



DESAIN KONSTRUKSI TAMBAHAN DAN ANALISA KEKUATAN MEMANJANG FLOATING DOCK 6000 TLC SEBAGAI AKSES PERBAIKAN KAPAL MENGGUNAKAN METODE FEM

Arya Satria Wibawa ^a, Jangka Rulianto ^b, IGNA Satria Prasetya D. Y ^c, Rochmad Eko Prasetyaning Utomo ^d, Khairul Muzaka ^e

^{a,b,c,d,e} Teknik Manufaktur Kapal, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

E-mail: jangka.rulianto@poliwangi.ac.id

Abstract

Study This aim For designing construction addition and analysis strength elongated floating dock 6000 TLC as access repair boat use Finite Element Method (FEM). Problems found is ratio long a floating dock that doesn't sufficient when repair carried out on ships with 60 to 80 meters long, so worker difficulty working in parts tall bow and stern. For overcome problem this, design construction addition done with three variation long, that is 8 meters, 10 meters and 12 meters. Analysis results show that construction addition increase accessibility worker For repair ship on the part bow and stern. From third testing strength elongated show that construction addition capable withhold burden addition without exceed voltage permits set by American Bureau of Shipping (ABS). Voltage flexible maximum is 42.35 MPa for 8 meters variation, 59,741 MPa for 10 meters variation, and 71,486 MPa for 12 meters variation, meanwhile voltage shift maximum is 20,709 MPa for 8 meters variation, 29,038 MPa for variation of 10 meters, and 34.93 MPa for 12 meters variation. All variation own factor safety more big of 1, so structure stated safe For used.

Keywords : ABS, Design, FEM, construction, stress

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain konstruksi tambahan dan menganalisis kekuatan memanjang floating dock 6000 TLC sebagai akses perbaikan kapal menggunakan Finite Element Method (FEM). Masalah yang ditemukan adalah rasio panjang floating dock yang tidak mencukupi ketika reparasi dilakukan pada kapal dengan panjang 60 hingga 80 meter, sehingga pekerja kesulitan bekerja di bagian linggi haluan dan buritan. Untuk mengatasi masalah ini, desain konstruksi tambahan dilakukan dengan tiga variasi panjang, yaitu 8 meter, 10 meter, dan 12 meter. Hasil analisis menunjukkan bahwa konstruksi tambahan meningkatkan aksesibilitas pekerja untuk reparasi kapal pada bagian haluan dan buritan. Dari ketiga pengujian kekuatan memanjang menunjukkan bahwa konstruksi tambahan mampu menahan beban tambahan tanpa melebihi tegangan izin yang ditetapkan oleh American Bureau of Shipping (ABS). Tegangan lentur maksimum adalah 42.35 MPa untuk variasi 8 meter, 59.741 MPa untuk variasi 10 meter, dan 71.486 MPa untuk variasi 12 meter, sedangkan tegangan geser maksimum adalah 20.709 MPa untuk variasi 8 meter, 29.038 MPa untuk variasi 10 meter, dan 34.93 MPa untuk variasi 12 meter. Semua variasi memiliki faktor keselamatan lebih besar dari 1, sehingga struktur dinyatakan aman untuk digunakan.

Kata Kunci: ABS, Desain, FEM, Konstruksi, Tegangan

1. PENDAHULUAN

Galangan kapal merupakan fasilitas yang penting dalam industri maritim, khususnya dalam pembangunan dan perbaikan kapal. Berbagai jenis dok digunakan di galangan kapal untuk reparasi, seperti dok kolam (*graving dock*), dok apung (*floating dock*), dan dok tarik (*slipway*) [3]. Setiap jenis dok memiliki keunggulan dan manfaat tersendiri tergantung pada kebutuhan teknis dan perencanaan yang diinginkan. *Floating dock* memiliki keunggulan utama dalam hal fleksibilitas karena dapat diapungkan dan ditenggelamkan sesuai kebutuhan serta dapat dipindahkan (portabel). *Floating dock* merupakan bangunan apung yang memiliki kapasitas muatan yang disebut dengan *Ton Lifting Capacity (TLC)*.

Salah satu galangan kapal di Kalimantan Barat memiliki *floating dock* dengan kapasitas 6000 TLC, panjang 50 meter, dan lebar 40 meter. *Floating dock* ini mempermudah proses perbaikan, khususnya pada bagian lambung kapal. Hampir setiap pekerjaan perbaikan kapal jenis general cargo hingga tongkang

menggunakan fasilitas *floating dock* ini. Namun, terdapat permasalahan pada rasio panjang *floating dock* tersebut. Saat perbaikan kapal dengan panjang 60 hingga 80 meter, pekerja mengalami kesulitan dalam mengakses bagian linggi haluan dan buritan kapal. Saat ini, perbaikan pada bagian tersebut masih menggunakan bantuan ponton, yang mana memiliki kesulitan tersendiri karena harus menyesuaikan dengan kondisi gelombang sungai serta menghambat pekerjaan perbaikan kapal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini fokus pada desain konstruksi tambahan *floating dock* 6000 TLC serta analisis kekuatan memanjang menggunakan metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk meningkatkan efisiensi perbaikan kapal pada bagian linggi haluan dan buritan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Floating Dock



Gambar 1 Floating Dock 6000 TLC

Floating dock atau dok apung merupakan bangunan konstruksi apung yang digunakan untuk pengedokan kapal dengan cara ditenggelamkan dan diapungkan dalam arah vertikal [7]. Pada umumnya prinsip *floating dock* beroperasi dengan prinsip hukum Archimedes, sehingga *floating dock* harus ditenggelamkan dengan kedalaman atau sarat tertentu untuk menghasilkan volume yang setara berat *floating dock* dengan kapal yang akan dinaikkan diatas *floating dock*. [4]

2.2. Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal adalah komponen-komponen bagian material kapal yang dibangun sesuai dengan urut-urutannya serta bagaimana hubungan bagian-bagian dari kapal dan bagaimana cara penyambungannya [2].

2.3. Tegangan

Tegangan adalah intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak hingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah [8]. Tegangan yang ditentukan oleh ABS yaitu tegangan lentur dan tegangan geser

1. Tegangan lentur merupakan tegangan yang dihasilkan dalam suatu material akibat adanya momen lentur. Tegangan ini terjadi ketika gaya diterapkan pada suatu material yang menyebabkan material tersebut melengkung atau membengkok
2. Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi, Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut

2.4. Safety Factor

Faktor keamanan atau safety factor awalnya didefinisikan sebagai sebuah angka yang digunakan untuk membagi kekuatan ultimat material guna menentukan tegangan kerja atau tegangan desain. Sebagian besar struktur, bahannya harus berada dalam daerah elastis linier untuk mencegah terjadinya defleksi permanen apabila beban dihilangkan [6].

$$SF = \frac{\sigma_{izin}}{\sigma_{actual}} \quad (1)$$

Dimana:

SF = Safety Factor

$\sigma_{ultimate}$ = Tegangan Izin (N/mm^2)

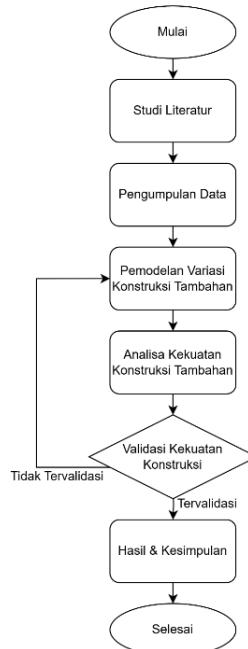
σ_{actual} = Tegangan maksimum yang terjadi (N/mm^2)

2.5. finite Element Method

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa (*Ordinary Differential Equatiaon*) Maupun

persamaan diferensial biasa (*Partial Differential Equatioan* [5]. Metode ini cocok memecahkan masalah-masalah yang berkaitan dengan kekuatan, tegangan, deformasi material pada struktur konstruksi tambahan *floating dock*

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*) yang dilakukan melalui beberapa tahap. Objek penelitian adalah *floating dock* 6000 TLC yang ditambahkan konstruksi tambahan sepanjang 8, 10, dan 12 meter. Perlakuan pada objek penelitian melibatkan penambahan konstruksi yang kemudian dianalisis untuk melihat pengaruhnya terhadap tegangan lentur dan geser. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah simulasi dengan perangkat lunak *SolidWorks* untuk menganalisis tegangan dan deformasi pada konstruksi tambahan

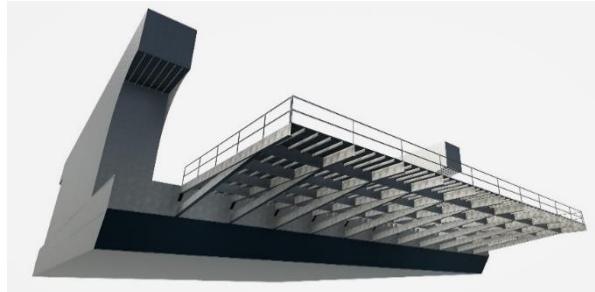
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini, akan dilakukan pemodelan dan analisis kekuatan memanjang menggunakan metode elemen hingga. Bagian ini menjadi fokus utama dari tugas akhir dan memerlukan waktu pengerjaan paling lama. Pemodelan dilakukan menggunakan *software Solidworks*. Hasil dari pemodelan ini akan menghasilkan nilai tegangan, regangan dan deformasi pada konstruksi tambahan *floating dock* yang dianalisis menggunakan *software solidworks*, dalam tiga variasi panjang yang berbeda.

4.1. Pemodelan

Pemodelan konstruksi tambahan pada *floating dock* menggunakan tiga variasi Panjang yang berbeda, yaitu 8 meter, 10 meter, dan 12 meter dengan jenis material dan bentuk yang sama.

Pada struktur *floating dock* pemodelan hanya berbentuk pelat, untuk memudahkan pada saat simulasi



Gambar 3. Perspektif Konstruksi Tambahan

4.2. Pembebanan

Pembebanan adalah penerapan gaya seperti tekanan (*Pressure*), gaya (*Force*), torsi, gravitasi, dan lain-lain. Analisis yang akan dilakukan adalah analisis statis (*Static analysis*) yang bertujuan untuk menentukan dan menganalisis tegangan (*stress*), regangan (*strain*), deformasi, dan faktor keselamatan (*safety factor*) benda pada beban statis.

Beban yang digunakan adalah berat dari material, *manpower*, peranca pada saat perbaikan kapal yang pernah *docking* di *Floating Dock* Bina Vista 8. Beban yang diterima oleh konstruksi tambahan adalah 2221,06 kg di bagian haluan dan 8759,02 kg di bagian buritan, seperti Tabel 1

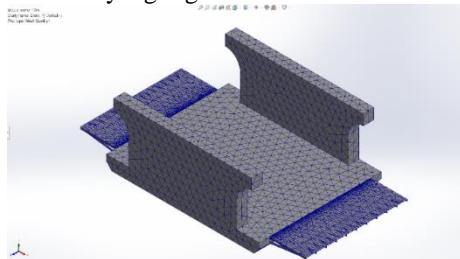
Tabel 1. Jumlah Beban yang diterima Konstruksi Tambahan

Nama	Haluan	Buritan	Satuan
Material	1.76	8.30	Ton
<i>Manpower</i>	0.393	0.393	Ton
<i>Scaffolding</i>	0.07	0.07	Ton
Jumlah	2,22	8,76	Ton

4.3. Meshing

Meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa yang dibantu *software* pada computer. *Meshing* merupakan akurasi, dan konvergensi dari solusi.

Penulis menyesuaikan ukuran *mesh* dengan kemampuan pemrosesan *software* yang dijalankan pada laptop yang digunakan. Dengan demikian, ukuran *mesh* yang dipilih tidak hanya relevan dengan spesifikasi material, tetapi juga efisien dalam hal kinerja perangkat lunak dan perangkat keras yang tersedia. *Mesh* yang digunakan berukuran 2.3 mm

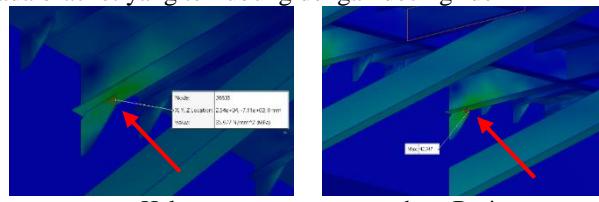


Gambar 4. Meshing

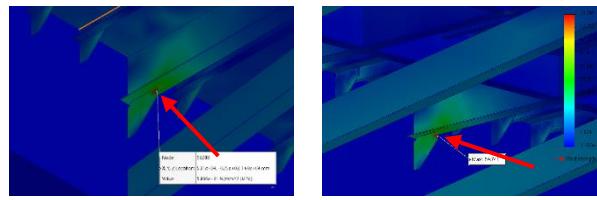
4.4. Analisa Tegangan

1. Tegangan Lentur

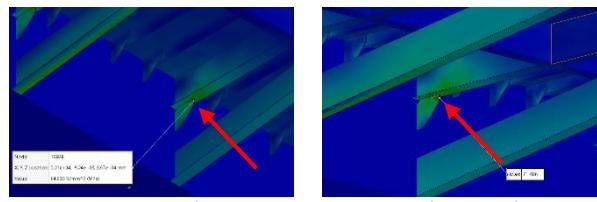
Tegangan lentur adalah tegangan yang timbul pada suatu material akibat pembebanan yang menyebabkan material tersebut melentur atau membengkok. Dari ketiga variasi yang dianalisa, tegangan lentur terkecil ditemukan pada variasi pertama, sementara tegangan lentur terbesar terjadi pada variasi ketiga. Hal ini disebabkan oleh panjang struktur pada variasi ketiga yang lebih besar dibandingkan dengan variasi pertama. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan lentur terbesar terkonsentrasi pada bracket yang terhubung dengan deck girder



Gambar 1 Detail Tegangan Lentur Variasi 1 (a &b)



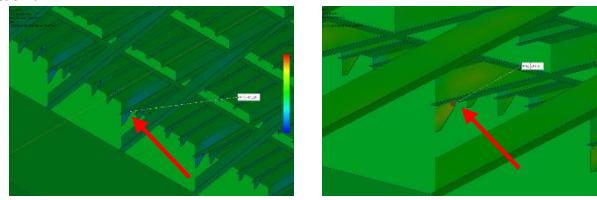
a. Haluan
 b. Buritan
Gambar 5 Detail Tegangan Lentur Variasi 2 (a &b)



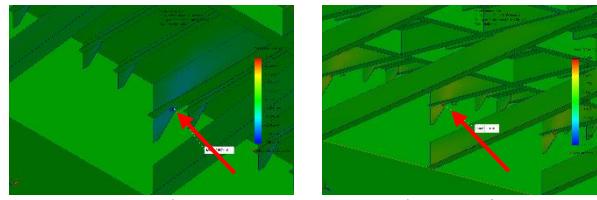
a. Haluan
 b. Buritan
Gambar 6. Detail Tegangan Lentur Variasi 3 (a &b)

2. Tegangan Geser

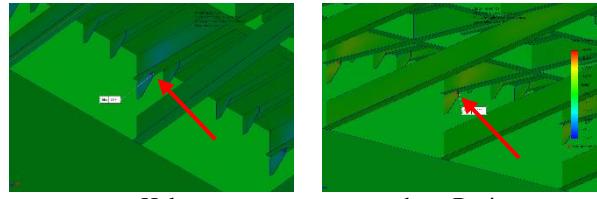
Tegangan geser adalah tegangan yang timbul pada material akibat gaya-gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan material tersebut, yang mengakibatkan deformasi geser. Pada analisis ini, seperti halnya tegangan lentur, nilai tegangan geser terkecil ditemukan pada variasi pertama di bagian haluan, sedangkan nilai terbesar ditemukan pada variasi ketiga di bagian buritan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan geser terkonsentrasi pada bagian bracket yang terhubung dengan *deck girder*.



a. Haluan
 b. Buritan
Gambar 7 Detail Tegangan Geser Variasi 1 (a &b)



a. Haluan
 b. Buritan
Gambar 8 Detail Tegangan Geser Variasi 2 (a &b)



a. Haluan
 b. Buritan
Gambar 9 Detail Tegangan Geser Variasi 3 (a &b)

4.5. Validasi Penelitian

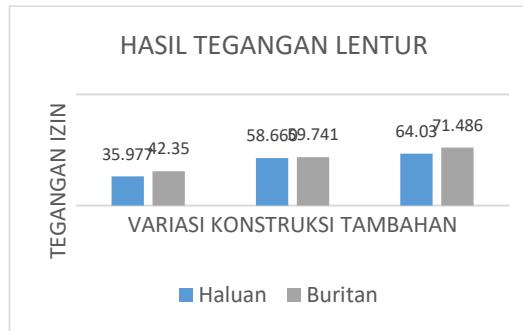
1. Tegangan Izin

Validasi pertama yaitu nilai tegangan izin yang diambil dari ketentuan *American Bureau of Shipping (ABS) Part 3, Chapter 2, Section 1*, mengenai tegangan yang diperbolehkan (*Permissible Stresses*). Menurut ketentuan ABS, tegangan lentur longitudinal tidak boleh melebihi 1400 kg/cm^2 (137.293 MPa), dan tegangan geser tidak boleh melebihi 787 kg/cm^2 (77.178 MPa) [1].

A. Tegangan Lentur

Tabel 1 Nilai Tegangan Lentur

No.	Variasi	Hasil Tegangan Lentur		Tegangan Izin
		Haluan	Buritan	
1	8 meter	35,977	42,35	137,293
2	10 meter	58,660	59,741	137,293
3	12 meter	64,03	71,486	137,293

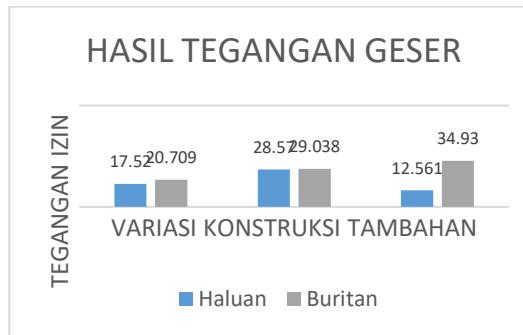


Gambar 10 Grafik Nilai Tegangan Lentur

B. Tegangan Geser

Tabel 2 Nilai Tegangan Geser

No.	Variasi	Hasil Tegangan Geser		Tegangan Izin
		Haluan	Buritan	
1	8 meter	17,52	20,709	77,178
2	10 meter	28,57	29,038	77,178
3	12 meter	12,561	34,93	77,178



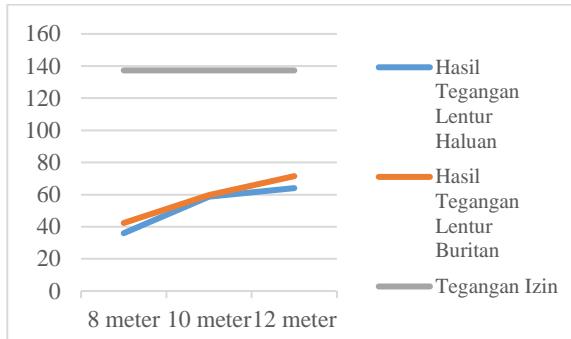
Gambar 11 Grafik Nilai Tegangan Geser

2. *Safety Factor*

Validasi kedua memastikan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan tidak boleh melebihi nilai yang telah ditentukan oleh faktor keamanan (*safety factor*), yaitu 1. Kedua validasi ini penting untuk memastikan bahwa konstruksi tambahan aman dan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Tabel 3 Nilai SF Tegangan Lentur

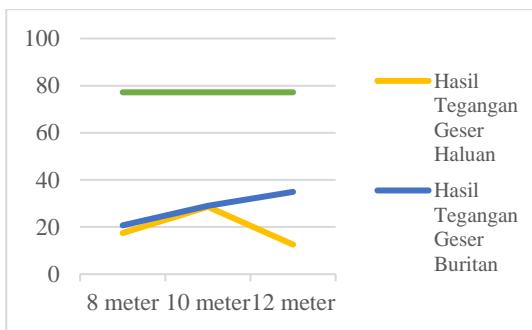
Variasi	Hasil Tegangan Lentur		Tegangan Izin	SF (Haluan)	SF (Buritan)
	Haluan	Buritan			
1	35,977	42,35	137,293	3,82	3,24
2	58,660	59,741	137,293	2,34	2,30
3	64,03	71,486	137,293	2,14	1,92



Gambar 12 Grafik Safety Factor Tegangan Lentur

Tabel 4 Nilai SF Tegangan Geser

Variasi	Hasil Tegangan Geser		Tegangan Izin	SF (Haluan)	SF (Buritan)
	Haluan	Buritan			
1	17,52	20,709	77,178	4,41	3,73
2	28,57	29,038	77,178	2,70	2,66
3	12,561	34,93	77,178	6,14	2,21



Gambar 13 Grafik Safety Factor Tegangan

3. Penentuan Variasi

Tujuan dari penelitian ini mencakup pengembangan rancangan konstruksi tambahan, penilaian kekuatan struktur, dan analisis faktor keamanan. Selain itu, penelitian ini juga mempertimbangkan faktor *manpower* dan dinamika naik-turunnya *floating dock*. Berdasarkan analisis tersebut, penulis menetapkan bahwa variasi 1 dengan panjang 8 meter adalah yang paling optimal dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini dikarenakan variasi tersebut memberikan ruang kerja yang cukup bagi *manpower* untuk melakukan perbaikan pada bagian haluan dan buritan kapal, dengan objek kapal yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Selain itu, variasi ini memungkinkan proses *loading* dan perubahan posisi *floating dock* berlangsung lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan variasi lainnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan penting terkait desain dan kekuatan memanjang dari *floating dock* setelah penambahan konstruksi.

- Desain Konstruksi Tambahan, penambahan konstruksi pada *floating dock* berhasil dilakukan dengan tiga variasi panjang, yaitu 8 meter, 10 meter, dan 12 meter. Hasil menunjukkan bahwa setiap variasi memberikan peningkatan aksesibilitas para pekerja.
- Kekuatan Memanjang, pengujian kekuatan memanjang menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan konstruksi, *floating dock* mampu menahan beban tambahan tanpa melebihi tegangan izin yang telah ditentukan oleh *American Bureau of Shipping* (ABS). Tegangan lentur maksimum yang didapat pada variasi 8 meter 42.35 MPa, variasi 10 meter 59.741 MPa dan variasi 12 meter 71.486 MPa, untuk tegangan maksimal didapat geser variasi 8 meter 20.709 MPa variasi 10 meter 29.038 MPa, dan variasi 12 meter 34.93 MPa.

Faktor Keselamatan, hasil analisis faktor keselamatan menunjukkan bahwa hasil nilai tegangan lentur terkecil yaitu 1.92 pada variasi ketiga dan nilai terkecil pada tegangan geser yaitu 2.21 pada variasi ketiga.

Menunjukkan semua variasi panjang penambahan konstruksi memiliki faktor keselamatan yang lebih besar dari 1, yang berarti struktur tersebut aman untuk digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Bureau of Shipping [ABS], *Rules for Building and Classing Steel Floating Dry Docks*. Texas, USA, 2022.
- [2] Japri, R, “Perancangan Konstruksi Profil Pada Kapal General Cargo Dengan Menggunakan Metode *Ship Comparative*”, *Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 2(2), 65–73, 2021
- [3] Kurniawan, R. P., & Pranatal, E, “Perancangan Pengembangan Sarana Pengedokan Di Galangan PT. Tri Warako Utama”, *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian Dan Kelautan (SEMITAN)*, 2(1), 111–119, 2020.
- [4] Maulana, H. H, Perhitungan Kekuatan Dek Floating Dock Akibat Dari Penambahan Panjang Floating Dock Di PT. Adiluhung Saraba Segara Indonesia, Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, (2019).
- [5] Midhun, K. G, *Structural Design and Stability of a 6,000 ton Capacity Floating Dock as per DNV-GL Rules*, Szczecin, Poland: West Pomeranian University of Technology, 2018
- [6] Putri, D. O, Analisa Penambahan Push Fender Pada Haluan Kapal Tb. Gloria 15, Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2018
- [7] Pramono, D. R., Imron, A., & Misbah, M. N, Analisa Kekuatan Memanjang *Floating Dock* Konversi Dari Tongkang dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), (2016)
- [8] Zaibidi, N. M., I Putu Sindu, A., & Nugroho, P. N. A, Analisis Kekuatan Konstruksi Car Deck Akibat Penambahan Panjang pada Ro-Ro Passenger Ship. *Jurnal Teknologi Maritim*, 4(1), 9–18, 2021