

SKRIPSI

**ANALISIS KAPASITAS FENDER *TYPE V* DAN ALAT PENAMBAT
PADA PELABUHAN PASSARANG KABUPATEN MAJENE**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1
Pada Program Studi Teknik Sipil



Disusun oleh:

NURMAULIDIANA

D01 19 016

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2023**

ABSTRAK

Analisis Kapasitas Fender *Type V* Dan Alat Penambat Pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene

Nurmaulidiana, Akbar Indrawan Saudi, S.T., M.T¹, Ir. Nurmiati Zamad, S.T., M.T²

Program Studi Teknik sipil, fakultas Teknik, universitas Sulawesi barat

anamtsuchi@gmail.com

Pelabuhan sebagai salah satu penyedia lalulintas kapal yang merupakan wadah penyelenggaraan jasa kepelabuhanan. Kerusakan fender pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene menyebabkan kegiatan kapal saat bersandar terganggu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar energi benturan yang diperoleh oleh fender dan bagaimana kondisi fender saat ini dapat berkembang pada sepuluh tahun mendatang. Adapun metode yang digunakan adalah metode analisis dan regresi linear sederhana. Untuk hasil yang diperoleh yaitu energi benturan kapal lebih kecil daripada energi serap fender dimana 0,40 ton, dan 0,165 ton, sedangkan gaya yang bekerja pada alat penambat adalah gaya akibat angin dan gaya akibat arus, dimana gaya angin dibagi tiga arah yaitu, gaya dari arah haluan sebesar 15,32 kg, gaya dari arah buritan 18,23 kg serta dari arah lebar 40,11 kg sedangkan untuk gaya arus sebesar 108,30 kgf. Berdasarkan prediksi mengenai kapasitas fender, mengalami perkembangan sehingga kondisi fender saat ini masih mampu untuk menerima energi benturan dari kapal tetapi akan lebih baik jika pada sepuluh tahun mendatang menggunakan alternatif lain seperti *cone*, *cell* dan *Arch* fender, karena dapat menyerap energi benturan lebih besar dimana memiliki reaksi fender (*Reaction Force*) dan Energi Absorpsi Fender (*Energy Absorption*) yang sama dari keadaan normal defleksi fender pada dermaga.

Kata Kunci: Pelabuhan, Kapal, Fender, Alat Penambat, Energi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan sebagai salah satu unsur penyedia lalu lintas kapal yang merupakan wadah penyelenggaraan jasa kepelabuhanan, penyelenggaraan kegiatan negara, dan kegiatan ekonomi lainnya yang diselenggarakan secara terpadu, sehingga terwujud pelayanan jasa kepelabuhanan sesuai dengan kebutuhan. Idealnya, pelabuhan harus direncanakan dengan perusahaan pelayaran yang menggunakan fasilitas pelabuhan. Pelabuhan memiliki fasilitas-fasilitas penunjang yang dapat membantu kinerja pelabuhan dan kegiatan kepelabuhanan. Salah satu fasilitas yang penting bagi pelabuhan adalah dermaga yang dilengkapi dengan fender dan alat penambat. Dermaga merupakan struktur bangunan yang berada dilaut dan menghubungkan daratan dengan pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat kapal berlabuh di pelabuhan. Dermaga juga merupakan tempat bongkar muat barang dan menaikkan serta menurunkan penumpang atau barang. Sedangkan, Fender adalah salah satu fasilitas yang berada dilaut yang berfungsi sebagai bantalan yang ditempatkan di depan dermaga. Selain itu, alat penambat juga merupakan salah satu fasilitas yang ada di pelabuhan dimana alat penambat adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk keperluan mengikat kapal pada waktu berlabuh sehingga kapal tidak bergerak yang disebabkan oleh gelombang, arus dan angin.

Kerusakan pada dermaga dapat mengganggu kegiatan pelayanan pelabuhan yang menjadi fungsi bagi dermaga sendiri. Faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada dermaga dapat dipengaruhi oleh besarnya gelombang yang terjadi disekitar dermaga, yaitu gelombang yang kuat memberikan benturan yang cukup keras pada dermaga. Selain itu, kerusakan pada dermaga juga dapat disebabkan oleh gempa, dimana saat bencana tersebut terjadi tanah mengalami pergeseran sehingga mempengaruhi pondasi dermaga. Kegiatan pada saat kapal merapat kedermaga (bertambat) juga merupakan faktor utama terjadinya kerusakan pada dermaga.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan pada pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru, telah diketahui bahwa kerusakan pada fender yang digunakan disebabkan oleh pengaruh dari benturan kapal terhadap dermaga dengan hasil yang diperoleh yaitu energi benturan yang diserap fender lebih besar dibandingkan energi yang diteruskan kedermaga (Fitriyani, 2020). Selain itu, menurut Putra (2017) dengan hasil studinya, didapatkan hasil Kerusakan pada badan kapal akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal. Dengan ditambahkannya fender pada tugboat, kerusakan dapat berkurang. Serta Fauzan (2018) dengan hasil studinya menyatakan bahwa Perencanaan fender ditentukan berdasarkan besarnya energi yang diserap akibat benturan kapal. Besarnya energi yang tersisa dalam fender diperoleh setelah energi benturan dari kapal dapat diserap oleh fender. Maka, ditentukan tipe fender yang paling optimal sesuai dengan karakteristik kapal. Sehingga penting untuk diteliti mengenai besarnya energi benturan yang diserap oleh fender dan yang diteruskan kedermaga pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene. Benturan kapal memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan struktur kapal dan dermaga yang berkaitan dengan keselamatan kapal. Pengaruh benturan tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada dermaga. Untuk menghindari kerusakan kapal dan dermaga akibat benturan, maka diletakkan bantalan di depan dermaga, yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan yang ditempatkan di depan dermaga disebut fender.

Berdasarkan observasi pada Pelabuhan Passarang, yang terletak di kelurahan Totoli, kecamatan Banggae, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat, dan merupakan salah satu transportasi laut yang melayani kebutuhan transportasi kapal untuk penumpang, pengiriman barang, cargo, pengiriman kendaraan motor/mobil dan lainnya, serta Jenis kapal yang digunakan pada Pelabuhan Majene adalah jenis kapal perintis. Mengalami kerusakan pada dermaga dan menyebabkan kegiatan naik atau turunnya penumpang, dan bongkar muat barang terganggu. Sehingga, penting untuk diteliti mengenai besarnya energi benturan yang diserap oleh fender dan yang diteruskan kedermaga pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene. Maka penulis akan melakukan penelitian mengenai

ANALISIS KAPASITAS FENDER *TYPE V* DAN ALAT PENAMBAT PADA PELABUHAN PASSARANG KABUPATEN MAJENE

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana gaya-gaya yang bekerja pada fender tipe V dan alat penambat ketika kapal bertambat pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene?
2. Bagaimana analisis kapasitas fender tipe V dan alat penambat pelayanan Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene pada sepuluh tahun mendatang masih bisa digunakan?

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada fender tipe V dan alat penambat ketika kapal bertambat
2. Untuk menganalisis kapasitas fender tipe V pelayanan Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene pada sepuluh tahun mendatang, masih bisa digunakan

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penelitian tugas akhir, agar permasalahan yang dibahas lebih terarah dan tidak terlalu melebar. Batasan masalah meliputi hal-hal berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas tentang kapasitas fender dan alat penambat yang digunakan pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene Dimana tipe fender yang digunakan pada pelabuhan adalah tipe v dan alat penambat yang digunakan adalah bolder.

2. Penelitian ini juga hanya menghitung bobot jenis kapal yang digunakan untuk penumpang pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene yaitu jenis kapal perintis
3. Pada penelitian ini tidak menghitung tentang daya dukung tanah yang memiliki pengaruh terhadap pondasi demaga. Penelitian ini juga tidak menghitung pembebanan terhadap struktur dermaga.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agar mempelajari lebih lanjut teori mengenai pelabuhan, jenis-jenis, fungsi, karakteristik kapal dan fasilitas-fasilitas yang terdapat dipelabuhan
2. Agar dapat menghindari kerusakan pada kapal dan dermaga akibat benturan dan menghindari kerugian material
3. Agar dapat memberikan informasi kepada pihak pelabuhan tentang fasilitas pelayanan sandar kapal terhadap fender dan alat penambat.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan Skripsi tugas akhir dan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka Skripsi tugas akhir disusun pada pola berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini mengurai tentang latar belakang mengenai permasalahan yang ada fasilitas yang ada didermagadan membahas tentang rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, serta manfaat yang diperoleh.

BAB II TINJAUAN PUSATAKA

Berisi tentang menjelaskan mengenai kerangka acuan yang membahas tentang teori-teori singkat mengenai fender dan alat penambat.

BAB III METODE PENELITIAN

Meliputi sumber data, lokasi waktu penelitian, pengambilan data, jenis data (data sekunder dan data primer), metode pengolahan data, serta diagram alir penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan

Pelabuhan mempunyai arti yang sempit, yaitu suatu perairan yang terlindung sebagai tempat berlabuhnya kapal-kapal dengan aman dengan cara membuang sauh. Selain itu ada beberapa istilah atau sebutan-sebutan yang lain seperti:

1. *Harbour*, adalah perairan yang terlindung, tempat kapal-kapal berlindung dengan aman (dari gangguan alam) dengan membuang sauh atau , mengikat pelampung.
2. *Port*, adalah pintu gerbang atau tempat yang mempunyai harbour lengkap dengan petugas bea cukai.
3. *Dock*, adalah suatu kolam dengan pintu air tempat dimana kapal membongkar muat atau keperluan perbaikan.

Sehingga Pelabuhan adalah suatu daerah perairan yang tertutup dan juga terlindung dari alam (angin, topan, dan badai) agar kapal-kapal dapat berlabuh dengan aman, nyaman, dan lancar untuk bongkar muat barang.

Pelabuhan merupakan tempat yang terdiri dari daratan dan perairan pada pembatasan tertentu pada lokasi tindakan dan operasi pemerintah ekonomi, seperti berlabuh, menambatkan kapal, dan kegiatan naik/turunnya penumpang serta bongkar muat barang, yang dilengkapi dengan fasilitas pelayaran dan pelayanan sebagai tempat perpindahan intra dan moda transportasi. Pelabuhan yang efektif tentunya memiliki fasilitas-fasilitas penunjang yang dapat membantu kinerja pelabuhan dan dapat mengoptimalkan kegiatan kepelabuhanan. Selain itu, terdapat beberapa fasilitas yang berfungsi untuk membantu pelayanan pada pelabuhan, dimana salah satunya adalah kegiatan pada saat kapal merapat ke dermaga.

Dermaga adalah tempat di pelabuhan untuk kapal, dilengkapi dengan alat pelindung yang disebut fender. Dalam kondisi ideal dan kontrol penuh, kapal bisa mendekati dermaga tanpa memukul keras, tapi masih penting untuk membedakan Berlayar dari dermaga dengan semacam bantalan karet atau kayu mencegah cat

rusak oleh gerakan relatif antar pilar dan kapal yang diciptakan oleh angin dan arus dapat merugikan kedua belah pihak.

2.2 Fender

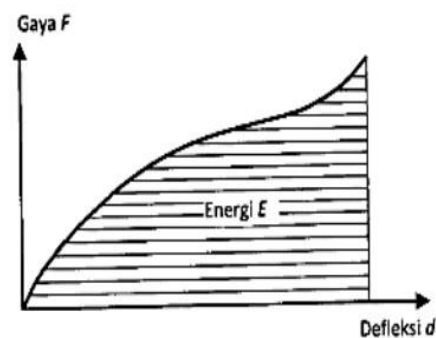
Fender berfungsi sebagai bantalan yang ditempatkan didepan dermaga. Fender menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga dan menstransmisikan gaya ke dermaga. Gaya yang diteruskan ke dermaga tergantung pada *type* fender yang digunakan.

Fender juga dapat melindungi cat badan kapal dari kerusakan akibat gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh pergerakan gelombang, arus, dan angin. Fender harus dipasang di sepanjang dermaga dan diposisikan dengan tepat dan mengenai kapal, oleh karena itu kapal yang mempunyai ukuran yang berlainan maka fender harus dibuat agak tinggi. Pada saat kapal membentur fender, fender dipaksa menekuk (kompresi). Defleksi ini memungkinkan fender menyerap energi tumbukan kapal, dan menstransmisikan gaya tumbukan ke struktur dermaga.



Gambar 2.1 Presentasi Defleksi fender karena benturan kapal

(Sumber: Bambang triatmodjo, perencanaan pelabuhan,2017)



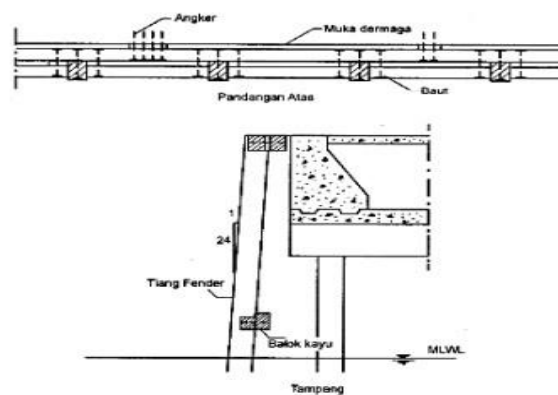
Gambar 2.2 Kurva defleksi suatu fender

(Sumber: Bambang triatmodjo, perencanaan pelabuhan,2017)

Fender dibuat dari bahan elastis, seperti kayu atau karet. Fender kayu bisa berupa batang kayu yang dipasang di depan muka dermaga atau tiang kayu yang ipancang. Saat ini fender kayu sudah tidak banyak digunakan, mengingat harga kayu yang lagi tidak murah dan masalah lingkungan yang muncul dengan penebangan pohon. Kecuali untuk Pelabuhan kecil di daerah Sumatera, Kalimantan dan papua dimana masih tersedia cukup banyak kayu. Fender karet yang merupakan produk pabrik semakin banyak digunakan karena kualitasnya lebih baik dan banyak tersedia dipasaran dengan berbagai type. Pelabuhan Perikanan Cilacap yang semula menggunakan fender kayu, saat ini telah diganti dengan fender karet.

1. Fender kayu

Fender kayu bisa berupa batang-batang kayu yang dipasang horisontal dan vertikal di sisi depan dermaga. Gambar 2.2 adalah contoh fender kayu yang dipasang pada sisi dermaga. Panjang fender sama dengan sisi atas dermaga sampai muka air. Fender kayu ini mempunyai sifat untuk menyerap energi. Gambar 2.2 adalah fender kayu yang berupa tiang pancang yang dilengkapi dengan balok memanjang (horisontal). Fender tersebut ditempatkan di depan dermaga dengan kemiringan 1 (horisontal) : 24 (vertikal) dan akan menyerap energi karena defleksi yang terjadi pada waktu dibentur kapal. Penyerapan energi tidak hanya diperoleh dari defleksi tiang kayu, tetapi juga dari balok kayu memanjang. Tiang kayu dipasang pada setiap seperempat bentang.



Gambar 2.3 Fender kayu tiang pancang

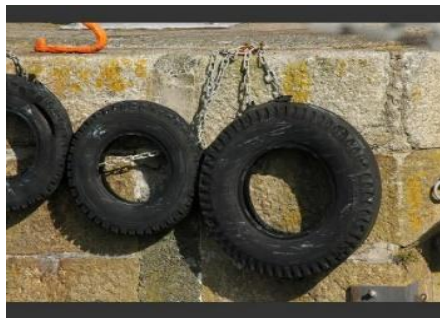
(Sumber: Bambang Triatmodj, *Perencanaan Pelabuhan*, 2017)

2. Fender karet

Saat ini, fender karet banyak digunakan di pelabuhan. Fender karet dibuat tergantung pada fungsi dalam berbagai bentuk dan ukuran rumit. Produsen fender menyatakan properti dari fender yang diproduksinya. Fender jenis yang sama tetapi dibuat oleh pabrik yang berbeda, maka fungsi yang berbeda. Fender karet dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Fender dari ban mobil bekas

Fender ini merupakan jenis fender yang paling sederhana antar fender lainnya dari ban mobil bekas, yang kemudian dipasang di bagian samping sepanjang dermaga di depan.



Gambar 2.4 Fender ban mobil bekas

(Sumber: <https://image.KITASIPIL.com>, 2017)

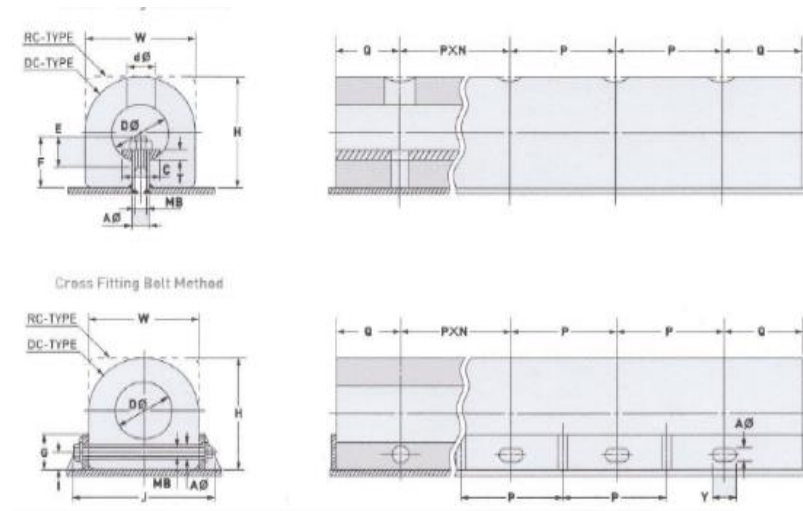
b. Fender tipe-D

Fender tipe-D memiliki gaya reaksi yang lebih besar dan redaman yang lebih tinggi. Digunakan untuk rangka dermaga dan kapal yang lebih kecil karena lebarnya kebawah.



Gambar 2.5 Fender karet tipe-D

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera*, 2023)



Gambar 2.6 Dimensi fender karet tipe-D

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera, 2023*)

Tabel 2.1 Dimensi fender tipe-D

Size	DØ	dØ	C	G	H	I	J	T	W	AØ	MB	E	F	Y	P	Q
DC 150 H x 75 Ø	75	60	50	60	150	26	220	16	150	22	M20 [3/4]	40	80	32	250	150
DC 200 H x 100 Ø	100	65	65	75	200	35	280	19	200	25	M22[7/8]	50	95	38		
DC 250 H x 125 Ø	125	70	80	100	250	43	350	22	250	28	M24[1]	60	112	42		
DC 300 H x 150 Ø	150	80	90	125	300	52	400	25	300	32	M27[1 1/8]	70	132	48	350	200
DC400 H x 200 Ø	200	90	100	150	400	70	520	29	400	36	M30[1 1/4]	80	180	54		
DC500 H x 250 Ø	250	100	120	175	500	88	680	32	500	42	M36[1 1/2]	90	210	62		

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera, 2023*)

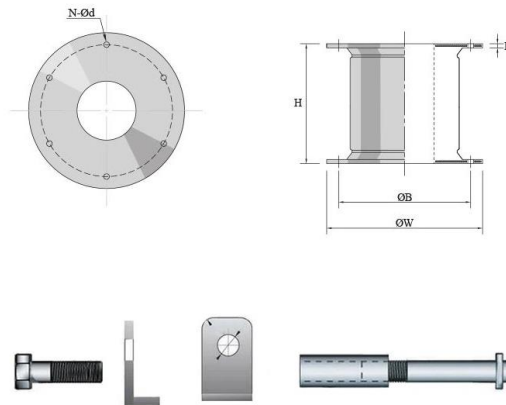
c. Sel fender

Fender tipe sel memiliki gaya reaksi yang rendah dan penyerapan energi yang tinggi. Fender karet seluler dilengkapi dengan rangka depan. Produk ini memiliki daya serap energi yang lebih tinggi dan sangat handal untuk digunakan di galangan kapal/pelabuhan dengan kapal besar.



Gambar 2.7 Fender karet tipe sel

(Sumber: *RGEC Marine Equipment Group, 2023*)



Gambar 2.8 Dimensi Fender karet tipe sel

(Sumber: *RGEC Marine Equipment Group, 2023*)

Tabel 2.2 Dimensi fender Tipe sel

Ukuran Spatbor	H	ØW	ØB	D	nxd	Ukuran baut (mm)	Bobot (Kg/m)
GCK400H	400	650	550	25	4x30	M22	78
GCK500H	500	650	550	25	4x32	M24	110
GCK630H	630	840	700	25	4x39	M30	230
GCK800H	800	1050	900	30	6x40	M33	410
GCK1000H	1000	1300	1100	35	6x47	M39	790
GCK1150H	1150	1500	1300	37	6x50	M42	1200
GCK1250H	1250	1650	1450	40	6x53	M45	1500
GCK1450H	1450	1850	1650	42	6x61	M52	2300
GCK1600H	1600	2000	1800	45	8x61	M52	3000
GCK1700H	1700	2100	1900	50	8x66	M56	3600
GCK2000H	2000	2200	2000	50	8x74	M64	5200
GCK2250H	2250	2550	2300	57	10x74	M64	7400
GCK2500H	2500	2950	2700	70	10x74	M64	10500
GCK3000H	3000	3350	3150	75	12x90	M76	18500

(Sumber: *RGEC Marine Equipment Group, 2023*)

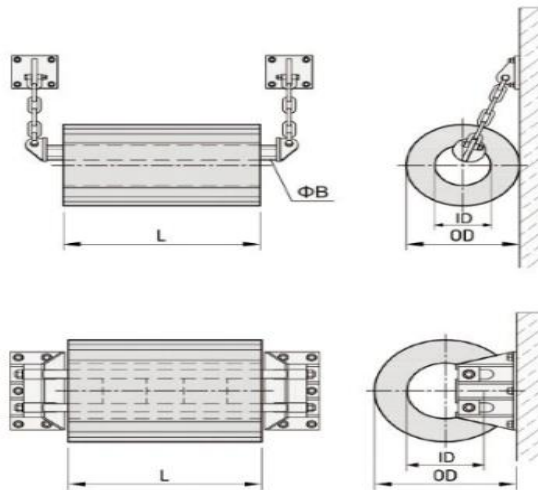
d. Fender tipe silinder

Fender berdasarkan model ini fleksibel dan mudah dipasang. Fender berbentuk silinder ini memiliki fisik yang tebal, kuat dan tahan lama yang melindungi kapal dari abrasi/aus. Seperti jenis fender karet lainnya, fender silinder ini memiliki gaya reaksi yang lebih rendah daripada tingkat energinya.



Gambar 2.9 Fender karet tipe silinder

(Sumber: *indotrading.com*, 2023)



Gambar 2.10 Dimensi Fender karet tipe silinder

(Sumber: *RGEC Marine Equipment Group*, 2023)

Tabel 2.3 Dimensi fender Tipe Silinder

Ukuran Fender ODxID (mm)	OD/ID	Energi KN{}M)	Reaksi (KN)	P (KN/m ²)	Bobot kg/m
GCY100x50	2	0.8	43	547	7.2
GCY125x65	1.92	1.3	51	500	11
GCY150x75	2	1.8	65	552	16.3
GCY175x75	2.33	2.7	92	781	24.1
GCY200x100	2	3.3	86	547	29
GCY250x125	2	5.1	108	550	45.3
GCY300x150	2	7.4	129	547	65.2
GCY380x190	2	11.8	164	550	105
GCY400x200	2	13.1	172	547	116
GCY450x225	2	16.6	194	549	147
GCY500x250	2	28	275	700	181
GCY600x300	2	40	330	700	255
GCY800x400	2	72	440	700	453

Tabel 2.3 Lanjutan Dimensi fender Tipe Silinder

Ukuran Fender ODxID (mm)	OD/ID	Energi KN{}M	Reaksi (KN)	P (KN/m ²)	Bobot kg/m
GCY1000x500	2	112	550	700	707
GCY1200x600	2	162	660	700	1018
GCY1400x700	2	220	770	700	1386
GCY1400x800	1.75	208	649	516	1245
GCY1500x750	2	253	825	700	1591
GCY1600x800	2	288	880	700	1810
GCY1750x900	1.94	340	929	657	2124
GCY2000x1200	1.67	415	871	462	2414
GCY2400x1200	2	647	1321	701	4073
GCY2700x1300	2.08	818	1486	728	5154

(Sumber: *RGEC Marine Equipment Group, 2023*)

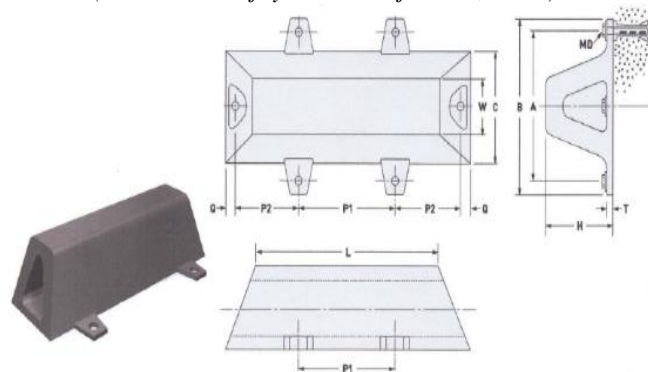
e. Fender Tipe-A

Fender tipe A adalah fender yang paling umum digunakan di galangan kapal Indonesia, bentuknya sederhana dan pemasangannya mudah. Fender tipe-A ini memiliki bentuk yang hampir mirip dengan fender tipe-V, perbedaannya hanya pada bagian atas fender, dimana bagian atas fender tipe- A berbentuk kubah.



Gambar 2.11 Fender karet tipe-A

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera, 2023*)



Gambar 2.12 Dimensi Fender karet tipe-A

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera, 2023*)

Tabel 2.4 Dimensi fender Tipe-A

No.	Dimension	MD	A	B	C	T	W	1000L		1500L		2000L			2500L			3000L			3500L		
	Height(H)							P2	Q	P2	Q	P1	P2	Q	P1	P2	Q	P1	P2	Q	P1	P2	Q
1	200H	M24 [1]	350	445	25	25	125	555	70	805	70	900	605	70	900	855	70	900x2	655	70	900x2	905	70
2	300H	M30 [1 1/4]	530	645	375	35	188	600	75	850	75	1000	600	75	1000	850	75	1000x2	600	75	1000x2	850	75
3	400H	M36 [1 1/2]	710	840	500	40	250	640	85	890	85	1200	540	85	1200	790	85	1200x2	440	85	1200x2	690	85
4	500H	M42 [1 3/4]	860	1000	625	40	315	675	100	925	100	1000	675	100	1000	925	100	1000x2	675	100	1000x2	925	100
5	600H	M48 [2]	1050	1210	750	50	375	710	115	960	115	1020	700	115	1020	950	115	1020x2	690	115	1020x2	940	115
6	700H	M48 [2]	1180	1380	880	55	450	635	115	885	115	1000	635	115	1000	885	115	1000x2	635	115	-	-	-
7	800H	M64[2 1/2]	1350	1550	1000	60	500	670	130	920	130	1050	645	130	1050	895	130	1050x2	620	130	-	-	-
8	1000H	M64[2 1/2]	1600	1800	1250	65	625	700	150	950	150	1200	600	150	1200	850	150	1200x2	500	150	-	-	-
9	1300H	M76[3]	2030	2250	1625	65	815	-	-	975	200	900	775	200	900	1025	200	900x2	825	200	-	-	-

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera*, 2023)

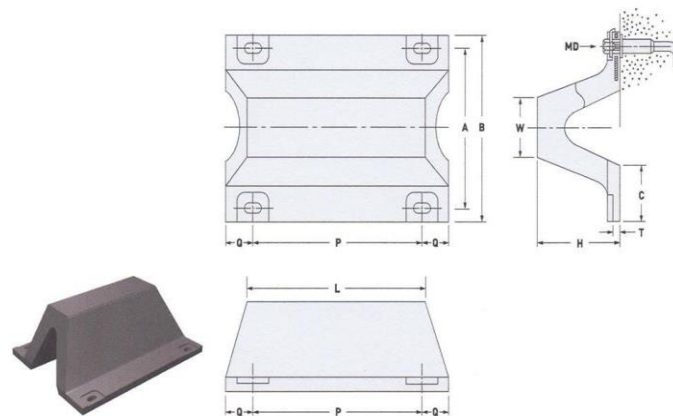
f. Fender tipe-V

V-Fender adalah jenis fender karet yang paling umum dan banyak digunakan di galangan kapal dan pelabuhan di seluruh dunia. Fender tipe-V juga merupakan fender karet yang keras, dapat bekerja dengan stabil, memiliki struktur yang sederhana dan tahan lama. Memberikan kemampuan untuk memenuhi berbagai kebutuhan operasional pelabuhan. Sambungan karet jenis ini memiliki stabilitas yang baik dan ikatan yang kuat dengan material lain sebagai menopang struktur. Performa fender tipe-V ini lebih baik dari beberapa tipe rubber fender lainnya. Jenis fender ini disesuaikan dalam aplikasinya dengan jenis kapal yang sering dijadikan tumpuan. Rubber fender jenis ini digunakan untuk mencegah kerusakan lambung kapal dan berbagai bagian kapal lainnya.

Fender tipe-V memiliki kapasitas penyerapan energi yang relatif tinggi, memungkinkannya menahan beban kapal yang ditambatkan sangat berat. Selain itu, fender tipe-V ini juga memiliki gaya reaksi dan penyerapan energi yang lebih tinggi daripada fender karet tipe silinder. V-fender juga mudah dipasang, membuatnya lebih ekonomis. fender karet tipe V ini dapat dipasang secara vertikal atau horizontal. Rubber fender tipe V ini dapat digunakan untuk tepi dermaga dan juga untuk kapal karena lebar di bagian bawah dan menyempit di bagian atas. Fender karet tipe-V hadir dalam berbagai ukuran dan dapat menahan benturan tinggi atau penyerapan energi. Ukuran fender karet tipe-V ini dapat

disesuaikan dengan operasi atau kebutuhan dan struktur pintu gerbang. Ukuran atau spesifikasi fender tipe-V antara lain:

- 1) Fender tipe-V 150H – (1000 – 3000) L
- 2) Fender tipe-V 200H – (1000 – 3000) L
- 3) Fender tipe-V 250H – (1000 – 3000) L
- 4) Fender tipe-V 300H – (1000 – 3000) L
- 5) Fender tipe-V 400H – (1000 – 3000) L
- 6) Fender tipe-V 500H – (1000 – 3000) L
- 7) Fender tipe-V 600H – (1000 – 3000) L
- 8) Fender tipe-V 800H – (1000 – 3000) L
- 9) Fender tipe V 1000H – (1000 – 3000) L



Gambar 2.13 Fender karet tipe-V

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera*, 2023)

Tabel 2.5 Dimensi fender tipe-V

No.	Dimension	MD	A	B	C	T	W	1000L		1500L		2000L	
	Height(H)							P	Q	P	Q	P	Q
1.	150H	M22 [7/8]	240	300	96	17	97,5	855	110	675X2	112,5	620X3	107,5
2.	200H	M24 [1]	320	400	128	17	130	860	120	680X2	120	620X3	120
3.	250H	M27 [1 1/8]	410	500	160	22	162,5	865	130	680X2	132,5	620X3	132,5
4.	300H	M30 [1 1/4]	490	600	192	23	195	870	140	685X2	140	625X3	137,5
5.	400H	M36 [1 1/2]	670	800	256	31	260	900	150	700X2	150	635X3	147,5
6.	500H	M42 [1 3/4]	840	1000	320	34	325	930	160	715X2	160	645X3	157,5
7.	600H	M48 [2]	1010	1200	384	40	390	960	170	730X2	170	655X3	167,5
8.	800H	M64 [2 1/2]	1340	1600	512	45	520	1040	180	770X2	180	680X3	180
9.	1000H	M64 [2 1/2]	1680	2000	640	49	650	1100	200	800X2	200	700X3	200

(Sumber: *Indojaya Mitra Sejahtera*)

Jenis fender yang digunakan dan penempatannya di depan dermaga harus mampu melindungi dan menyerap energi tumbukan kapal dari semua jenis dan ukuran untuk berbagi peringkat permukaan laut. Gambar 2.8 menunjukkan penempatan slot untuk beberapa kapal.

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum antar fender.

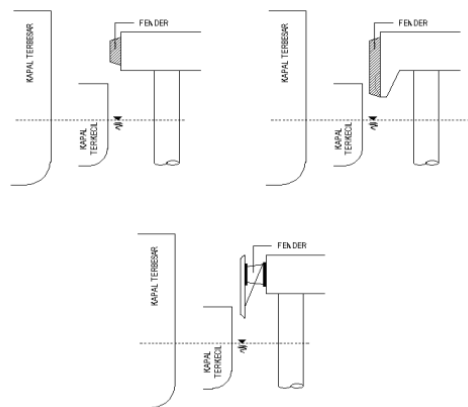
$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

L= jarak maksimum antara fender (m)

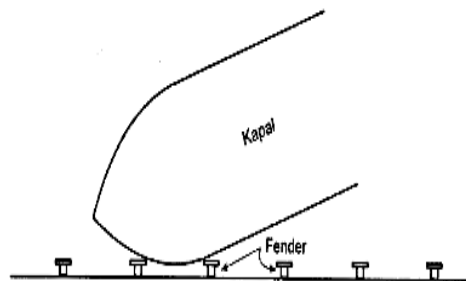
r = jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h= tinggi fender



Gambar 2.14 Posisi kapal terhadap fender

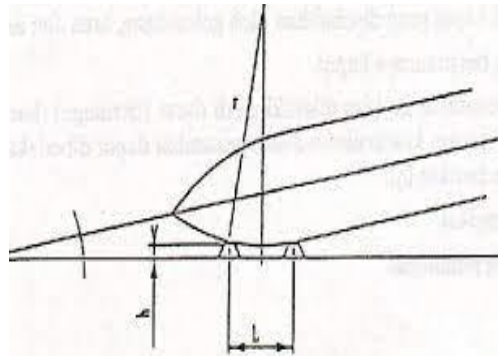
(Sumber: Bambang Triatmodjo, *Perencanaan Pelabuhan*, 2017)



Gambar 2.15 Posisi kapal pada waktu membentur fender

(Sumber: Bambang Triatmodjo, *Perencanaan pelabuhan*, 2017)

Apabila jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal diketahui, maka persamaan berikut dapat digunakan sebagai pedoman untuk menghitungnya.



Gambar 2.16 Jarak antara fender

(Sumber: *Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan, 2017*)

$$S \leq \sqrt{RB^2 - (RB - PU + \delta f + C)^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$RB = \frac{1}{2} \left(\left(\frac{B}{2} \right)^2 + \left(\frac{L \cdot OA^2}{8 \times B} \right) \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- S = jarak antar fender
- RB = radius bow kapal
- PU = proyeksi fender
- δf = defleksi fender = $0,45 \times Pu$
- C = ruang kebebasan

2.2.1 Pembebanan Pada Fnder

Fungsi utama dari sistem fender adalah untuk mencegah kerusakan pada kapal dan dermaga pada saat kapal merapat dan berlabuh di dermaga. Gaya-gaya yang terlibat dalam penambatan kapal adalah tumbukan kapal, gesekan antara kapal dan dermaga, dan tekanan kapal pada dermaga. Gaya-gaya ini merusak struktur kapal dan dermaga. Untuk mencegah kerusakan ini, dipasang pelindung yang dapat menyerap energi tumbukan di sisi kolom. Jenis dan ukuran fender ditentukan oleh energi yang diserap dan gaya maksimum yang ditransmisikan

ke struktur dermaga. Pemilihan jenis fender dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gelombang, kondisi arus dan angin, ukuran kapal, kecepatan dan arah kapal di dermaga, keberadaan kapal tunda untuk membantu tambat, jenis lokasi dan juga kemampuan para kapten kapal (*Berther*).

Pembebanan fender didasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi tumbukan antara kapal dan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender dan sisa struktur dermaga. Struktur dermaga dengan kekakuan tinggi dianggap tidak menyerap energi tumbukan, sehingga sistem fender menghemat energi.

2.2.2 Energi Benturan kapal

Gaya tumbukan kapal yang ditahan oleh dermaga bergantung pada energi tumbukan yang diserap oleh sistem fender yang terpasang pada dermaga, gaya tumbukan bekerja pada bidang horizontal dan dapat dihitung dari energi tumbukan (Triadmodjo, 2017). Besar energi benturan dapat ditentukan dengan rumus:

$$E = \frac{WV^2}{2G} C_m C_e C_s C_c \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- E = Energi tambat efektif kapal (ton.m)
- W = Berat kapal (ton)
- V = Kecepatan pendekatan kapal (m/d)
- G = Kecepatan Gravitasi (m/d²)
- C_e = Koefisien eksentrisitas
- C_m = Koefisien massa semu
- C_s = Koefisien kekerasan (diambil 1)
- C_c = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Penentuan nilai dan faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan dijelaskan satu persatu sebagai berikut:

1. Koefisien Massa

Triadmodjo (2017) mengatakan bahwa koefisien massa tergantung pada gerakan air disekeliling kapal yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Cm = 1 + \frac{\pi d}{2CbB} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Cb = \frac{W}{LppBdyo} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

Cb = Koefisien blok kapal

d = Draft kapal (m)

B = lebar kapal (m)

Lpp = Panjang Garis air (m)

y_o = Berat jenis air laut (t/m^3)

2. Koefisien Eksentrisitas

Kapal pada saat bertambat membentuk sudut tertentu terhadap dermaga atau *dolphin*, oleh karena itu energi kinetik total kapal harus dikoreksi terhadap faktor eksentrisitas.

Maka, nilai koefisien Ce dihitung dengan persamaan berikut :

$$Ce = \frac{1}{1+(l/r)^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

Ce = faktor eksentrisitas

l = Jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar

r = Jari- jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air

Pajang garis air (L_{pp}) dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

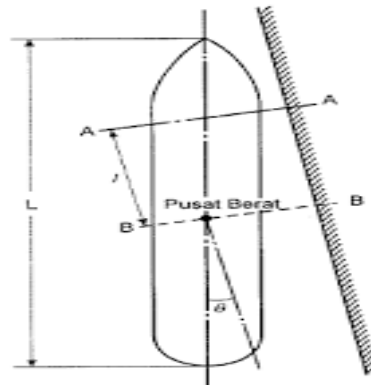
$$\text{Kapal barang: } L_{PP} = 0,846 Lo^{1,0193}$$

$$\text{Kapal Tengker } L_{PP} = 0,852 Lo^{1,0201}$$

Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik dari $\frac{1}{4}$ panjang kapal pada dermaga dan $\frac{1}{6}$ panjang kapal pada dolphin (Triadmojo, 2017). Dan nilai l adalah:

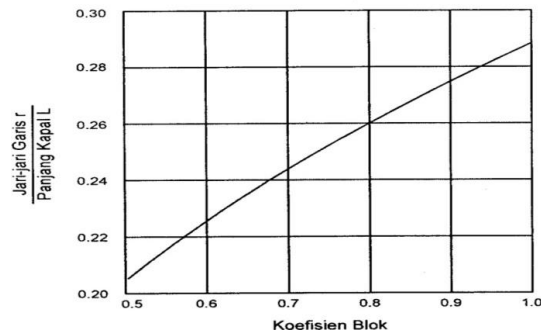
Dermaga : $\frac{1}{4}Loa$

Dolphin : $\frac{1}{6}Loa$



Gambar 2.17 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

(Sumber: Bambang Triadmojo, *Perencanaan Pelabuhan*, 2017)



Gambar 2.18 Grafik jari-jari putaran disekeliling pusat berat kapal

(Sumber: Bambang Triadmojo, *Perencanaan Pelabuhan*, 2017)

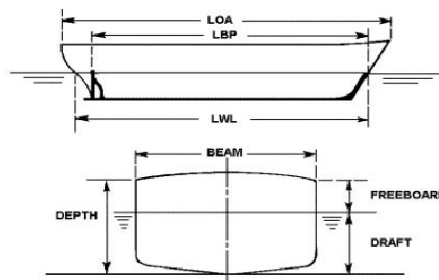
3. Berat Kapal

Dalam perancangan sistem fender, peranan kapal sangat penting, baik secara langsung maupun tidak langsung, karena gaya-gaya luar yang ada mempengaruhi struktur dermaga dan kondisi saat kapal ditambat. Ukuran kapal harus ditentukan untuk menjamin bahwa fasilitas - fasilitas dermaga bisa mengakomodasi kapal-kapal yang akan bertambat. Untuk mengetahui gaya-gaya

luar yang ada, faktor-faktor dari karakteristik kapal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Jenis kapal.
- b. Berat kapal (*displacement tonnage*).
- c. Dimensi utama kapal yaitu panjang, lebar, sarat (draft), tinggi kapal dan freeboard kapal.
- d. Jarak maksimum yang diijinkan antara kapal dengan dermaga (*loading equipment of the ship*).

Dimensi utama kapal berhubungan langsung dengan desain fasilitas dermaga di pelabuhan. Gambar 2.12 Dimensi utama kapal



Gambar 2.19 Dimensi utama kapal

(Sumber: <https://fdokumen.com>, 2023)

Defenisi berat kapal:

- a) *Gross Tonnage* : *Tonnage* yang dinyatakan oleh masa kapal. Massa total volume kapal dinyatakan dengan GRT ($1\text{GRT} = 100\text{ ft}^3 = 2,83\text{ m}^3$).
- b) *Dead Weight Tonnage* : *Tonnage* yang dinyatakan sebagai berat total muatan diatas kapal yang dapat diangkut kapal dalam kondisi pelayaran optimal (draft maksimum). Dapat berupa kargo, bahan bakar, tangki minyak, air minum, penumpang dan makanan. Hubungan antara *Full Loaded Displacement* (FLD), *Light Weight* (LW), dan *Dead Weight* (DW) adalah:

$$\text{FLD} = \text{LW} + \text{DW} \dots \dots \dots (2.9)$$
- c) *Displacement Tonnage*: *Tonnage* yang dinyatakan oleh berat total dari badan kapal, mesin, cargo, serta seluruh material yang ada didalamnya.

Untuk perhitungan energi bertambat (*Berthing Energy*) pada umumnya menggunakan *Full Loaded Displacement* (FLD). nilai *Displacement* dari kapal tidak diketahui besarnya.

Saat menghitung energi yang diserap oleh sistem retakan di dermaga, sangat penting untuk menentukan berat kapal.

$$DT = L \times B \times d \times C_b \times 1.025 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

L = Panjang Kapal

B = Lebar Kapal

d = Sarat Kapal (m)

C_b = keofisien blok

1.025 = massa jenis air laut (t/m^3)

Dalam menghitung daya tambat kapal, dimana berat kapal (W) merupakan penjumlahan dari berat aktual kapal atau disebut juga dengan berat aktual kapal (W1). dengan penambahan berat kapal. atau bobot tambahan (W2). Dengan demikian berat kapal yang digunakan untuk menghitung energi angkatan laut kapal adalah berat virtual kapal dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{L} \times d^2 \times L \times \rho \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

d = Sarat kapal

L = Panjang kapal

ρ = Berat jenis air laut

W1 berasal dari tonase kapal yang tidak dapat tenggelam. Pada metode silinder, mengatakan berat tambahan kapal (W2) sama dengan berat air laut dalam silinder yang diameternya sama dengan sarat kapal (d) dan panjangnya sama dengan panjang kapal (L) berbentuk sebagai berikut:

$$W = W1 + W2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

W = berat semu kapal (*virtual weight*), ton.

W1 = *actual ship weight*, ton.

W2 = berat tambah kapal (*added weight*), ton.

Kecepatan merapat kapal adalah salah satu bagian yang penting dalam perencanaan dermaga dan sistem fender, yang ditentukan dari pengukuran dan pengalaman, secara umum kecepatan kapal ditentukan dalam tabel berikut

Tabel 2.6 Kecepatan merapat kapal pada dermaga

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0,25	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: *Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan, 2017*)

Triatmodjo, (2017) menyatakan bahwa untuk mengetahui komponen kecepatan merapat dalam dalam arah tegak lurus kapal dapat dihitung dengan persamaan berikut:

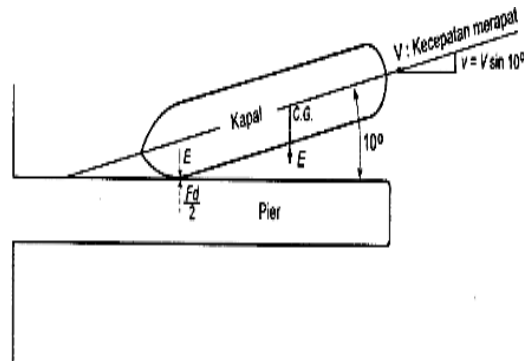
$$V = v \sin 10^\circ \dots\dots\dots(2.11)$$

2.2.3 Gaya Serap Fender

Kapal yang merapat ke dermaga menciptakan sudut terhadap sisi dermaga dan memiliki kecepatan tertentu. Dalam perencanaan fender dipercaya bahwa kapal bermuatan penuh dan merapat menggunakan sudut 10° terhadap sisi depan dermaga. Ketika merapat pada sisi depan kapal membentur fender, dan menyebabkan tenaga benturan yang diserap sang fender dan dermaga. Kecepatan merapat kapal diproyeksikan pada arah tegak lurus dan memanjang dermaga.

Komponen pada arah tegak lurus sisi dermaga diperhitungkan untuk merencanakan fender.

Gambar 2.20 menunjukkan sebuah kapal yang berlabuh menabrak dermaga. Akibat tumbukan, fender memberikan gaya reaksi F. Jika D adalah defleksi fender, berlaku hubungan berikut.



Gambar 2.20 Benturan kapal pada fender

(Sumber: *Triatmodjo, perencanaan pelabuhan, 2017*)

$$\frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2 = \frac{1}{2} Fd \dots \dots \dots (2.12)$$

$$F = \frac{W}{gd} V^2 \dots \dots \dots (2.13)$$

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

Pabrik fender memberikan karakteristik fender yang mereka produksi dalam bentuk grafik dan tabel yang menunjukkan hubungan antara energi yang diserap, respons, dan defleksi fender. Setelah energi tumbukan kapal dihitung, jenis celah yang akan digunakan ditentukan. Gaya reaksi fender untuk jenis fender yang dipilih dapat diambil dari tabel yang kemudian digunakan untuk dimensi struktur kolom. Kecepatan angin (*wind speed*)

Kecepatan angin mempunyai pengaruh khusus pada saat lambung kapal timbul sangat tinggi, misalnya pada saat kapal dalam keadaan kosong atau adanya

pemberat. Sistem fender yang dirancang harus mampu menahan beban dan tidak rusak jika dibebani secara berlebihan oleh kekuatan angin kapal yang kencang.

1. Kecepatan arus (*current velocity*)

Arus yang kuat dapat mempengaruhi pergerakan kapal saat kapal sedang berlabuh. Di kawasan pelabuhan, hal ini dapat diatasi dengan adanya kolam pelabuhan. Namun di pelabuhan seperti *floating dock*, *fitting out piers* dan area terbuka seperti *dolphin*, pengaruh kecepatan arus harus diperhitungkan.

2.3 Alat Penambat

Alat penambat adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk mengikat kapal pada saat berlabuh, agar tidak terjadi pergerakan kapal oleh gelombang, arus dan angin, serta menolong kapal untuk berputar. Alat penambat terkadang digunakan untuk menambatkan kapal berlabuh untuk mencegah tergelincir dan membantu berputarnya sebuah kapal. Alat penambat ini bisa diletakkan didermaga atau didalam air. Alat penambat dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Bolder pengikat

Sebuah kapal yang berlabuh diamankan dengan mengikatnya ke dermaga tali tambat di haluan, buritan dan lambung kapal. Tali melekat pada jangkar yang disebut bit. sedikit dengan ukuran yang lebih besar disebut *bollard*, yang diletakkan diujung dermaga atau tempat yang cukup jauh dari sisi dermaga.

Bollard adalah perangkat yang sangat penting untuk melindungi kapal dari ombak, angin, dan arus. Biasanya ditempatkan di tepi dermaga yang menempelkan tali tambat ke buritan, haluan, dan lambung kapal. Pengoperasian sistem penambat kapal di dermaga dilaksanakan dengan menggunakan *Warping Winch* yang merupakan derek penggulung untuk menarik tali tambat. Derec penggulung ini dapat digerakkan dengan tenaga penggerak listrik atau hidrolik



Gambar 2.21 *Bollard*

(Sumber: <https://www.mpmperkasa.com>, 2021)

2. Pelampung penambat (*mooring buoy*)

Pelampung tambat berada di cekungan pelabuhan atau tertutup di tengah laut digunakan untuk mengamankan dalam kegiatan bongkar muat sebuah *mooring buoy* terdiri dari beberapa bagian yaitu pelampung tambatan, beton pemberat, jangkar dan rantai perantara jangkar dan pelampung. Pelampung penambat terletak di laguna pelabuhan atau di tengah laut. Kapal yang sedang bongkar muat tidak selalu dapat sandar langsung di dermaga karena dermaga sedang digunakan, diperbaiki atau lainnya. Karena itu, kapal harus menunggu dan berhenti di luar dermaga. Pelampung penambat juga dapat membantu memutar kapal dan jangkar di laut. *Mooring buoy* terdiri dari beberapa komponen yaitu pelampung penambat (*mooring buoy*), jangkar dan rantai antar jangkar. Pelampung tambat tidak boleh menyimpang dari lokasi yang ditetapkan atau berubah secara signifikan.



Gambar 2.22 Pelampung penambat, jangkar dan rantai

(Sumber: niri-rubber.com, 2022)

3. *Dolphin*

Pengikat ini dirancang untuk menahan gaya horizontal diciptakan oleh tabrakan kapal, angin dan dorong arus terhadap kapal. Gaya-gaya tersebut dapat dihitung seperti perhitungan dermaga. *Dolphin* tersebut dibagi menjadi dua yaitu *dolphin* penahan (*breasting dolphin*) dan *dolphin* penambat (*mooring dolphin*).

Dolphin adalah konstruksi yang digunakan untuk menambat kapal tangker berukuran yang biasanya digunakan bersama – sama dengan *pier* atau *wharf* untuk memperpendek panjang bangunan tersebut. *Dolphin* penahan mempunyai ukuran lebih besar, karena direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika bersandar dan menahan tarikan kapal karena pengaruh tiupan angin, arus dan gelombang. Menurut konstruksinya, *dolphin* dapat dibedakan menjadi *dolphin* lentur dan *dolphin* kaku. *Dolphin* lentur terdiri dari suatu kelompok tiang dari kayu, besi atau beton yang diikat dengan kabel baja. *Dolphin* lentur juga dapat berupa tiang – tiang pancang yang disusun secara simetris.



Gambar 2.23 *Dolphin*

(Sumber: *wordpress.com*, 2018)

2.3.1 Gaya tambat (*Mooring forces*)

Kapal yang merapat kedermaga akan ditambatkan dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *bollard* . pengikatan ini bertujuan untuk menahan gerakan kapal yang disebabkan oleh tiupan angin dan arus. Gaya tarikan kapal pada alat penambat yang disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal disebut

dengan gaya tambat (*mooring forces*). *Bollard* ditanam/diangker pada dermaga dan harus mampu menahan gaya tarikan kapal (Triadmodjo, 2017).

1. Gaya Akibat Angin

Triadmodjo, (2017) mengatakan bahwa Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan kapal yang dapat menimbulkan gaya pada dermaga. Apabila arah angin mengarah kedermaga, maka gaya tersebut adalah gaya benturan terhadap dermaga. Sedangkan jika arah angin meninggalkan dermaga akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat. Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembusan angin dan dapat dihitung dengan rumus:

- a. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^0$)

$$R_w = 0,42 P_a A_w \dots\dots\dots(2.14)$$

- b. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^0$)

$$R_w = 0,5 P_a A_w \dots\dots\dots(2.15)$$

- c. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^0$)

$$R_w = 1,1 P_a A_w \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

$$P_a = 0,063V^2 \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

$$R_w = \text{Gaya akibat angin (kg)}$$

$$Q_a = \text{Tekanan angin (kg/m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan angin (m/d)}$$

$$A_w = \text{Proyeksi bidang yang tertiuip angin (m}^2\text{)}$$

2. Gaya Akibat Arus

Arus yang berkerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat penambat dan dermaga. Besar gaya yang disebabkan oleh arus dapat dihitung pada persamaan berikut:

$$R_a = C_c y_w A_c \left(\frac{V_c^2}{2g}\right) \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

- R = Gaya akibat arus (kgf)
- A_c = Luas tampang kapal yang terendam air (m^2)
- y_w = Rapat massa air laut (1025 kg/m^3)
- V_c = Kecepatan arus (m/d)
- C_c = Koefisien tekanan arus

Nilai C_c adalah faktor untuk menghitung gaya leteral dan memanjang. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air didepan tambatan yang nilainya diberikan sebagai faktor untuk menghitung gaya arus melintang adalah sebagai berikut:

- a. Di air dalam, $C_c = 1,0-1,5$
- b. Kedalaman air/draft kapal = 2, nilai $C_c = 2,0$
- c. Kedalaman air/draft kapal = 1,5, nilai $C_c = 3,0$
- d. Kedalaman air/draft kapal = 1,1, nilai $C_c = 5,0$
- e. Kedalaman air/draft kapal = 1, nilai $C_c = 6,0$

Faktor untuk menghitung gaya arus memanjang (longitudinal) bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal mendekati 1.

3. Gaya Pada *Bollard*

Sebuah kapal yang ditambatkan ke dermaga akan berhenti sebagian dengan mesinnya sendiri dan sebagian lagi dengan tali tambat yang melilit tonggak, tonggak harus menahan gaya tarik setidaknya sama dengan gaya putus tali tambat yang memiliki dimensi tonggak dan jangkarnya ke dermaga harus dirancang sedemikian rupa untuk menahan gaya

Tabel 2.7 Gaya *Bollard* dan jarak antar *Bollard*

Diplacement Kapal (ton)	Gaya Bollard P (kN)	Jarak Antara Bollard (m)	Gaya Bollard tegak lurus tambatan (kN/m)	Gaya Bollard Sepanjang Tambatan (kN/m)
2.000	100	5-10	15	10
5000	200	10-15	15	10
10.000	300	15	20	15
20.000	500	20	25	20
30.000	600	20	30	20
50.000	800	20-25	35	20
100.000	1.000	2	40	25
200.000	1.500	30	50	30

(Sumber: *Triadmojo, Perencanaan Pelabuhan, 2017*)

2.4 Peramalan (*Forecasting*)

Ramalan adalah bagian pertama dari proses pengambilan keputusan. Sebelum membuat prediksi apapun, Anda harus tahu terlebih dahulu apa kenyataannya masalah dalam pengambilan keputusan. Peramalan (*forecasting*) adalah suatu tindakan guna mengetahui seberapa besar permintaan (*demand*) pada masa yang akan datang. Informasi yang diperoleh dari hasil peramalan tentang tingkat permintaan di masa mendatang dapat digunakan untuk menentukan strategi yang tepat untuk perencanaan selanjutnya. Peramalan adalah upaya perusahaan untuk memprediksi kondisi masa depan dengan menggunakan data historis (data masa lalu) sebagai model yang dapat diproyeksikan dan gunakan model ini untuk memprediksi kondisi masa depan.

2.4.1 Analisis Metode Regresi Linear

Pengertian regresi secara umum adalah alat statistik yang menjelaskan pola hubungan (model) antara dua variabel. Ada dua jenis variabel dalam analisis regresi, yaitu:

1. Variabel respon disebut juga variabel dependen yaitu variable yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lain dan ditandai variabel Y
2. Variabel prediktor disebut juga variabel bebas yaitu variable yang independen (tidak berpengaruh pada variabel lain) dan diberi label X

Untuk mempelajari hubungan antara variabel independen, regresi linear terdiri dari dua bentuk, yaitu:

- 1 Analisis regresi sederhana (analisis regresi sederhana)
- 2 Analisis regresi berganda.

Analisis regresi sederhana adalah hubungan antara dua variabel, yaitu variabel bebas (variabel independen) dan variabel terikat (variabel dependen). Meskipun analisis regresi berganda adalah hubungan antara 3 variabel, atau lebih. Minimal dua variabel bebas dengan satu variabel terikat bebas.

Tujuan utama regresi adalah untuk memperkirakan nilai suatu variabel (variabel dependen) ketika nilai variabel lain terkait dengan (variabel lain) sudah didefinisikan.

2.4.2 Analisis Metode Regresi Linear Sederhana

Regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk variabel dependen tunggal dan persamaan antar variabel bebas secara individual. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu variabel, X, yaitu mengacu pada variabel dependen Y. Bentuk umum Persamaan regresi populasi linier adalah:

$$Y = a + b.x \dots \dots \dots (2,19)$$

Dimana :

- Y = variabel terikat
- x = variabel bebas
- a = intersep/konstanta
- b = koefisien regresi /slop

Metode tersebut dapat digunakan untuk menentukan koefisien persamaan a dan b metode untuk menentukan koefisien kuadrat terkecil atau Persamaan dan jumlah kuadrat antara titik-titik pada garis regresi mencari yang terkecil Sehingga dapat didefinisikan sebagai:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (2,20)$$

$$b = \frac{n(\sum yx) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(2,21)$$

2.5 Penelitian terdahulu

Tujuan dari penelitian sebelumnya adalah untuk mendapatkan perbandingan dan referensi, juga tidak menganggap kesamaan dengan penelitian ini. Penelitian terdahulu saya sejauh ini adalah:

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Judul, Nama, Tahun, Univeraitas	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian	
			Persamaan	Perbedaan
1.	“Pemodelan Fem Untuk <i>Bollard</i> Pada Dermaga C Pelabuhan Dumai Dengan Memakai <i>Software Solidworks</i> ”, Abdur Rozak, (2021) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Dengan diberikan gaya (<i>Force</i>) pada <i>Bollard</i> didapatkan nilai tegangan minimum (gradasi berwarna biru) dan maksimum (gradasi berwarna merah) yang didapatkan pada ketiga model yaitu Pada tipe <i>Harbour Bollard</i> nilai tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 183,674 MPa. Pada tipe <i>Bitt Bollard</i> nilai tegangan maksimum yang didapatkan sebesar sebesar 188,048 MPa. Pada tipe <i>Tee Bollard</i> nilai tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 176,618 MPa. Dengan adanya pengaruh dari gaya yang diberikan pada masing-masing bollard, maka <i>displacement</i> yang terjadi ialah Pada tipe <i>Harbour Bollard</i> nilai <i>Displacement</i> maksimum yang didapatkan sebesar 1,335 mm. Pada tipe <i>Bitt Bollard</i> nilai <i>Displacement</i> maksimum yang didapatkan sebesar 0,822 mm. Pada tipe <i>Tee Bollard</i> nilai <i>Displacement</i> maksimum yang didapatkan sebesar 0,063 mm. Nilai Faktor keamanan (<i>Factor Of Safety</i>) pada <i>bollard</i> dengan material <i>Cast Steel JIS 5101</i> adalah Tipe <i>Harbour Bollard</i> dengan hasil analisis Faktor keamanan (<i>Factor Of</i>	Penelitian ini hanya merencanakan penggunaan tipe bollard dengan menggunakan software soliworks	Penelitian saya focus menghitung gaya tambat alat penambat yang digunakan pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene yaitu bollard

		<p><i>Safety</i>) sebesar 1,225 Tipe <i>Bitt Bollard</i> dengan hasil analisis Faktor Keamanan (<i>Factor of Safety</i>) sebesar 1,197. Tipe <i>Tee Bollard</i> dengan hasil analisis Faktor Keamanan (<i>Factor of Safety</i>) sebesar 1,274.</p>		
2.	<p>“Peranan Fender Dalam Studi Kasus Tubrukan Landing Ship Tank Dengan Haluan Tugboat 2x800 Hp Menggunakan Metode Elemen Hingga”, putra, H., I (2017), Universitas Diponegoro.</p>	<p>didapatkan hasil Kerusakan pada badan kapal akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal. Dengan ditambahkan fender pada tugboat, kerusakan dapat berkurang. Nilai gaya kontak maksimum menggunakan metode elemen hingga untuk tugboat yang tidak dilengkapi fender kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot, masing – masing 280,82 MN, 428,5 MN, dan 810,97 MN, sedangkan untuk tugboat yang dilengkapi fender nilai maksimum gayanya masing 73,63 MN, 289,22 MN, dan 485,32 MN. Nilai Energi Kinetik untuk tugboat yang tidak dilengkapi fender kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. Masing – masing $EK_0 = 0,77$ MJ dan $EK_1 = 0,08$ MJ, $EK_0 = 7,37$ MJ dan $EK_1 = 0,32$ MJ, $EK_0 = 28,32$ MJ dan $EK_1 = 11,32$ sedangkan untuk tugboat yang dilengkapi fender nilai maksimum gayanya masing masing $EK_0 = 0,17$ MJ dan $EK_1 = 0,02$ MJ, $EK_0 = 0,48$ MJ dan $EK_1 = 0,03$ MJ, $EK_0 = 11,27$ MJ dan $EK_1 = 0,17$ MJ.</p>	<p>Masalah yang diangkat hanya berfokus pada Kerusakan badan kapal yang diamanakan akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal.</p>	<p>Adapun untuk penelitian saya yaitu mengangkat permasalahan mengenai kerusakan pada dermaga sehingga dapat dijadikan sebagai perbandingan antara penyebab kerusakan pada kapal dan dermaga</p>
3.	<p>“Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 Dwt, Fauzan (2018), Universitas Batam.</p>	<p>didapatkan hasil beban yang bekerja pada Fender dermaga Kapal Tanker 10000 DWT ini adalah Energi Benturan Kapal = 12.46 Tm, Beban yang diserap fender = $\frac{1}{2} E$ Tm, Jarak antar fender = 30 m, Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha 0^\circ$) = 17.673 ton. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha 180^\circ$) =</p>	<p>Pada penelitian ini memiliki perhitungan yang hampir sama namun penelitian ini fokus membahas mengenai</p>	<p>Pada penelitian ini juga hanya membahas mengenai kapasitas fender yang digunakan pada Pelabuhan</p>

		<p>20.040 ton Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha 90^\circ$) = 48.288 ton. Gaya Akibat Arus = 178.14 kg Gaya Tarikan Kapal pada Dermaga = 70 ton Dimensi Struktur Dermaga Kapal Tanker 10000 DWT Elevasi dermaga : + 4,7 m dari $\pm 0,00$ Panjang dermaga : 7200 cm Lebar dermaga : 200 cm Fender : Type KVF 600 H Bollard : Bobot Kapal 10000 DWT diambil kapasitas Tarik 70 ton. Besarnya energi benturan yang disebabkan oleh kapal yang merapat ke dermaga dapat diperoleh dengan menentukan koefisien blok pada kapal, koefisien massa kapal, koefisien eksentrisitas kapal terhadap dermaga, kecepatan merapat kapal dalam arah tegak lurus. Perencanaan fender ditentukan berdasarkan besarnya energi yang diserap akibat benturan kapal. Berdasarkan Fender yang digunakan, besarnya energi yang tersisa dalam fender diperoleh setelah energi benturan dari kapal dapat diserap oleh fender. Berdasarkan energi yang tersisa dalam fender, ditentukan tipe fender yang paling optimal sesuai dengan karakteristik kapal.</p>	<p>perencanaan fender dermaga (jetty) dengan bobot kapal yang ditentukan</p>	<p>Passarang Kabupaten Majene</p>
4.	<p>“Analisi Kapasitas Fender Tipe V Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru”, Fitriyani (2020), Universitas Hasanuddin</p>	<p>didapatkan hasil Energi yang dapat diserap fender dapat diketahui dengan hasil analisis beban yang bekerja pada fender yaitu energy benturan kapal sebesar 4,20 tm dan gaya bentur yang diserap fender sebesar 5,57 tm. Sehingga energi yang diserap oleh fender lebih besar dari energy tambat kapal. Energi yang dapat diserap oleh dermaga dapat diketahui dengan didapatkannya besar energi tambat efektif kapal. Hasil dari setengah reaksi fender adalah hasil energi yang dapat diserap dermaga yaitu $E = 3.3573$ tm, Besarnya defleksi Fender Tipe V memperlihatkan bahwa energi</p>	<p>telah diketahui bahwa kerusakan pada fender yang digunakan disebabkan oleh pengaruh dari benturan kapal terhadap dermaga dengan hasil yang diperoleh yaitu energi benturan</p>	<p>Sehingga penting untuk diteliti mengenai besarnya energi benturan yang diserap oleh fender dan yang diteruskan kedermaga pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene,</p>

		<p>terabsorsi fender lebih besar dari energi tambat kapal dan gaya bentur yang di serap fender lebih kecil dari gaya reaksi fender, diperoleh nilai terabsorsi sebesar 5,57 tm dan nilai energi tambat kapal 4,20 tm ($5,57 \text{ tm} > 4,20 \text{ tm}$). Diperoleh nilai gaya bentur yang di serap fender sebesar 12,79 ton dan gaya reaksi fender 26,3087 ton ($12,79 \text{ ton} < 26,3087 \text{ ton}$). Daya dukung tanah dapat diketahui dengan menganalisa daya dukung tekan tiang pancang tegak yang di mana $Q = 355,31$ ton, daya dukung tekan tarik tiang tegak dimana $Tug = 4,591 \text{ Kn}$, daya dukung tarik ijin tiang tegak dermaga $Tuall = 1.530,33$, daya dukung lateral tiang tegak $Hu = 214,6$ ton, daya dukung ijin literal $Hu = 107,3$ ton, daya dukung tekan tiang miring $Qmiring = 350,4$ ton, dan gaya dukung tarik ijin tiang miring $Tuall = 1508,9 \text{ kN}$</p>	<p>yang diserap fender lebih besar dibandingkan energi yang diteruskan kedermaga</p>	<p>kabupaten Majene. Benturan kapal memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan struktur kapal dan dermaga yang berkaitan dengan keselamatan kapal. Pengaruh benturan tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada dermaga.</p>
5.	<p>“Perencanaan Fender Dermaga”. Masagus zainal abiding, Puji wiranto, dan Hikmad lukman (2015), Universitas Pakuan.</p>	<p>didapatkan hasil perhitungan jarak antara fender pada dermaga 23 meter, dipasang vertical pada sisi depan dermaga karena memperhitungkan perubahan elevasi muka air laut yang berubah pada saat pasang surut. Dalam perencanaan fender karet seibu tipe V, harus memperhatikan kapasitas fender. Seperti : tipe, reaksi, dan defleksi. Agar mendapatkan fender karet seibu tipe V yang maksimal. Dari 2 percobaan : fender seibu V1300H dan fender seibu V600H, yang digunakan pada dermaga pengangkut minyak di luwuk banggai adalah fender seibu V600H karena lebih efisien.</p>	<p>Pada penelitian ini hanya fokus membahas mengenai perencanaan fender dermaga dengan perhitungan dan metode yang berbeda</p>	<p>Pada penelitian ini juga hanya membahas mengenai kapasitas fender yang digunakan pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene</p>

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Di akhir pekerjaan ini, peneliti menyajikan kesimpulan dan saran tentang masalah yang telah diteliti, berdasarkan temuan hasil penelitian dan uraian pada bab-bab sebelumnya, yaitu tentang Analisis Kapasitas Fender Tipe V dan Alat Penambat Pada Pelabuhan Passaran Kabupaten Majene, sehingga dapat memudahkan pembaca untuk memahami skripsi ini

5.1 Kesimpulan

Penulisan skripsi ini adalah untuk menambah pengetahuan dan pemahaman tentang peran dan kapasitas fender dan alat penambat pada saat kapal bertambat. Berdasarkan hasil pengolahan data, maka peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

Gaya- gaya yang bekerja pada fender merupakan suatu energi yang dibagi jadi dua yaitu energi benturan dan energi serap, diperoleh energi benturan kapal adalah sebesar 0,40 ton, dan energi serap yang diperoleh adalah 0,165 ton. Sedangkan gaya yang bekerja pada alat penambat adalah gaya akibat angin dan gaya akibat arus, dimana gaya angin dibagi dalam beberapa arah yaitu, gaya dari arah haluan adalah sebesar 15,32 kg, sedangkan gaya angin dari arah buritan 18,23 kg serta dari arah lebar sebesar 40,11 kg, sedangkan untuk gaya tarikan yang disebabkan oleh arus adalah sebesar 108,30 kgf. Serta

Berdasarkan hasil analisis pada peramalan mengenai kapasitas fender maka disimpulkan apabila jenis kapal yang diprediksi untuk sandar di Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene pada sepuluh tahun mendatang memiliki bobot diatas 10000 DWT maka energi benturan kapal akan lebih besar dan energi serap fender akan lebih besar pula, tetapi akan ada energi yang akan diteruskan kedermaga. Sehingga dapat diprediksi bahwa kondisi fender saat ini masih mampu untuk menerima energi benturan dari kapal tetapi akan lebih baik jika pada sepuluh tahun mendatang menggunakan alternatif lain seperti penggunaan tipe fender yang lebih besar dalam menyerap energi benturan kapal. Dan

Selain fender tipe v dapat juga digunakan tipe *cone*, *cell* dan *Arch* fender karena memiliki reaksi fender (*Reaction Force*) dan Energi Absorpsi Fender (*Energy Absorption*) yang sama, dimana defleksi maksimum adalah 70%, 52,5%, 51,5%. Dengan masing-masing untuk *Corrections factor*, besar gaya reaksi adalah 100% dan energi serap adalah 100% dari keadaan normal defleksi fender pada dermaga.

5.2 Saran

Pada dasarnya berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari materi di lapangan penelitian ini berjalan dengan baik. Namun, tidak ada salahnya peneliti ingin mengajukan beberapa saran yang diharapkan dapat bermanfaat bagi kemajuan pendidikan secara umum. Adapun beberapa saran peneliti adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil observasi peneliti pada Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene diharapkan pada petugas kantor unit pelabuhan, sebaiknya melakukan pengecekan dan perawatan dalam penggunaan fasilitas khususnya pada fasilitas dermaga dan fender serta alat penambat. Sehingga apabila dilakukan kegiatan sandar atau bertambat, tidak mengalami kendala dan kegiatan tersebut dapat berjalan dengan lancar. Serta
2. Pelabuhan Passarang Kabupaten Majene merupakan salah satu sarana transportasi yang banyak digunakan sehingga diharapkan dapat melakukan pengembangan pada pelabuhan agar dapat meningkatkan kualitas dari pelabuhan itu sendiri, serta mampu untuk melakukan kegiatan kepelabuhanan secara lebih baik. Dan
3. Diharapkan pada petugas Kantor Unit Penyelenggara Pelabuhan Kelas III Majene agar dapat melengkapi sistem pendataan pada fasilitas pelabuhan baik secara primer maupun sekunder sehingga dapat memudahkan bagi peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzan, A. C. (2018). *Perencanaan Fender Dermaga (JETTY) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT*. Universitas Batam.
- Fitriyani, (2020). *ANALISIS KAPASITAS FENDER TYPE V PADA DERMAGA CURAH PELABUHAN GARONGKONG KABUPATEN BARRU*. Gowa, Sulawesi Selatan: Universitas Hasanuddin
- Masagus Zainal Abidin, P. W. (2015). *PERENCANAAN FENDER DERMAGA (Studi Kasus Dermaga Pengangkut Minyak)*. Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah: Universitas Pakuan.
- Nyoman Budhiarta, R. M (2015) *Perencanaan dan Perancangan Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai*. Denpasar: Beta Offset
- Pasaribu Bangun, D.T.M.A (2023). *ANALISA REDAMAN FENDER PADA PEMBANGUNAN DERMAGA RO-RO TAHAP I GUNUNG SITOLI*, Universitas Islam Sumatera Utara.
- Putra, A. H. Y. (2017). *PERANAN FENDER DALAM STUDI KASUS TUBRUKAN LANDING SHIP TANK DENGAN HALUAN TUGBOUT 2X800 HP MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA*. Universitas Diponegoro.
- Rozak. A (2021) *PEMODELAN FEM UNTUK BOLLARD PADA DERMAGA C PELABUHAN DUMAI DENGAN MEMAKAI SOFTWARE SOLIDWORKS*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Tayang9.com (2020). *Sesalkan Pelabuhan Majene Tidak Maksimal, Paharuddin : Mestinya Menjadi Sumber PAD*. Diakses sejak 14 Februari 2020, dari <https://sesalkan-pelabuhan-majene-tidak-maksimal-paharuddinmestinya-menjadi-sumber-pad/>
- Triadmojo, B (2017). *Perencanaan Pelabuhan*, Yogyakarta; Beta Offset.

Wordpress.com, (2018). *Mengenal Alat Penambat Kapal di pelabuhan dan Dermaga*. Diakses sejak 19 Januari 2018, dari <https://mpmrubber.wordpress.com/bollard-dermaga-\mengenal-alat-penambat-kapal-di-pelabuhan-dan-dermaga/>