

Penentuan Tipe *Fender* Dermaga Untuk Kapal *Multipurpose* Berukuran Maksimum 30.000 DWT

Determination of Pier Fender Type for Ship Multipurpose Maximum 30.000 DWT

Shabrina Rachma Putri^{1*}

¹PT Ruby Pratama Logistik Indonesia, Neo Soho Residence Lt. 10 Unit 1026, Jl. Letjen S. Parman Kav. 28 Tanjung Duren Selatan Grogol Petamburan, Jakarta Barat 11470, Indonesia

*Email korespondensi: shabrinarptr@gmail.com

Abstract

Fender is one of the most important parts of a wharf planning, which has a function as a cushion that is useful for absorbing impact energy from ships. Therefore, in selecting the type fender really need to pay attention to several things, one of which is the capacity of the ship. Bungkutoko Kendari Special Terminal plans to build a wharf multipurpose with a vessel capacity of 30,000 DWT. The calculation of the ship capacity refers to two different types of ships namely container and general cargo. The purpose of this study to determine the value berthing energy, choose a type super cone fender based on value berthing energy, knowing the value of the impact force to the reaction energy of the type super cone fender the chosen. The ship data used is secondary data obtained from related companies and agencies and then analyzed to calculate the value berthing energy, distance between fenders, and impact force. The results of the research show value berthing energy obtained is 592 kNm for container ships and 316.45 for ships general cargo. Therefore selected type fender SCN 1.150H F 1.2 and SCN 950H F 1.0 with ideal mounting distances fender of 4.6 meters.

Keywords: *berthing energy, super cone fender, Bungkutoko Special Terminal*

Abstrak

Fender merupakan salah satu bagian terpenting dari sebuah perencanaan dermaga, yang memiliki fungsi sebagai bantalan, yang berguna untuk menyerap energi benturan dari kapal. Dalam pemilihan tipe fender sangat perlu memperhatikan beberapa hal, salah satunya adalah kapasitas kapal. Terminal Khusus Bungkutoko-Kendari merencanakan membangun sebuah dermaga multipurpose dengan kapasitas kapal sebesar 30.000 DWT. Perhitungan kapasitas kapal tersebut mengacu pada dua jenis kapal berbeda yaitu petikemas dan general cargo. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai berthing energy, memilih tipe super cone fender berdasarkan nilai berthing energy, mengetahui nilai gaya bentur terhadap energi reaksi dari tipe super cone fender yang terpilih. Data kapal yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan dan instansi terkait dan kemudian dianalisis untuk menghitung nilai berthing energy, jarak antar fender, dan gaya bentur. Hasil penelitian menunjukkan nilai berthing energy yang didapat adalah 592 kNm untuk kapal petikemas dan 316,45 kNm untuk kapal general cargo. Oleh karena itu dipilih tipe fender SCN 1.150H F 1.2 dan SCN 950H F 1.0 dengan jarak ideal pemasangan fender sebesar 4,6 meter.

Kata kunci : *berthing energy, super cone fender*, Terminal Khusus Bungkutoko

A. Pendahuluan

Efisiensi serta efektivitas kegiatan di pelabuhan masih terkendala oleh beberapa permasalahan. Masalah kepelabuhanan adalah hal-hal yang menyangkut hubungan antara kapal, muatan, dermaga, dan lain-lain (Ashury, 2020). Dermaga menjadi salah satu objek vital pada pelabuhan sebab berfungsi sebagai tempat sandar serta pengoperasian pelayanan pelabuhan. Dermaga sendiri merupakan suatu bangunan yang digunakan untuk kegiatan sandar maupun tambat kapal, yang dapat berfungsi sebagai lokasi bongkar muat barang, menaik-turunkan penumpang, serta kegiatan operasional dan teknis lainnya yang berhubungan dengan pelabuhan (Kramadibrata, 2018). Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. Sehingga dermaga harus direncanakan sedemikian rupa agar kapal dapat merapat dan bertambat dengan aman (Irawati, 2019).

Salah satu bagian penting di dermaga adalah *fender* (bantalan dermaga). Sistem *fender* sangat diperlukan, sebab *fender* memiliki kegunaan sebagai bantalan pada sisi dermaga yang meredam benturan yang terjadi ketika kapal merapat ke dermaga. Terdapat berbagai jenis tipe *fender* yang ada dan salah satunya merupakan *super cone fender*. *Fender* jenis ini memiliki kinerja yang sangat stabil bahkan pada sudut kompresi yang besar, dan memberikan kekuatan geser yang sangat baik (PIANC, 2022). Namun pada kenyataannya, *fender* seringkali terabaikan dan banyak kerusakan yang dialami akibat dari beberapa faktor yang ada, seperti seringnya mengalami benturan dari kapal. Oleh sebab itu, sistem *fender* harus direncanakan dengan baik dan benar, dengan cara menentukan tipe *fender* sesuai dengan kapasitas maksimum kapal, sehingga didapatkan nilai *berthing energy*. Diharapkan sistem *fender* tersebut dapat berfungsi secara optimal.

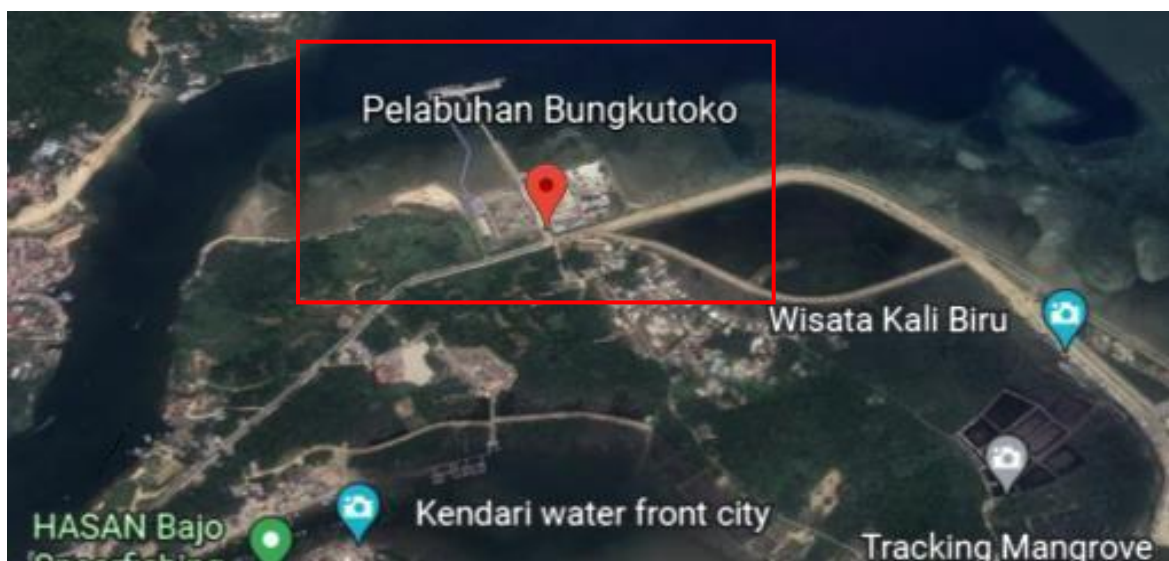
Terkait *fender*, beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan, misalnya perencanaan *fender* di dermaga pengangkut minyak, Luwuk Banggai dan memilih tipe *fender* Seibu V (Abidin et al., 2018). Kemudian penelitian juga pernah dilakukan mengenai desain *fender* pada PT Pertamina-Medco E&P di Senoro Block Project dan memilih Tipe *Fender Cell* (Syahputra, 2018). Penelitian sejenis pernah pula dilakukan terkait evaluasi perencanaan *fender* fasilitas dermaga di terminal petikemas Belawan dan memilih tipe *fender super cone* (Sukarsyah, 2021). Sesuai contoh tersebut, penelitian yang ada sebelumnya relatif tidak fokus pada perencanaan sistem *fender* dan juga belum pernah dilakukan analisis di lokasi Terminal Khusus Bangkutoko-Kendari (Putri, 2022).

Menjawab latar belakang tersebut diatas, dilakukan penelitian ini sebagai bentuk perencanaan tambatan kapal dengan kapasitas 30.000 DWT pada terminal khusus di Bungkutoko-Kendari dengan struktur *deck on pile*, sehingga mendapatkan tipe *super cone fender* yang sesuai dengan kapasitas maksimum kapal tersebut. Perencanaan pembangunan terminal khusus di Bungkutoko juga merupakan pengembangan Pelabuhan Kendari, yang memiliki keterbatasan lahan pengembangan. Disisi lain penelitian ini belum pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya, namun terdapat beberapa penelitian yang memiliki pembahasan terkait sistem *fender* sebagaimana yang telah disebutkan diatas.

Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan sebagai perencanaan sistem *fender* di Terminal Khusus Bungkutoko-Kendari. Adapun sebagai tujuan penelitian ini adalah: (1) mengetahui nilai *berthing energy* pada dermaga *deck on pile* untuk kapal *multipurpose* di Terminal Khusus Bungkutoko-Kendari; (2) mengetahui cara memilih tipe *super cone fender* berdasarkan nilai *berthing energy* di Terminal Khusus Bungkutoko-Kendari; (3) mengetahui nilai gaya bentur terhadap energi reaksi dari tipe *super cone fender* yang terpilih di Terminal Khusus Bungkutoko-Kendari. Tujuan tersebut diatas tentu diharapkan kemudian dapat menjawab permasalahan perencanaan sistem fender sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya.

B. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di terminal khusus yang berada di Bungkutoko-Kendari, Sulawesi Tenggara (Gambar 1). Sumber data yang didapatkan merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi atau perusahaan. Pengolahan datanya berlangsung selama 3 bulan, dimulai bulan April hingga Juli 2022 dengan prosedur penelitian sesuai Gambar 2.



Sumber: Google Earth (2022)

Gambar 1 Lokasi Penelitian, Sesuai Dalam Kotak Merah

Kapal yang bersandar di lokasi penelitian yaitu di Teminal Khusus Bungkutoko, terdiri dari berbagai jenis kapal, karena dermaga ini merupakan *multipurpose*. Batasan penelitian ini hanya pada kapal jenis petikemas dan *general cargo*, karena sesuai untuk melakukan penentuan *fender*. Spesifikasi kapal petikemas dan *general cargo* di Teminal Khusus Bungkutoko secara spesifik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Kapal Petikemas dan *General Cargo*

		Petikemas	<i>General Cargo</i>
<i>Deadweight</i>	DWT	30.000 DWT	30.000 DWT
<i>Displacement</i>	MD	40.500 ton	41.000 ton
<i>Overall Length</i>	LOA	210 m	188 m
<i>Length Between Perpendiculars</i>	LBP	200 m	179 m
<i>Beam</i>	B	30 m	27,7 m
<i>Draft</i>	D	10,7 m	11,3 m

Sumber: Terminal Khusus Bungkutoko (2022)

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan tujuan penelitian sebagaimana yang telah disebutkan pada bagian pendahuluan. Penelitian kuantitatif sendiri merupakan sebuah penelitian tentang studi kasus yang berdasarkan pada pengujian serta diukur dengan angka. Penelitian kuantitatif merupakan metode-metode untuk menguji teori-teori tertentu dengan cara meneliti hubungan antar variabel. Variabel tersebut diukur dengan instrumen penelitian sehingga data yang terdiri dari angka-angka dapat dianalisis berdasarkan prosedur statistik (Sugiyono, 2020). Penelitian ini menggunakan data sekunder sebagai satu-satunya sumber data yang didapatkan, dengan data sekunder tersebut diperoleh dari instansi atau perusahaan (Putri, 2022).

Sebagaimana dijelaskan bahwa penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan beberapa variabel *independent* dan *dependent* untuk menghitung *berthing energy*, memilih tipe *super cone fender*, dan menghitung gaya bentur terhadap energi reaksi *fender* yang menggunakan rumus perhitungan yang digunakan secara internasional (PIANC, 2022), sebagai berikut :

1. Menghitung nilai *berthing energy*
 - a. Variabel *independent* : spesifikasi kapal;
 - b. Variabel *dependent*: *berthing energy* yang terdiri dari *normal energy*, *abnormal energy*, *added mass coefficient*, *eccentricity coefficient softness factor*, *berth configuration factor*.
2. Memilih tipe *super cone fender*
 - a. Variabel *independent* : *berthing energy*;
 - b. Variabel *dependent* : tipe *super cone fender*.

3. Menghitung gaya bentur terhadap energy reaksi *fender* terpilih

- a. Variabel *independent* : tipe *super cone fender*;
- b. Variabel *dependent* : gaya bentur terhadap reaksi *fender* terpilih.

Selanjutnya melakukan perhitungan dengan analisa data yang didapatkan dari beberapa persamaan sesuai landasan teori yang ada. Kegiatan dalam analisis data adalah mengelompokkan data berdasarkan variabel, mentabulasi data berdasarkan variabel, menyajikan data tiap variabel yang diteliti, melakukan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah, dan melakukan perhitungan untuk menguji hipotesis yang telah diajukan (Sugiyono, 2020). Prosedur lengkap dari penelitian ini sebagaimana Gambar 2 dan analisis data yang dilakukan untuk menghitung variable yang dicari pada jenis kapal petikemas dan *general cargo*, dengan menggunakan rumus perhitungan yang digunakan secara internasional (PIANC, 2022) sebagai berikut:

1. *Berthing Energy*

a. *Normal Energy (EN)*

Perhitungan *Normal Energy* yang disesuaikan dari persamaan yang terdapat dalam *PIANC (2002)* dapat dihitung dengan persamaan :

$$EN = 0,5 \times MD \times VB^2 \times CM \times CE \times CC \times CS \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan : En adalah energi normal, MD adalah *mass displacement*, VB adalah *berthing velocity*, CM adalah *coefficient mass*, CE adalah *coefficient eccentricity*, CC adalah *berth configuration coefficient*, CS adalah *softness coefficient*.

b. *Abnormal Energy (EA)*

$$EA = En \times Sf \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan : EA adalah energi abnormal, En adalah energi normal, SF adalah *safety factor*.

c. *Added Mass Coefficient*

$$CM = 1 + \frac{\pi D}{2 \times CB \times B} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan : CM adalah *added mass coefficient*, D adalah *displacement*, CB adalah *coefficient block*, B adalah *beam*.

d. *Eccentricity Coefficient*

$$CE = \frac{K^2 + R^2 \times \cos^2 \theta}{K^2 + R^2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan : CE adalah *eccentricity coefficient*, K adalah *radius of gyration*, R adalah jarak dari *point of contact* ke *centre of mass*.

2. Perhitungan Jarak Antar *Fender*

Dermaga ini, jarak *fender* yang direncanakan adalah sebagai berikut:

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan : L adalah panjang jarak antar fender, r adalah jari-jari, h adalah tinggi.

3. Gaya Bentur

a. Gaya Serap Pada Dermaga Terhadap Reaksi *Fender*

$$E = \frac{1}{2} \times E_n \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan : E adalah gaya bentur, E_n adalah energi normal.

Di mana nilai gaya bentur yang diserap sistem fender terhadap *energy reaction*.

$$F = \frac{w}{2 \times g \times dfender} \times V^2 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan : F adalah energi yang diserap sistem fender terhadap energi reaksi, W adalah displacement kapal, dfender adalah defleksi fender, g adalah percepatan gravitasi, V adalah komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga.

b. Perhitungan Gaya Tambat Terhadap Reaksi *Fender*

1) Gaya Akibat Angin

a) Jika angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42 \times Q_a \times A_w \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan : R_w adalah gaya akibat angin, Q_a adalah tekanan angin, A_w adalah proyeksi bidang tertiuap angin.

b) Jika angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5 \times Q_a \times A_w \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan : R_w adalah gaya akibat angin, Q_a adalah tekanan angin, A_w adalah proyeksi bidang tertiuap angin.

c) Jika angin datang dari arah lebar kapal ($\alpha = 90^\circ$)

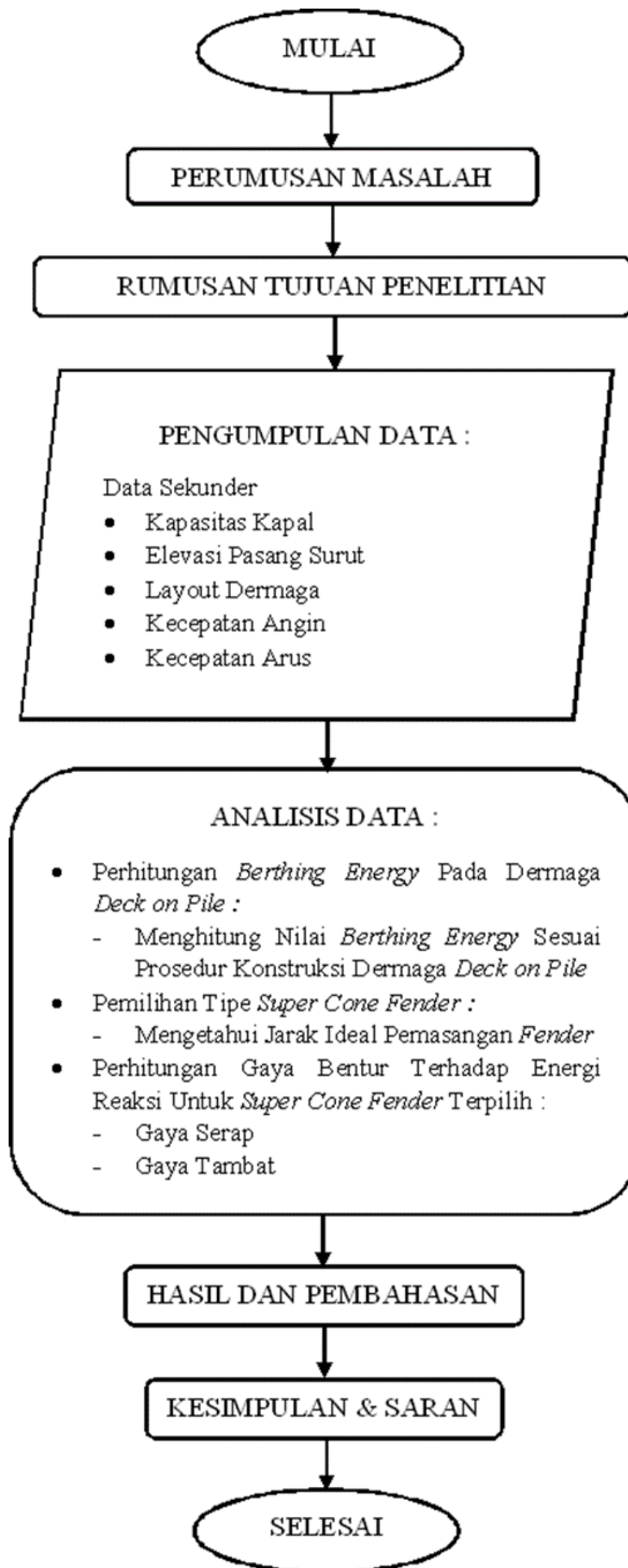
$$R_w = 1,1 \times Q_a \times A_w \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan : R_w adalah gaya akibat angin, Q_a adalah tekanan angin, A_w adalah proyeksi bidang tertiuap angin.

2) Gaya Akibat Arus

$$R_a = C_c \times \gamma_o \times A_c \left(\frac{V_c^2}{2 \times g} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan : R_a adalah gaya akibat arus, γ_o adalah massa jenis air laut, A_c adalah luas tampang kapal yang terenda air, V_c adalah kecepatan arus, g adalah gravitasi.



Gambar 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian

C. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan *berthing energy* untuk kapal petikemas dan *general cargo* dilakukan menggunakan nilai *SF* yang berbeda sesuai dengan tipe dan jenis kapal (SHIBATA, 2021), didapatkan dari beberapa elemen perhitungan yang dapat dijelaskan bahwa nilai *berthing energy* kapal petikemas sebesar 592 kNm. Nilai *berthing energy* pada kapal *general cargo* diperoleh hasil 316,45 kNm (Putri, 2022). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *berthing energy* dari kapal petikemas lebih tinggi daripada kapal *general cargo*, hal ini disebabkan spesifikasi kapal petikemas lebih tinggi dibandingkan kapal *general cargo*. Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan di Pelabuhan Belawan, yang hanya menggunakan satu jenis kapal menghasilkan nilai lebih rendah (Sukarsyah, 2021). Data lengkap hasil perhitungan *berthing energy*, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pehitungan *Berthing Energy* Petikemas dan *General Cargo*

Perhitungan <i>Berthing Energy</i>		Petikemas	<i>General Cargo</i>
<i>Displacement</i>	MD (t)	40,5	41
<i>Berthing Velocity</i>	v (m/s)	0,13	0,13
<i>Water Density</i>	ρ (t/m ³)	1,025	1,025
<i>Virtual Mass Factor</i>	Cm	1,909	1,898
<i>Block Coefficient</i>	Cb	0,6155	0,714
<i>Radius of Gyration</i>	K (m)	45,389	43,97
Jarak dari <i>point of contact</i> ke <i>centre of mass</i>	R (m)	101,1	90,56
Sudut antara <i>velocity vector</i> dan garis di antara <i>point of contact</i> ke <i>cendre of mass</i>	ϕ (°)	43,6	71,2
<i>Eccentricity Coefficient</i>	Ce	0,604	0,275
<i>Berth Configuration Coefficient</i>	Cc	1	1
<i>Softness Coefficient</i>	Cs	1	1
<i>Berthing Energy</i>			
<i>Normal Berthing Energy</i>	En (kNm)	394,6	180,83
<i>Safety Factor</i>	Sf	1,5	1,75
<i>Abnormal Berthing Energy</i>	Ea (kNm)	592	316,45

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2022)

Sesuai hasil perhitungan *berthing energy* tersebut pada Tabel 2, hasil analisis selanjutnya untuk pemilihan tipe *fender*, didasarkan pada hasil perhitungan nilai *berthing energy* yang tabelnya dapat dilihat di *Trelleborg Brochure* (Trelleborg, 2022), dengan uraian sebagai berikut:

1. Pemilihan Tipe *Fender* Kapal Peti Kemas

Sebelum melakukan pemilihan tipe *fender*, diketahui nilai $EA = 592 \text{ kNm}$ (Tabel 1). Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan tipe *fender* apa yang ideal untuk dipakai pada dermaga dengan kapasitas maksimum kapal 30.000 DWT. Mengingat nilai E (*energi absorpsi*) dan R (*energi reaksi*) harus lebih besar dari nilai *berthing energy* (592 kNm) (PIANC, 2022), maka dengan menggunakan *Trelleborg System Fender Catalogue* (Trelleborg, 2022) sebagaimana Tabel 3, tipe *fender* yang paling sesuai adalah tipe SCN 1.150H F 1.2.

Tabel 3 Penentuan Tipe *Fender* Petikemas

No. Seri SCN	Performance Data	Jenis Energi	F 1.1	F 1.2	F 1.3
1.100H	CV	E	513,6	527,2	540,8
		R	781,6	802,2	822,8
	RPD	ER	559,8	574,6	589,5
		RR	851,9	874,4	896,9
1.150H	CV	E	585,5	600,7	616
		R	855,1	877,1	899
	RPD	ER	638,2	654,8	671,4
		RR	932,1	956	979,9
1.200H	CV	E	667,6	685,2	702,8
		R	933,4	957,8	982,2
	RPD	ER	727,7	746,9	766,1
		RR	1017,4	1044	1070,6

Sumber: *Trelleborg Catalogue* (Trelleborg, 2022)

Keterangan: CV adalah *slow speed constant velocity compression*, RPD adalah *rated performance data*, E adalah *absorption energy*, dan R adalah *reaction energy*.

2. Pemilihan Tipe *Fender* General Cargo

Berbeda dengan nilai EA yang didapatkan dari spesifikasi kapal petikemas, nilai *berthing energy* yang didapatkan dari spesifikasi kapal *general cargo* adalah $EA = 316,45 \text{ kNm}$ (Tabel 2). Mengingat nilai E (*energi absorpsi*) dan R (*energi reaksi*) harus lebih besar dari nilai *berthing energy* ($316,45 \text{ kNm}$) (Zen et al., 2020), maka dengan menggunakan *Trelleborg System Fender Catalogue* sesuai tabel Tabel 4, tipe *fender* yang paling sesuai adalah tipe SCN 950H F 1.0 (Tabel 4) (Trelleborg, 2022). Sebagai perbandingan, dapat dilihat hasil penelitian di Pelabuhan Tanjung Tembaga, bahwa dengan menggunakan satu jenis kapal berukuran maksimum 20.000 DWT didapatkan hasil *fender* tipe SCN 800H F 2.5 (Zen et al., 2020). Perbedaan tipe *fender* yang dihasilkan dari penelitian ini, menunjukkan bahwa tipe *fender* yang terpilih tergantung pada jenis kapal dan kapasitasnya. Penentuan tipe *fender* dari kedua jenis kapal tersebut, dilakukan dengan cara menyesuaikan nilai *berthing energy* tertinggi dari dua jenis kapal yang telah dihitung. Sehingga tipe *fender* terpilih yaitu tipe *fender* SCN 1.150H F 1.2

yang merupakan tipe *fender* dengan spesifikasi tertinggi untuk dua jenis kapal. Artinya, satu jenis *fender* dapat digunakan untuk dua jenis kapal (Trelleborg, 2022).

Tabel 4 Penentuan Tipe *Fender General Cargo*

No. Seri SCN	Performance Data	Jenis Energi	F 0.9	F 1.0	F 1.1
900H	CV	E	248	275	282
		R	462	513	526
	RPD	ER	272,8	302,5	310,2
		RR	508,2	564,3	578,6
950H	CV	E	291	322	330
		R	511	568	583
	RPD	ER	320,1	354,2	363,4
		RR	562,1	624,8	641,5
1000H	CV	E	338	375	385
		R	567	630	647
	RPD	ER	370,1	410,6	421,6
		RR	620,9	689,9	708

Sumber: *Trelleborg System Fender Catalogue* (Trelleborg, 2022)

Keterangan: CV adalah *slow speed constant velocity compression*, RPD adalah *rated performance data*, E adalah *absorption energy*, R adalah *reaction energy*.

3. Jarak Pemasangan Antar *Fender*

Jarak antar *fender* yang sesuai sangat diperlukan untuk menghindari kontak antara kapal dan dinding dermaga (Abidin et al., 2018). Menentukan jarak *fender* memerlukan data jari-jari yang dilihat dari nilai *coefficient block* (Fauzan, 2018), yang dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah melakukan perhitungan untuk jarak antar *fender*, kemudian diperoleh hasil sebagaimana Tabel 5.

Tabel 5 Jarak Antar *Fender*

Kapal	Petikemas	<i>General Cargo</i>
Jarak Pemasangan Antar <i>Fender</i>	m	21
		19

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2022)

Menentukan jarak *fender* diperlukan juga pertimbangan terhadap jenis kapal yang memiliki kapasitas lebih kecil daripada kapasitas kapal yang telah dihitung (Fauzan, 2018). Diketahui jarak antar *fender* untuk kapal petikemas ukuran maksimum 30.000 DWT adalah sebesar 21 meter dan untuk kapal *general cargo* ukuran maksimum 30.000 DWT adalah sebesar 19 meter (Tabel 4), maka ditentukan jarak antar *fender* yang dipakai adalah 4,6 meter dengan tujuan agar kapal-kapal kecil juga dapat bersandar di dermaga (Fitriyani, 2020).

4. Gaya Serap Pada Dermaga

Nilai yang diserap oleh *fender* dan dermaga akibat benturan dari kapal dapat menyebabkan reaksi defleksi (Alfarizi, 2021). Nilai defleksi maksimum yang diizinkan dapat dipakai sebesar 45 derajat. Gaya bentur yang diserap sistem *fender* dan gaya bentur

yang diserap dermaga, memiliki persamaan jika hasil perhitungan tersebut harus lebih kecil daripada energi reaksi *fender* terpilih, untuk membuktikan *fender* tersebut sesuai dengan kegunaannya ($R = 90$ ton) (Islamiah, 2020). Hasil dari perhitungan tersebut bisa dilihat pada (Tabel 6).

Tabel 6 Gaya Serap Pada Dermaga

Kapal	Satuan	Nilai	Petikemas	General Cargo
Gaya bentur yang diserap sistem <i>fender</i> terhadap energy reaction	ton	F	2,7	3,3

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2022)

5. Gaya Tambat

Salah satu gaya yang terjadi pada dermaga merupakan gaya horizontal. Gaya horizontal selain *berthing energy* ialah gaya tambat yang dibagi menjadi dua yaitu, gaya yang disebabkan oleh angin, dan gaya yang disebabkan oleh arus (PIANC, 2022). Sama halnya dengan gaya serap pada dermaga, nilai gaya tambat juga harus lebih kecil daripada energi reaksi *fender* terpilih agar memenuhi spesifikasi persyaratan ($R = 90$ ton) (Islamiah, 2020). Hasil perhitungan dari gaya tambat dapat dilihat pada (Tabel 7).

Tabel 7 Perhitungan Gaya Tambat

Kapal		Petikemas	General Cargo
Jika angin datang dari arah haluan	ton	5,4	5,22
Jika angin datang dari arah buritan	ton	6,4	6,21
Jika angin datang dari arah lebar kapal	ton	98,1	92,75
Perhitungan gaya akibat arus	ton	8,62	8,4

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2022)

D. Kesimpulan

Nilai *berthing energy* untuk kapal 30.000 DWT dengan dua jenis kapal yang berbeda, bahwa kapal petikemas memiliki nilai *berthing energy* sebesar 592 kNm. Kapal *general cargo* memiliki nilai *berthing energy* sebesar 316,45 kNm. Sehingga tipe *fender* yang sesuai untuk dua jenis kapal, dengan nilai *berthing energy* tersebut, merupakan tipe *fender* SCN 1.150H F 1.2 yang merupakan tipe *fender* dengan spesifikasi tertinggi dari dua jenis kapal. Jarak *fender* yang dipilih untuk kapal dengan kapasitas maksimum 30.000 DWT sebesar 4,6 meter, sebab mempertimbangkan kapal-kapal kecil yang juga akan bersandar di dermaga.

Gaya bentur terhadap energi reaksi *fender* terpilih, diketahui jika gaya serap lebih kecil dari energi reaksi. Kapal petikemas memiliki energi reaksi sebesar 90 ton dan gaya serap sebesar 3,7 ton. Kapal *general cargo* memiliki gaya serap sebesar 2,3 ton. Gaya tambat

terhadap energi reaksi sesuai dengan spesifikasi persyaratan, yaitu dengan nilai gaya serap lebih kecil dari energi reaksi.

Kapal petikemas yang memiliki energi reaksi sebesar 90 ton, dengan angin datang dari arah haluan memiliki energi sebesar 5,4 ton, angin datang dari arah buritan memiliki energi sebesar 6,4 ton, angin datang dari arah lebar kapal memiliki energi sebesar 98,1 ton. Kemudian nilai akibat arus pada kapal petikemas memiliki besaran energi sebesar 8,62 ton. Sedangkan kapal *general cargo* memiliki energi reaksi sebesar 90 ton, dengan angin datang dari arah haluan memiliki energi sebesar 5,22 ton, angin datang dari arah buritan memiliki energi sebesar 6,21 ton, angin datang dari arah lebar kapal memiliki energi sebesar 92,75 ton. Kemudian nilai akibat arus pada kapal *general cargo* memiliki besaran energi sebesar 8,4 ton.

E. Daftar Pustaka

- Abidin, M. Z., Wiranto, P., & Lukman, H. (2018). Perencanaan Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Pengangkut Minyak , Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1), 1–13.
- Ashury, C. P. dan F. (2020). Analisis Kapasitas Fender Tipe V Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru. *Sensistek: Seminar Sains Dan Teknologi Kelautan*, 3(November), 151–158.
- Fauzan. (2018). Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT. *Ensiklopedia of Journal*, 1(1), 1–5.
- Fitriyani. (2020). *Analisis Kapasitas Fender Tipe V Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongong Kabupaten Barru*. Departemen Teknik kelautan, Fakulats Teknik, Universitas Hasanudin.
- Irawati, N. (2019). *Perencanaan Pelabuhan*. Jakarta: Indeks.
- Karim, A. M. (2018). *Desain Struktur Dermaga Peti Kemas Kapasitas 15.000 DWT di Pelabuhan Murhum Baubau, Sulawesi Tenggara* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <http://repository.its.ac.id/75980/>
- Kramadibrata, S. (2018). *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Penerbit ITB.
- PIANC. (2022). *Fender Application Design Manual*. Swedia: Trelleborg Marine and Infrastructure.
- Putri, S. R. (2022). *Desain Sistem Fender Pada Dermaga Deck On Pile Untuk Kapal Multipurpose Dengan Ukuran Maksimum 30.000 DWT Di Terminal Khusus Bungkutoko-Kendari*. Institut Transportasi dan Logistik Trisakti.
- SHIBATA. (2021). *Design Manual Shibata Fender Team on the Safe Side*. <https://doi.org/10.1061/9780784409633.ch01>

- Sugiyono. (2020). Metode Penelitian Kualitatif Kuantitative dan R & D. In *Bandung Alfabeta*.
- Sukarsyah, B. (2021). Evaluasi Perencanaan Fender Fasilitas Dermaga Terminal Petikemas Belawan (Studi Kasus). In *Jurnal Umsu*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Syahputra, T. A. M. (2018). Desain Fender Pada Condensate and Sulphuric Acid Berth PT . Pertamina – Medco E & P (Job PMTS) di Senoro Block Project. In *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Trelleborg. (2022). *Fender Systems Product Brochure*.
- Zen, M. L., Warsito, W., & Rachmawati, A. (2020). Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Jetty) Di Pelabuhan Tanjung Tembaga 1 Kota Probolinggo. *Jurnal Rekayasa Sipil*. <http://www.riset.unisma.ac.id/index.php/ft/article/download/7313/5877>