

ANALISA STRUKTUR DERMAGA DOMESTIK PT. TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA (TPS)

Anditya Nurpradipta¹

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan,
Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60118

E-mail: addictoadit@gmail.com

Abstrak

Dalam meningkatkan perekonomian, dermaga merupakan salah satu aspek infrastruktur yang berperan penting. Dermaga berperan dalam proses pengiriman barang sehingga perlu memberikan pelayanan yang baik. Lamanya dermaga mampu memberikan pengaruh terhadap kekuatan strukturnya. Oleh karena itu perlunya Analisa yang memperhitungkan terhadap kekuatan struktur dermaga agar dermaga mampu memberikan potensinya secara maksimal. Penelitian pada Terminal Petikemas Surabaya dilakukan Analisa untuk mengetahui kinerja struktur dan kekuatan struktur terhadap pengaruh gaya vertical dan horizontal

Pada penelitian ini struktur dimodelkan menggunakan Program SAP.2000 v 21, untuk menganalisa tulangan penampang seperti geser, lentur, dan torsi pada balok, kolom serta menganalisa perilaku struktur. Selanjutnya dilakukan Analisa struktur terhadap gempa dengan mengacu pada Standar Design Criteria for Ports in Indonesia, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2019, Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan.

Hasil analisa ini menunjukkan penampang masih memenuhi syarat dengan hasil gaya dalam pada penampang SNI 2847:2019 masih mampu memikul beban-beban yang bekerja pada dermaga pada saat ini hingga tahun 2021. Balok Crane pada dermaga mendekati kritis atau batas aman dengan tebal selimut minimum < 10 mm dengan Safety Factor tulangan lentur pada 2021 = 0,41. Dari hasil Analisa struktur dapat dikategorikan bahwa dermaga domestic ini masih mampu, hanya mengalami penurunan durabilitas layan struktur yang diakibatkan tebal selimut kurang dari 75 mm pada elemen balok crane.

Kata kunci: Analisa Struktur, Safety Factor, Gaya Vertikal dan Horizontal.

Abstract

In improving the economy, the dock is one aspect of infrastructure that plays an important role. The dock plays a role in the process of shipping goods so it is necessary to provide good service. The length of the pier can have an influence on the strength of the structure. Therefore the need for an analysis that takes into account the strength of the pier structure so that the pier is able to provide its maximum potential. Research at the Surabaya Container Terminal was analyzed to determine the performance of the structure and the strength of the structure against the influence of vertical and horizontal forces

In this study the structure is modeled using the SAP.2000 v 21 program, to analyze cross-sectional reinforcement such as shear, bending, and torsion in beams, columns and analyze the behavior of the structure. Furthermore, structural analysis of the earthquake was carried out with reference to the Design Criteria Standards for Ports in Indonesia, Procedures for Calculation of Concrete Structures for SNI 03-2847-2019 Buildings, Technical Standards for Port and Harbor Facilities in Japan.

The results of this analysis show that the cross-section still meets the requirements with the results of the internal forces on the SNI 2847:2019 cross-section still being able to carry the loads that work on the pier at this time until 2021. Crane beams on the pier are close to critical or safe limits with a minimum blanket thickness of < 10 mm with Safety Factor of flexural reinforcement in 2021 = 0.41. From the results of the structural analysis, it can be categorized that this domestic jetty is still capable, only experiencing a decrease in the serviceability of the structure due to the blanket thickness of less than 75 mm on the crane beam elements.

Keywords: *Structure Analyze, Safety Factor, Vertical and Horizontal Forces*

1. PENDAHULUAN

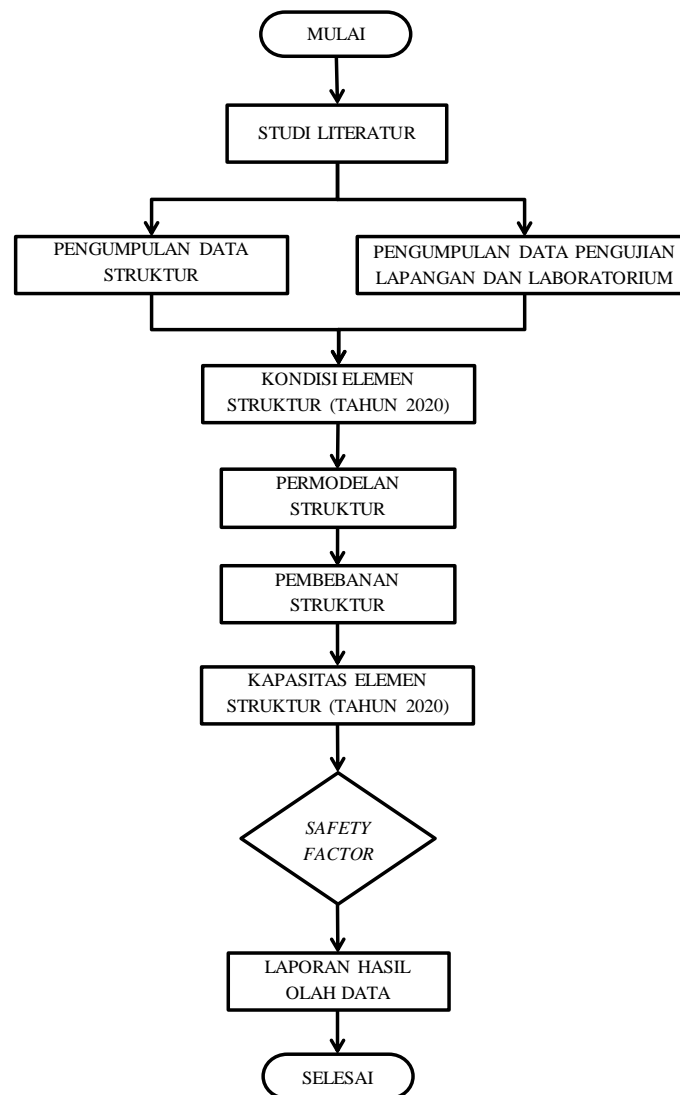
Dermaga, merupakan salah satu dari banyak contoh infrastruktur yang dibutuhkan masyarakat dalam meningkatkan perekonomian, dan juga mobilitas suatu daerah, bahkan negara. Dermaga sendiri, adalah tempat kapal ditambatkan di pelabuhan, memiliki peran sebagai tempat berlangsungnya kegiatan bongkar muat barang dan naik turunnya orang atau penumpang dari dan ke atas kapal. Maka dari itu, diperlukan infrastruktur dermaga yang nyaman, dengan memastikan kekokohnya.

Dermaga Domestik milik PT. Terminal Petikemas Surabaya (TPS) merupakan salah satu penunjang utama perekonomian di Indonesia Timur, karena dermaga ini sangat berperan sebagai jalur pengiriman barang antar pulau baik dari maupun ke Surabaya. Seiring berjalannya waktu, mulai muncul kembali tanda-tanda kerusakan khususnya pada bagian bawah struktur dermaga. Hal ini bila tidak dilakukan pemeriksaan dan perbaikan segera, dapat mengganggu fungsi pelayanan dermaga domestik. Sehingga perlu dilaksanakan suatu pekerjaan penelitian guna mengetahui kondisi kekuatan layan dermaga saat ini, mengevaluasi sifat-sifat fisik struktur, serta rekomendasi perbaikan yang perlu dilakukan.

Dalam Proyek Akhir ini, penulis akan melakukan penelitian berdasarkan hasil uji lapangan dan laboratorium pada tahun 2004 dan 2011. Sedangkan penelitian diadakan pada tahun 2021, tanpa mengadakan uji lapangan dan laboratorium kembali. Penelitian ini menyoroti kondisi tulangan pada struktur, yang sangat rentan terhadap kondisi lingkungan struktur berada. Tulangan sangat rentan mengalami korosi, dan umumnya mengurangi luas penampang tulangan tersebut. Dari penelitian tersebut, dapat diketahui kondisi masing-masing elemen struktur. Langkah selanjutnya, yakni menghitung kapasitas struktur yang bebannya diasumsikan terdiri atas berat struktur sendiri, beban akibat kapal, beban truk, dan container crane sejumlah 1 unit. Didapatlah gaya dalam yang dapat kita bandingkan dengan Safety Factor (angka keamanan) untuk menyimpulkan bagian mana saja yang tidak aman. Dari kesimpulan tersebut, akan diulas rekomendasi perbaikan yang perlu dilakukan.

Dalam proposal Proyek Akhir ini, penulis menggunakan berbagai literatur sebagai acuan dalam meneliti dan menganalisa struktur dermaga.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir

Diagram alir di atas merupakan tahapan Analisa Struktur dalam proyek akhir ini, dengan penjelasannya antara lain:

1. Studi Literatur

Pedoman atau literatur yang digunakan dalam Proyek Akhir Analisa Struktur Dermaga Domestik PT. Terminal Petikemas Surabaya (TPS) ini secara umum terdapat dari buku- buku sebagai berikut:

- a. Standard Design Criteria For Ports In Indonesia, 1984.
- b. Peraturan Muatan Indonesia 1970 (PMI 70 – NI 18).
- c. PIANC Guidelines for the Design of Fenders System.
- d. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan.
- e. Tata Cara Perencanaan Struktur Tahan Gempa untuk Gedung (SNI 03-1726-2019).
- f. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2019).

- g. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2019).
- h. American Standard Testing Methode (ASTM) untuk standard pengujian.
- i. Standard-standard lain sejauh tidak bertentangan dengan ketentuan yang berlaku.

2. Pengumpulan Data (Struktur serta Uji Lapangan dan Laboratorium)
Data untuk analisa struktur Dermaga Domestik TPS ini sendiri diperoleh dari PT. ITS Kemitraan, Surabaya. Adapun data-data yang diperoleh ialah data-data yang tercantum pada proposal ini.

3. Kondisi Elemen Struktur (Tahun 2021)
Dari data yang diperoleh, diketahui kondisi struktur pada tahun 2004 dan 2011 mengalami penurunan kualitas. Tidak menutup kemungkinan bahwa kualitas tersebut juga semakin menurun pada tahun 2021. Maka, perlu diperkirakan kondisi struktur saat ini dengan asumsi tidak adanya pemeliharaan berkala pada struktur, dengan tujuan memperkirakan kapasitas struktur pada kondisi terburuk.

4. Permodelan Struktur
Permodelan struktur menggunakan alat bantu SAP2000

5. Pembebanan Struktur
Pembebanan struktur terdiri atas:

- Beban vertikal merata (beban mati dan beban hidup)
- Beban vertikal terpusat (beban truk dan beban container crane)
- Beban horizontal akibat kapal (gaya tekan fender dan tarik bolder)

Sedangkan kombinasi beban yang paling kritis, yakni:

$1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 CC + 1.6 BL + 1,6 FL$

Dimana :

DL = Beban Mati
LL = Beban Hidup Dermaga
BL = Beban Tarik Bolder
FN = Beban Tekan Fender
CC = Beban Container Crane

6. Kapasitas Elemen Struktur (Tahun 2021)
Kapasitas struktur dapat dihitung menggunakan alat bantu SAP2000

7. Safety Factor Elemen Struktur
Safety Factor (angka keamanan) elemen struktur diperoleh dari analisa struktur pada beban momen maupun geser. Berikutnya, akan dibandingkan angka keamanan tahun 2004, 2011, dan 2021. Angka keamanan elemen struktur ini juga akan dicek apakah mendekati batas amannya ($SF > 1$).

8. Laporan Hasil Olah Data
Ialah laporan Proyek Akhir yang sudah difinalisasi dan disetujui oleh dosen pembimbing dan dosen penguji. Hasil akhirnya ialah kesimpulan kondisi masing-

masing elemen struktur, lalu elemen struktur mana saja yang membutuhkan perkuatan, dan rekomendasikan perkuatan apa yang bisa diterapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Korosi Dan Perkiraan Sisa Tulangan

Untuk menentukan sisa kekuatan struktur saat ini maupun untuk yang akan datang, perlu diketahui kondisi tulangan pada saat studi ini dilakukan. Hal ini terutama dengan mengetahui laju korosi pada beton bertulang yang akan meningkat secara cepat setelah tulangan mulai terkontaminasi senyawa Chlor. Adapun lama waktu Chlor mencapai tulangan tergantung dari ketebalan selimut beton (beton decking). Sehingga dapat dikatakan bahwa laju korosi yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah berdasarkan tebal selimut beton terpasang.

Waktu Layan Selimut Beton

Hasil studi laju korosi tulangan berdasarkan tebal selimut betonnya pada struktur Dermaga Domestik milik PT. TPS Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 1 Analisa Perkembangan Korosi pada tulangan

No	Uraian	Tebal Selimut Beton Min.	Tebal Selimut Beton Rata-rata.	Keterangan
1	Tebal selimut beton	0.7 cm	5.1 cm	
2	Diameter tulangan utama (mm)	25 mm	25 mm	
3	Waktu yang dipakai Chlor mencapai tulangan utama $\left(\frac{no.1}{0.2}\right)$ tahun	3.5	25.5	* 0.2 cm / tahun = kecepatan penetrasi chlor eksisting
4	Waktu yang dipakai untuk mencapai konsentrasi Chlor sebesar 0,025 % adalah $\left(\frac{0.025}{0.0124}\right)$ tahun	2	2	* 0,025 % syarat SNI-03-2847-2013 *0.0124 % kecepatan penambahan konsentrasi Chlor per tahun
5	Korosi pada tulangan mulai berkembang setelah umur bangunan (no 3 + no 4) (tahun)	5.5	27.5	

Laju Korosi Tulangan Berdasarkan Tebal Selimut Beton

Sehingga dari analisa korosi tulangan, nilai terbesar di struktur Dermaga Domestik adalah 0.5 mm. Sehingga laju korosinya adalah →

- Untuk kondisi tebal selimut beton minimum 0.7 cm →

$$\text{Laju korosi maks.} = \frac{0.5}{(5.5 - 5.0)} = \mathbf{1 \text{ mm / tahun.}}$$

- Untuk kondisi tebal selimut beton rata-rata 5.1 cm →

$$\text{Laju korosi rata-rata} = \frac{0.5}{(27.5 - 20.0)} = \mathbf{0.06 \text{ mm / tahun.}}$$

Prakiraan Sisa Luas Tulangan 6 Tahun Yang Akan Datang (Tahun 2021)

Dengan asumsi tidak dilakukannya perbaikan apapun, maka prediksi prosentase luas tulangan tahun 2021 dengan anggapan tanpa adanya perbaikan (A_{21}):

- Untuk kondisi tebal selimut beton minimum →

Prosentase sisa luasan tulangan (A_{21})

$$A_{r21} = \frac{\frac{1}{4}\pi(D_{21})^2}{\frac{1}{4}\pi(D)^2} \times 100\% = \frac{(13)^2}{(25)^2} \times 100\% = \mathbf{27 \%}$$

- Untuk kondisi tebal selimut beton rata-rata →

Prosentase sisa luasan tulangan (A_{15})

$$A_{r21} = \frac{\frac{1}{4}\pi(D_{21})^2}{\frac{1}{4}\pi(D)^2} \times 100\% = \frac{(24.28)^2}{(25)^2} \times 100\% = \mathbf{94 \%}$$

Kombinasi Pembebanan

Berikut adalah kombinasi pembebanan pada dermaga saat kondisi Ultimate :

- 1 1,4DL + 1,4CC
- 2 1,2DL + 1,6LL + 1EV
- 3 1,2DL + 1,6LL + 1EV + 1,6CC
- 4 1,3DL + 1LL + 1EV + 1,6BL
- 5 1,2DL + 1,6LL + 1,6CC + 1,6BL+1,6FL

Dimana :

DL = Beban Mati

LL = Beban Hidup Dermaga

BL	= Beban Tarik Bolder
FL	= Beban Tekan Fender
EV	= Beban Gelombang dan Arus
CC	= Beban Container Crane

Kondisi Gempa

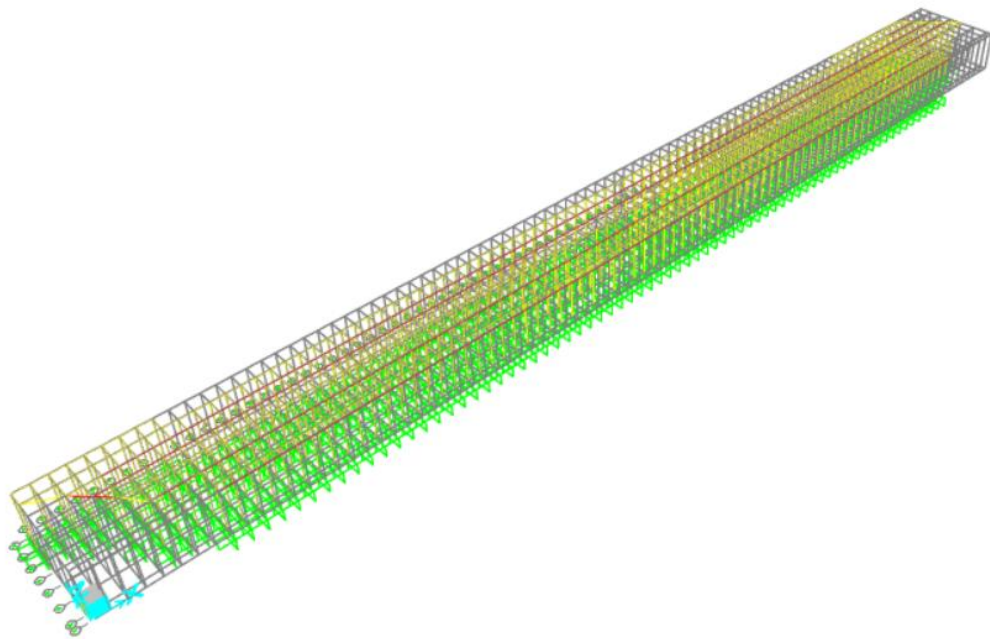
Kombinasi pembebanan pada waktu gempa mengacu pada SNI 2833 2013 pasal 5.8 dengan faktor modifikasi gempa adalah 1,5 dengan asumsi demaga sebagai bangunan dengan kategori penting sekali :

1. $DL + LL \pm EQ_x \pm 0,3EQ_y$
2. $DL + LL \pm EQ_y \pm 0,3EQ_x$

Keterangan:

- DL = beban mati yang bekerja (kN)
LL = beban hidup yang bekerja (kN)
EQ_x = beban gempa yang bekerja pada arah x
EQ_y = beban gempa yang bekerja pada arah y

Hasil perhitungan analisis dari dermaga domestic Petikemas Surabaya (TPS) disajikan pemodelan *software* SAP.2000 sebagai berikut.



Gambar 2 Hasil Pemodelan SAP.2000

Setelah dilakukan pemodelan dengan *software* SAP.2000, output yang didapatkan untuk pelat adalah :

Tabel 2 Momen Pelat

Momen Plat Rencana (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
14,18	14,59	41,96	52,33

Hasil perhitungan momen yang didapatkan digunakan untuk perhitungan kesesuaian kemampuan penulangan pelat eksisting . Hasil penulangan yang didapat bahwa struktur eksisting tidak memerlukan perubahan tulangan maupun dimensi, rekapitulasi tulangan pelat dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 3 Rekapitulasi Tulangan Pelat

ARAH	TUMPUAN				LAPANGAN			
X	d	25	-	100	d	25	-	200
Y	d	25	-	100	d	25	-	200

Setelah menganalisa pelat ,maka dari hasil Analisa SAP.2000 juga digunakan untuk menghitung elemen struktur balok eksisting pada dermaga. Hasil output dapat dilihat pada Tabel 3 :

Tabel 4 Momen Balok

Momen Balok Memanjang (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
14,18	14,59	41,96	52,33
Momen Balok Crane (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
14,18	14,59	41,96	52,33

Hasil output SAP tersebut digunakan untuk menghitung kemampuan elemen balok eksisting pada dermaga domestik. Dimana hasil yang diperoleh bahwa elemen struktur tidak memerlukan perubahan dimensi maupun tulangan, dapat dilihat rekapitulasi penulangan sebagai berikut :

Tabel 5 Rekapitulasi Penulangan Balok

Type	Balok Induk Crane	
Dimensi	1660 x 2100	
Daerah	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	16 D32	16 D32
Tul. Lentur Tekan	8 D32	8 D32
Tul. Puntir	-	
Tul.Geser	4D16-200	4D16-200

Type	Balok Induk Melintang	
Dimensi	1500 x 1500	
Daerah	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	18 D25	18 D25
Tul. Lentur Tekan	18 D25	17 D25
Tul. Puntir	2x5 D16	
Tul. Geser	4D16-200	4D16-200

Dari hasil Analisa SAP.2000 digunakan untuk menghitung elemen struktur pilecap pada dermaga. Dapat dilihat pada Tabel 4 struktur eksisting pilecap yang mampu menahan pembebanan hasil; output dari SAP.2000 :

Tabel 6 Rekapitulasi Penulangan Pilecap

Tipe	Steel Pipe Pile	Kontrol Geser Pond	Tulangan		Kontrol
	(mm)		Arah X	Arah Y	$\phi M_n > M_u$
A	1100	OK	D25 - 150	D25 - 150	OK
B	1100	OK	D25 - 150	D25 - 150	OK

Setelah dilakukan perhitungan terhadap keseluruhan bagian elemen struktur, maka didapatkan angka keamanan awal dan angka keamanan saat ini dari elemen – elemen struktur yang dapat dilihat pada Tabel berikut :

Rekapitulasi SF Awal Struktur Dermaga Domestik :

- **Lentur Balok (Tumpuan)**

Tabel 7 Safety Factor Awal Tulangan Lentur Balok (Tumpuan)

No.	Jenis Elemen	fMn (kg-m)	Gaya Dalam Mu (kg-m)	SF ($\phi M_n / M_u$)
1	Balok Melintang	441.800,27	293.167,50	1,51
2	Balok Crane	915.628,61	329.764,04	2,78

- **Lentur Balok (Lapangan)**

Tabel 8 Safety Factor Awal Tulangan Lentur Balok (Lapangan)

No.	Jenis Elemen	fMn (kg-m)	Gaya Dalam Mu (kg-m)	SF (ϕ Mn/Mu)
1	Balok Melintang	441.797,86	183.784,88	2,40
2	Balok Crane	915.628,61	364.370,23	2,51

- **Geser Balok (Tumpuan)**

Tabel 9 Safety Factor Awal Tulangan Geser Balok (Tumpuan)

No.	Jenis Elemen	fVn (kg)	Gaya Dalam Vu (kg)	SF (ϕ Vn/Vu)
1	Balok Melintang	231.233,44	181.175,01	1,70
2	Balok Crane	349.803,06	263.384,84	1,33

- **Geser Balok (Lapangan)**

Tabel 10 Safety Factor Awal Tulangan Geser Balok (Lapangan)

No.	Jenis Elemen	fVn (kg)	Gaya Dalam Vu (kg)	SF (ϕ Vn/Vu)
1	Balok Melintang	231.233,44	135.881,26	2,27
2	Balok Crane	349.803,06	197.538,63	1,77

Rekapitulasi SF Struktur Dermaga Domestik Tahun 2021

- **Lentur Balok (Tumpuan)**

Tabel 9 Safety Factor 2021 Tulangan Lentur Balok (Tumpuan)

No.	Jenis Elemen	f Mn (kg-m)	Gaya Dalam, Mu (kg-m)	SF (ϕ Mn / Mu)
1	Balok Crane	890.641,3	329.764,0	2,70
2	Balok Melintang	432.633,1	293.167,5	1,48

- **Lentur Balok (Lapangan)**

Tabel 10 Safety Factor 2021 Tulangan Lentur Balok (Lapangan)

No.	Jenis Elemen	f Mn (kg-m)	Gaya Dalam, Mu (kg-m)	SF (ϕ Mn / Mu)
1	Balok Crane	890.641,3	364.370,2	2,44
2	Balok Melintang	432.633,1	183.784,9	2,35

- **Geser Balok (Tumpuan)**

Tabel 11 Safety Factor 2021 Tulangan Geser Balok (Tumpuan)

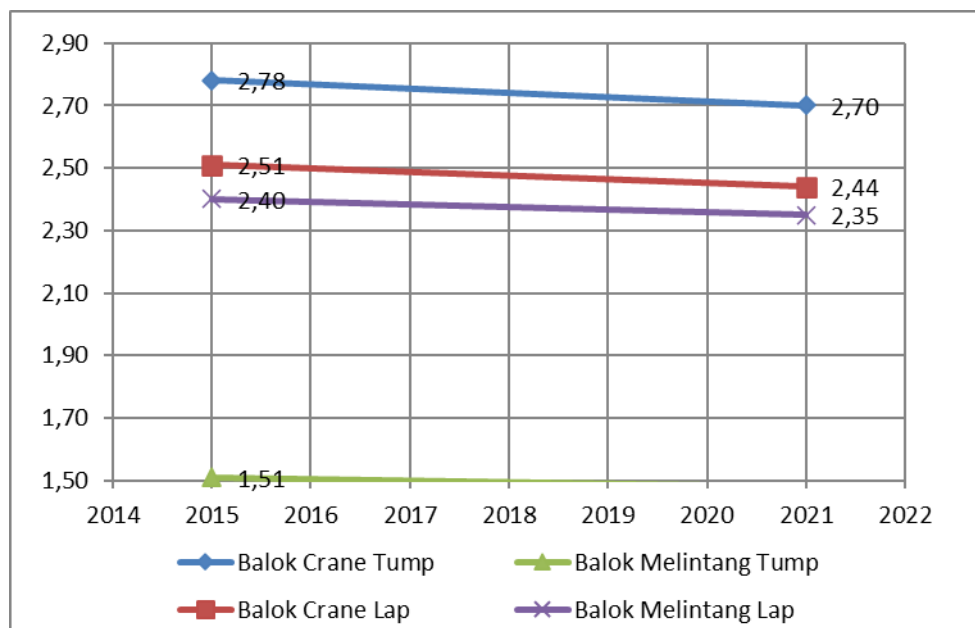
No.	Jenis Elemen	f Vn (kg)	Gaya Dalam, Vu (kg)	SF (ϕ Vn / Vu)
1	Balok Crane	342.644,10	263.384,84	1,30
2	Balok Melintang	226.180,16	181.175,01	1,25

• **Geser Balok (Lapangan)**

Tabel 12 Safety Factor 2021 Tulangan Geser Balok (Lapangan)

No.	Jenis Elemen	f Vn (kg)	Gaya Dalam, Vu (kg)	SF (ϕ Vn / Vu)
1	Balok Crane	342.644,10	197.538,63	1,73
2	Balok Melintang	226.180,16	135.881,26	1,66

Hasil analisis struktur Dermaga Domestik diperoleh safety faktor elemen struktur akibat beban momen maupun geser. Hasil perhitungan safety faktor diatas selanjutnya digambarkan pada Grafik di bawah ini untuk mendapatkan gambaran kondisi struktur pada 2 (empat) kondisi yaitu saat selesai perbaikan (2015) dan kondisi struktur tanpa perawatan pada 6 tahun mendatang (2021) baik untuk elemen dengan selimut beton minimum dan dengan selimut beton rata-rata .



Gambar 3 Safety Factor Elemen Struktur Balok Dermaga Domestik pada 2015 dan 2021 dengan Tebal Selimut Rata-rata

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan hasil assesment struktur Dermaga Domestik

diketahui bahwa semua elemen struktur telah memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk standar elemen dermaga. Hasil evaluasi struktur, diketahui bahwa semua elemen struktur masih mampu memikul beban-beban yang bekerja pada dermaga. Kondisi ini baik pada saat ini maupun untuk kondisi tanpa perbaikan hingga tahun 2021. Kondisi mendekati kritis atau batas aman terjadi pada elemen balok crane dengan tebal selimut minimum < 10 mm. Hal ini terutama terhadap kehandalan lentur balok di mana $SF_{\text{lentur } 2021} = 0,41$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan durabilitas layan struktur dermaga domestik diakibatkan tebal selimut beton yang kurang dari standard minimum 75 mm khususnya pada elemen balok crane.

Dalam pencarian data TA penulis, data yang didapatkan masih kurang lengkap seperti data angin, arus, dan gelombang. Selain itu, data tanah yang didapatkan kurang lengkap sehingga tidak dapat mendalami tiang pancang. Sehingga disarankan sebelum mengambil judul di Tugas Akhir ini untuk mendapatkan semua data-data dengan lengkap sesuai yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. REFERENSI

- Standard Design Criteria fo Port in Indonesia, 1984. Maritime Development Programme Directorate General of Sea. Communications, Jakart
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), Technical Standards For Port And Harbour Facilities in Japan. Daikousha Printing Co. Ltd., Tokyo Japan. 2002
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 03 1726-2019.,Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 03 1729-2019., Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 03 2847-2019., Tata Cara PerencanaanStruktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- MacGregor, James G., (2000), Reinforced Concrete Mechanics and Design. (Third Edition), Prentice-Hall International, New Jersey. 6..
- Computer and Structures, Inc (2007) CSI Analysis Reference Manual For SAP 2000., ETABS and SAFE, Barkeley, California.
- Tomlinson,M,J, Ceng, FICE, FIStructE, (1977), Pile Design and. Construction Practice, A view point publication, London.
-