

ANALISA REDAMAN FENDER PADA PEMBANGUNAN DERMAGA RO-RO TAHAP I GUNUNG SITOLI

Bangun Pasaribu, Darlina Tanjung, T. M Andre Syahputra

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

bangun@ft.uisu.ac.id; darlinatanjung@yahoo.com; tengkuandre2805@gmail.com

Abstrak

Pelabuhan Gunung Sitoli merupakan pelabuhan yang ada di wilayah Pulau Nias tepatnya berada di kota Gunung Sitoli. Pelabuhan ini berperan penting bagi kehidupan masyarakat Pulau Nias dan menjadi pintu gerbang untuk menghubungkan Pulau Nias dengan Pulau Sumatera. Pada pelabuhan ini terdapat pembangunan dermaga yaitu dermaga Ro-Ro yang dikhususkan untuk kapal Ro-Ro bersandar dan menaik turunkan penumpang maupun barang, dermaga Ro-Ro dilengkapi dengan fender pada sisi dermaga untuk meredam energi dari kapal pada saat bersandar maupun bongkar muat diketahui fender yang digunakan adalah fender tipe V200H. Untuk mengetahui besar energi dari kapal yang membentur fender maka dilakukanlah penelitian dengan tujuan untuk menganalisa redaman fender pada dermaga Ro-Ro, metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur yaitu dengan mempelajari energi apa saja yang bekerja pada fender dan studi lapangan yaitu dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk menganalisa redaman fender. Hasil analisa diketahui bahwa energi terabsorpsi fender lebih besar dari energi tambat kapal dan gaya bentur yang diserap fender lebih kecil dari gaya reaksi fender, nilai absorpsi fender 1,2 ton/m dan nilai energi tambat kapal 0,156 ton/m ($1,2 \text{ ton/m} > 0,156 \text{ ton/m}$). Gaya bentur yang diserap fender sebesar 4,402 ton dan gaya reaksi fender 18 ton ($4,402 \text{ ton} < 18 \text{ ton}$), besar gaya angin dari arah haluan sebesar 0,217 ton ($0,217 \text{ ton} < 18 \text{ ton}$), besar gaya angin dari arah buritan sebesar 0,258 ton ($0,258 \text{ ton} < 18 \text{ ton}$), besar gaya angin dari arah lebar sebesar 2,957 ton ($2,957 \text{ ton} < 18 \text{ ton}$) dan besar gaya yang ditimbulkan arus sebesar 7,197 ton ($7,197 \text{ ton} < 18 \text{ ton}$).

Kata Kunci : *Pelabuhan, Dermaga, Fender, Energi, Gaya*

I. PENDAHULUAN

Pada pelabuhan terdapat fasilitas – fasilitas penunjang, salah satunya yaitu dermaga. Dermaga adalah tempat kapal ditambatkan di pelabuhan, dermaga juga tempat berlangsungnya kegiatan bongkar muat barang dan naik turunnya orang atau penumpang dari kapal dan dapat juga melakukan kegiatan untuk mengisi bahan bakar, bongkar muat kargo atau barang.

Pada umumnya konstruksi dermaga terdiri dari beberapa bagian yaitu dolphin, fender, trestel (jembatan) dan terminal. Kapal yang akan merapat ke dermaga masih mempunyai kecepatan, pada waktu merapat kapal akan mengalami benturan pada dermaga walaupun kecepatan kapal kecil tapi karena massanya besar maka energi yang terjadi akibat benturan, maka di depan dermaga diberi bantalan yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan yang ditempatkan di depan dermaga disebut dengan fender.

Fender berfungsi sebagai bantalan untuk meredam energi dari kapal pada saat sandar maupun bongkar muat yang ditempatkan di depan dermaga. Fender akan menyerap benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Fender juga dapat melindungi rusaknya cat badan kapal akibat gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh gerak karena gelombang, arus dan angin. Fender juga harus dipasang disepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian rupa sehingga dapat mengenai kapal.

Pada dermaga ro-ro pelabuhan Gunung Sitoli telah dipasang fender berjenis tipe V untuk menyerap benturan antara kapal dan dermaga dan untuk mengetahui besarnya gaya yang dapat diredam oleh fender tersebut diperlukannya analisa terhadap redaman fender tersebut

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan

Menurut Peraturan Pemerintah No.69 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 1, tentang Kepelabuhanan, pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas - batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan /atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

2.2 Kapal

Menurut undang-undang nomor 17 tahun 2008 tentang pelayaran, Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

2.3 Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang dengan aman dan lancar.

2.4 Fender

Fender berfungsi sebagai bantalan yang di tempatkan di depan dermaga. Fender akan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Gaya yang diteruskan ke dermaga tergantung pada tipe fender dan defleksi fender yang diijinkan.

2.5 Pembebanan Pada Fender

Gaya-gaya yang timbul pada pada waktu penambatan kapal adalah benturan kapal, gesekan antara kapal dan dermaga dan tekanan kapal pada dermaga. Energi benturan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender sedang sisanya diserap oleh struktur dermaga. Struktur dermaga yang sangat kaku dianggap tidak menyerap energi benturan, sehingga energi ditahan oleh sistem fender.

2.5.1 Energi Tambat Kapal

Perhitungan energi tambat kapal untuk mencari besarnya energi impact pada fender dapat dilakukan dengan menggunakan formula yang telah dikembangkan oleh Bridgestone dan banyak dipakai di Jepang menurut Standar Teknis Fasilitas Pelabuhan dan Dermaga, *Japanese Port and Harbour Association* (JPHA,1989) yang digunakan adalah :

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

Dimana :

- E = Energi tambat efektif kapal (ton.m)
- W = Berat kapal (ton)
- V = Kecepatan pendekatan kapal (m/s)
- C_e = Koefisien eksentrisitas
- C_s = Koefisien kekerasan (diambil 1)
- C_c = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil1)
- C_m = Koefisien massa
- g = percepatan gravitasi (m/s²)

1. Koefisien Massa

Besarnya koefisien massa yang digunakan dalam perhitungan energi tambat menurut Standar Teknis Pelabuhan dan Dermaga di Jepang dikembangkan oleh Ueda (1981) melalui eksperimen model:

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

Dimana :

- d = draft kapal maksimum (m).
- B = lebar kapal/*molded breadth*.
- C_b = koefisien blok.

2. Koefisien Eksentrisitas

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

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

Dimana :

- C_e = faktor eksentrisitas
- l = Jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal samapi titik sandar kapal
- r = Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air.

3. Kecepatan Bertambat Kapal

Tabel 1. Kecepatan kapal merapat pada dermaga

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut Terbuka (m/d)
Sampai 500	0,20	0,30
500 – 10.000	0,15	0,20
10.000 – 30.000	0,15	0,15
Di atas 30.000	0,12	0,15

Sumber : Bambang Triadmodjo (2010)

Komponen kecepatan merapat dalam arah tegak lurus kapal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

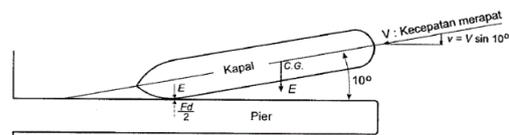
$$V = v \cdot \sin 10^\circ$$

Dimana :

- V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/d).
- v = kecepatan merapat kapal (m/d).

2.5.2 Gaya Serap Fender

Pada saat merapat tersebut sisi depan kapal membentur fender, dan menimbulkan energi benturan yang diserap oleh fender dan dermaga.Kecepatanmerapat kapal diproyeksikan dalam arah tegak lurus dan memanjang dermaga.



Gambar 1. Benturan kapal pada dermaga

Untuk menghitung gaya serap fender digunakan rumus :

$$F = \frac{W}{gd} V^2$$

Dimana :

- F = gaya bentur yang diserap sistem fender
- d = defleksi fender
- V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga
- W = bobot kapal bermuatan penuh

2.6 Energi yang diteruskan fender terhadap dermaga

Ketika kapal membentur fender, fender mengalami defleksi, dari nilai nol sampai nilai maksimum yang diijinkan. Gaya reaksi fender meningkat dengan pertambahan nilai defleksi. Kerja yang dilakukan oleh dermaga adalah:

$$E = \frac{1}{2}Fd$$

Dimana :

E = energi benturan kapal (ton/m)

F = gaya bentur yang diserap sistem fender

d = defleksi fender

2.7 Gaya angin

Dalam perencanaan sistem fender, besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin, dan dihitung dengan rumus berikut :

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

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

$$Q_a = 0,063 V_w^2$$

$$A_w = 70\% (B \cdot D_{kapal})$$

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

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

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

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

$$A_w = 70\% (Loa \cdot D_{kapal})$$

Dimana :

R_w = gaya akibat angin (kg)

Q_a = tekanan angin (kg)

V_w = kecepatan angin (m/det)

A_w = proyeksi bidang yang tertiuip angin (m²)

B = Lebar kapal (m)

D_{kapal} = Tinggi kapal (m)

Loa = Panjang kapal (m)

2.8 Gaya Akibat Arus

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat penambat, fender dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut :

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

$$A_c = B \cdot d$$

Dimana :

R_a = gaya akibat arus (kg)

γ_w = massa jenis air laut (1025kg/m)

A_c = luas tampang kapal yang terendam air (m²)

V_c = kecepatan arus (m/s).

B = lebar kapal (m)

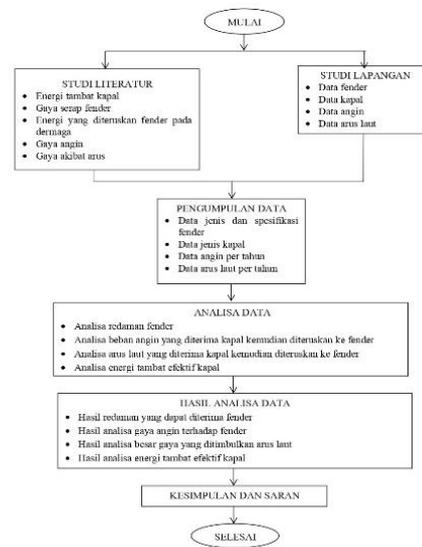
d = draft kapal (m)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di daerah pesisir pantai Gunung Sitoli yang terletak antara 1° 11' 00.5" Lintang Utara dan 97° 41' 05.9" Bujur Timur. Secara geografis, pelabuhan ini berada di Pulau Nias tepatnya di Fowa, Gunung Sitoli, kabupaten Nias.

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

IV. ANALISA DATA

4.1 Data Fender

Data fender diperlukan untuk melakukan analisis terhadap redaman dan defleksi yang dapat ditahan oleh fender yang digunakan. Fender yang digunakan pada pembangunan dermaga Ro-Ro Gunung Sitoli adalah fender tipe V 200 H.

Tabel 2. Data Spesifikasi Fender

Jenis	Panjang Fender	Tinggi	Reaksi Fender (reaction force)	Energi Absorpsi Fender (Energy Absorption)
Tipe V	2000 mm (2 m)	200 mm (0,2 m)	18 ton	1,2 ton/m

Sumber : CV. Rancang Baner Consultant

4.2 Data Kapal

Adapun dimensi kapal Ro-Ro yang akan bersandar pada dermaga Ro-Ro Gunung Sitoli adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Data Kapal Ro-Ro

Kapasitas Angkut (DWT)	Displacement (ton)	Panjang Total (m)	Panjang Garis Air (m)	Lebar (m)	Draft (m)	Tinggi (m)
2.700	5.750	91,45	90	17,6	4,8	8,0

Sumber : CV. Rancang Bangun Consultant

4.3 Data Angin

Untuk mengetahui kecepatan angin pada kondisi sekitar diperlukan data angin tahunan yang diperoleh dari BMKG. Data angin yang akan

dipakai adalah data angin tahun 2020 yang merupakan kecepatan angin per bulan selama 2020.

Tabel 4. Data Angin

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2020	5	6	5	5	6	5	5	6	6	6	5	6
Maksimum	17,5	18	17,5	17,5	18	17,5	17,5	18	18	18	17,5	18
Jumlah	66											
Jumlah maksimum	213											
Rata-rata	5,5											
Rata-rata maksimum	17,75											

Sumber : BMKG Binaka Gunung Sitoli

4.4 Data Arus Laut

Untuk mengetahui kecepatan arus laut pada pelabuhan Gunung Sitoli diperlukan data kecepatan arus yang diperoleh dari BMKG. Data arus laut yang dipakai adalah data arus laut tahun 2020 yang merupakan kecepatan arus laut per bulan pada tahun 2020 dalam satuan m/s.

Tabel 5. Data Arus Laut

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2020	1,24	1,31	1,24	1,24	1,31	1,24	1,24	1,31	1,31	1,31	1,24	1,34
Jumlah	15,33											
Rata-rata	1,277											

Sumber : BMKG OFS

4.5 Analisa Energi Tambat Kapal

Analisa energi tambat kapal dilakukan guna untuk mengetahui energi benturan kapal terhadap dermaga. Perhitungan energi tambat kapal adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_c C_s$$

- Menghitung nilai V :

$$V = v \cdot \sin 10^\circ$$

$$V = 0,15 \sin 10^\circ$$

$$V = 0,026 \text{ m/d}$$

- Menghitung nilai C_m :

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

$$C_b = \frac{W}{Lpp \cdot B \cdot d \cdot \gamma}$$

$$C_b = \frac{5750}{90 \cdot 17,6 \cdot 4,8 \cdot 1,025}$$

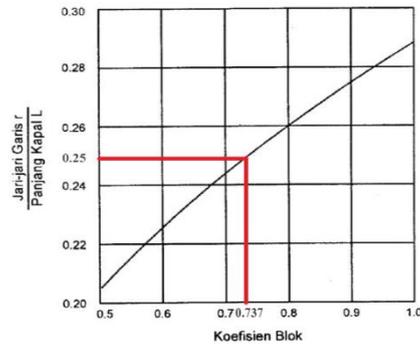
$$C_b = 0,737$$

Maka koefisien massa :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \cdot 0,737} \cdot \frac{4,8}{17,6}$$

$$C_m = 1,581$$

- Menghitung nilai C_e :



Gambar 3. Grafik jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

(sumber: Bambang Triadmodjo, 2010)

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

$$l = \frac{1}{4} \cdot Loa$$

$$l = \frac{1}{4} \cdot 91,46$$

$$l = 22,865$$

Dikarenakan nilai C_b = 0,737

maka :

$$\frac{r}{Loa} = 0,25$$

$$Loa = 0,25 \cdot Loa$$

$$r = 0,25 \cdot 91,46$$

$$r = 22,865$$

Maka nilai C_e adalah :

$$C_e = \frac{1}{1+(22,865/22,865)^2}$$

$$C_e = 0,5$$

- Menghitung nilai E :

Energi tambat kapal adalah sebagai berikut (dengan nilai C_s = 1 dan C_c = 1)

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_c C_s$$

$$E = \frac{5750 \cdot 0,026^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,581 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1$$

$$E = 0,156 \text{ ton}$$

4.6 Analisa Gaya Serap Fender

Analisa gaya serap fender diperlukan untuk mengetahui berapa besar gaya bentur yang dapat diserap oleh fender.

$$F = \frac{W}{gd} V^2$$

$$d = 45\% \cdot 0,2$$

$$d = 0,09$$

$$F = \frac{5750}{9,81 \cdot 0,09} \cdot 0,026^2$$

$$F = 4,402 \text{ ton}$$

4.7 Analisa Gaya Angin Terhadap Fender

Analisa gaya angin diperlukan untuk mengetahui besar gaya angin yang berhembus ke kapal kemudian menyebabkan benturan terhadap fender.

1. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan (α = 0°)

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

$$\begin{aligned}
 Q_a &= 0,063 V_w^2 \\
 Q_a &= 0,063 \cdot 17,75^2 \text{ knot} \\
 Q_a &= 0,063 \cdot 9,13^2 \text{ m/d} \\
 Q_a &= 5,25 \text{ kg/m}^2 \\
 A_w &= 70\% (B \times D_{\text{kapal}}) \\
 A_w &= 70\% (17,6 \cdot 8,0) \\
 A_w &= 98,56 \text{ m}^2 \\
 R_w &= 0,42 \cdot 5,25 \cdot 98,56 \\
 R_w &= 217,32 \text{ kg} = 0,217 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 R_w &= 0,5 \cdot Q_a \cdot A_w \\
 Q_a &= 0,063 V_w^2 \\
 Q_a &= 0,063 \cdot 17,75^2 \text{ knot} \\
 Q_a &= 0,063 \cdot 9,13^2 \text{ m/d} \\
 Q_a &= 5,25 \text{ kg/m}^2 \\
 A_w &= 70\% (B \times D_{\text{kapal}}) \\
 A_w &= 70\% (17,6 \cdot 8,0) \\
 A_w &= 98,56 \text{ m}^2 \\
 R_w &= 0,5 \cdot 5,25 \cdot 98,56 \\
 R_w &= 258,72 \text{ kg} = 0,258 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 R_w &= 1,1 \cdot Q_a \cdot A_w \\
 Q_a &= 0,063 V_w^2 \\
 Q_a &= 0,063 \cdot 17,75^2 \text{ knot} \\
 Q_a &= 0,063 \cdot 9,13^2 \text{ m/d} \\
 Q_a &= 5,25 \text{ kg/m}^2 \\
 A_w &= 70\% (Loa \cdot D_{\text{kapal}}) \\
 A_w &= 70\% (91,45 \cdot 8,0) \\
 A_w &= 512,12 \text{ m}^2 \\
 R_w &= 1,1 \cdot 5,25 \cdot 512,12 \\
 R_w &= 2957,49 \text{ kg} = 2,957 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

4.8 Analisis gaya akibat arus terhadap fender

Arus yang bekerja pada bagian bawah kapal yang terendam air akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada fender dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus dapat diselesaikan seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 R_a &= C_c \times \gamma_w \times A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right) \\
 A_c &= B \cdot d \\
 A_c &= 17,6 \cdot 4,8 \\
 A_c &= 84,48 \text{ m}^2 \\
 R_a &= 1 \times 1025 \times 84,48 \left(\frac{1,277^2}{2 \cdot 9,81} \right) \\
 R_a &= 7197,15 \text{ kg} = 7,197 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Energi tambat kapal adalah 0,156 ton/m
2. Gaya bentur yang dapat diserap fender adalah 4,402 ton
3. Gaya angin dari arah haluan adalah 0,217 ton masih lebih kecil terhadap reaksi fender 0,217 ton < 18 ton

4. Gaya angin dari arah buritan adalah 0,258 ton masih lebih kecil terhadap reaksi fender 0,258 ton < 18 ton
5. Gaya angin dari arah lebar adalah 2,957 ton masih lebih kecil terhadap reaksi fender 2,957 ton < 18 ton
6. Gaya akibat arus adalah 7,197 ton masih lebih kecil terhadap reaksi fender 7,197 ton < 18 ton

5.2 Saran

1. Untuk mendapat analisis yang akurat, data yang dimiliki harus benar-benar valid dan lengkap sehingga dalam perhitungan tidak terjadi kesalahan.
2. Disarankan melakukan perhitungan dengan tipe fender yang lain agar mendapat perbandingan pada hasil perhitungan.
3. Teliti dalam mengolah data dan membaca hasil pengujian karena dapat mempengaruhi hasil perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agung Putra, H. Y. 2017. *Peranan Fender Dalam Studi Kasus Tubrukan Landing Ship Tank Dengan Haluan TugBout 2x800 HP Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Universitas Diponegoro.
- [2]. Abdul Manan, T. S. 2015. *Desain Fender Pada Condensate and Sulphuric Acid Berth PT. Pertamina-Medco E&P (JOB PMTS) di Senoro Block Project*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3]. Fauzan. 2018. *Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT*. Universitas Batam.
- [4]. Kramadibrata, S. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung : Penerbit ITB.
- [5]. Masagus Zainal Abidin, P. W. 2015. *Perencanaan Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Pengangkut Minyak)*. Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah: Universitas Pakuan.
- [6]. *Maritime Sector Development Programme Directorate General of Sea Communications, 1984. Standart Design Criteria For Ports In Indonesia*.
- [7]. Muhammad, Z. 2017. *Penilaian Pelabuhan. Garungkong*.
- [8]. OCIDI, 2002. *Technical Standards and Commentaries for port and Harbour Facilities in Japan*.
- [9]. Sudarjo, D. F. 2015. *Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Penyebrangan Mukomuko)*. Bengkulu: Universitas Pakuan.
- [10]. Triatmojo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.