

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat penelitian terdahulu tentang perencanaan struktur dermaga. Kajian penelitian terdahulu menjadi referensi untuk mengembangkan terkait topik yang berhubungan dengan perencanaan ulang dimensi tiang pancang baja. Penelitian terdahulu diantaranya Ezra Valentino Gunanta, Cokro Bagus Purnawa Dwisa, Benny Heryanto (2024) dengan topik “Redesain Dimensi Tiang Pancang Baja di Dermaga 02 Terminal Petikemas Pelabuhan Patimban”, Yola dan Sri Murti Adiyastuti (2022) dengan topik “Perencanaan Struktur Dermaga Car Terminal Tipe *Deck On Pile* di Pelabuhan Patimban, Subang Provinsi Jawa Barat”, Mohammad Fajri Raazaq Ramadhan dan Ir. Sri Murti Adiyastuti, M.Sc., Ph.D. (2020) yang membahas “Perencanaan Struktur Dermaga Terminal Peti Kemas Fase 1-1 Pelabuhan Patimban, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat”, David Avila dan Ir. Sri Murti Adityastuti, M.Sc., Ph.D. (2021) yang membahas “Perancangan Struktur Dermaga *Car Terminal* Tipe *Deck On Pile* Pada Pelabuhan Patimban, Subang, Provinsi Jawa Barat, Tahap 1, Fase 2”, Mandala Siliwangi, Ferry Rizki Adhi Pratomo, Sri Prabandiyani R.W (2014) yang membahas “Perancangan Pondasi Tiang Pancang Dermaga Packing Plant Banjarmasin – Kalimantan Selatan”, Ashari Ibrahim dan Andi Maal (2023) yang membahas “Tinjauan Pembebanan Pada Struktur Atas Dermaga Kapasitas 10000 DWT di Teluk Tomori”.

Selain menggunakan beberapa jurnal dan tugas akhir yang relevan sebagai sumber referensi untuk penelitian, juga menggunakan referensi dari

buku Perencanaan Pelabuhan (Bambang Triatmodjo, 2010), buku Perencanaan Pelabuhan dan Terminal (Christino, 2019) dan buku Infrastruktur Pelabuhan (Utomo, 2015) serta dari sumber lain seperti *The Preparatory Survey On Patimban Port Development Project In The Republic Of Indonesia Final Report* (JICA, 2017). Menggunakan SAP2000 untuk membantu mengetahui ketahanan struktur dermaga dan mengetahui besar gaya dalam yang bekerja pada tiang pancang.

2.2 Fondasi Tiang Pancang



Gambar 2.1 Pondasi Tiang Pancang Dermaga

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2024)

Fondasi tiang pancang merupakan jenis fondasi struktur bangunan yang terletak didasar tanah keras yang berfungsi untuk menahan dan menerima beban dari struktur diatasnya dan meneruskan beban pada kedalaman tertentu. Struktur dermaga didukung oleh fondasi yang meneruskan beban yang dipikul kedalam lapisan tanah (Natasha & Makarim, 2018). Menurut Sardjono (1988) Dalam

menentukan pondasi yang akan digunakan perlu diketahui keadaan dilapangan, berikut beberapa hal yang perlu dipertimbangkan :

1. Keadaan Tanah Pondasi
2. Batasan – Batasan akibat konstruksi diatasnya (*superstructure*)
3. Batasan – Batasan dari sekelilingnya
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Dalam merencanakan pondasi tiang pancang, terlebih dahulu menentukan daya dukung rencana yang harus dicapai oleh setiap tiang dalam menopang beban dari struktur atas dermaga. Tiang pancang mampu menopang beban vertikal dan horizontal (Aprianto et al., 2020). Beban vertikal dipikul oleh pondasi tiang pancang itu sendiri meliputi beban hidup, beban struktur yang ada diatasnya seperti plat dan balok dermaga. Beban horizontal merupakan gaya yang bekerja horizontal meliputi beban angin, beban gelombang dan beban arus.

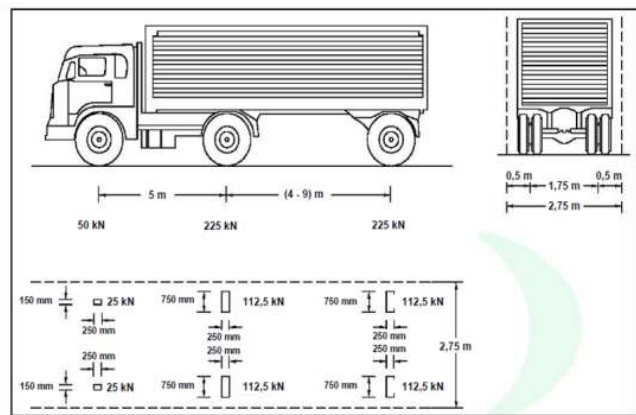
2.3 Pembebanan

Pada perencanaan struktur dermaga diharuskan mampu menahan beban – beban yang bekerja. dibagi menjadi 2 beban yaitu beban vertikal dan beban horizontal. Gaya vertikal meliputi berat sendiri bangunan dermaga, beban hidup. Beban horizontal dibedakan meliputi gaya benturan kapal (gaya sandar, *berthing forces*) dan gaya tambat (*mooring forces*) merupakan gaya yang ditimbulkan ketika kapal bertambat yang disebabkan angin, arus dan gelombang (Bambang Triatmodjo, 2010).

2.3.1 Beban Hidup

Pada dermaga beban hidup pelabuhan mengacu pada beban yang tidak tetap atau berubah-ubah yang muncul akibat kegiatan yang terjadi di atas

dermaga. Beban hidup berupa beban *truck*, pengaruh angin, gelombang, gempa dan beban merata, untuk beban merata diakibatkan operasional yang terjadi diatas dermaga dan di tahan oleh plat lantai dan didukung oleh struktur balok dermaga kemudian diteruskan ke tanah keras melalui tiang pancang (Gunanta et al., 2024). Untuk beban *truck* berdasarkan BSN (2016) dapat diasumsikan bahwa beban roda menghasilkan kondisi ekstrim dalam perencanaan geser di daerah tumpuan dan daerah lapangan.



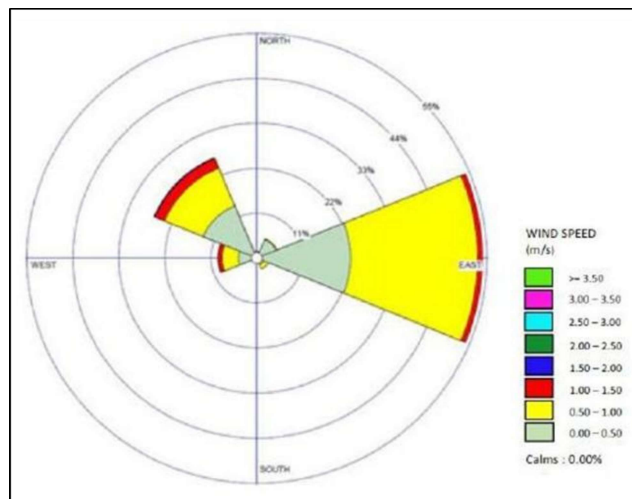
Gambar 2.2 Dimensi dan Beban Truck
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2016)

2.3.2 Beban Mati

Beban mati dermaga yaitu berat tetap dan diakibatkan oleh struktur itu sendiri serta beberapa elemen konstruksi dermaga. Beban mati terdiri dari berbagai komponen terdiri dari material baja, beton, kayu dan bahan lainnya yang terdapat dalam proses perencanaan dermaga (Tehuayo & Savitri, 2021). Beban mati mencakup berat sendiri dari plat struktur dermaga, tiang pancang, *fender*, *bollard* serta elemen struktur lainnya. Beban mati merupakan berat konstan yang tidak berubah dengan seiring waktu dan tidak dipengaruhi oleh faktor – faktor eksternal seperti beban angin.

2.4 Data Gelombang

Pentingnya dalam perencanaan dermaga Pelabuhan, elevasi muka air laut tertinggi dan terendah sebagai contoh elevasi puncak bangunan dermaga ditentukan oleh elevasi muka air tertinggi (pasang), sementara kedalaman alur pelayaran dan perairan Pelabuhan ditentukan oleh muka air surut (Bambang Triatmodjo, 2010).



Gambar 2.3 *Waverose* Pelabuhan Patimban

(Sumber : Rencana Induk Pelabuhan Patimban, 2022)

Menurut Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM tahun 2024 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Patimban menjelaskan bahwa dari grafik *Wave Rose* terlihat pada Lokasi pekerjaan Pelabuhan Patimban menunjukkan dominan bertiup dari timur sebanyak 53,77%. Apabila ditinjau secara bulanan, bulan Januari sampai maret gelombang dari arah barat laut, memasuki bulan April sampai Oktober gelombang dominan dari arah timur, kemudian terjadi peralihan atau transisi pada bulan November, Gelombang Kembali dominan dari arah Barat Laut.

2.4.1 Beban Gelombang

Beban gelombang merupakan salah satu beban lingkungan yang terjadi karena adanya interaksi antara permukaan badan kapal dan gelombang air laut yang disebabkan oleh angin. Kedalaman gelombang tertentu akan mengakibatkan gangguan yang sangat terasa, sehingga perlu diketahui tinggi gelombang dan perioda gelombang. Menurut Bambang Triadmodjo (2010). Syarat pemilihan teori untuk perhitungan gaya gelombang didasarkan pada perbandingan diameter struktur (D) dengan Panjang gelombang (λ), sebagai beriku :

$D/\lambda > 1$: Gelombang mendekati pemantulan murni, persamaan Morison tidak *valid*.

$D/\lambda > 0.2$: Difraksi gelombang perlu diperhitungkan, persamaan Morison tidak *valid*.

$D/\lambda < 0.2$: Persamaan Morison *valid*.

Menurut Indiyono (2004), persamaan Morison mengasumsikan bahwa gelombang terdiri dari komponen gaya drag (hambatan) dan gaya inersia yang dijumlahkan secara *linier*. Persamaan dalam perhitungan gaya gelombang pada tiang pancang vertikal dengan kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking waves*) dinyatakan sebagai berikut :

$$F = F_d + F_i$$

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A U^2$$

$$F_i = \frac{1}{2} C_i \rho A U^2$$

Keterangan :

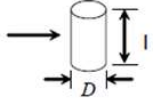
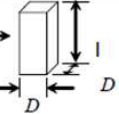
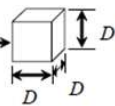
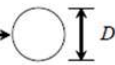
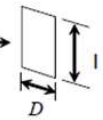
- F : Gaya horizontal (tonf)
- ρ : Berat jenis air laut (ton/m³) (1,025 ton/m³)
- D : Diamter pile (m)
- U : Kecepatan partikel air (m/s)
- Ci : Koefisien Inersia
- Cd : Koefisien Drag (Cd = 1.0 untuk *Pile*)
- A : Luas selimut tiang yang terekspos gelombang (m²)

Koefisien drag dan koefisien inersia yang digunakan untuk tiang pancang sesuai dengan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (OCDI, 2002) sebagai berikut :

Object shape	Standard area	Drag coefficient
Circular cylinder (rough surface) 	Dl	1.0 ($l > D$)
Rectangular cylinder 	Bl	2.0 ($l > B$)
Circular disk 	$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Rectangular plate 	ab	<i>When</i> $a/b=1$ 1.12 " " 2 1.15 " " 4 1.19 " " 10 1.29 " " 18 1.40 " " ∞ 2.01
Sphere 	$\frac{\pi}{4} D^2$	0.5–0.2
Cube 	D^2	1.3–1.6

Gambar 2.4 Koefisien Drag

(Sumber : OCDI, 2020)

Shape of the object	Basic volume	Inertia coefficient
Cylinder 	$\frac{\pi}{4} D^2 l$	2.0 ($l > D$)
Regular prism 	$D^2 l$	2.19 ($l > D$)
Cube 	D^3	1.67
Sphere 	$\frac{\pi D^3}{6}$	1.5
Flat plate 	$\frac{\pi}{4} D^2 l$	When $D/l = 1$, 0.61 When $D/l = 2$, 0.85 When $D/l = \infty$, 1.00

Gambar 2.5 Koefisien Inersia

(Sumber : OCDI, 2020)

2.5 Data Angin

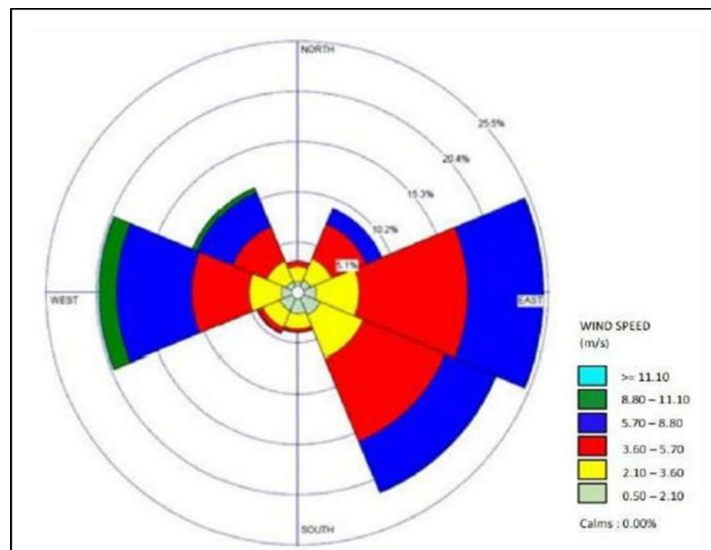
Kecepatan angin diukur dengan menggunakan anemometer. Apabila tidak ada anemometer, kecepatan angin dapat diperkirakan berdasar kondisi lingkungan menggunakan skala Beaufort, 1 Knot = 1,852 km/jam.

Tabel 2.1 Skala Beaufort

Ting- kat	Sifat Angin	Kadaan Lingkungan	V (knot)	P (kg/m ²)
0	Sunyi (calm)	Tidak ada angin, asap mengumpul	0-1	0,2
1	Angin sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak ada bendera angin	1-3	0,8
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun rangan bergerak	4-6	3,5
3	Angin lemah	Daun/ranting terus menerus bergerak	7-10	8,1
4	Angin sedang	Debu/kertas tertiuap, ranting dan cabang kecil bergerak	11-16	15,7
5	Angin agak kuat	Pohon kecil bergerak, buih putih di laut	17-21	26,6
6	Angin kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir kawat tilpun	22-27	41,0
7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergerak, perjalanan di luar sukar	28-33	60,1
8	Angin sangat kuat	Ranting pohon patah, berjalan menentang angin	34-40	83,2
9	Badai	Kerusakan kecil pada rumah, genting tertiuap dan terlempar	41-47	102,5
10	Badai kuat	Pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah	48-55	147,5
11	Angin ribut	Kerusakan karena badai terdapat di daerah luas	56-63	188,0
12	Angin topan	Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	64	213,0

(Sumber : Buku Perencanaan Pelabuhan Bambang Triatmodjo, 2009)

Dalam menentukan perhitungan daya dukung tiang pancang sangat diperlukan faktor – faktor yang memengaruhi salah satunya kecepatan angin. Menurut Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM tahun 2024 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Patimban Berikut merupakan Wind Rose Pelabuhan Patimban :



Gambar 2.6 Wind Rose Patimban 2012 - 2021
(Sumber : Rencana Induk Pelabuhan, 2022)

Menurut Rencana Induk Pelabuhan dari grafik *Wind Rose* menunjukkan angin dominan bertiup dari arah timur, yaitu sebesar 24,56% dengan kecepatan dominan diantara 2.10 m/s sampai 8.80 m/s. Ditinjau secara bulanan, pada bulan januari angin dominan dari arah Barat, memasuki bulan April angin dominan dari arah Timur, memasuki bulan November terjadi transisi perubahan arah angin dominan, memasuki bulan Desember angin Kembali dominan dari arah Barat.

2.6 Gaya Sandar (*Berthing Forces*)

Gaya sandar atau gaya benturan kapal merupakan energi yang diberikan kapal pada waktu merapat ke dermaga yang memiliki kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dengan dermaga. Dalam perencanaan suatu dermaga di anggap bahwa benturan terjadi maksimum dengan kapal bermuatan penuh yang nantinya energi benturan diserap oleh system fender. Menurut Bambang Triadmodjo (2009) Besar energi benturan atau beban sandar kapal menggunakan rumus berikut ini :

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2g} \cdot C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c$$

Keterangan :

E : Energi Benturan (ton meter)

V : Kecepatan kapal pada saat benturan dengan dermaga (m/s)

W : Berat Kapal (N)

g : Percepatan Gravitasi (m/s^2)

C_m : Koefisien Massa

C_e : Koefisien Eksentrisitas

C_s : Koefisien Kekerasan (1)

C_c : Koefisien Bentuk dari tambatan (1)

Dalam perencanaan dermaga kecepatan merapat kapal merupakan salah satu faktor penting. Secara umum kecepatan merapat kapal diberikan sebagai tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Kecepatan Merapat Kapal Pada dermaga

Ukuran Kapal (GT)	Kecepatan Merapat Pelabuhan (m/dt)	Laut Terbuka (m/dt)
sampai 500	0,25	0,30
500 - 10.000	0,15	0,20
10.000 - 30.000	0,15	0,15
>30.000	0,12	0,15

(Sumber : Buku Perencanaan Pelabuhan Bambang Triatmodjo, 2009)

Koefisien massa tergantung gerakan air laut di sekitar kapal, dapat dihitung menggunakan dengan rumus berikut :

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

Dimana :

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

Keterangan :

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)

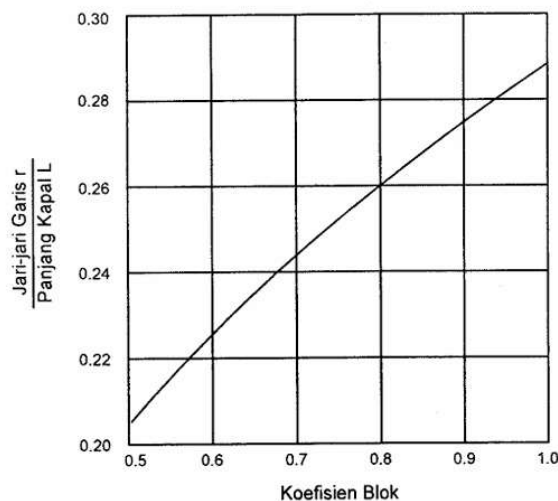
Koefisien eksentrisitas yaitu perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus berikut ini :

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

Keterangan :

l : Jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal ($l = \frac{1}{4} \text{Loa}$)

r : Jari – jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air



Gambar 2.7 Jari - jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

(Sumber : Buku Perencanaan Pelabuhan Bambang Triatmodjo, 2009)

Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik dari $\frac{1}{4}$ Panjang kapal pada dermaga dan $\frac{1}{3}$ panjang kapal pada dolphin dan nilai l adalah :

Dermaga : $l = \frac{1}{4} \text{Loa}$

Dolphin : $l = \frac{1}{3} \text{Loa}$

Loa : Panjang total kapal

2.7 Gaya tambat (*Mooring Forces*)

Ketika kapal yang akan merapat dermaga akan ditambatkan menggunakan tali ke alat penambat biasa disebut *bollard*. Gaya tambat (*mooring*

forces) merupakan gaya tarikan kapal disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal, berikut beberapa metode menghitung tarikan kapal yang ditimbulkan angin, arus dan gaya pada *bollard* :

2.7.1 Gaya tambat akibat angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan timbul gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Apabila arah angin menuju dermaga, maka gaya tersebut berupa benturan ke dermaga, sedangkan jika arah sebaliknya maka akan menimbulkan gaya tarikan kapal pada *bollard* (Bambang Triatmodjo, 2010). Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan, dapat dihitung dengan rumus berikut :

- a. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42 P_a \cdot A_w$$

- b. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5 P_a \cdot A_w$$

- c. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1,1 P_a \cdot A_w$$

Dimana :

$$P_a = 0,063 V^2$$

Keterangan :

R_w : Gaya akibat angin (kg)

P_a : Tekanan angin (kg/m^2)

V : Kecepatan angin (m/s)

A_w : Proyeksi bidang yang tertiuap angin (m^2)

2.7.2 Gaya tambat akibat arus

Arus yang bekerja dapat menyebabkan terjadinya gaya pada kapal, sehingga memberikan gaya pada *bollard* dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R_a = C_c \cdot \gamma_w \cdot A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right)$$

Keterangan :

R : Gaya akibat arus (kgf)

A_c : Luas tampang kapal yang terendam air (m²)

γ_w : Rapat massa air laut (1025 kg/m³)

V_c : Kecepatan arus (m/s)

C_c : Koefisien tekanan arus

Nilai C_c merupakan faktor menghitung gaya lateral dan memanjang, tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air didepan tambatan kapal, faktor nilai menghitung gaya arus melintang sebagai berikut :

- a. Di air dalam, nilai $C_c = 1,0 - 1,5$
- b. Kedalaman air/draft kapal = 2, nilai $C_c = 2,0$
- c. Kedalaman air/draft kapal = 1,5, nilai $C_c = 3,0$
- d. Kedalaman air/draft kapal = 1,1, nilai $C_c = 5,0$
- e. Kedalaman air/draft kapal = 1, nilai $C_c = 6,0$

Adapun untuk faktor arus memanjang (longitudinal) bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal mendekati 1.

2.7.3 Gaya pada bollard

Gaya tambat pada *bollard* merupakan gaya tarikan yang dihasilkan oleh kapal yang ditambat pada alat penambat dermaga. Dengan demikian alat penambat/*bollard* harus mampu menahan gaya tarikan.

Tabel 2.3 Gaya Pada Bollard

Ukuran Kapal (GT)	Gaya tarik pada mooring bet (KN)	Gaya tarik pada Bollard (KN)
200 < GT < 500	150	150
500 < GT < 1000	250	250
1000 < GT < 2000	350	250
2000 < GT < 3000	350	350
3000 < GT < 5000	500	350
5000 < GT < 10000	700	500
10000 < GT < 20000	1000	700
20000 < GT < 50000	1500	1000
50000 < GT < 100000	2000	1000

(Sumber : *The Preparatory Survey On Patimban Port*, 2017)

2.8 Beban Gempa

Gempa merupakan getaran yang diakibatkan benturan atau gesekan lempeng tektonik bumi yang terjadi di daerah patahan. Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur non gedung tergantung beberapa faktor seperti massa, kekuatan struktur, waktu getar alami, kondisi tanah dan wilayah gempa Dimana suatu struktur di bangun. Beban gempa dapat dihitung berdasarkan perencanaan ketahanan gempa (SNI 1726 : 2019). Besaran koefisien respons seismic dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{SD}{(R/I)}$$

Keterangan :

SD : Parameter respons 1 detik

- I : Faktor keutamaan struktur (bangunan kategori resiko 1)
- R : Faktor reduksi gempa untuk kolom kantilever penahan momen
- T_0 : Periode natural fundamental ($0,2 \times S_{D1}/S_{DS}$)

Untuk menentukan nilai dari S_{D1} dan S_{DS} bisa menggunakan persamaan berikut ini :

$$S_{D1} = \frac{2}{3} (F_v \times S_1)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} (F_v \times S_s)$$

Keterangan :

- F_v : Faktor situs untuk periode gempa 1 detik (periode Panjang)
- F_a : Faktor situs untuk periode gempa > 1 detik (periode pendek)
- S_1 : Parameter respons spectral percepatan gempa periode 1 detik.
- S_s : Parameter respons spectral percepatan gempa periode pendek.
- S_{DS} : Parameter percepatan respons spectrum desain pada periode pendek.

Tabel 2.4 Kualifikasi Tanah SNI 1726 - 2019

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $25 \leq s < kPa$		

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $75 PI$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa
---	---

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

Tabel 2.4 terdapat klasifikasi jenis tanah yang digunakan untuk menghitung faktor situs untuk menentukan spektrum seismik berdasarkan SNI 1726 – 2019. Dengan mengacu pada nilai S_1 maka dapat diketahui jenis tanah untuk digunakan dalam tabel, berikut tabel S_1 sesuai dengan wilayah gempa.

Tabel 2.5 Koefisien Situs Untuk Gempa Periode Pendek

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1	1
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

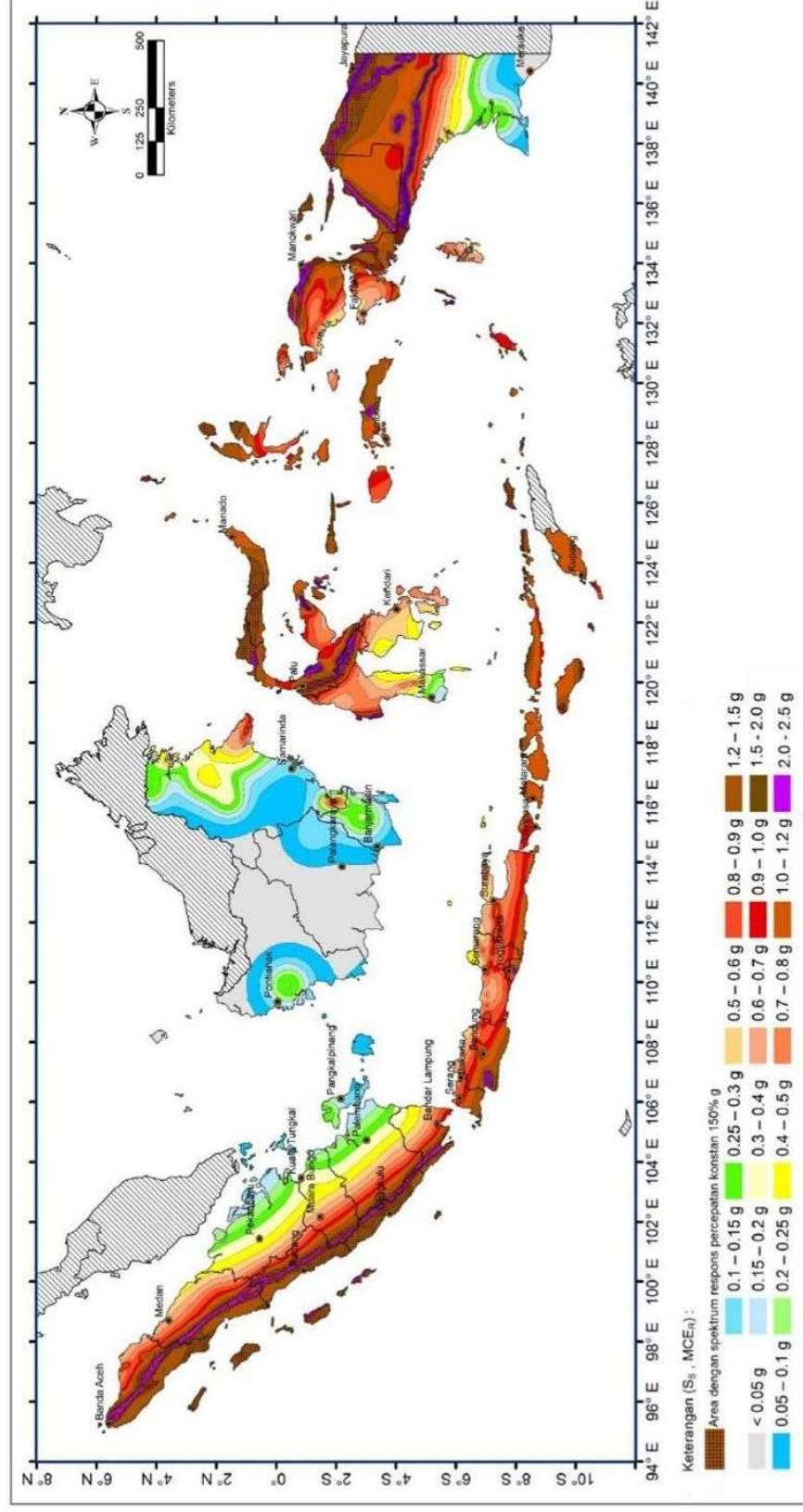
(Sumber : SNI 1726 – 2019)

Tabel 2.6 Koefisien Situs Untuk Periode Gempa 1 Detik

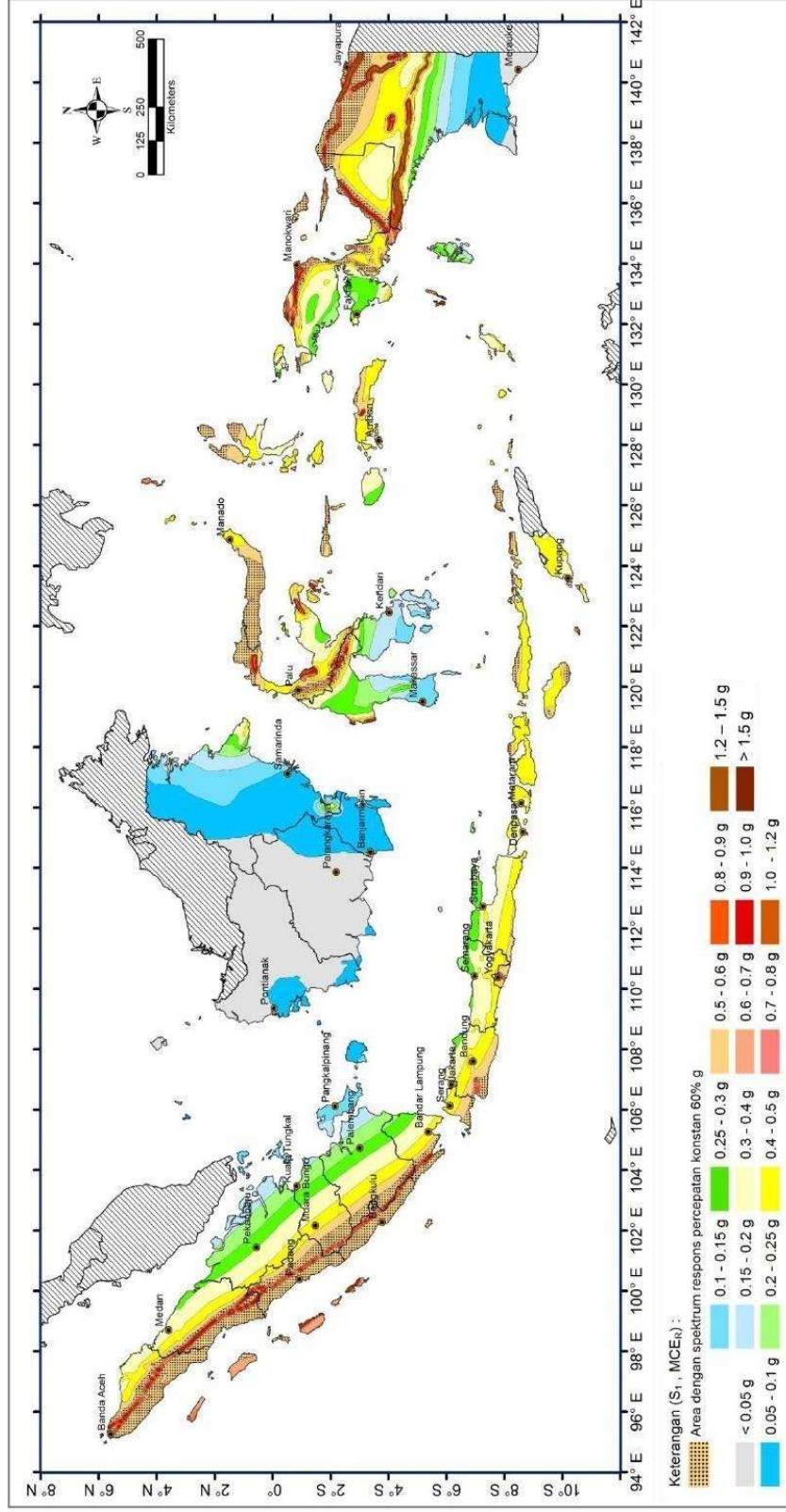
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2
SF	$SS^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

Untuk perhitungan nilai koefisien respons percepatan spectral gempa dalam periode waktu 1 detik (S_1) dan gempa dalam periode pendek (S_s), dapat dilihat dari peta persebaran berikut ini :



Gambar 2.8 Parameter Gerak tanah Ss di Indonesia
(Sumber : SNI 1726 – 2019)



Gambar 2.9 Peta Persebaran Nilai S1 Di Indonesia
(Sumber : SNI 1726 – 2019)

2.9 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Pondasi merupakan salah satu elemen bangunan yang mempunyai peranan penting dalam menyalurkan gaya dari elemen konstruksi atas ke tanah dasar. Kekuatan pondasi harus mempertimbangkan kesesuaian antara beban konstruksi dan kemampuan daya dukungnya. Untuk menentukan daya dukung dapat dilakukan dengan cara pengujian teori mekanika tanah dengan mengetahui klasifikasi tanah dengan menggunakan hasil data N-SPT (*Standart Penetration Test*) (Saputra et al., 2024). Perhitungan daya dukung pondasi dengan data N-SPT menggunakan metode meyerhoff (1956) :

Daya dukung ujung tiang (*end bearing*)

$$Q_p = (40 \times N_b) \times A_p$$

Daya dukung selimut tiang (*friction bearing*)

$$Q_s = (0,2 \times N_s) \times A_s$$

Daya dukung Ultimit tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan :

Q_{all} = Kapasitas daya dukung yang di ijin (ton)

Q_u = Daya dukung ultimit (ton)

SF = Faktor keamanan (2,5)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (ton)

N_b = Harga N-SPT pada elevasi dasar tiang

N_s = Harga N-SPT rata – rata

40 = Faktor koefisien perlawanan ujung tiang

A_p = Luas alas tiang (m^2)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

2.10 *Software Plaxis*

Plaxis merupakan sebuah aplikasi komputer berbasis elemen hingga dan merupakan salah satu pendekatan numerik yang banyak digunakan untuk membentuk model matematis melalui berbagai pendekatan dan sistem persamaan aljabar, dengan memperhitungkan nilai-nilai pada titik-titik diskrit dari area yang dianalisis (Pratiwi et al., 2020). Dalam penerapannya pada geoteknik, metode ini biasanya membagi media tanah menjadi beberapa bagian kecil yang disebut elemen hingga. Elemen-elemen ini saling terhubung melalui titik simpul (*nodes*) dan batas-batas yang telah ditentukan. Dengan metode ini, dapat dihitung respons tanah seperti tekanan, deformasi, dan tegangan di setiap titik simpul.

2.11 Kombinasi Pembebanan

Struktur dermaga harus mampu menahan beberapa beban yang ada seperti beban tambat kapal, beban angin, gelombang, arus, beban struktural (beban sendiri) dan juga beban hidup seperti kendaraan yang bergerak diatas dermaga. Kombinasi pembebanan dengan mengacu pada *Unified Facilities Criteria, design Piers and Wharf 2012* dengan menggunakan *software* SAP2000 dapat dilihat dibawah ini :

a. Beban saat Dermaga Kosong

Comb 1 = 1,4 DL

Comb 2 = 1,2 DL + 1,6 LL

$$\text{Comb 3} = 1,2 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$$

$$\text{Comb 4} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,6 \text{ W}$$

$$\text{Comb 5} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,6 \text{ C}$$

$$\text{Comb 6} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,6 \text{ A}$$

b. Beban pada saat Kapal Sandar

$$\text{Comb 7} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,6 \text{ B}$$

$$\text{Comb 8} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$$

$$\text{Comb 9} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,6 \text{ W}$$

$$\text{Comb 10} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,6 \text{ C}$$

$$\text{Comb 11} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ B} + 1,6 \text{ A}$$

c. Beban pada saat Kapal Bertambat

$$\text{Comb 12} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,6 \text{ M}$$

$$\text{Comb 13} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$$

$$\text{Comb 14} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,6 \text{ W}$$

$$\text{Comb 15} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,6 \text{ C}$$

$$\text{Comb 16} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ M} + 1,6 \text{ A}$$

Keterangan :

DL : Beban Mati

LL : Beban Hidup

EQ : Beban Gempa

W : Beban Gelombang

C : Beban Arus

A : Beban Angin

B : Beban *Berthing*

M : Beban *Mooring*

2.12 Software *SAP2000*

SAP (*Structural Analysis Program*) merupakan aplikasi yang digunakan untuk mendesain dan menganalisis struktur bangunan. SAP2000 memiliki beberapa kelebihan terutama pada analisis struktur beton dan struktur baja (Junaidi et al., 2024). Analisis struktur dengan menggunakan SAP2000 dilakukan setelah perhitungan beban yang bekerja pada dermaga seperti kapasitas daya dukung tiang pancang dihitung dengan menggunakan metode Meyerhoff (1956) dihitung dengan menggunakan SAP2000 kemudian dibandingkan dengan kapasitas daya dukung.



Gambar 2.10 Software SAP2000
(Sumber : Aplikasi SAP2000)