



Re-Design Struktur Atas Dermaga Pelabuhan Ferry Umeputih Kapasitas 700 Grt Berdasarkan SNI 2847-2019

Morgan Lamotokana S^{1*}, Syafruddin I. Latuconsina², Rabiyyatul Uzda³, Abdul S. Mahubessy⁴

¹Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Indonesia

*Korespondensi: morgan.lamotokana@gmail.com

Info Artikel

Diterima 26
Januari 2025

Disetujui 10
Juni 2025

Dipublikasikan 11
Juni 2025

Keywords:
Dermaga Ferry;
Struktur
Penampang;
Desain
Penulangan

©2025 The
Author(s): This is
an open-access
article distributed
under the terms of
the Creative
Commons
Attribution
ShareAlike (CC BY-
SA 4.0)



Abstrak

Data eksisting menunjukkan bahwa dermaga ferry Umeputih telah memperlihatkan berbagai kerusakan baik gompal, retak struktur, keropos dan tulangan terekspos pada semua struktur atas dermaga yakni pelat lantai, balok, kolom dan pile cap. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai-nilai gaya dalam, untuk mendesain ulang penampang struktur atas dermaga ferry Umeputih. Metode analisis yang digunakan adalah analisa struktur statis dengan program bantu SAP2000 v.22. Pembebanan struktur atas dermaga fery berdasarkan SNI 1725-2016 dan perhitungan dimensi penampang rencana berdasarkan SNI 2847-2019. Data pembebanan untuk re-design dermaga yang dikumpulkan adalah berupa data jenis kapal kapasitas 700GRT, data batimetri, data arus, data pasang surut, data angin dan data gelombang. Data pasang surut dianalisis dengan metode admiralty sehingga diperoleh nilai HWS adalah +2,64 m, kedalaman kolam dermaga rencana adalah 4 m dan elevasi dermaga yang digunakan + 4,14 m LW. Hasil analisis didapatkan penampang rencana yakni pelat tebal 125 mm dengan tulangan utama D16-80 mm dan tulangan bagi D16-105 mm. Balok trestle dimensi 400x600 mm tulangan 8D25, sengkang tumpuan Ø12-80mm dan lapangan Ø12-150 mm. Balok dermaga 400x600 mm tulangan lapangan 12D25, sengkang tumpuan Ø12-60 lapangan Ø12-150 mm. Kolom lingkaran diameter D500 mm, tulangan 13D25, sengkang spiral Ø16-150 mm. Pile cap dimensi 1200x1200 mm tulangan D16-130 mm.

Abstract

Existing data shows that the Umeputih ferry pier has shown various damages, including chipping, structural cracks, porosity and exposed reinforcement in all upper pier structures, namely floor slabs, beams, columns and pile caps. This study aims to calculate the internal force values to re-design the cross-section of the upper structure of the Umeputih ferry pier. The analysis method used is static structural analysis with the SAP2000 v.22 program. The loading of the upper structure of the ferry pier is based on SNI 1725-2016 and the calculation of the planned cross-section dimensions is based on SNI 2847-2019. The analysis results showed that the design cross-section was a 125 mm thick plate with D16-80 mm main bars and D16-105 mm distribution bars. Trestle beam dimensions 400x600mm with 8D25 reinforcement bars, Ø12-80mm confined stirrups and Ø12-150 mm non-confined stirrups. Pier beam dimensions 400x600mm with 12D25 reinforcement bars, Ø12-60mm confined stirrups and Ø12-150 mm non-confined stirrups. Circular column

diameter D500mm. with 13D25 reinforcement bars, Ø16-150mm stirrups bars. Pile cap dimensions 1200x1200mm with D16-130 main bars.

1. Pendahuluan

Pelabuhan ferry Umeputih terletak di pantai Desa Kulur, Kecamatan Saparua, Kabupaten Maluku Tengah. Pelabuhan ini merupakan satu-satunya pelabuhan ferry yang berada di Pulau Saparua yang menjadi penghubung satu-satunya untuk menuju ke Kota Ambon, Pulau Nusa Laut dan Pulau Seram. Dermaga pelabuhan Umeputih dibangun tahun 1997 dan sampai 2024 masih beroperasi (Maspaiteella, 2021). Seiring dengan masa layannya dermaga eksisting ini telah mengalami berbagai kerusakan struktural yang di sebabkan oleh kondisi lingkungan dan beban operasional. Kerusakan yang terjadi memiliki dampak serius terhadap kestabilan, kekuatan, dan fungsi keseluruhan dermaga.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas berbagai aspek terkait perencanaan dan evaluasi kinerja pelabuhan. (Abidin, 2023) mengevaluasi area perairan Dermaga Untuk Kepentingan Sendiri (DUKS) milik Semen Indonesia Gresik, menyimpulkan bahwa peningkatan kapasitas kapal hingga 8000 DWT memerlukan penyesuaian infrastruktur dermaga. Sementara itu, (Benge et al., 2024) melakukan perencanaan ulang struktur dermaga Pelabuhan Waikelo untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban dinamis kapal. Di sisi lain, (Thersian, 2017) meneliti pengaruh tumpahan clinker terhadap kelancaran operasi sandar kapal di Pelabuhan Semen Indonesia Tuban, menemukan bahwa tumpahan material tersebut dapat menghambat produktivitas dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Penelitian lain berfokus pada aspek desain dan operasional pelabuhan penumpang dan ferry. (Amalia et al., 2021) merancang Pelabuhan Ferry Internasional Engku Hamida dengan pendekatan arsitektur neoklasik, menekankan integrasi estetika dan fungsionalitas. (Imbardi & Masrul, 2021) merencanakan pelabuhan penumpang domestik dan internasional di Kabupaten Meranti, dengan pertimbangan tata letak dan aksesibilitas. Selain itu, (Plangiten et al., 2019) mengevaluasi kinerja operasional Pelabuhan ASDP Indonesia Ferry Bitung, mengidentifikasi kendala seperti antrean kapal dan keterbatasan fasilitas, serta merekomendasikan perbaikan manajemen antrean dan perluasan dermaga. Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini memberikan wawasan penting dalam pengembangan infrastruktur pelabuhan dari berbagai perspektif.

Kesenjangan dalam struktur atas dermaga pelabuhan ferry sering terjadi karena perbedaan antara desain awal dengan kondisi aktual di lapangan. Banyak dermaga ferry yang dibangun dengan standar lama sehingga tidak mampu menampung kapal ferry modern yang lebih besar. Selain itu, ketidakseragaman material dan teknik konstruksi antardermaga menyebabkan ketidakstabilan struktur (Fitriyanti, 2020). Hal ini diperparah oleh kurangnya pemeliharaan berkala, sehingga beberapa bagian dermaga mengalami kerusakan yang tidak segera diperbaiki. Masalah utama yang sering ditemui adalah korosi pada material baja dan beton retak akibat paparan air laut dan cuaca ekstrem (Huda & Salwiyah, 2024). Selain itu, beban berlebih dari kendaraan dan penumpang yang melebihi kapasitas desain mempercepat kerusakan struktur. Sistem drainase yang buruk juga menyebabkan genangan air di permukaan dermaga, mempercepat degradasi

material. Kurangnya sistem pemantauan struktural (structural health monitoring) membuat kerusakan sering terdeteksi ketika sudah parah.

Dampak dari kerusakan struktur atas dermaga ferry adalah menurunnya keselamatan penumpang dan kapal, serta potensi kecelakaan seperti ambruknya bagian dermaga. Tantangan utamanya adalah keterbatasan anggaran untuk renovasi dan modernisasi dermaga, serta kesulitan dalam mengatur penutupan sementara dermaga untuk perbaikan tanpa mengganggu operasional pelabuhan. Selain itu, faktor lingkungan seperti abrasi air laut dan perubahan iklim mempercepat kerusakan, membutuhkan solusi yang lebih tahan lama. Solusi jangka pendek meliputi perbaikan rutin, pelapisan anti-korosi, dan penguatan struktur dengan material yang lebih tahan lama. Untuk jangka panjang, diperlukan desain ulang dermaga dengan standar internasional, penggunaan material komposit yang tahan korosi, serta penerapan teknologi pemantauan struktural berbasis sensor. Peningkatan koordinasi antara pemerintah, operator pelabuhan, dan kontraktor juga penting untuk memastikan pemeliharaan berkala dan pembangunan yang berkelanjutan. Dengan demikian, keselamatan dan efisiensi operasional dermaga ferry dapat terjamin.

Berdasarkan pengamatan langsung pada dermaga pelabuhan umeputih, telah terjadi retakan longitudinal pada tiang pancang akibat menerima gaya aksial yang bekerja pada pondasi tersebut, serta kerusakan pada pile cap yang terjadi akibat kelelahan struktur dan akibat pembeban benturan kapal. Pelat lantai dermaga juga sudah mengalami kerusakan akibat beban-beban vertikal yang bekerja berulang pada pelat. Keropos pada balok dan pelat lantai mengakibatkan tereksposnya tulangan sehingga terjadi penurunan daya dukung struktural secara keseluruhan. Over kapasitas pembebanan yang telah terjadi selama kurun waktu umur konstruksi tersebut menghasilkan tegangan yang tersimpan pada struktur. Hal ini akan berpengaruh pada kualitas struktur dermaga, bahkan akan mengalami kegagalan konstruksi jika dermaga dipaksakan menerima beban melampaui kapasitasnya saat ini (Edyutomo, 2021).

2. Metode Penelitian

Metode analisis yang digunakan adalah analisa struktur statis dengan program bantu SAP2000 v.22. Tahapan perencanaan dimulai dengan mengumpulkan data kerusakan dermaga kemudian dapat dilakukan pengumpulan data-data perencanaan struktur atas dermaga diantaranya peta batimetri, data pasang surut, data angin, data jenis kapal, data arus dan data gelombang. Apabila semua data tersebut telah diperoleh maka dapat ditentukan perencanaan awal dimensi struktur atas dermaga berdasarkan peraturan SNI 2847-2019. Setelah itu dilakukan penentuan pembebanan pada struktur atas dermaga yang terbagi menjadi dua bagian yaitu beban vertikal dan beban horizontal berdasarkan SNI 1725-2016. Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP2000 v.22 untuk mendapatkan gaya dalam yang bekerja pada struktur dermaga yang direncanakan kemudian kontrol dilakukan untuk pengecekan desain struktur, apabila kontrol penampang dan dimensi sudah aman atau memenuhi syarat yang telah ditentukan maka perencanaan Dermaga di lanjutkan ke tahap berikutnya, sebaliknya apabila tidak memenuhi syarat maka di lakukan perencanaan struktur yang ulang. Jika semua perhitungan telah memenuhi persyaratan perencanaan maka selanjutnya melakukan penggambaran detail struktur dermaga menggunakan program bantu Autocad 2020.

Identifikasi pembebanan: beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horizontal dan beban vertikal:

Beban vertikal

Beban vertikal pada struktur atas dermaga pelabuhan ferry Umeputih kapasitas 700 GRT terdiri dari beban mati (dead load) dan beban hidup (live load) sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019. Beban mati mencakup berat sendiri struktur, termasuk pelat lantai, balok, kolom, dan elemen permanen lainnya, sedangkan beban hidup meliputi beban operasional seperti kendaraan, penumpang, barang muatan, serta peralatan yang bersifat dinamis selama penggunaan dermaga. Perhitungan dan distribusi beban ini harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 untuk menjamin kekuatan, stabilitas, dan keamanan struktur dermaga dalam menopang kapasitas layanan 700 GRT secara optimal.

Beban horizontal

Beban benturan kapal

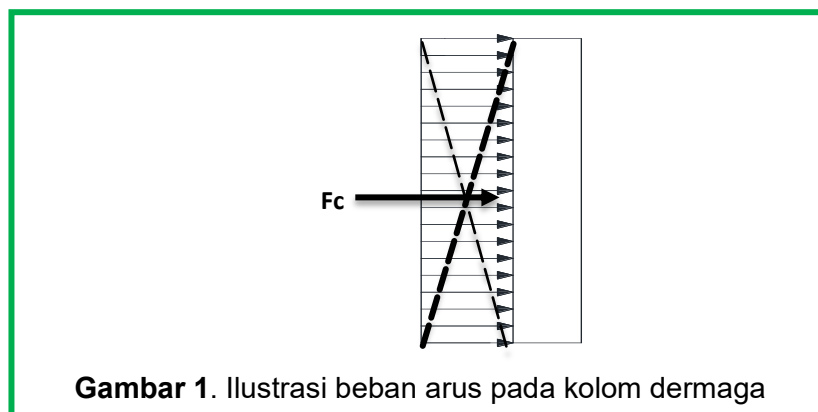
Perencanaan dermaga pelabuhan ferry, dianggap bahwa maksimum terjadi apabila kapal maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi dermaga. besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c \quad (1)$$

Beban Arus

Beban arus dihitung berdasarkan kecepatan arus maksimal yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Ambon dengan kecepatan maksimal sebesar 2 m/s. maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_c = 1/2 C_D \cdot \rho \cdot A \cdot U^2 \quad (2)$$



Beban gelombang

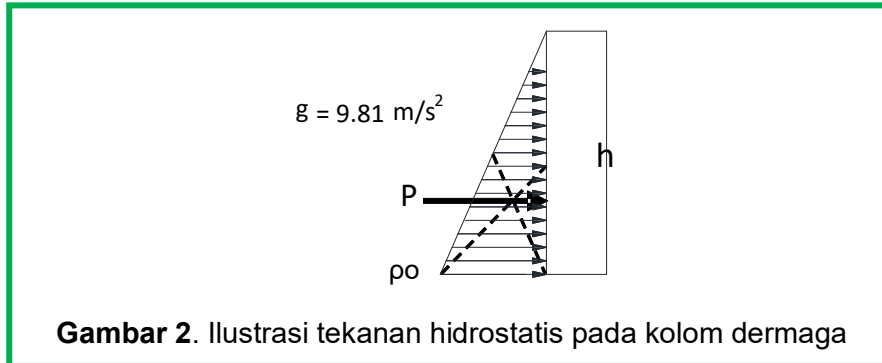
Beban gelombang yang bekerja pada tiang pancang merujuk pada gaya-gaya dinamis yang dihasilkan oleh gelombang air dan dapat mempengaruhi stabilitas serta integritas struktural tiang. Beban gelombang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F = F_i + F_d \quad (3)$$

Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik setinggi kedalaman air dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$P = \rho_0 \times g \times h \quad (4)$$



Gaya gempa

Negara Indonesia merupakan wilayah dengan resiko gempa yang cukup tinggi karena sebagian besar wilayah Indonesia dilalui ring of fire. Perencanaan struktur yang ada di Indonesia harus mempertimbangkan perhitungan beban gempa terhadap struktur. Perhitungan beban gempa untuk perencanaan ulang dermaga mengacu pada SNI 1726-2019.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Analisa Pembebanan

Beban vertikal

Beban vertikal terbagi menjadi 2 yaitu beban mati yang merupakan berat struktur sendiri maupun beban mati tambahan dan beban hidup yang diakibatkan oleh orang atau peralatan yang bergerak membebani struktur dermaga.

Beban horizontal

Beban horizontal pada dermaga meliputi beban benturan kapal, beban tambat kapal, beban arus, beban gelombang, beban angin dan beban gempa.

Beban Benturan Kapal

Perencanaan dermaga pelabuhan ferry, dianggap bahwa maksimum terjadi apabila kapal maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi dermaga. Besarnya energi benturan kapal dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Menghitung W

$$W = K \times \frac{L \times B \times D}{35}$$

$$\begin{aligned} W &= 0,7 \times \frac{131,232 \times 34,44 \times 9,51}{35} \\ &= 859,633 \text{ ton} \\ &= 8430,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Koefisien block (Cb)

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_o} = \frac{859,633}{36,337 \times 10,5 \times 2,9 \times 1,025} = 0,75$$

Koefisien masa (cm)

$$C_m = 1 + \frac{3,14}{2 \times C_b} \times \frac{d}{B}$$

$$= 1 + \frac{3,14}{2 \times 0,75} \times \frac{2,9}{10,5} = 1,6$$

Koefisien eksintrisitas (Ce)

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{10}{10}\right)^2} = 0,5$$

Jadi, besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah sebesar

$$E = \frac{W \times V^2}{2 \times g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_C \quad E = \frac{8430,16 \times 0,15^2}{2 \times 9,81} \times 1,6 \times 0,5 \times 1 \times 1$$

$$= 7,73 \text{ kN.m}$$

Beban Arus

Beban arus dihitung berdasarkan kecepatan arus di wilayah dermaga dengan data arus yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Ambon sebesar 2 m/s. Maka beban arus dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.

$$F_c = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho_o \times A \times U^2 \quad F_c = \frac{1}{2} \times 1,0 \times 1,025 \times 0,5 \times 2^2 = 10,045 \text{ kN/m}$$

Beban Gelombang

Data gelombang diperoleh dari hasil obsevasi di lokasi perencanaan dengan tinggi gelombang rata-rata 0,5-1m. maka beban gelombang dapat dihitung menggunakan rumus persamaan 3.

$$F_i = 2 \times 1,025 \times 0,785 \times (0,5 + 0,15)^2$$

$$F_i = 0,6799 \text{ t/m}$$

$$F_d = 1 \times 0,5 \times 1,025 \times (0,5 + 0,15) \times 2$$

$$F_d = 0,666 \text{ t/m}$$

$$F = F_i + F_d$$

$$F = 0,6799 + 0,666 = 1,3459 \text{ t/m}$$

Tekanan hidrostatik

Tekanan hidrostatik digunakan untuk menghitung tekanan yang akan bekerja pada tiang struktur dermaga, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= \rho_o \times g \times h \\
 &= 1025 \times 9,81 \times 6,64 \\
 &= 66766,86 \text{ N/m}^2 \approx 66,766 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban gempa

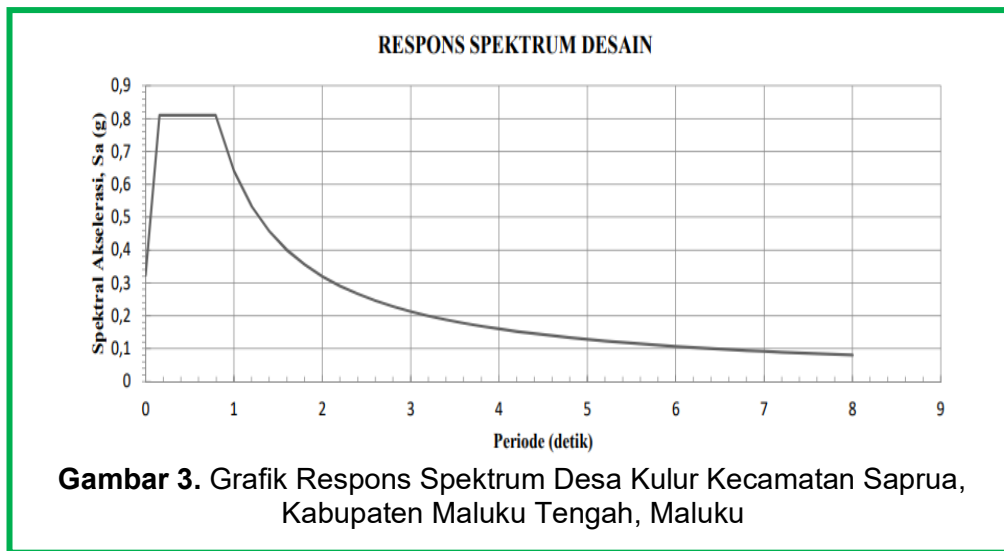
Perairan Desa Kulur, diasumsikan bahwa jenis tanah di daerah tersebut termasuk jenis tanah lunak (SE). Berdasarkan asumsi tanah tersebut kemudian ditentukan parameter kecepatan:

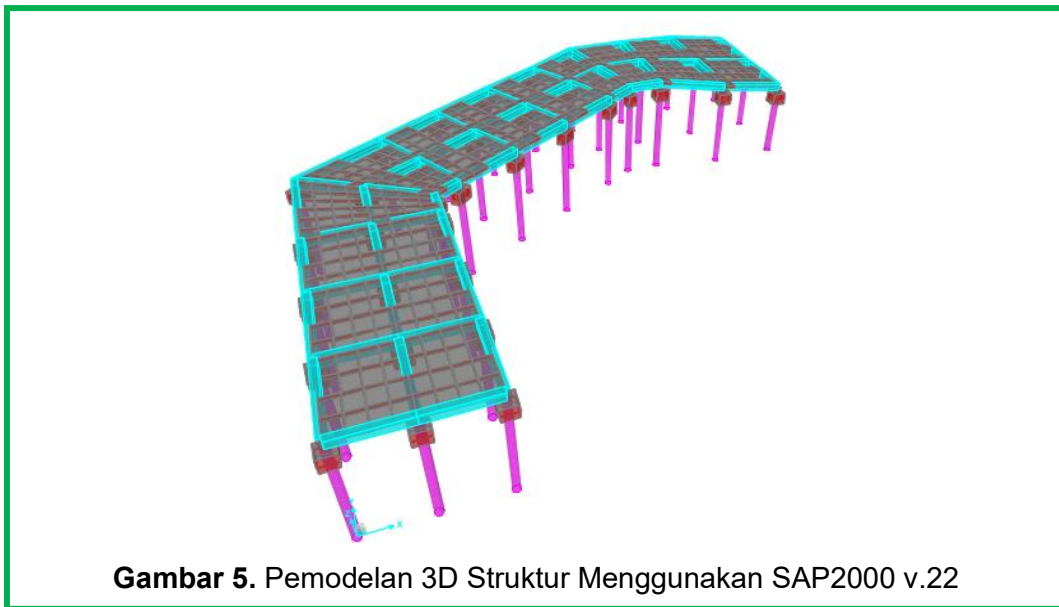
$$\begin{aligned}
 \text{PGA} &= 0,5048 \\
 S_s &= 1,1 \\
 S_1 &= 0,4
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Faktor situs

Nilai faktor situs ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2019	FA	= 1,1
	Fv	= 2,4
	FPGA	= 1,4
Menentukan nilai SMS dan SMI	SMS	= Fa x Ss = 1,1 x 1,1 = 1,2
	SMI	= Fv x S1 = 2/3 x 1,2 = 0,96
	SDS	= 2/3 x SMS = 2/3 x 1,2 = 0,81
Respon spektra rencana	SD1	= 2/3 x SMI = 2/3 x 0,9 = 0,64
	Ts	= SD1/SDS = 0,64/0,81 = 0,79339
	T0	= 0,2 x Ts = 0,2 x 0,8 = 0,15868

Berdasarkan SNI 1726-2019, faktor situs ditentukan untuk menyesuaikan karakteristik tanah terhadap potensi gempa, dengan nilai FA = 1,1, Fv = 2,4, dan FPGA = 1,4. Parameter kecepatan awal seperti PGA, Ss, dan S1 digunakan untuk menghitung nilai modifikasi spektrum gempa, yaitu SMS dan SMI, yang menunjukkan dampak respons struktur terhadap gempa. Selanjutnya, respon spektra rencana dihitung dengan SDS dan SD1, yang memperhitungkan pengaruh tanah terhadap percepatan seismik. Ts dan T0 ditentukan sebagai parameter waktu dominan dari struktur berdasarkan nilai spektrum respons gempa, yang menjadi acuan dalam perancangan bangunan tahan gempa di wilayah tersebut. Berikut adalah grafik respon spektrum yang dapat dilihat pada gambar 3:





Gambar 5. Pemodelan 3D Struktur Menggunakan SAP2000 v.22

Perencanaan Pelat Lantai

Data Perencanaan

$F'_c = 35 \text{ Mpa}$
 $F_y = 300 \text{ Mpa}$
 $F_u = 450 \text{ Mpa}$

Tebal pelat = 125 mm

Perhitungan momen pada pelat lantai dihitung menggunakan SAP2000 v.22 untuk mendapatkan nilai momen lapangan dan momen tumpuan pada pelat lantai dermaga.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Pelat lantai dermaga

No	Keterangan	Satuan	Tulangan Tumpuan dan Lapangan
1.	Mn	(kNm)	138,105
2.	Rn	-	3,3186
3.	m	-	10,0840
4.	ρ_{min}	-	0,0047
5.	ρ_{perlu}	-	0,0091
6.	ρ_{max}	-	0,0361
7.	As perlu	(mm ²)	2398,84

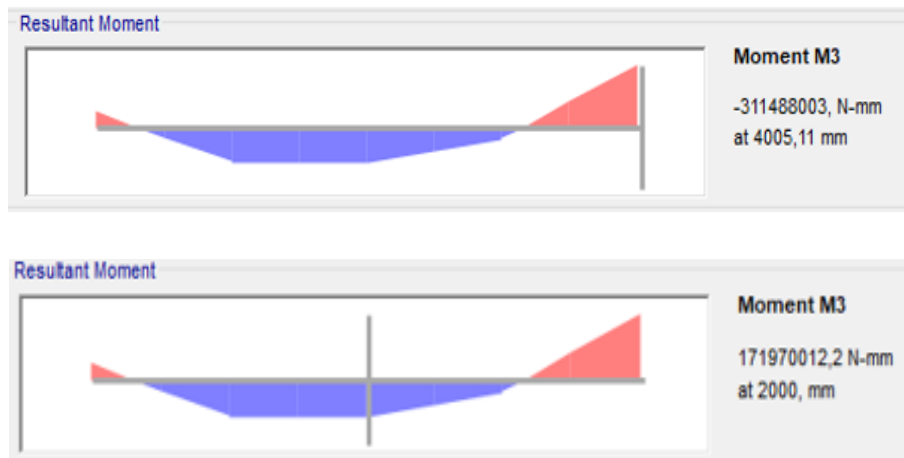
Berdasarkan pada hasil perhitungan pelat lantai dermaga, maka diperoleh tulangan D16-80 mm untuk tulangan daerah lapangan dan D16-105 mm untuk tulangan daerah tumpuan.

Perencanaan Balok Tresetle

Nilai gaya dalam yang bekerja pada balok diperoleh dari hasil analisis program SAP2000 v.22 yang digunakan untuk menghitung tulangan tumpuan, tulangan lapangan dan tulangan geser sehingga bisa mendapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada balok yang akan digunakan. Data perencanaan pada balok yang ditinjau sebagai berikut:

Lebar balok = 400 mm
 Tinggi balok = 600 mm
 Tulangan longitudinal = D16 mm
 Tulangan sengkang = Ø12 mm
 Selimut beton = 60 mm

Berdasarkan data perencanaan diatas maka didapatkan hasil yang diperoleh dari program SAP2000 v.22 dengan nilai momen tumpuan 311,488 kN.m dan momen lapangan 171,97 kN.m. hasil output dari program SAP2000 v.22.



Gambar 6. Nilai Momen Tumpuan dan Lapangan dari Program SAP2000 v.22

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan pada balok di daerah tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok Daerah Tumpuan

No	Keterangan	Satuan	Daerah Tumpuan	
			Atas	Bawah
1.	m	-	10,08	10,08
2.	Rn	-	3,25	3,25
3.	pmin	-	0,0046	0,00467
4.	pperlu	-	0,0115	0,01152
5.	pmax	-	0,0397	0,0397
6.	As min	(mm ²)	962,26	962,26
7.	As perlu	(mm ²)	2375,98	1187,99
8.	As terpasang	(mm ²)	2454,37	1472,62
9.	ØMn	(kNm)	321,109	-

Sumber: Data Olahan

Hasil perhitungan tulangan longitudinal balok di daerah tumpuan menunjukkan bahwa kebutuhan luas tulangan (A_s perlu) untuk bagian atas adalah 2375,98 mm² dan bagian bawah 1187,99 mm², dengan tulangan yang terpasang masing-masing sebesar 2454,37 mm² dan 1472,62 mm². Nilai rasio tulangan minimum (p_{min}) dan maksimum (p_{max}) berada dalam rentang yang sesuai, sementara rasio tulangan yang diperlukan (p_{perlu}) untuk bagian atas dan bawah masing-masing adalah 0,0115 dan 0,01152. Kapasitas momen nominal (ϕM_n)

yang dihasilkan untuk bagian atas mencapai 321,109 kNm, menunjukkan bahwa desain tulangan telah memenuhi kebutuhan struktural di daerah tumpuan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok Daerah Lapangan

No	Keterangan	Satuan	Daerah Lapangan	
			Atas	Bawah
1.	m	-	10,08	10,08
2.	Rn	-	1,79	1,79
3.	pmin	-	0,0046	0,0046
4.	pperlu	-	0,0061	0,0061
5.	pmax	-	0,0397	0,0397
6.	As min	(mm ²)	962,26	962,26
7.	As perlu	(mm ²)	637,66	1275,31
8.	As terpasang	(mm ²)	981,784	1963,5
9.	ØMn	(kNm)	-	260,16

Sumber: Data Olahan

Hasil perhitungan tulangan longitudinal balok di daerah lapangan menunjukkan bahwa kebutuhan luas tulangan (As perlu) untuk bagian atas adalah 637,66 mm² dan bagian bawah 1275,31 mm², dengan tulangan yang terpasang masing-masing sebesar 981,784 mm² dan 1963,5 mm². Nilai rasio tulangan minimum (pmin) dan maksimum (pmax) berada dalam batas yang sesuai, sementara rasio tulangan yang diperlukan (pperlu) untuk bagian atas dan bawah masing-masing adalah 0,0061. Kapasitas momen nominal (ØMn) yang dihasilkan untuk bagian bawah mencapai 260,16 kNm, menunjukkan bahwa desain tulangan telah memenuhi kebutuhan struktural di daerah lapangan.

Kapasitas penampang aktual harus memenuhi persyaratan dimana momen nominal aktual kali faktor reduksi tidak boleh kurang dari momen ultimit penampang ($\phi M_n > M_u$).

Kontrol:

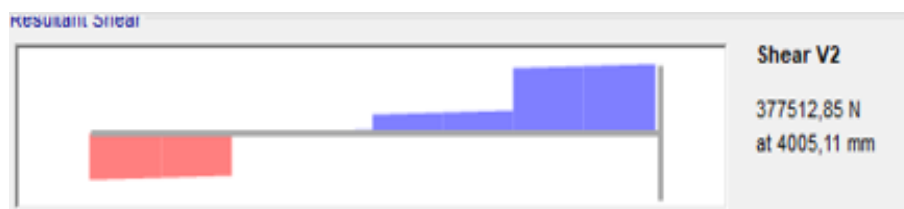
Daerah tumpuan

$$321,1097 \text{ kN.m} > 311,488 \text{ kN.m} \quad \dots(\text{OKE})$$

Daerah lapangan

$$260,168 \text{ kN.m} > 171,97 \text{ kN.m} \quad \dots(\text{OKE})$$

Nilai gaya geser pada balok trestle diperoleh dari hasil analisis program SAP2000 v.22. hasil output dari program SAP2000 v.22.



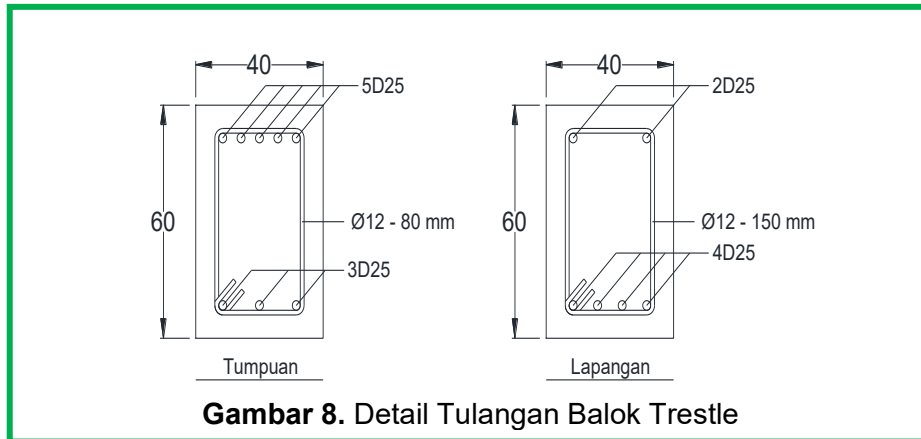
Gambar 7. Nilai Momen Tumpuan Dan Lapangan Dari Program SAP2000 v.22

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan geser balok dermaga dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser Balok Trestle

No	Keterangan	Satuan	Tulangan Geser
1.	V_c	(N)	203315,9
2.	$\emptyset V_s$	(N)	255522,4
3.	V_{perlu}	(N)	425871
4.	$\emptyset V_c$	(N)	121989,6

Berdasarkan hasil perhitungan tulangan geser pada balok maka diperoleh tulangan yang digunakan $\emptyset 12$ –80 mm. Detail penulangan balok Trestle dapat dilihat pada gambar 8.

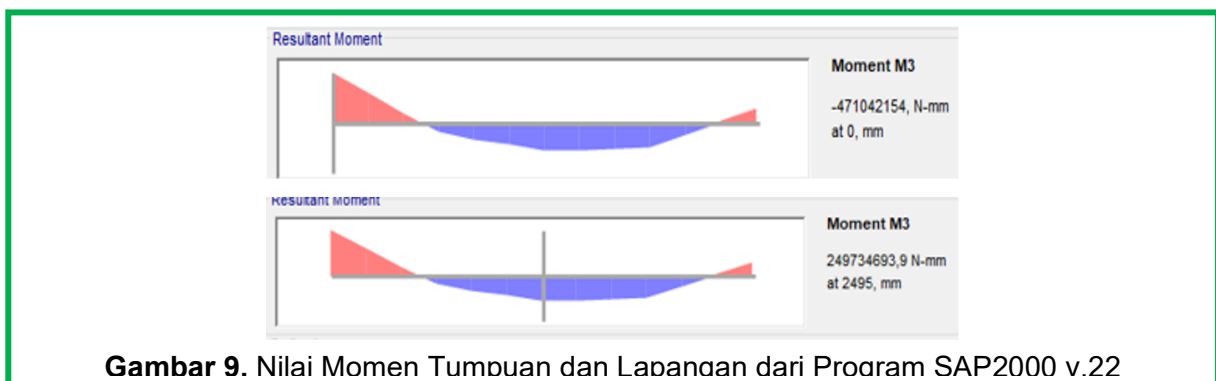
**Gambar 8.** Detail Tulangan Balok Trestle

Perencanaan Balok Dermaga

Nilai gaya dalam yang bekerja pada balok diperoleh dari hasil analisis program SAP2000 v.22 yang digunakan untuk menghitung tulangan tumpuan, tulangan lapangan dan tulangan geser sehingga bisa mendapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada balok yang akan digunakan. Data perencanaan pada balok yang ditinjau sebagai berikut:

Lebar balok = 400 mm
 Tinggi balok = 600 mm
 Tulangan longitudinal = D16 mm
 Tulangan sengkang = $\emptyset 12$ mm
 Selimut beton = 60 mm

Berdasarkan data perencanaan diatas maka didapatkan hasil yang diperoleh dari program SAP2000 dengan nilai momen tumpuan 471,042 kN.m dan momen lapangan 249,735 kN.m. hasil output dari program SAP2000 v.22 dapat dilihat pada gambar 9.

**Gambar 9.** Nilai Momen Tumpuan dan Lapangan dari Program SAP2000 v.22

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan pada balok di daerah tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok Daerah Tumpuan

No	Keterangan	Satuan	Daerah Tumpuan	
			Atas	Bawah
1.	m	-	10,084	10,084
2.	Rn	-	4,9238	4,9238
3.	pmin	-	0,0047	0,0047
4.	pperlu	-	0,0181	0,0181
5.	pmax	-	0,0397	0,0397
6.	As min	(mm ²)	962,267	962,267
7.	As perlu	(mm ²)	3723,26	1861,63
8.	As terpasang	(mm ²)	3926,99	1963,5
9.	ØMn	(kNm)	494,094	-

Perhitungan tulangan longitudinal balok pada daerah tumpuan, termasuk rasio tulangan (ρ), luas tulangan minimum (A_s min), perlu (A_s perlu), dan terpasang (A_s terpasang). Tulangan yang terpasang sedikit lebih besar dari kebutuhan untuk memastikan keamanan struktur. Kapasitas momen nominal (ϕM_n) tercatat 494,094 kNm di atas, sementara nilai untuk bagian bawah tidak tercantum. Data ini membantu menentukan distribusi tulangan yang optimal untuk kestabilan balok.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok Daerah Lapangan

No	Keterangan	Satuan	Daerah Lapangan	
			Atas	Bawah
1.	m	-	10,084	10,084
2.	Rn	-	1,7976	1,7976
3.	pmin	-	0,0047	0,0047
4.	pperlu	-	0,0091	0,0091
5.	pmax	-	0,0397	0,0397
6.	As min	(mm ²)	962,267	962,267
7.	As perlu	(mm ²)	940,379	1275,32
8.	As terpasang	(mm ²)	981,784	1963,5
9.	ØMn	(kNm)	-	260,168

Perhitungan tulangan longitudinal balok di daerah lapangan, dengan kebutuhan tulangan lebih kecil dibanding daerah tumpuan. Luas tulangan minimum ditetapkan 962,267 mm², sementara kebutuhan tulangan (A_s perlu) adalah 940,379 mm² di atas dan 1275,32 mm² di bawah, dengan tulangan terpasang sedikit lebih besar untuk keamanan. Kapasitas momen nominal (ϕM_n) tercatat 260,168 kNm di bawah, menunjukkan distribusi gaya yang lebih ringan dibanding tumpuan.

Pengecekan kapasitas penampang aktual harus memenuhi persyaratan dimana momen nominal aktual kali faktor reduksi tidak boleh kurang dari momen ultimit penampang ($\phi M_n > M_u$).

Kontrol:

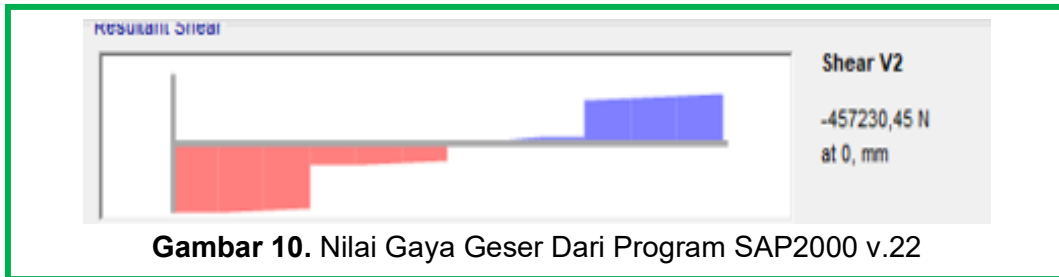
Daerah tumpuan

494,094 kN.m > 471, 042 kN.m ... (OKE)

Daerah lapangan

260,168 kN.m > 249, 734 kN.m.... (OKE)

Nilai gaya geser pada balok dermaga diperoleh dari hasil analisis program SAP2000 v.22. hasil output dari program SAP2000 v.22 dapat dilihat pada gambar 10.



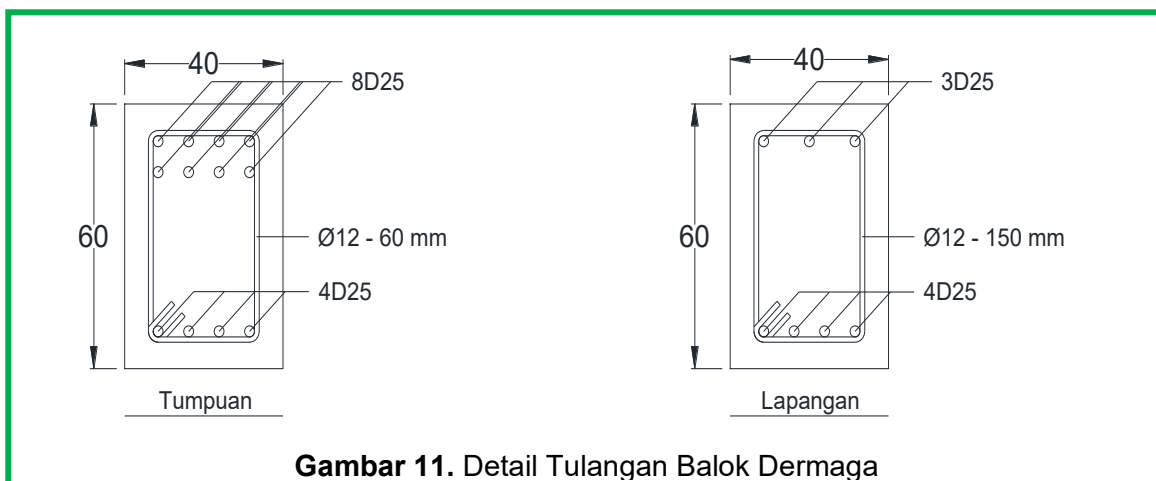
Hasil perhitungan kebutuhan tulangan geser balok dermaga dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser Balok Dermaga

No	Keterangan	Satuan	Tulangan Geser
1.	Vc	(N)	203315,9
2.	ØVs	(N)	335240
3.	Vsperlu	(N)	425871
4.	ØVc	(N)	121990

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan geser balok dermaga, dengan kapasitas geser beton (Vc) sebesar 203.315,9 N dan kapasitas geser terfaktor (ØVc) sebesar 121.990 N. Kebutuhan tulangan geser (Vsperlu) tercatat 425.871 N, sementara kapasitas geser tulangan terfaktor (ØVs) adalah 335.240 N. Data ini menunjukkan bahwa tulangan geser diperlukan untuk memenuhi kebutuhan kekuatan geser yang melebihi kapasitas beton.

Berdasarkan hasil perhitungan tulangan geser pada balok maka diperoleh tulangan Ø12–60 mm. Detail penulangan balok dermaga dapat dilihat pada gambar 11.



Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom dibutuhkan gaya aksial dan momen yang diperoleh dalam hasil analisis program SAP2000 v.22. data perencanaan kolom sebagai berikut:

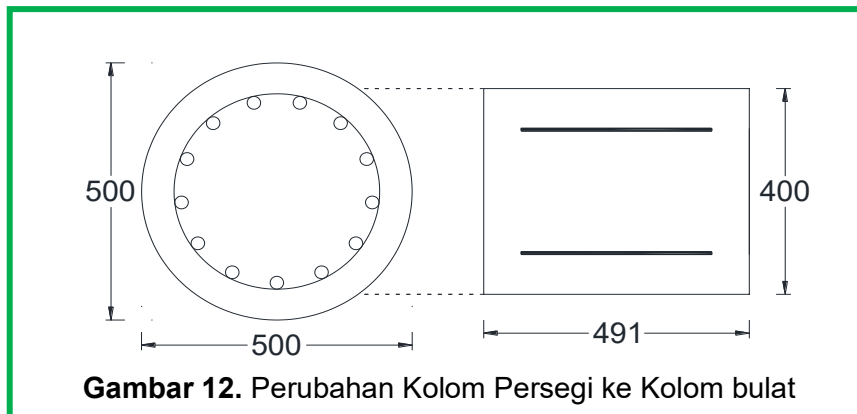
Diameter kolom	= 500 mm
F'c	= 35 Mpa
Fy	= 300 Mpa
Tulangan sengkang	= 12 mm
Tulangan utama	= 25 mm
Tebal selimut	= 25 mm

Berdasarkan data perencanaan diatas maka didapatkan hasil yang diperoleh dari program SAP2000 dengan nilai momen 217258418 kN.m dan gaya aksial sebesar 2022567 kN. analisis struktur kolom dengan pendekatan empiris persamaan Whitney analisis dilakukan dengan metode pendekatan Whitney, yaitu dengan membuat penampang lingkaran menjadi penampang segi empat. Hasil analisis perubahan kolom lingkaran ke kolom persegi dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kolom dengan metode pendekatan Whitney

No	Keterangan	Satuan	Nilai
1	Tinggi kolom (h)	(mm)	400
2	Lebar kolom (b)	(mm)	490,625
3	As	(mm ²)	3189
4	Jarak antar lapisan (Sd – d')	(mm)	245,3
5	Tebal selimut	(m)	77,33

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat dilihat perubahan kolom persegi ke kolom lingkaran pada gambar 12.



Pengecakan apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil daripada eksentrisitas balance untuk menentukan keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan atau keruntuhan tarik. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan eksentrisitas pada kolom demaga

No	Keterangan	Satuan	Nilai
1.	e	(mm)	107,4
2.	ϵ_y	-	0,002
3.	Cb	-	163,55
4.	a _b	-	139

5.	Cc	(N)	2029181,4
6.	T	(N)	956718,7
7.	Cs	(N)	913839,7
8.	ϕP_b	(N)	1291096,6
9.	ϕM_b	(N)	224009806
10.	e_b	(mm)	173,5

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 8 diperoleh nilai eksentrisitas (e) lebih kecil dari eksentrisitas balance (e_b) maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan. Pemeriksaan kondisi tekan dapat menggunakan persamaan kesetimbangan. Hasil analisis kondisi tekan pada kolom dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan kondisi keruntuhan tekan pada kolom dermaga

No	Keterangan	Satuan	Nilai
1.	C	(mm)	298,9
2.	ϵ_s	-	0,0023
3.	ϵ_y	-	0,0015
4.	ϕ	-	0,7
5.	P_n	(Nmm)	3665988,4
6.	M_n	(Nmm)	636061936
7.	ϕP_n	(Nmm)	2566191,9
8.	ϕM_n	(Nmm)	445243355,3

Kontrol:

$$\phi P_n > P_u$$

$$2566191,9 \text{ N} > 2022567 \text{ N} \dots(\text{OK})$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$445243355,3 \text{ Nmm} > 217258418 \text{ Nmm} \dots(\text{OK})$$

Berdasarkan hasil analisis kolom bulat diameter 500 mm dapat digunakan dan tulangan yang dipakai pada kolom 13D25.

Perencanaan Pile Cap

Perhitungan tulangan pile cap sama dengan perhitungan tulangan pada pelat lantai data perencanaan pile cap sebagai berikut:

$$\text{lebar} = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi} = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{tebal selimut} = 75 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

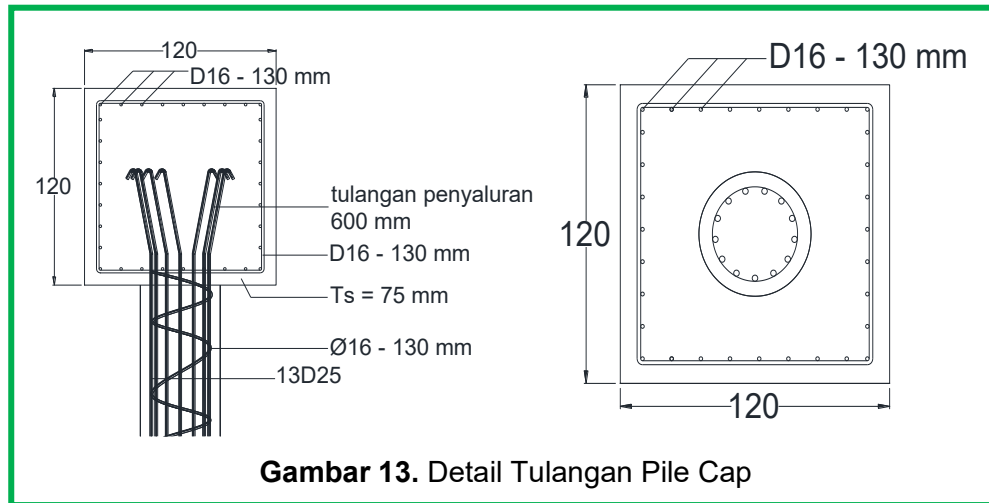
Perhitungan gaya dalam yang bekerja pada pile cap dihitung menggunakan SAP2000 V.22 untuk mendapatkan nilai momen pada pile cap. Dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap dermaga

No	Keterangan	Satuan	Tulangan Tumpuan dan Lapangan
1.	M_n	(kNm)	588,8027
2.	R_n	-	0,40478
3.	m	-	10,0840
4.	p_{min}	-	0,0047

5.	p _{perlu}	-	0,0397
6.	p _{max}	-	0,00136
7.	As perlu	(mm ²)	1794,9

Berdasarkan pada hasil perhitungan pile cap pada dernaga, maka diperoleh tulangan D16–130 mm. Detail tulangan pile cap dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Detail Tulangan Pile Cap

3.2 Pembahasan

Penelitian ini digunakan beberapa penelitian sebelumnya sebagai perbandingan yakni penelitian yang dilakukan oleh Riyan Aditya N, et al., 2017, dalam “Perencanaan Dermaga Pelabuhan Perintis Windesi Kab. Kepulauan Yapen, Papua”, dengan bobot kapal rencana sebesar 500 DWT lebih kecil 28,57% dari bobot kapal rencana penelitian ini yakni 700 DWT. Dimensi struktur balok 40x70 cm, lebih besar 17% dari dimensi balok rencana yakni 40x60 cm. Rasio tulangan balok didapatkan adalah p lapangan = 0.0044 dan p tumpuan = 0.0074 lebih kecil 55,22% dibandingkan dengan rata-rata rasio tulangan lapangan dan tumpuan penelitian ini yakni p lapangan = 0.0091 dan p tumpuan = 0.0182. Dimensi pelat yang didapatkan adalah $t = 300$ mm sama dengan tebal pelat pada penelitian ini yakni $t=300$ mm, tetapi penggunaan tulangan pelat dalam penelitian ini lebih rapat yakni D16-80 tumpuan dan D16-105 lapangan sehingga memiliki kekuatan yang lebih baik. Penelitian ini juga menghitung dimensi yakni pile cap 1200mmx1200 mm dengan menggunakan tulangan D16-130 mm sebagai tulangan utama dan tulangan bagi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis didapatkan penampang rencana yakni tebal pelat 125 mm dengan tulangan lapangan D16-80 mm dan tulangan tumpuan D16-105 mm, struktur balok trestle 600x400 mm menggunakan tulangan 8D25 dengan tulangan sengkang tumpuan Ø12-80 mm dan tulangan lapangan Ø12-150 mm, struktur balok dernaga 600x400 mm menggunakan tulangan 12D25 dengan tulangan sengkang tumpuan Ø12-60 mm dan tulangan lapangan Ø12-150 mm, struktur kolom bulat diameter 500 mm menggunakan tulangan 13D25 dengan tulangan sengkang spiral Ø16–150 mm, struktur pile cap 1200 mm x 1200 mm menggunakan tulangan D16-130 mm.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z. (2023). *Evaluasi Area Perairan Dermaga Untuk Kepentingan Sendiri (DUKS) Milik Semen Indonesia Gresik Dengan Peningkatan Kapal 8000DWT* (Doctoral dissertation, Universitas Narotama).
- Adyawardhana, A., Atikasari, L., & Soedarto, J. (2017). "Perencanaan Dermaga Kapal Perintis Di Pulau Kurudu, Papua". *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 6. No.4, pp.134-143, Nov. 2017.
- Affandhie, R, B, A. dkk. (2020). Evaluasi Struktur Dermaga Akibat Korosi Berdasarkan SNI 2833-2016 Dan SNI 1725-2016. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 18 (1), 261-276.
- Amalia, T. A., Sasmito, A., & Mandaka, M. (2021). Engku Hamida International Ferry Port With Neoclastic Architecture Approach Pelabuhan Ferry Internasional Engku Hamida Dengan Pendekatan Arsitektur Neoklasik. *Arsitektur Universitas Pandanaran Jurnal*, 1(1), 22-32.
- Benge, C. A. I., Asih, A. S., & Hermawan, A. (2024). Perencanaan Ulang Struktur Dermaga Pelabuhan Waikelo, Sumba Barat Daya. *5TH CEEDRIMS 2024*, 5(2), 297-306.
- C. Devina, B. Kristi, B. Kristi, P. Nugroho, and S. Sriyana. (2017) "Perencanaan Dermaga Pelabuhan Rakyat Samber, Papua," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 6, no. 4, pp. 309-318, Dec. 2017.
- Da costa, T, G, S. dkk. (2020). Evaluasi Perencanaan Dermaga (Jetty) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste. *Jurnal Ilmiah Telsinas*, 3(1), 6-11.
- Fitriyanti, F. (2020). *Analisis Kapasitas Fender Tipe V Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Hafudiansyah, E & Prima, G. R. (2020). "Analisa Struktur Dermaga Cargo Dengan Kapasitas Kapal 50.000 GT (Studi Kasus: Pelabuhan Kolaka Sulawesi Tenggara). *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1).
- Herdiansah, Y., Susela, S., Nurjihan, F. (2018). Assesment Dermaga Miangas Kabupaten Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Santika*, 5(1), 731-754.
- Huda, N., & Salwiyah, S. (2024). Struktur Komunitas Jenis Mikroepifit Pada Padang Lamun di Perairan Pelabuhan Feri Tomia Desa Kollo Soha Kecamatan Tomia Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 1(4), 15-29.
- Imbardi, I., & Masrul, W. (2021). Perencanaan dan Perancangan Pelabuhan Penumpang Domestik dan Internasional Kabupaten Meranti. *Jurnal Arsitektur: Arsitektur Melayu dan Lingkungan*, 8(1), 16-27.
- Maspaitella, D. C. (2021). Analisis Kebutuhan Kapal Ferry Di Pelabuhan Laut, Provinsi Maluku (Study Kasus Pelabuhan Ferry Hunimua-Waipirit). *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 7(2), 63-76.
- Nugroho, B. J., & Hartono. (2022). Pemodelan Beban Pada Struktur Dermaga Multipurpose Dengan SAP2000. *Jurnal teknik sipil Unaya*, 8(1), 98-107.

- Plangiten, R. R., Pandey, S. V., & Lalamentik, L. G. (2019). Evaluasi Kinerja Operasional Pelabuhan ASDP Indonesia Ferry Bitung. *Sipil Statik*, 7(2), 265-276.
- Pranata, D. (2019). Perencanaan Dermaga Pelabuhan Peti Kemas Maloy Di Kutai Timur. *Dynamic Saint*, 4(1), 734-741.
- Soedarto, J. (2017). *Perencanaan Dermaga Pelabuhan Perintis Windesi Kab. Kepulauan Yapen, Papua*. 6.
- Sudjasta, B. dkk. (2022). Perencanaan Dermaga Kapal Pengangkut Ternak Pada Pelabuhan Calabai, Nusa Tenggara Barat. *Civil Engineering Collaboration*, 7(1), 87-95.
- Sukri, A.S., & Karamma, R. (2019). Pemodelan Pembebanan Gaya Pada Struktur Dermaga Dengan Aplikasi SAP2000. *semanTIK*, 5(1), 69-78.
- Thersian, P. (2017). *Pengaruh Tumpahan Clinker Terhadap Kelancaran Proses Sandar Kapal Di Lingkungan Dermaga Pelabuhan Semen Indonesia Tuban* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Utomo, E. (2021). Analisis Kelayakan Struktur Dermaga IV Pelabuhan Malundung Kota Tarakan Untuk Kapasitas Mobil Crane Bongkar Muat. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 103–116.