup merata

No	Beban	PELABUHAN PENGUMPULAN LOKAL							
		PELABUHAN PENGUMPULAN REGIONAL				PELABUHAN PENGUMPULAN			
		PELABUHAN UTAMA / INTERNASIONAL							
		Peti Kemas		Samudera		Perairan Regional		Perintis Lokal/Peka	
		Dermaga	Terminal	Dermaga	Terminal	Dermaga	Terminal	Dermaga	Terminal
1	Beban Merata (T/m ²)	3	4	3	3	2	3	1-2	1-2
2	Gantry Crane	40'	-	-	-	-	-	-	-
3	Crane	-	-	-	-	-	-	-	-
	- Mobile crane	-	-	-	-	-	-	-	-
	- Straddle carrier	40'	40'	-	-	-	-	-	-
	- Travel lift for stacking	-	*	-	-	-	-	-	-
4	- Loader	-	40 t Kap	-	-	-	-	-	-
	- Top loader	-	40 t Kap	-	-	-	-	-	-
	- Side loader	40 t Kap	40 t Kap	-	-	-	-	-	-
	- Fork lift	-	15 t Kap	10 t Kap	10 t Kap	3 t Kap	3 Kap	3 t Kap	3 t Kap
5	- Truck	-	15 t Kap	10 t Kap	10 t Kap	3 t Kap	3 Kap	3 t Kap	3 t Kap
	- Head track chassis	Chassis 40' (2 x 20')	Chassis 40' (2 x 20')	12 t Kap (2 x 20')	12 t Kap (2 x 20')	6 t Kap 20'	6 t Kap 20'	1,5 t Kap	1,5 Kap (1,5 t)

sumber : *standart design criteria for ports in indonesia, 1984*

d) Beban rencana terfaktor

$$Q_U = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$$

$$= (1,2 \times 16,1) + (1,6 \times 20)$$

$$= 51,32 \text{ kN/m}^2$$

e) Momen plat akibat beban terfaktor

Momen lapangan arah x,

$$M_{lx} = C_{lx} * 0,001 * Q_U * L_x^2$$

$$= 34 \times 0,001 \times 51,32 \times 5^2$$

$$= 43,62 \text{ kNm/m}$$

Momen lapangan arah y,

$$M_{ly} = C_{ly} * 0,001 * Q_U * L_y^2$$

$$= 22 \times 0,001 \times 51,32 \times 4^2$$

$$= 18,07 \text{ kNm/m}$$

Momen tumpuan arah x,

$$M_{tx} = C_{tx} * 0,001 * Q_U * L_x^2$$

$$= 63 \times 0,001 \times 51,32 \times 5^2$$

$$= 80,83 \text{ kNm/m}$$

Momen tumpuan arah y,

$$M_{ty} = C_{ty} * 0,001 * Q_U * L_y^2$$

$$= 54 \times 0,001 \times 51,32 \times 4^2$$

$$= 69,28 \text{ kNm/m}$$

Momen rencana maksimum plat (M_u)

$$= 80,83 \text{ kNm/m}$$

f) Penulangan plat

Faktor bentuk distribusi tegangan beton $\beta_1 = 0,85$

Rasio tulangan pada kondisi balance

$$P_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y)$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 35 / 400 \times 600 / (600 + 400) = 0,037$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$\begin{aligned} R_{max} &= 0,75 \cdot P_b \cdot f_y \cdot (1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{0,75 \cdot P_b \cdot f_y}{(0,85 \cdot f_c')}) \\ &= 0,75 \times 0,037 \times 400 \times (1 - \frac{1}{2} \times \frac{0,75 \times 0,037 \times 400}{(0,85 \times 35)}) = 9,20 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton

$$\begin{aligned} d_s &= t_s + \varnothing / 2 \\ &= 20 + 25 / 2 = 32,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal efektif plat

$$\begin{aligned} d &= h - d_s \\ &= 350 - 32,5 = 317,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditinjau plat lantai selebar 1m = 1000 mm

Momen nominal rencana

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 80,829 \times 0,80 \\ &= 101,036 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$\begin{aligned} R_n &= M_n \cdot 10^{-6} / (b \cdot d^2) \\ &= 101,036 \times 10^{-6} / (1000 \times 317,5^2) \\ &= 1,002 \end{aligned}$$

$$R_n < R_{max} = 1,002 < 6,67 \rightarrow \text{OK}$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} P &= 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot (1 - \sqrt{1 - 2 R_n / (0,85 \cdot f_c')}) \\ &= 0,85 \times 35 / 400 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 1,002 / (0,85 \times 35)}) = 0,0025 \end{aligned}$$

Rasio tulangan minimum, $P_{min} = 0,0025$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot b \cdot d \\ &= 0,0025 \times 1000 \times 317,5 \\ &= 809 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S &= \pi / 4 \cdot \varnothing^2 \cdot b / A_s \\ &= 0,785 \times 25^2 \times 1000 / 809 \\ &= 606 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak tulangan maksimum

$$\begin{aligned} S_{max} &= 2 \cdot h \\ &= 2 \times 350 = 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\varnothing 25$ dengan jarak tulangan 600 mm

Luas tulangan terpakai

$$\begin{aligned} A_s &= \pi / 4 \cdot \varnothing^2 \cdot b / s \\ &= 0,785 \times 25^2 \times 1000 / 600 = 818 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Balok

a. Bahan struktur

Kuat tekan beton, $(f_c') = 25 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh baja tulangan lentur, $(f_y) = 400 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh baja tulangan geser, $(f_y) = 240 \text{ MPa}$

b. Dimensi balok

Lebar balok = 650 mm

Tinggi balok = 1300 mm

Diameter tulangan = 36 mm

Diameter sengkang = 25 mm

Tebal selimut beton = 30 mm

c. Momen dan gaya geser

Momen akibat beban terfaktor $x = 573,896 \text{ kNm}$

Momen akibat beban terfaktor $y = 472,991 \text{ kNm}$

Gaya geser akibat beban terfaktor = 141,267 kNm

d. Perhitungan tulangan

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $(\beta_1) = 0,85$

Rasio tulangan pada kondisi balance

$$\begin{aligned} P_b &= \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot 600 / (600 + f_y) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 25 / 400 \times 600 / (600 + 400) \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen maksimum

$$\begin{aligned} R_{max} &= 0,75 \cdot P_b \cdot f_y \cdot (1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{P_b \cdot f_y}{(0,85 \cdot f_c')}) \\ &= 0,75 \times 0,0271 \times 400 \times (1 - \frac{1}{2} \times \frac{0,75 \times 0,0271 \times 400}{(0,85 \times 25)}) = 6,5736 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$\begin{aligned} d_s &= t_s + \varnothing + D/2 \\ &= 30 + 25 + 36 / 2 = 73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan dalam satu baris

$$\begin{aligned} n_s &= (b - 2 \cdot d_s) / (25 + D) \\ &= (650 - 2 \cdot 73) / (25 + 36) = 8,26 \rightarrow 8 \end{aligned}$$

Jarak horisontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$\begin{aligned} X &= (b - n_s \cdot D - 2 \cdot d_s) / (n_s - 1) \\ &= (650 - 8 \times 36 - 2 \times 73) / (8 - 1) \\ &= 26,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan

$$\begin{aligned} Y &= D + 25 \\ &= 36 + 25 = 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Tulangan momen positif

Momen positif nominal rencana

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 573,896 / 0,80 = 717,37 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton, (d') = 73 mm

Tinggi efektif balok

$$d = h - d' = 1300 - 73 = 1227 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) = 717,37 \times 10^6 / (650 \times 1227^2) = 0,7331$$

Syarat $R_n < R_{max} = 1,698 < 6,573 \rightarrow$ (ok)

Rasio tulangan yang diperlukan

$$P = 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0,85 \cdot f_c')}] = 0,85 \times 25 / 400 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,7331 / (0,85 \times 25)}] = 0,00187$$

$$P_{min} = \sqrt{f_c'} / (4 \cdot f_y) = \sqrt{25} / (4 \times 400) = 0,00313$$

$$P_{min} = 1/4 / f_y = 1/4 / 400 = 0,00350$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = P \cdot b \cdot d = 0,00350 \times 650 \times 1227 = 2791 \text{ mm}^2$$

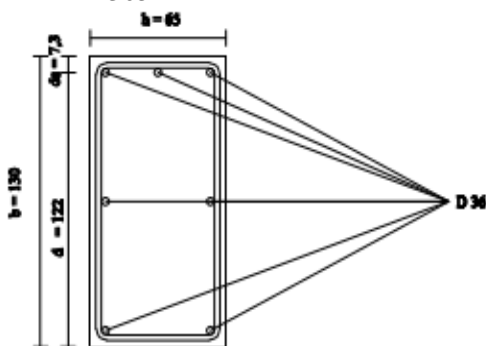
Jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = A_s / (\pi / 4 \cdot D^2) = 2791 / (3,14 \times 36^2) = 2,742 \rightarrow 3$$

Digunakan tulangan, 4 D 36

Luas tulangan terpakai

$$A_s = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 = 3 \times 3,14 / 4 \times 36^2 = 3054 \text{ mm}^2$$



Gambar 9. Tulangan positif balok

Sumber : Auto Cad

3. Perencanaan Pondasi

A. Perhitungan daya dukung tanah

Tabel 5. Daya dukung tanah

Depth (m)	N	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand
5,0	2,0	L	2,0	2,0	2,0
7,0	1,0	L	1,0	1,0	1,0
9,0	3,0	L	3,0	3,0	3,0
11,0	8,0	L	8,0	8,0	8,0
13,0	11,0	L	11,0	11,0	11,0
15,0	11,0	P	11,0	11,0	11,0
17,0	49,0	P	32,0	29,4	29,4
19,0	49,0	P	32,0	29,4	29,4
21,0	53,0	P	34,0	31,8	31,8

γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (t/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung
1,7	0,7	1,5	5,0	4	4,0	0,5
1,7	0,7	2,9	1,8	2	1,8	1,0
1,8	0,8	4,6	4,2	6	4,2	1,5
1,8	0,8	6,3	9,1	16	9,1	3,0
1,8	0,8	8,0	10,9	22	10,9	8,0
1,8	0,8	9,6	10,4	22	10,4	18,0
5,6	4,6	18,8	22,9	58,8	22,9	21,0
5,6	4,6	28,1	19,4	58,8	19,4	22,0
5,6	4,6	37,3	18,2	63,6	18,2	23,0

Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	ΣR_{si} (ton)	Qult = Qujung + ΣR_{si}	Qijin = Qult/SF ; SF=3 ; (ton)
1,4	2,0	3,8	3,8	5,2	
2,8	0,9	1,7	5,5	8,3	
4,2	2,1	4,0	9,5	13,7	44,9
8,5	4,6	8,6	18,1	26,6	86,8
22,6	5,4	10,3	28,3	50,9	166,5
50,9	2,1	3,9	32,3	83,2	271,8
59,4	4,6	8,6	40,9	100,3	327,8
62,2	3,9	7,3	48,2	110,4	360,9
65,0	3,6	6,9	55,1	120,1	392,6
Apron				Gudang	

Sumber : Perhitungan

Tabel. 6 Data beban pondasi

Sumber : perhitungan

- Gaya aksial balok akibat beban terfaktor, $V_u(1) = 163,37 \text{ kN}$
- Syarat $\rightarrow V_u < Q_{ijin}$
- $\rightarrow 163,37 < 166,6$

➤ Gaya aksial balok akibat beban terfaktor,
 $V_u(2) = 174,20 \text{ kN}$

DATA BEBAN FONDASI		Gudang	Apron	satuan
Gaya aksial balok akibat beban terfaktor,	$V_u =$	174,20	163,37	kN
Momen arah x akibat beban terfaktor.	$M_{ux} =$	707,69	663,68	kNm
Momen arah y akibat beban terfaktor	$M_{uy} =$	583,26	546,99	kNm
Gaya lateral arah x akibat beban terfaktor ($f * M_{uy}$)	$H_{ux} =$	424,61	398,21	kN
Gaya lateral arah y akibat beban terfaktor ($f * H_{ux}$)	$H_{uy} =$	349,96	328,19	kN
Tahanan aksial tiang pancang,	$P_n =$	590,36		kN
Tahanan lateral tiang pancang,	$H_n =$	590,36		kN

Syarat $\rightarrow V_u < Q_{ijin}$
 $\rightarrow 174,20 < 27$

B. Perhitungan kekuatan pondasi

Tabel 7. Data bahan pondasi

DATA BAHAN PILECAP			
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	35	MPa
Kuat leleh baja tulangan <i>deform</i> ($\varnothing > 12 \text{ mm}$),	$f_y =$	390	MPa
Kuat leleh baja tulangan polos ($\varnothing \leq 12 \text{ mm}$),	$f_y =$	240	MPa
Berat beton bertulang,	$w_c =$	24	kN/m ³
Berat volume tanah di atas pilecap,	$w_s =$	9,60	kN/m ³
Posisi balok (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)	$\alpha_s =$	40	
DATA DIMENSI FONDASI			
Lebar balok arah x,	$b_x =$	0,65	m
Lebar balok arah y,	$b_y =$	1,30	m
Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton,	$a =$	0,40	m
Tebal pilecap,	$h =$	0,50	m
Tebal tanah di atas pilecap,	$z =$	0,90	m

Sumber : Perencanaan

Tabel 8. Standart dimensions

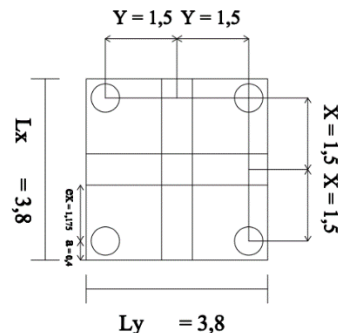
OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm ²)	CALCULATED BENDING MOMENT (T.M)		ALLOWABLE AXIAL LOAD (TON)	NOMINAL WEIGHT (kg/M)
				DIA (mm)	NOS		CRACK	ULT		
300	60	7-13	A	7	6	452	2,5	4,7	75	119
				7	12		3,5	7,0		
				7	16		4,0	9,0		
350	65	7-15	A	7	8	582	3,5	6,9	95	151
				7	14		5,0	9,6		
				7	20		6,0	13,5		
400	75	7-16	A	7	10	766	5,5	9,4	120	199
				7	18		7,5	14,2		
				9	16		9,0	18,9		
450	80	7-16	A	7	12	930	7,5	12,4	150	242
				7	24		11,0	21,3		
				9	20		12,5	26,0		
500	90	7-16	A	7	14	1159	10,5	15,7	185	301
				7	30		15,0	29,5		
				9	24		17,0	35,1		
600	100	7-16	A	7	18	1571	17,0	23,6	250	408
				9	26		25,0	46,2		
				9	34		29,0	60,2		

Sumber : PT. Hume Sakti Indonesia

Tabel 9. Susunan tiang pancang

DATA SUSUNAN TIANG PANCANG (m)							
Susunan tiang pancang arah x :				Susunan tiang pancang arah y :			
No.	Jumlah	X (m)	$n * x^2$ (m ²)	No.	Jumlah	y (m)	$n * y^2$ (m ²)
	N				N		
1	2	1,50	4,50	1	2	1,50	4,5
2	0	0,00	0,00	2	0	0,00	0,0
3	2	-1,50	4,50	3	2	-1,50	4,5
n =	4	Σx^2	9,00	n	4	Σy^2	9,0
Lebar pilecap arah x,						$L_x =$	3,8
Lebar pilecap arah y,						$L_y =$	3,8
jarak antar pile cap							15,2

Sumber : Perhitungan Excel



Gambar 10. struktur pondasi
 Sumber : Perhitungan

1. Gaya aksial pada tiang pancang (apron)

Berat di atas pilecap

$$W_s = L_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s$$

$$= 3,80 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,6$$

$$= 124,8 \text{ kN}$$

Berat pilecap

$$W_c = L_x \cdot L_y \cdot y \cdot w_c$$

$$= 3,80 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 = 173,3 \text{ kN}$$

Total gaya aksial terfaktor

$$\begin{aligned} P_u &= V_u + 1,2 \cdot W_s + 1,2 \cdot W_c \\ &= 174,2 + 1,2 \times 124,8 + 1,2 \times 173,3 \\ &= 531,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,

$$\begin{aligned} P_{u_{\max}} &= P_u / n + M_{ux} \cdot x_{\max} / \Sigma x^2 + M_{uy} \cdot y_{\max} / \Sigma y^2 \\ &= 531,9 / 4 + 707,7 \times 1,5 / 9 + \\ &\quad 583,3 \times 1,5 / 9 = 348,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u_{\min}} &= P_u / n + M_{ux} \cdot x_{\min} / \Sigma x^2 + M_{uy} \cdot y_{\min} / \Sigma y^2 \\ &= 531,9 / 4 + 707,7 / 9 \times (-1,5) / 9 + \\ &\quad 583,3 \times (-1,5) / 9 = 82,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$(P_n) = 590,36 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 1 Syarat : } P_{u_{\max}} &< P_n \\ &= 348,1 < 590,36 \rightarrow \text{aman (ok)} \end{aligned}$$

2. Gaya lateral pada tiang pancang (apron)

Gaya lateral arah x pada tiang,

$$\begin{aligned} h_{ux} &= H_{ux} / n \\ &= 424,61 / 2 = 212,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya lateral arah y pada tiang,

$$\begin{aligned} h_{uy} &= H_{uy} / n \\ &= 349,96 / 2 = 174,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya lateral kombinasi dua arah

$$\begin{aligned} h_{u_{\max}} &= \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} \\ &= \sqrt{(212,31^2 + 174,98^2)} \\ &= 275,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tahanan lateral tiang pancang

$$H_n = 590,36 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } h_{u_{\max}} &< H_n \\ &= 275,12 < 590,36 \rightarrow \text{aman (ok)} \end{aligned}$$

3. Gaya aksial pada tiang pancang (gudang)

Berat di atas pilecap

$$\begin{aligned} W_s &= L_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s \\ &= 3,80 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,6 \\ &= 124,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat pilecap

$$\begin{aligned} W_c &= L_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c \\ &= 3,80 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 = 173,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Total gaya aksial terfaktor

$$\begin{aligned} P_u &= V_u + 1,2 \cdot W_s + 1,2 \cdot W_c \\ &= 163,37 + 1,2 \times 124,8 + 1,2 \times 173,3 \\ &= 521,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,

$$\begin{aligned} P_{u_{\max}} &= P_u / n + M_{ux} \cdot x_{\max} / \Sigma x^2 + \\ &\quad M_{uy} \cdot y_{\max} / \Sigma y^2 \\ &= 521,02 / 4 + 663,68 \times 1,5 / 9 \end{aligned}$$

$$+ 546,99 \times 1,5 / 9 = 332,03 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{u_{\min}} &= P_u / n + M_{ux} \cdot x_{\min} / \Sigma x^2 + \\ &\quad M_{uy} \cdot y_{\min} / \Sigma y^2 \\ &= 521,02 / 4 + 663,68 \times (-1,5) / \\ &\quad 9 + 546,99 \times (-1,5) / 9 \\ &= 71,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$(P_n) = 590,36$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 1 Syarat : } P_{u_{\max}} &< \phi \cdot P_n \\ 332,03 &< 590,36 \rightarrow \text{aman (ok)} \end{aligned}$$

4. Gaya lateral pada tiang pancang (gudang)

Gaya lateral arah x pada tiang,

$$\begin{aligned} h_{ux} &= H_{ux} / n \\ &= 386,59 / 2 = 199,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya lateral arah y pada tiang,

$$h_{uy} = H_{uy} / n = 318,62 \times 2 = 164,1 \text{ kN}$$

Gaya lateral kombinasi dua arah

$$\begin{aligned} h_{u_{\max}} &= \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} \\ &= \sqrt{(199,1^2 + 164,1^2)} \\ &= 258,01 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tahanan lateral tiang pancang

$$H_n = 284,39 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } h_{u_{\max}} &< H_n \\ &= 258,01 < 284,39 \rightarrow \text{aman (ok)} \end{aligned}$$

5. Gaya geser arah x (apron)

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, (d') = 0,10 m

Tebal efektif pilecap,

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 0,50 - 0,10 = 0,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak bid. kritis terhadap sisi luar,

$$\begin{aligned} c_x &= (L_x - b_x - d) / 2 \\ &= (3,80 - 0,50 - 0,40) / 2 = 1,375 \text{ m} \end{aligned}$$

Berat beton,

$$\begin{aligned} W_1 &= c_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c \\ &= 1,375 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 \\ &= 62,700 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat tanah,

$$\begin{aligned} W_2 &= c_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s \\ &= 1,375 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,60 \\ &= 45,144 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser arah x,

$$\begin{aligned} V_{ux} &= 3 \cdot p_{u_{\max}} - W_1 - W_2 \\ &= 3 \times 332,03 - 62,70 - 45,14 \\ &= 888,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x,

$$\begin{aligned} b &= L_y \\ &= 3,80 \times 1000 = 3800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal efektif pilecap, d = 400 mm

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek balok, $\beta_c = b_x / b_y$
 $= 0,50 / 1 = 0,50$

Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut. :

$$V_c = [1 + \frac{2}{\beta_c}] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{6} \cdot 10^{-3}}$$

$$= [1 + \frac{2}{0,50}] \times \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot \frac{400}{6} \cdot 10^{-3}}$$

$$= 7493,701 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s \cdot \frac{d}{b} + 2] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{12} \cdot 10^{-3}}$$

$$= [40 \cdot \frac{400}{3800} + 2] \times \sqrt{35 \times 3800 \times \frac{400}{12} \times 10^{-3}}$$

$$= 4653,983 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35 \times 3800 \times 400 \times 10^{-3}}$$

$$= 2997,48 \text{ kN} \rightarrow (\text{diambil kuat geser})$$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,6$

Kuat geser pilecap, $\phi \cdot V_c = 1798,49 \text{ kN}$

Syarat : $\phi \cdot V_c > V_{ux}$

$= 1798,49 > 888,25 \rightarrow \text{aman (ok)}$

6. Gaya geser arah Y (apron)
 Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $(d') = 0,10 \text{ m}$
 Tebal efektif pilecap,
 $d = h - d'$
 $= 0,50 - 0,10 = 0,40 \text{ m}$
 Jarak bid. kritis terhadap sisi luar,
 $c_y = (L_y - b_y - d) / 2$
 $= (3,8 - 1,3 - 0,6) / 2 = 1,05 \text{ m}$
 Berat beton,
 $W_1 = c_y \cdot L_x \cdot h \cdot w_c$
 $= 1,05 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 = 47,88 \text{ kN}$
 Berat tanah,
 $W_2 = c_y \cdot L_x \cdot z \cdot w_s$
 $= 1,2 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,60$
 $= 34,474 \text{ kN}$
 Gaya geser arah y,
 $V_{uy} = 3 \cdot p_{\text{umax}} - W_1 - W_2$
 $= 3 \times 332,03 - 47,88 - 34,474$
 $= 913,74 \text{ kN}$
 Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x,
 $b = L_x$
 $= 3,80 \times 1000 = 3800 \text{ mm}$
 Tebal efektif pilecap, $d = 400 \text{ mm}$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek balok, $\beta_c = b_x / b_y$
 $= 0,50 / 1,0 = 0,50$

Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut. :

$$V_c = [1 + \frac{2}{\beta_c}] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{6} \cdot 10^{-3}}$$

$$= [1 + \frac{2}{0,50}] \times \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot \frac{400}{6} \cdot 10^{-3}}$$

$$= 7493,701 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s \cdot \frac{d}{b} + 2] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{12} \cdot 10^{-3}}$$

$$= [40 \cdot \frac{400}{3800} + 2] \times \sqrt{35 \times 3800 \times \frac{400}{12} \times 10^{-3}}$$

$$= 4653,983 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35 \times 3800 \times 400 \times 10^{-3}}$$

$$= 2997,5 \text{ kN} \rightarrow (\text{diambil kuat geser})$$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,60$

Kuat geser pilecap, $\phi \cdot V_c = 1798,49 \text{ kN}$

Syarat : $\phi \cdot V_c > V_{uy}$

$= 1798,49 > 913,74 \rightarrow \text{aman (ok)}$

7. Gaya geser arah x (gudang)
 Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $(d') = 0,10 \text{ m}$
 Tebal efektif pilecap,
 $d = h - d'$
 $= 0,50 - 0,10 = 0,40 \text{ m}$
 Jarak bid. kritis terhadap sisi luar,
 $c_x = (L_x - b_x - d) / 2$
 $= (3,80 - 0,50 - 0,40) / 2$
 $= 1,375 \text{ m}$
 Berat beton,
 $W_1 = c_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c$
 $= 1,375 \times 3,80 \times 0,50 \times 24$
 $= 62,700 \text{ kN}$
 Berat tanah,
 $W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s$
 $= 1,375 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,60$
 $= 45,144 \text{ kN}$
 Gaya geser arah x,
 $V_{ux} = 3 \cdot p_{\text{umax}} - W_1 - W_2$
 $= 3 \times 348,12 - 62,70 - 45,144$
 $= 936,52 \text{ kN}$
 Lebar geser untuk tinjauan arah x,
 $b = L_y$
 $= 3,80 \times 1000 = 3800 \text{ mm}$

Tebal efektif pilecap, $d = 400$ mm

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek

$$\beta_c = b_x / b_y \\ = 0,50 / 1 = 0,50$$

Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut. :

$$V_c = [1 + \frac{2}{\beta_c}] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{6} \cdot 10^{-3}} \\ [1 + \frac{2}{0,50}] \times \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot \frac{400}{6} \cdot 10^{-3}} \\ = 7493,701 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s \cdot \frac{d}{b} + 2] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{12} \cdot 10^{-3}} \\ [40 \cdot \frac{400}{3800} + 2] \times \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot \frac{400}{12} \cdot 10^{-3}} \\ = 4653,983 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3}} \\ = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot 400 \cdot 10^{-3}} \\ = 2997,48 \text{ kN} \rightarrow (\text{diambil kuat geser})$$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,60$

Kuat geser pilecap, $\phi \cdot V_c = 1798,49$ kN

Syarat : $\phi \cdot V_c > V_{ux}$

$$1798,49 > 936,52 \rightarrow \text{aman (ok)}$$

8. Gaya geser arah Y (gudang)

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, (d') = 0,10 m

Tebal efektif pilecap,

$$d = h - d' \\ = 0,50 - 0,10 = 0,40 \text{ m}$$

Jarak bid. kritis terhadap sisi luar,

$$c_y = (L_y - b_y - d) / 2 \\ = (3,8 - 1,3 - 0,6) / 2 = 1,05 \text{ m}$$

Berat beton,

$$W_1 = c_y \cdot L_x \cdot h \cdot w_c \\ = 1,05 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 = 47,88 \text{ kN}$$

Berat tanah,

$$W_2 = c_y \cdot L_x \cdot z \cdot w_s \\ = 1,2 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,60 \\ = 34,474 \text{ kN}$$

Gaya geser arah y,

$$V_{uy} = 3 \cdot p_{umax} - W_1 - W_2 \\ = 3 \times 348,12 - 47,88 - 34,474 \\ = 962,07 \text{ kN}$$

Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x,

$$b = L_x \\ = 3,80 \times 1000 = 3800 \text{ mm}$$

Tebal efektif pilecap, $d = 400$ mm

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek balok

$$\beta_c = b_x / b_y \\ = 0,50 / 1,0 = 0,50$$

Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut. :

$$V_c = [1 + \frac{2}{\beta_c}] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{6} \cdot 10^{-3}} \\ = [1 + \frac{2}{0,50}] \times \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot \frac{400}{6} \cdot 10^{-3}} \\ = 7493,701 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s \cdot \frac{d}{b} + 2] \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot \frac{d}{12} \cdot 10^{-3}} \\ [40 \cdot \frac{400}{3800} + 2] \times \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot \frac{400}{12} \cdot 10^{-3}} \\ = 4653,983 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3}} \\ = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35 \cdot 3800 \cdot 400 \cdot 10^{-3}} \\ = 2997,480 \text{ kN} \rightarrow (\text{diambil kuat geser})$$

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,60$

Kuat geser pilecap, $\phi \cdot V_c = 1798,49$ kN

Syarat : $\phi \cdot V_c > V_{uy}$

$$= 1798,49 > 962,07 \rightarrow \text{aman (ok)}$$

C. Tulangan pilecap

1. Tulangan lentur arah x

Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap,

$$c_x = (L_x - b_x) / 2 \\ = (3,80 - 0,50) / 2 = 1,58 \text{ m}$$

Jarak tiang terhadap sisi balok

$$e_x = c_x - a \\ = 1,58 - 0,40 = 1,175 \text{ m}$$

Berat beton,

$$W_1 = c_x \cdot L_y \cdot h \cdot w_c \\ = 1,58 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 = 71,82 \text{ kN}$$

Berat tanah,

$$W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s \\ = 1,175 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,60 \\ = 51,71 \text{ kN}$$

Momen yang terjadi pada pilecap,

$$M_{ux} = 3 \cdot P_{umax} \cdot e_x - W_1 \cdot c_x / 2 - W_2 \cdot c_x / 2 \\ = 3 \times 299,21 \times 1,175 - 71,82 \times 1,58 / 2 - 51,71 \times 1,58 / 2 \\ = 957,436 \text{ kNm}$$

Lebar pilecap yang ditinjau,

$$b = L_y \\ = 3,80 \times 1000 = 3800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pilecap, } h &= 0,50 \times 1000 \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = 0,10 \times 1000 = 100 \text{ mm}$$

tebal efektif plat,

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 500 - 100 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tekan beton, } f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kuat leleh baja tulangan, } f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus elastis baja, } E_s = 20000 \text{ Mpa}$$

Faktor distribusi tegangan beton,

$$\beta_1 = 0,80$$

$$\begin{aligned} pb &= \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot 600 / (600 + f_y) \\ &= 0,80 \times 0,85 \times 35 / 390 \times 600 / (600 + 390) = 0,0393 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

$$\begin{aligned} R_{\max} &= 0,75 \cdot pb \cdot f_y \cdot [1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot pb \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c')] \\ &= 0,75 \times 0,0393 \times 390 \times [1 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,0393 \times 390 / (0,85 \times 35)] \\ &= 9,274 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_{ux} / \phi \\ &= 957,436 / 0,80 = 1196,795 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) \\ &= 1196,795 \times 10^6 / (3800 \times 400^2) \\ &= 1,97 \end{aligned}$$

$$R_n < R_{\max} = 1,97 < 9,274 \quad (\text{ok})$$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} P &= 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0,85 \cdot f_c')}] \\ &= 0,85 \times 35 / 390 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 1,97 / (0,85 \cdot 35)}] \\ &= 0,005 (\text{rasio tulangan yang digunakan}) \end{aligned}$$

$$P_{\min} = 0,0025$$

luas tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot b \cdot d \\ &= 0,0052 \times 3800 \times 400 = 7943,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan, $D = 16 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} S &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s \\ &= 3,14 / 4 \times 16^2 \times 3800 / 7943,89 \\ &= 96 \text{ mm (digunakan)} \end{aligned}$$

Jarak tulangan maksimum

$$S_{\max} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan, $D = 16 - 85$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / S$$

$$\begin{aligned} &= 3,14 / 4 \times 16^2 \times 3800 / 7943,89 \\ &= 3820,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Tulangan lentur arah y

Jarak tepi balok terhadap sisi luar pilecap,

$$\begin{aligned} c_y &= (L_y - b_y) / 2 \\ &= (3,80 - 1,30) / 2 = 1,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak tiang terhadap sisi balok

$$\begin{aligned} e_y &= c_y - a \\ &= 1,25 - 0,40 = 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Berat beton,

$$\begin{aligned} W_1 &= c_y \cdot L_x \cdot h \cdot w_c \\ &= 1,25 \times 3,80 \times 0,50 \times 24 = 57,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat tanah,

$$\begin{aligned} W_2 &= c_y \cdot L_x \cdot z \cdot w_s \\ &= 1,25 \times 3,80 \times 0,90 \times 9,60 = 41,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada pilecap,

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 3 \cdot P_{\max} \cdot e_y - W_1 \cdot c_y / 2 - W_2 \cdot c_y / 2 \\ &= 3 \times 299,21 \times 0,85 - 57,0 \times 1,25 / 2 - 41,04 \times 1,25 / 2 \\ &= 701,711 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Lebar pilecap yang ditinjau,

$$\begin{aligned} b &= L_y \\ &= 3,80 \times 1000 = 3800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal pilecap,

$$h = 0,50 \times 1000 = 500 \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 0,10 \times 1000 = 100 \text{ mm}$

tebal efektif plat,

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 500 - 100 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tekan beton, } f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kuat leleh baja tulangan, } f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus elastis baja, } E_s = 20000 \text{ Mpa}$$

Faktor distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$

$$\begin{aligned} pb &= \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot 600 / (600 + f_y) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 35 / 390 \times 600 / (600 + 390) = 0,0393 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

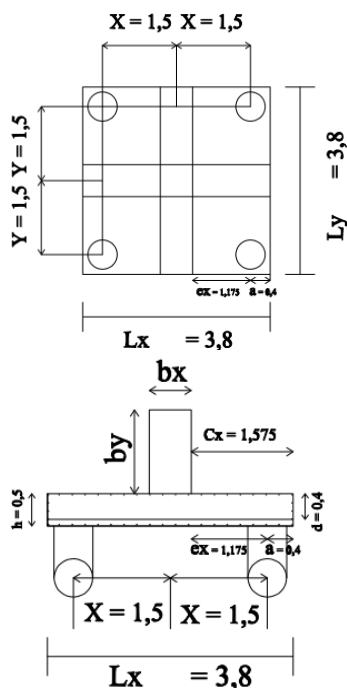
$$\begin{aligned} R_{\max} &= 0,75 \cdot pb \cdot f_y \cdot [1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot pb \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c')] \\ &= 0,75 \times 0,0393 \times 390 \times [1 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,0393 \times 390 / (0,85 \times 35)] = 9,274 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_{uy} / \phi \\ &= 701,711 / 0,80 = 877,139 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) \\ &= 877,139 \times 10^6 / (3800 \times 400^2) \\ &= 1,4427 \end{aligned}$$

$$R_n < R_{\max}$$

$1,4427 < 9,274$ (ok)
 Rasio tulangan yang diperlukan,
 $P = 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot [1 - \sqrt{\{1 - 2 \cdot R_n / (0,85 \cdot f_c')\}}]$
 $= 0,85 \times 35 / 390 \times [1 - \sqrt{\{1 - 2 \cdot 1,4427 / (0,85 \cdot 35)\}}]$
 $= 0,0043$
 (rasio tulangan yang digunakan)
 $P_{min} = 0,0025$
 luas tulangan yang diperlukan,
 $A_s = P \cdot b \cdot d$
 $= 0,0043 \times 3800 \times 400 = 6557,83 \text{ mm}^2$
 Diameter tulangan yang digunakan,
 $D = 16 \text{ mm}$
 Jarak tulangan yang diperlukan,
 $s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s$
 $= 3,14 / 4 \times 16^2 \times 3800 / 6557,83$
 $= 117 \text{ mm}$ (digunakan)
 Jarak tulangan maksimum
 $S_{max} = 200 \text{ mm}$
 Digunakan tulangan, D 16 – 103
 Luas tulangan terpakai,
 $A_s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s$
 $= 3,14 / 4 \times 140^2 \times 3800 / 6557,83$
 $= 6945,78 \text{ mm}^2$



Gambar 4.11 Struktur pondasi
 Sumber : Perhitungan

Perencanaan Sistem Fender dan Alat Penambat

- Perencanaan sistem fender

Tipe kapal	= Kapa Militer
Bobot	= 12.000 ton
Panjang total kapal (Loa)	= 140,5 m
Lebar kapal (B)	= 19,2 m
Draf (d)	= 7,3 m

Dari data di atas dapat ditentukan :

- Panjang garis air (Lpp)

Lpp	= $0,846 \times Loa^{1,0193}$
	= $0,846 \times 140,5^{1,0193}$
	= 130,7666 m
- Additional weight = 2500 ton
 Maka jumlah beban vertikal adalah
- Vertikal weight = gross tonage + additional weight
 = 12000 + 2500
 = 14500 ton

- Menghitung energi benturan

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_s C_c$$

Keterangan :

E = energi benturan (ton meter)

V = komponen tegak lurus sisi dermaga dari kecepatan kapal pada saat membentur dermaga (m/det)

g = percepatan gravitasi

Cm = koefisien eksentrisitas

Cs = koefisien kekerasan (diambil = 1)

Cc = koefisien tambatan (diambil = 1)

- Menghitung nilai V

Kecepatan merapat kapal (v) = 0,15 m/d

$$V = v \cdot \sin 10^\circ$$

$$= 0,15 \times \sin 10^\circ$$

$$= 0,0261 \text{ m/dtk}$$

- Menghitung koefisien massa (Cm)

$$C_b = \frac{W}{Lpp \cdot B \cdot d \cdot \gamma_0}$$

$$= \frac{14500}{130,7666 \times 19,2 \times 7,30 \times 1,025}$$

$$= 0,7718$$

$$C_m = 1 + \frac{\prod d}{2 C_b B}$$

$$C_m = 1 + \frac{\prod x 7,30}{2 \times 0,7718 \times 19,2}$$

$$= 1,7738$$

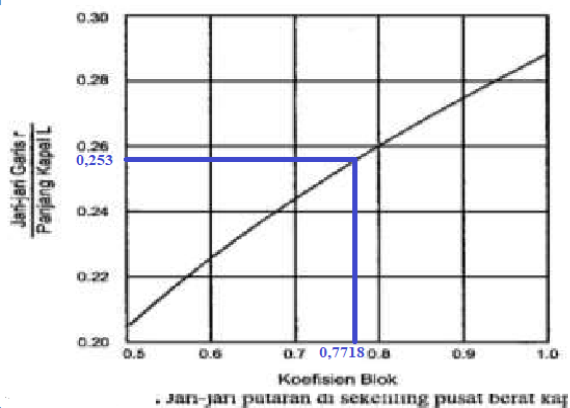
Keterangan :

Cb = koefisien blok kapal

- d = draf kapal (m)
- B = lebar kapal (m)
- L_{pp} = panjang garis air (m)
- γ_o = berat jenis air laut (t/m^2)

- Menghitung koefisien eksentrisitas (C_e)

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2}$$



Gambar 12. jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

Sumber : Triatmodjo, 1999

Maka :

$$\begin{aligned} r/Loa &= 0,253 \\ r &= 0,253 \times Loa \\ &= 0,253 \times 140,5 = 35,55 \\ l &= \frac{1}{4} \times Loa \\ &= \frac{1}{4} \times 140,5 = 35,13 \text{ m} \end{aligned}$$

R = jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal

t = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal pada permukaan air

Maka :

$$\begin{aligned} C_e &= \frac{1}{1 + (35,13 + 35,55)^2} \\ &= \frac{1}{1,98} = 0,506 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= \frac{W \cdot V^2}{2g} C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c \\ &= \frac{14500 \times 0,03^2}{2 \times 9,81} 1,7738 \times 0,506 \times 1 \times 1 \\ &= 0,228 \text{ tm} \end{aligned}$$

Energi benturan yang disebabkan oleh kapal yang diserap fender adalah

$$\begin{aligned} E \text{ fender} &= \frac{1}{2} \cdot E \\ &= \frac{1}{2} \times 0,228 \\ &= 0,114 \text{ tm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan digunakan fender karet seibu tipe V karena kualitasnya lebih baik dan banyak tersedia di pasaran. Sedangkan untuk tipe dan ukuran fender dipilih berdasarkan energi yang ditimbulkan oleh benturan kapal, dicoba menggunakan fender seibu V600 H.

Tabel 13. Kapasitas Fender Karet Seibu Tipe V

Tipe	Energi (ton-meter)	Reaksi (ton)	Defleksi (mm)
Sistem fender tunggal (standar per meter, defleksi 45 %)			
300H	2,25	22,5	135,0
400H	4,00	30,0	180,0
500H	6,25	37,5	225,0
600H	9,00	45,0	270,0
800H	16,00	60,0	360,0
1000H	25,00	75,0	450,0
1300H	42,25	97,5	585,0

Sumber : Triatmodjo, 1999

2. Alat Penambat (Bollard)

Kapal yang berlabuh ditambatkan ke dermaga dengan mengikat tali-tali penambat ke bagian haluan, buritan dan badan kapal. Tali-tali penambat tersebut diikat pada alat penambat yang dikenal dengan bitt yang dipasang di sepanjang sisi dermaga.

Tabel 14. penempatan biit

Ukuran Kapal (GRT)	Jarak Maksimum (m)	Jumlah Min./tambatan
~ 2.000	10 - 15	4
2.001 - 5.000	20	6
5001 - 20.000	25	6
20.001 - 50.000	35	8
50.001 - 100.000	45	8

Sumber : Triatmodjo, 1999

Adapun jumlah bollard yang digunakan didasarkan pada tabel di atas dengan jumlah bollard 6 buah dan jarak maksimum 25 m. Beban tambat pada kapal berpengaruh terhadap bollard. Gaya pada bollard untuk kapal general cargo 12.000 DWT.

V. PENUTUP

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan perhitungan evaluasi perencanaan dermaga dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan dermaga pelabuhan militer di kec. Banongan, Kab. Situbondo diprediksikan kapal yang berlabuh adalah 9 kapal/hari.
2. Berdasarkan hasil pengolahan data teknik kepantaraan yang didapat di pantai Banongan – kabupaten Situbondo adalah
 - a. Dari hasil analisa pasang surut didapat data sebagai berikut :
 - Elevasi HWL (High Water Level) pada +2,92 mLWS
 - Elevasi LWL (Mean Sea Level) pada +0,86 mLWS
 - Elevasi MSL (Mean Sea Level) + 2,06 mLWS
 - Elevasi MHWL (Low Water Spring) pada +3,52 mLWS
 - Elevasi MLWL (Mean Low Water Level) pada +2,49 mLWS
 - b. Arah angin dominan di pantai banongan lebih spesifik ke arah tenggara dengan kecepatan dan tegangan angin berada pada kecepatan maksimum 8 m/s, dan kecepatan minimum 2 m/s.
 - c. Kecepatan arus yang terjadi di pantai banongan adalah
 - Kecepatan arus maksimum, 0,380 m/d
 - Kecepatan arus minimum, 0,009 m/d
 - Kecepatan arus rata – rata, 0,137 m/d
 - d. Dari hasil analisa batimetri didapat kedalaman paling dangkal sebesar 10 m, kedalaman paling dalam sebesar 40 m dengan interval kedalaman pada peta sebesar 10 m.
 - e. Untuk perhitungan fetch didapat rerata efektif (feff) arah selatan 100,209 km, dengan panjang total fetch 1353,86 km.
 - f. Tinggi gelombang signifikan di pantai banongan – kabupaten Situbondo adalah 1,75 m/s dengan periode gelombang sebesar 3,6 detik.
3. Berdasarkan hasil dari perencanaan dermaga dengan type warf di pantai

banongan – kabupaten Situbondo didapat dimensi dermaga dengan panjang 353,4 m, dan lebar 186,2 m. Untuk struktur dermaga digunakan tulangan sebagai berikut :

- a. Pelat = ϕ tulangan pokok = 25 mm
- b. Balok = ϕ tulangan pokok = 36 mm
- c. ϕ tulangan begel = 25 mm

Juga didapat tiang pancang yang menopang beban yang ada di atas dermaga, dengan kedalaman pemancangan dari dasar tanah ke bawah 13 - 15 m, dengan diameter tiang pancang 0,60 m.

SARAN

Sebagaimana penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Keterbatasan data yang ada di lapangan , perencanaan dalam struktur dermaga dan analisa RAB. Oleh karena itu, untuk menyempurnakan perencanaan ini maka perlu pengkajian lebih lanjut pada struktur dermaga dan analisa RAB.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Lucky Wahana dkk. 2016. "Evaluasi Pemecah Gelombang (Breakwater) Pada Pelabuhan Perikanan di IPP (Instalasi Pelabuhan Perikanan) Pancer Kabupaten Banyuwangi". Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Mauluvi, Ayub Wildan dkk. 2016. "Evaluasi Konstruksi Dermaga Pada Pelabuhan Perikanan di IPP Pancer Kabupaten Banyuwangi ". Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Soejono Kramadibrata, 2001. "Perencanaan Pelabuhan". ITB, Bandung.
- Bambang Triatmodjo, 1999. "Teknik Pantai". Beta Offset, Yogyakarta.
- Alonzo Def. Quinn, 1972. "Design and Construction of Port and Marine Structure". hal 91
- Salim, Noor. 2012. "Pelabuhan dan Dermaga P". Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.

- Salim, Noor. 2012. *“Pelabuhan dan Dermaga IP”*. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Faris Habiburrahman. 2017. *“Perencanaan Layout Fasilitas Dermaga Refinery Pt. Xyz Berdasarkan Analisis Kondisi Hidrooseanografi Di Wilayah Situbondo, Jawa Timur”*. Surabaya : Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Rizqi Maulana Wijaya, Purwanto, Priyo Nugroho, 2014. *“Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang”*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Adita Utami, 2016. *“Perencanaan Dermaga Island Berth Untuk Kapal Tanker 85.000 Dwt Untuk Loading Oil Product : Bbm Ron 85 Di Tersus Pt Badak Ngl, Bontang”*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Bambang Triatmodjo, 2009. *“Perencanaan Pelabuhan”*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *“Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. (SNI 2847-2013)”*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Gideon Kusuma, 1993. *“Grafik Tabel Perhitungan Beton Bertulang”*. Universitas Petra Surabaya.
- Okol Sri Suharyo, 2017. *“Model penentuan Lokasi Pangkalan Angkatan Laut Berbasis Sustainbilitas”*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Abidin, Wiranto, Lukman, 2018. *“Perencanaan Fender Dermaga”* . Universitas Pakuan.
- Hanifah Zahra, 2018. *“Perencanaan Struktur Atas Dermaga General Cargo Tipe Pier Berkapasitas 10.000 Dwt”* . Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.