



# Analisis Struktur Dermaga Tipe Tiang Pancang terhadap Beban Dinamis Menggunakan ETABS

Reynaldo Pratama Intan<sup>1</sup>, Muhammad Shofwan Donny Cahyno<sup>2</sup>, Norman Ray<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, reynaldo@widyakartika.ac.id

<sup>2</sup> Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, shofwandonny@widyakartika.ac.id

<sup>3</sup> Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, normanray@widyakartika.ac.id

## STATUS ARTIKEL

Dikirim 24 April 2026  
Direvisi 29 April 2026  
Diterima 13 Mei 2026

### Kata Kunci:

Analisis struktur, Berthing, Bollard,  
Dermaga, ETABS

## ABSTRAK

Penelitian ini mengulas perencanaan dan desain struktur dermaga di Tanjung Perak Surabaya yang dirancang untuk mendukung kegiatan kapal selam kelas berat. Struktur atas diterapkan dengan sistem rangka pemikul momen khusus yang terbuat dari beton bertulang mutu K-350 dan tulangan BjTS 420B, sedangkan pondasi memakai spun pile berdiameter 600 mm dan kedalaman 30 meter. Metode perencanaan mengikuti standar nasional seperti SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, serta didukung oleh simulasi numerik dengan perangkat lunak ETABS dan analisis elemen hingga. Beban yang dihitung meliputi beban gravitasi, gempa, gaya benturan kapal, dan gaya tambat. Analisis menunjukkan bahwa seluruh bagian struktur, termasuk pelat, balok, pile cap, serta sistem fender dan bollard, telah memenuhi persyaratan kekuatan dan keamanan terhadap beban kombinasi. Diharapkan penelitian ini menjadi sumber referensi dalam perencanaan struktur dermaga bagi fasilitas maritim yang memiliki risiko tinggi.

## 1. PENDAHULUAN

Dermaga merupakan elemen penting dalam sistem pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat sandar kapal dan aktivitas bongkar muat, sehingga perencanaan dan perancangannya harus mempertimbangkan berbagai aspek teknis dan lingkungan secara menyeluruh. Stabilitas dan keamanan struktur dermaga bergantung pada kemampuannya menahan kombinasi beban gravitasi, lateral akibat gempa, serta beban dinamis dari aktivitas *berthing* dan *mooring* (Triatmodjo, 2010). Menurut Bowles (1997), ketepatan dalam desain fondasi dan struktur sangat menentukan kinerja bangunan terhadap beban eksternal, terutama pada kondisi tanah dan lingkungan yang bervariasi. Sementara itu, SNI 2833:2016 menekankan bahwa struktur pelabuhan harus dirancang dengan mempertimbangkan gaya dari gelombang, arus laut, serta tekanan dari kapal bersandar agar menjamin umur layan dan keselamatan operasional. Hal ini juga diperkuat oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (2020) yang menyatakan bahwa setiap elemen dermaga harus memenuhi standar kekuatan dan fungsionalitas sesuai karakteristik kapal dan lokasi. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini secara khusus membahas perencanaan dan analisis struktur dermaga di Tanjung Perak Surabaya, dengan pendekatan berbasis SNI dan simulasi numerik menggunakan ETABS serta metode elemen hingga untuk memastikan struktur yang aman, efisien, dan andal.

## 2. METODE

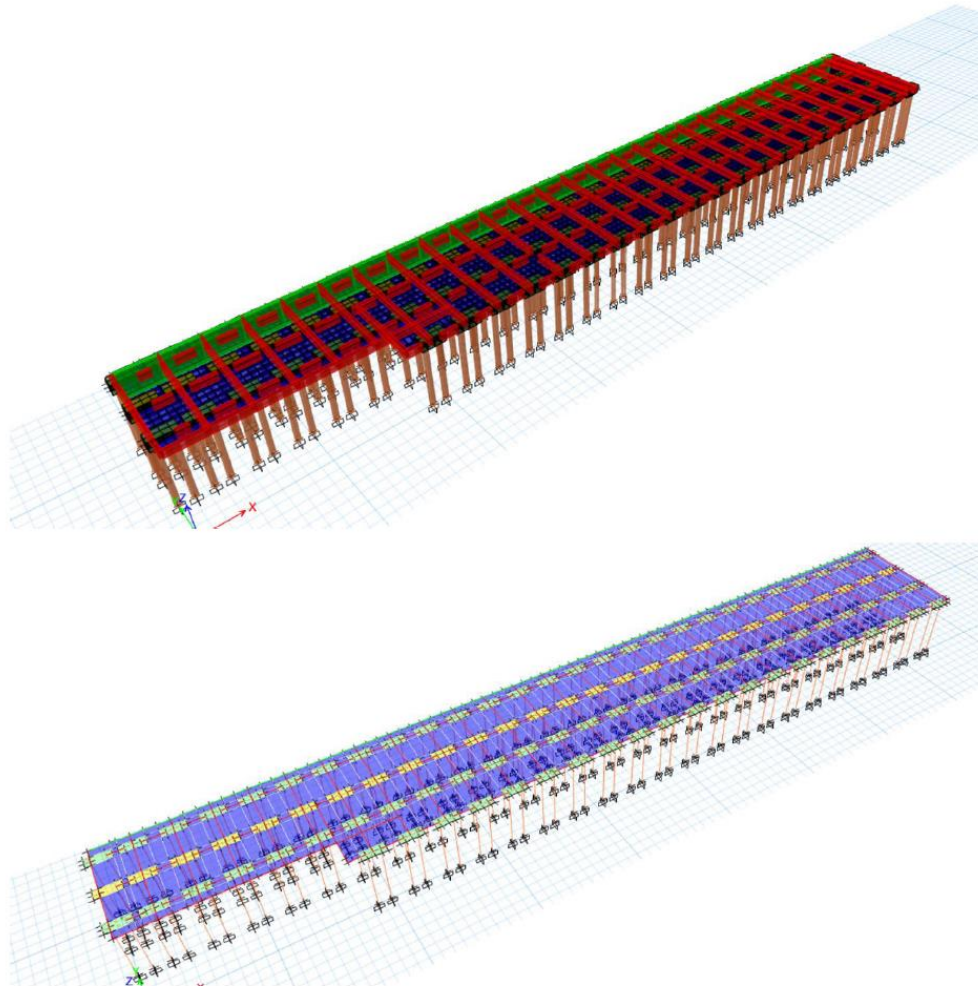
Metodologi perencanaan struktur dermaga ini menggunakan pendekatan analitis yang mengacu pada standar nasional Indonesia seperti SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1729:2020, serta panduan teknis dari Triatmodjo untuk perencanaan

pelabuhan. Perangkat lunak ETABS digunakan untuk simulasi dinamis berbasis respons spektrum, sementara analisis elemen hingga diterapkan dalam perancangan pelat lantai dan pile cap. Dalam perhitungan desain struktural, semua beban seperti gravitasi, gempa, benturan kapal, dan tambat harus diperhitungkan dalam kombinasi beban.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Sistem Struktur dan Material

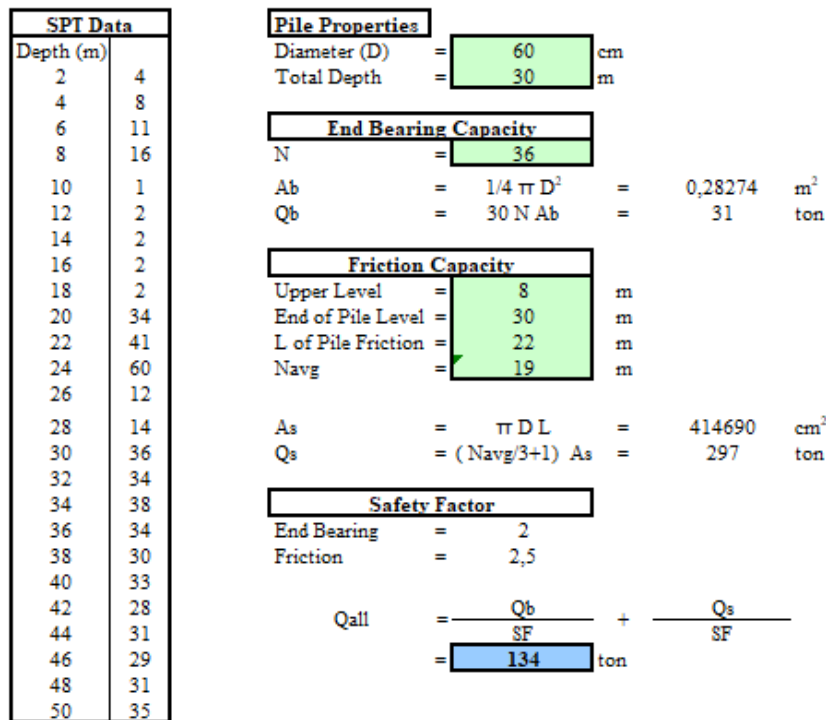
Struktur dermaga dirancang menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berbahan beton bertulang sebagai sistem struktur atas. Pemilihan sistem ini didasarkan pada kebutuhan struktur yang mampu menahan beban lateral akibat gempa secara daktail. Koefisien daktilitas  $R$  sebesar 8 diadopsi dari SNI 1726:2019 untuk bangunan dengan sistem SRPMK. Struktur terdiri atas pelat, balok, dan kolom dengan beton mutu K-350 ( $f_c' = 30$  MPa) dan baja tulangan dengan kuat leleh  $f_y = 420$  MPa tipe BJT S 420B. Sedangkan elemen pondasi menggunakan beton mutu K-600 ( $f_c' = 55$  MPa) untuk mendukung gaya aksial dan momen akibat beban superstruktur.



Gambar 3. 1 Idealisasi Struktur Dermaga  
Sumber: Hasil Desain

### 3.2 Pondasi Spun Pile dan Pile Cap

Jenis pondasi yang digunakan adalah spun pile berdiameter 600 mm dan kedalaman 30 meter. Hasil pengujian tanah dan data bor log menunjukkan bahwa tanah sebagian besar terdiri dari lanau berlempung dan lempung berpasir yang relatif stabil, namun perlu fondasi dalam agar struktur dapat menanggung beban secara aman.



Gambar 3. 2 Perhitungan Data Tanah SPT  
Sumber: Hasil Analisis

Daya dukung aksial dari setiap tiang mencapai 132 ton, telah diuji dan validasi terhadap gaya tekan vertikal maksimum 131 ton serta gaya tarik maksimum 106 ton. Momen maksimum yang tercatat sebesar 21 ton-m masih berada di bawah kapasitas momen ultimit spun pile tipe sebesar 45 kNm. Sehingga pemakaian spun pile ini dipastikan aman dari kegagalan lentur dan geser.

#### Perencanaan Pile Cap dengan 2 Tiang Tekan (PC 2)

- Daya dukung 1 tiang Ø 600mm = 132 ton
- Jumlah pile = 2 @ 600mm
- Gaya normal maksimum (P) = 246 ton
- Dimensi Pile Cap = 1200 × 2700 × 1100 mm
- Selimut beton = 70 mm
- Pemeriksaan tebal Pile Cap

### Cek Geser Satu Arah (Tulangan arah pendek)

$$V_{ux} = 132 \text{ ton} = 1320 \text{ kN}$$

$$d = 1100 - 70 - 22 = 1008 \text{ mm}$$

$$V_{cx} = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_o \times d = \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 1100 \times 1008 = 1013 \text{ kN}$$

$$\phi V_{cx} = 0.75 \times 1013 = 760 \text{ kN}$$

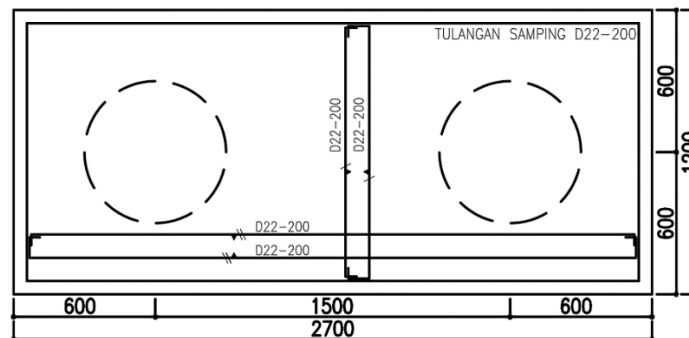
Diperlukan tulangan geser, digunakan **D22-200**

$$V_{sx} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{2 \times 0.25 \times \pi \times 22^2 \times 420 \times 1008}{200} = 1613 \text{ kN}$$

$$\phi V_{sx} = 0.75 \times 1613 = 1209 \text{ kN}$$

$$\phi V_{cx} + \phi V_{sx} = 1969 \text{ kN} \geq V_{ux}$$

Pile cap dirancang untuk dua tiang spun pile dengan dimensi 1200 mm 2700 mm 1100 mm dan selimut beton 70 mm. Analisis geser satu arah menghasilkan  $V_u = 1320 \text{ kN}$  dan kapasitas geser terpasang  $V_c + V_s = 2086 \text{ kN}$ , membuktikan bahwa pile cap memenuhi persyaratan kekuatan. Untuk geser dua arah, nilai ultimate shear load juga tidak melampaui kapasitas  $V_c$  yang dihitung sebesar 1278 kN. Desain tulangan lentur pile cap dilakukan dengan bantuan software Finite Element, yang menunjukkan bahwa momen ultimit tidak melebihi 850 kNm. berdasarkan hasil tersebut, tulangan utama D22-200 dipasang di dua arah dan dinyatakan memadai.

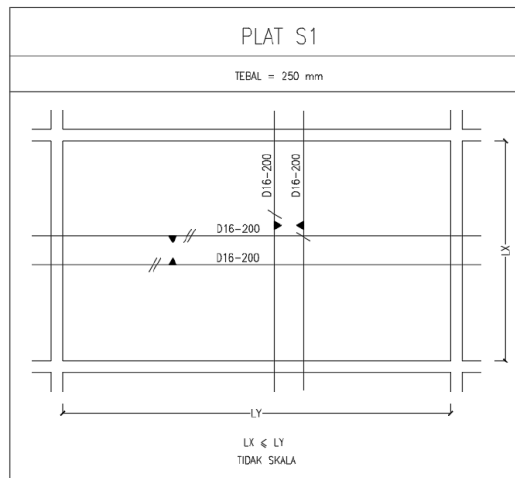


Gambar 3. 4 Detail Pilecap  
Sumber: Hasil Analisis

### 3.3 Sistem Pelat Lantai

Pelat lantai dermaga memiliki ketebalan 250 mm dan ditopang oleh balok dan kolom beton bertulang. Berdasarkan kriteria rasio bentang, pelat dikategorikan menjadi dua tipe: pelat satu arah dan dua arah. Pada pelat dua arah, tulangan diletakkan secara merata di kedua arah. Dari analisis elemen hingga, didapatkan bahwa momen maksimum pelat tidak melebihi 80 kNm, baik momen positif maupun negatif.

Perencanaan tulangan utama untuk pelat menggunakan tulangan ulir D16-200 dengan jarak tulangan yang diperhitungkan agar memenuhi syarat minimum dan maksimum sesuai SNI 2847:2019. Penempatan tulangan juga memperhatikan selimut beton 40 mm untuk proteksi terhadap korosi.



Gambar 3. 5 Detail Plat Lantai  
Sumber: Hasil Analisis

### 3.4 Balok Beton Bertulang

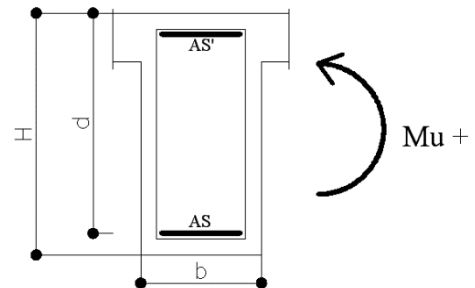
#### 2.1. Perhitungan Tulangan Lentur :

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ sengkang} - \emptyset \text{ tul} - db/2 \quad (\text{asumsi awal digunakan D19})$$

$$= 500 - 40 - 10 - 19/2 = 440.5 \text{ mm}$$

$$C = T$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$



$$a = (A_s \times f_y) / (0,85 \times f_c' \times b)$$

$$M_n = M_u / \emptyset = T \times (d - 1/2 \times a)$$

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - 1/2 \times a)$$

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - 1/2 \times (A_s \times f_y) / (0,85 \times f_c' \times b))$$

$$\Leftrightarrow 1/2 \times A_s^2 \times f_y^2 / (0,85 \times f_c' \times b) - A_s \times f_y \times d + M_n = 0$$

Dengan rumus di atas diperoleh:

- Tulangan tumpuan kiri

$$A_s = 1363 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pakai 6 D19} \rightarrow \text{Atas})$$

$$A_s' = 715 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pakai 3 D19} \rightarrow \text{Bawah})$$

- Tulangan lapangan

$$A_s = 453 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pakai 3 D19} \rightarrow \text{Atas})$$

$$A_s' = 1347 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pakai 6 D19} \rightarrow \text{Bawah})$$

- Tulangan tumpuan kanan

$$A_s = 1364 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pakai 6D19} \rightarrow \text{Atas})$$

$$A_s' = 715 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pakai 3 D19} \rightarrow \text{Bawah})$$

Syarat jumlah tulangan minimum:

$$A_{smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} b_w d = 440.13$$

$$A_{smin} = \frac{1.4}{f_y} b_w d = 450$$

Sehingga  $A_s$  min yang menentukan adalah 450 mm<sup>2</sup>.

Syarat jumlah tulangan maksimum :

$$\rho_{bal} = \beta_1 \frac{0.85f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0.85 * \frac{0.85 * 30}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.03$$

$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_{bal} = 0.75 * 0.03 = 0.0227$  tidak boleh melebihi 0.025 SNI 2847 ps. 21.5.2.1

$$A_{smax} = \rho_{max} \cdot b_w \cdot d = 3375 \text{ mm}^2.$$

## 2.1.Perhitungan Tulangan Geser :

Dari data di atas terlihat bahwa  $V_u \text{ max} = 174 \text{ kN}$  di tumpuan kiri COMB 2.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 123.237 \text{ kN}$$

$$\text{Dibutuhkan, } V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 108.763 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ maksimum : } V_{smax} = \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} b \cdot d \text{ (493 kN) } > V_s \text{ (108.7 kN) } < \mathbf{OK} >$$

Persyaratan jarak sengkang maksimum di daerah sendi plastis adalah terkecil dari:

Apabila digunakan sengkang 2 kaki D10 jarak 100 mm  $\rightarrow A_v = 157 \text{ mm}^2$ .

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 420 \cdot 440}{100} = 290 \text{ kN}$$

$\rightarrow$  Sengkang 2 kaki D10-100 memadai untuk dipasang pada daerah tumpuan.

$\rightarrow$  Sengkang 2 kaki D10-150 dipasang pada daerah lapangan.

KODE	G48-1		G48-2		G48-3		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
DIMENSI	400 x 800	400 x 800	400 x 800	400 x 800	400 x 800	400 x 800	400 x 800
TULANGAN ATAS	5 D 22	3 D 22	5 D 22	3 D 22	5 D 22	3 D 22	3 D 22
TULANGAN SAMPING	4 D 10	4 D 10	4 D 10	4 D 10	4 D 10	4 D 10	4 D 10
TULANGAN BAWAH	3 D 22	5 D 22	3 D 22	5 D 22	3 D 22	5 D 22	5 D 22
SENGKANG	D10-100	D10-100	D13-100	D13-100	D10-100	D10-100	D10-100

Gambar 3. 6 Detail Balok  
Sumber: Hasil Analisis

Salah satu balok yang dianalisis berukuran 400 mm × 800 mm dengan bentang antar kolom ± 4,5 meter. Analisis internal forces berdasarkan kombinasi beban (COMB1 hingga COMB6) menunjukkan momen maksimum hingga 359 kNm dan gaya geser maksimum hingga 406 kN.

Tulangan lentur dihitung menggunakan metode keseimbangan momen dengan hasil sebagai berikut:

- Tumpuan kiri : 5D22 atas, 3D22 bawah ( $A_s = 1629 \text{ mm}^2$ ,  $A_s' = 998 \text{ mm}^2$ )
- Tengah bentang : 3D22 atas, 5D22 bawah ( $A_s = 998 \text{ mm}^2$ ,  $A_s' = 1276 \text{ mm}^2$ )
- Tumpuan kanan : 5D22 atas, 3D22 bawah ( $A_s = 1248 \text{ mm}^2$ ,  $A_s' = 998 \text{ mm}^2$ )

Syarat tulangan minimum ( $985 \text{ mm}^2$ ) dan maksimum ( $7390 \text{ mm}^2$ ) terpenuhi di seluruh lokasi. Sengkang D10 dipasang 2 kaki dengan jarak 100 mm di daerah tumpuan dan lapangan, memenuhi kebutuhan terhadap kekuatan geser.

### 3.5 Beban-Beban yang Diperhitungkan

Beban gravitasi terdiri dari berat sendiri beton ( $2400 \text{ kg/m}^3$ ), beban mati tambahan ( $200 \text{ kg/m}^2$ ), dan beban hidup operasional sebesar  $9000 \text{ kg/m}^2$ . Beban lateral akibat gempa dianalisis

menggunakan metode respons spektrum berbasis kombinasi mode (CQC) sebanyak 18 mode vibrasi.

Beban tambahan khas dermaga seperti:

- Berthing load dihitung berdasarkan energi kinetik kapal selam (KSS III Class) saat merapat dengan kecepatan 0,1 m/detik menghasilkan energi benturan sebesar 180 kNm. Energi ini ditahan oleh 10 unit V-Fender tipe 400H.
- Mooring force ditentukan oleh gaya angin dan arus laut terhadap badan kapal yang ditambatkan, menghasilkan gaya horizontal signifikan yang diteruskan pada struktur bollard. Bollard berkapasitas 50 ton dipasang untuk menahan gaya tersebut.

Kombinasi beban untuk pengecekan struktur dan pondasi mengikuti rumus standar LRFD (Load and Resistance Factor Design), memastikan keamanan terhadap kondisi beban ultimate maupun serviceability.

### 3.6 Analisis Sistem Fender dan Bollard

#### A. KAPAL RENCANA

- 1 Jenis kapal : Kapal Selam Submarine KSS III Class
- 2 Mass Of Displacement,  $M_D$ : 3600 ton ( $LWT + Submarine Weight$ )
- 3 Panjang kapal, LOA : 89 m (*length over all*)
- 4 Lebar kapal, B : 9,6 m (*breadth bed inside wall*)
- 5 Working draft kapal, D : 7,6 m
- 6 Sudut merapat maksimum : 0,00 °
- 7 Kecepatan merapat (V) : 0,10 m/dt
- 8 Massa jenis air laut ( $\rho$ ) : 1,03 ton/m<sup>3</sup>
- 9 Gravitasi (g) : 9,81 m/dt<sup>2</sup>

#### B. GAYA BENTURAN KAPAL

##### 1. Berthing Mode

End Berthing

$$E_N = 0.5M_D V^2$$

Effective Berthing Energy (Ef)

$$E_N = 0.5M_D V^2 = 18 \text{ ton-m} = 180 \text{ kN-M}$$

Gaya bentur ditumpu 10 Fender V400

$$E_N = 18 \text{ kN-M}$$

**Tabel 3.1 SVF Performance**

Compound Grade Size	V1		V2	
	R.F (ton)	E.A (ton-m)	R.F (ton)	E.A (ton-m)
SVF 150 H	12,80	0,84	8,44	0,422
SVF 200 H	17,10	1,14	11,30	0,75
SVF 250 H	21,40	1,78	14,10	1,78
SVF 300 H	25,70	2,57	16,90	1,60
SVF 400 H	34,20	4,56	22,50	3,00
SVF 500 H	40,00	7,13	15,50	4,74
SVF 600 H	51,30	10,30	33,80	4,75
SVF 800 H	67,40	18,20	45,00	12,00
SVF 1000 H	85,50	28,50	56,30	18,80

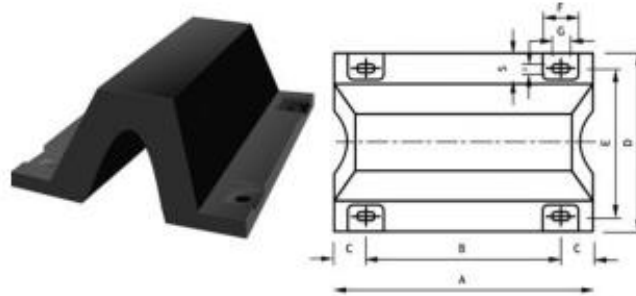
Sumber: PT Pelindo II

Berdasarkan hitungan gaya *berthing* yang bekerja, diambil jenis V-Fender400H  
Dimana:

EA = 4.56ton-m (Per meter Panjang) > 1.8 Ton-m

RF = 34.2 ton (Per meter Panjang).

Sehingga digunakan **Fender V400** dengan jarak antar Fender yaitu **8 m**.



Gambar 3. 7 Fender Tipe V  
Sumber: fender-indonesia.com

### 1. Perencanaan Bollard

Dalam hal tentang standar alat penambat diasumsikan bahwa gaya traktif bekerja secara horisontal dan setengahnya gaya traktif ke atas bekerja secara bersamaan.

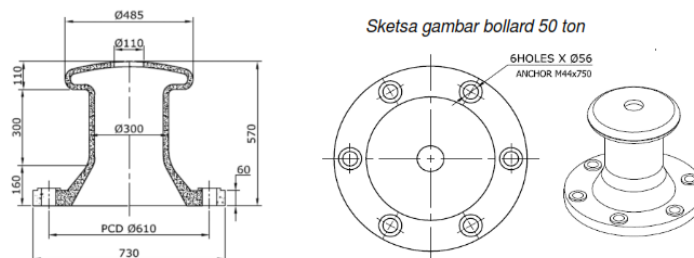
Standar kekuatan Bollard untuk berbagai bobot kapal dapat dilihat pada **Tabel 3.2** berikut:

**Tabel 3.2** Tractive Forces of Vessels

Gross Tonnage (GT) of vessel (ton)	Tractive Force Acting on Mooring Post (kN)	Tractive Force Acting on Bollard (kN)
200<GT≤500	150	150
500<GT≤500	250	250
1.000<GT≤500	350	250
1.000<GT≤500	350	350
1.000<GT≤500	500	350
1.000<GT≤500	700	500
1.000<GT≤500	1.000	700
1.000<GT≤500	1.500	1.000

Sumber: Notification Articles 79, Appended Table 12

Berdasarkan Standar Tabel diatas maka Floating Dock 3600 Ton maka digunakan *Tractive Force Bollard Capacity* 500 kN (50 Ton)



Gambar 3.8 Sketsa Bollard 50 Ton  
Sumber: Hasil Analisis

Perencanaan sistem fender dilakukan dengan menggunakan V-Fender 400H, yang memiliki kapasitas energi serap sebesar 4.56 ton-m per meter dan gaya reaksi sebesar 34.2 ton. Dengan energi benturan kapal sebesar 1.8 ton-m per meter, fender dinyatakan aman dan efisien.

Sementara itu, bollard dibuat untuk menahan gaya tarik sebesar 500 kN, yang setara dengan kapal bersandar dengan bobot displacement 3600 ton. Desain ini mengacu pada standar internasional pengikat tambatan dan telah divalidasi terhadap arah dan besar gaya efektif.

### 3.7 Model Numerik dan Validasi

Model struktur dibangun dalam simulasi 3D menggunakan perangkat lunak ETABS dan finite element software untuk elemen pelat dan pile cap. Model ini mampu memperhitungkan interaksi antara gaya vertikal, lateral, dan torsi akibat beban dinamis. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil desain dengan batas-batas kekuatan material dan ketentuan SNI. Hasilnya menunjukkan seluruh elemen struktur memiliki margin keamanan yang mencukupi terhadap kegagalan lentur, geser, maupun aksial.

---

## 4. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Perencanaan struktur dermaga di tanjung perak telah dilaksanakan secara lengkap berdasarkan standar nasional dan analisis numerik. Struktur atas dirancang dengan sistem rangka pemikul momen khusus yang menggunakan beton mutu K-350 dan tulangan BjTS 420B, mampu menahan beban gravitasi, gempa, serta beban dinamis dari aktivitas berthing dan mooring. Diameter pondasi spun pile 600 mm dengan kedalaman 30 meter terbukti mampu memenuhi kebutuhan daya dukung aksial dan momen. Analisis pelat, balok, pile cap, serta sistem fender dan bollard menunjukkan bahwa semua komponen struktur telah memenuhi standar kekuatan dan keamanan untuk kondisi operasional dermaga.

### 4.2 Saran

Untuk proyek serupa di masa yang akan datang, disarankan melakukan validasi lapangan dengan uji dinamis dan uji beban nyata pada elemen pondasi agar hasil perhitungan lebih mendekati kondisi sebenarnya. Selain itu, pengawasan struktur secara rutin dan penerapan teknologi monitoring seperti sensor deformasi dan gaya sandar dapat terus meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional dermaga.

---

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada tanjung perak Indonesia oleh penulis atas kesempatan dan dukungan yang diberikan dalam mendapatkan data teknis yang digunakan dalam studi ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan, arahan, serta referensi ilmiah yang sangat membantu selama proses pembuatan laporan ini. Harapannya, penelitian ini bisa memberikan manfaat serta menjadi referensi penting dalam merancang dermaga yang aman dan dapat diandalkan di masa depan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Adma, N. A. A., Ahmad, F., & Phelia, A. (2020). Evaluasi daya dukung tiang pancang pada pembangunan jetty. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1).  
<https://jim.teknokrat.ac.id/index.php/tekniksipil/article/view/271>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 – Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 – Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. BSN.
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi* (Jilid 1 & 2). Jakarta: Erlangga.
- Kadir, A., & Hardjono, S. (2019). Analisis kekuatan struktur dermaga apung untuk pelabuhan perintis. *Warta Penelitian Perhubungan*, 31(1).  
<https://ojs.balitbanghub.dephub.go.id/index.php/warlit/article/view/911>
- Nilasari, N. V., & Kamaludin, K. (2016). Evaluasi struktur atas dermaga 1.000 DWT terhadap berbagai zona gempa berdasarkan pedoman tata cara perencanaan pelabuhan tahun 2015. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 2(3).  
<https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1131>
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan pelabuhan*. Beta Offset.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. (2020). *Petunjuk Teknis Pembangunan dan Pengembangan Pelabuhan*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2016). SNI 2833:2016 Tata Cara Perencanaan Bangunan Pelabuhan Laut.