

Analisa Perancangan Dermaga Bongkar Muat Batu Bara Desa Prambatan Sumatera Selatan

Design Analysis of the Coal Loading and Unloading Dock Prambatan Village South Sumatra

Riki Muhammad Faisyal ^{1*}, Yolly Adriati ²

^{1,2} Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau Pekanbaru Jl. Kaharuddin Nasution no 113 Pekanbaru Riau

* Penulis korespondensi : rikimuhammadfaisyal@student.uir.ac.id

Tel.: +6281363396558

Diterima: Jan 18, 2025; Direvisi: Agt 20, 2025; Disetujui: Agt 22, 2025

DOI: 10.25299/saintis.2025.vol25(01).21004

Abstrak

Dalam beberapa tahun terakhir hingga saat penelitian ini dilakukan, dermaga bongkar muat batu bara di Desa Prambatan mengalami intensitas lalu lintas kapal yang tinggi. Kondisi tersebut mengakibatkan proses manuver kapal menjadi tidak efisien, risiko kandas jadi meningkat, fasilitas fender tidak cukup, dan keterbatasan fasilitas *bollard* yang tersedia. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan lebar dan kedalaman alur pelayaran, merencanakan tipe *fender*, merencanakan tipe *Bollard* di dermaga bongkar muat batu bara Desa Prambatan. Metode analisa pada penelitian ini adalah metode analisa deskriptif kuantitatif. Perencanaan lebar alur pelayaran berdasarkan pendekatan empiris, kedalaman alur pelayaran ditentukan melalui perhitungan hidraulik yang mempertimbangkan karakteristik kapal dan kondisi perairan, pemilihan sistem *fender* berdasarkan perhitungan penyerapan energi *fender*, pemilihan tipe *Bollard* berdasarkan perhitungan total beban akibat bongkar muat kapal. Pengolahan data dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer didapat dengan cara observasi lapangan, sedangkan data sekunder yaitu data kapal, angin, dan arus yang akan digunakan untuk perencanaan alur pelayaran, kedalaman alur pelayaran, tipe *fender*, dan tipe *Bollard*. Hasil perhitungan lebar alur pelayaran = 185,288 m dan kedalaman alur pelayaran = 12 m. Nilai energi desain *fender* = 0,086 t.m, sehingga dapat ditentukan tipe *fender* dengan energi desain *fender* yang mendekati atau sedikit lebih besar adalah *fender* karet, KVF 200 H. Total beban pada *Bollard* = 21 t. Berdasarkan nilai total beban pada *Bollard* dapat ditentukan tipe *Bollard* yang mendekati atau sedikit lebih besar adalah *Tee Bollard*, CVS 15/25.

Kata Kunci: Dermaga, Batu Bara, Lebar Alur Pelayaran, Kedalaman Alur Pelayaran, Fender, Bollard

Abstract

Up until the time of this study, Prambatan Village's coal loading and unloading jetty has seen a significant volume of vessel traffic in recent years. These conditions lead to ineffective maneuverability, a higher chance of grounding, insufficient bollard facilities, and poor fender facilities. The purpose of this study is to design the bollard type, fender type, and shipping channel width and depth for the Prambatan Village coal loading and unloading jetty. This study used a quantitative descriptive analysis method. The width of the shipping channel is planned empirically, the depth of the channel is established by hydraulic calculations that take into account the ship's characteristics and the water's conditions, the fender system is chosen based on the calculation of fender energy absorption, and the type of Bollard is chosen based on the calculation of the total load resulting from the ship's loading and unloading. Gathering both main and secondary data is a part of data processing. While field observations are the primary source of data, vessel, wind, and current data are examples of secondary data that are used to plan the navigation channel, its depth, and the type of fender and bollard. The calculation results for the navigation channel width are 185.288 meters, and the depth of the navigation channel is 12 meters. The design energy value for the fender is 0.086 ton-meter, indicating that the suitable fender type with a design energy value close to or slightly larger than this is a rubber fender, KVF 200 H. The total load on the Bollard is 21 tons. Based on this value, the suitable Bollard type with a load capacity close to or slightly larger than this is a Tee Bollard, CVS 15/25.

Keywords: Jetty, Coal, Navigation Channel Width, Navigation Channel Depth, Fender, Bollard

PENDAHULUAN

Industri batu bara memegang peran penting dalam pembangunan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Dermaga bongkar muat batu bara memiliki peran krusial dalam distribusi dan transportasi batu bara dari lokasi tambang ke pelabuhan atau tempat pemuatan yang lebih jauh. Tingginya permintaan batu bara menjadi suatu alasan penting dibangunnya dermaga bongkar muat batu bara.

Kapal yang merapat ke dermaga mempunyai kecepatan. Sehingga penting untuk memastikan kapal dapat melakukan manuver dengan baik dengan menentukan lebar alur pelayaran dan menghindari terjadinya kandas pada kapal terhadap elevasi tanah dasar perairan dengan menentukan kedalaman alur pelayaran. Pada waktu kapal merapat tersebut akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Untuk menghindari kerusakan pada kapal dan dermaga karena benturan tersebut maka di depan dermaga diberi bantalan yang

berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan yang ditempatkan di depan dermaga disebut dengan *fender* [1]. Kemudian ketika kapal merapat ke dermaga terjadi gaya tarikan kapal sehingga kapal perlu ditambatkan dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *Bollard* [2].

Desa Prambatan memiliki potensi tambang batu bara yang besar, sehingga penting untuk memastikan bahwa dermaga bongkar muat batu bara di sana mampu beroperasi dengan efisien dan memiliki kapasitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan industri. Dalam beberapa tahun kebelakang dan hingga saat penelitian ini dilakukan, dermaga bongkar muat batu bara di desa Prambatan mengalami intensitas yang tinggi terhadap kapal yang masuk dan bersandar secara terus menerus di dermaga sehingga menyebabkan tidak efisiennya kapal melakukan manuver, sering terjadinya kandas, fasilitas *fender* yang tidak mencukupi karena menggunakan *fender* ban dan fasilitas pada *Bollard* yang seadanya. Untuk mengurangi risiko terjadinya kandas, tidak efisiennya kapal melakukan manuver, fasilitas *fender* yang tidak mencukupi dan fasilitas pada *Bollard* yang seadanya, maka perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap alur pelayaran, kedalaman alur pelayaran, tipe *fender* dan tipe *Bollard*.

Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan lebar dan kedalaman alur pelayaran, merencanakan *fender*, dan *bollard* pada dermaga bongkar muat batu bara Desa Prambatan, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir Provinsi Sumatera Selatan.

Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan struktur di air yang digunakan untuk bertambatnya kapal-kapal agar dapat melakukan bongkar muat barang atau menaik turunkan penumpang dengan aman dan lancar [3]. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga. Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan di dermaga dengan aman, cepat, dan lancar. Tipe dermaga dapat dibedakan menjadi tiga yaitu *wharft*, *pier*, dan *jetty* [4]

1. *Wharft* adalah dermaga yang paralel dengan garis pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharft* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Dermaga tipe *wharft* digunakan untuk merapat pada satu sisinya.
2. *Pier* adalah dermaga yang berada pada garis pantai dan posisinya tegak lurus dengan garis pantai (berbentuk jari). Dermaga tipe *pier* digunakan untuk merapat pada satu sisi atau dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal.
3. *Jetty* adalah dermaga yang menjorok ke laut, sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merapatkan kapal. *Jetty* digunakan

untuk merapatkan kapal tanker maupun kapal pengangkut gas alam, yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka *jetty* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang membentuk sudut tegak lurus dengan *jetty*.

Faktor Pengaruh Lingkungan Alam

Lingkungan perairan atau daratan dimana dermaga direncanakan untuk dioperasikan sangat dipengaruhi oleh faktor alami. Kapasitas dermaga tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis konstruksi yang mampu mengatasi hambatan lingkungan dan sekaligus ramah akan faktor-faktor yang terus terjadi atas eksistensi alami. Tanpa memperhatikan faktor-faktor ini akan memberi dampak negatif pada kelangsungan usaha pelayanan jasa kepelabuhanan [3]

a. Angin

Angin adalah perpindahan arus udara dari tempat dengan tekanan udara tinggi ketempat-tempat dengan tekanan udara yang lebih rendah [5]. Sirkulasi udara yang kira-kira sejajar dengan permukaan bumi kita ketahui sebagai angin. Penyelidikan angin memerlukan waktu yang lama minimal 3-10 tahun berturut-turut untuk mendapatkan hasil yang baik. Pada suatu daerah, besaran angin diukur berdasarkan kecepatan dan jumlah banyaknya pada suatu periode tertentu [3]. Kecepatan angin diukur dengan anemometer. Apabila tidak tersedia anemometer, kecepatan angin dapat diperkirakan berdasarkan keadaan lingkungan dengan menggunakan skala Beaufort [6].

b. Arus

Arus adalah perpindahan air secara mendatar. Arus terjadi disebabkan oleh pasang surut, tekanan udara, perbedaan berat jenis, kadar garam dan suhu. Arus biasanya membawa butir-butir tanah (lumpur), untuk butir yang berat bisa menyebabkan pengendapan. Untuk itu dalam perencanaan dermaga masalah pengendapan ini harus dilakukan penyelidikan yang teliti karena biaya pengerukan sama dengan pembuatan dermaga yang baru atau kadang-kadang malah lebih besar. Penyelidikan ini gunanya untuk mengetahui sifat dan banyaknya endapan yang terjadi sehingga dapat ditentukan periode pergerakannya. Data kecepatan arus diperoleh dengan menggunakan alat current meter [7].

Current meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan arus air di dalam suatu sungai atau badan air. Alat ini biasanya terdiri dari sebuah sensor yang dipasang dibagian bawah sungai atau badan air yang dapat mendeteksi arus air, dan sebuah unit pengukur yang dapat menampilkan hasil pengukuran. Sensor ini biasanya terdiri dari sebuah kumparan yang dapat berputar ketika terkena arus air, atau sebuah *propeller* yang dapat berputar ketika terkena arus air. Ketika arus air mengenai kumparan atau *propeller* tersebut, maka akan terjadi perubahan medan magnetik di sekitar kumparan atau *propeller* tersebut. Perubahan medan magnetik ini akan menghasilkan sinyal

elektrik yang dapat diukur oleh unit pengukur yang terhubung ke sensor. Unit pengukur ini akan mengkonversi sinyal elektrik yang dihasilkan oleh sensor menjadi sebuah nilai kecepatan arus air, yang kemudian dapat ditampilkan pada layar atau dicatat untuk analisis lebih lanjut. Dengan demikian, current meter dapat digunakan untuk mengukur kecepatan arus air di dalam sungai atau badan air secara akurat dan tepat waktu. Untuk menggunakan sebuah current meter arus sungai, kita harus memastikan bahwa alat tersebut telah dihubungkan dengan benar ke sungai yang ingin kita ukur arusnya. Setelah itu, kita dapat mengaktifkan current meter dengan mengikuti petunjuk yang terdapat dalam manual pengguna yang disertakan dengan alat tersebut. Biasanya, untuk mengukur arus sungai dengan current meter, kita harus menempatkan sondanya pada bagian yang ingin kita ukur arusnya. Setelah itu, kita dapat membaca hasil pengukuran pada layar atau display yang terdapat pada current meter tersebut [7].

Kapal

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dan sebagainya). Peran kapal sangat penting, dimana gaya-gaya luar yang ada akan mempengaruhi struktur dermaga serta mempengaruhi kondisi ketika kapal bertambat. Ukuran-ukuran kapal harus ditentukan untuk menjamin bahwa fasilitas-fasilitas dermaga bisa mengakomodasi kapal-kapal yang akan bertambat [8].

a. Jenis Kapal

Jenis kapal berpengaruh pada tipe pelabuhan yang akan direncanakan. Sesuai dengan fungsinya, kapal dapat dibedakan menjadi beberapa tipe [3]:

1. Kapal tunda, digunakan untuk melakukan manuver pergerakan, utamanya menarik atau mendorong kapal lainnya di pelabuhan, laut lepas, atau melalui sungai. Kapal tunda digunakan pula untuk menarik tongkang, kapal rusak, dan lainnya. Kapal tunda memiliki tenaga yang besar bila dibandingkan dengan ukurannya. Kapal tunda memiliki kemampuan manuver yang tinggi, tergantung dari unit penggerak.
2. Kapal tongkang, adalah suatu kapal dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung. Kapal tongkang digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda.
3. Kapal barang curah, digunakan untuk mengangkut muatan curah, muatan curah tersebut berupa beras, gandum, batu bara, bijih besi, dan sebagainya. Kapal pengangkut barang curah bisa berupa tongkang yang ditarik oleh kapal tunda. Karena sifatnya homogen, kargo ini dapat ditangani dengan cara berkesinambungan. Penanganan kargo curah dapat dilaksanakan dengan berbagai cara, seperti memompa, mengisap, bubur (campuran

kargo curah kering dan cair, yang dapat diangkut oleh pipa), dan dengan sistem ban berjalan (batu bara dan bijih).

b. Kapasitas Angkut Kapal

Tonase kapal mengindikasikan kapasitas angkut kapal dalam jumlah dari barang yang dapat diangkut oleh kapal. Namun, tergantung pada tipe kapal, negara asal, atau maksud dari pemakaian tonase (misalnya untuk sewa pelabuhan), terdapat beberapa tonase yang digunakan [3]:

1. Ukuran isi kotor (*Gross Register Tonnage* atau GRT), adalah total volume dari semua ruang tertutup diatas dan di bawah *deck* kapal, dengan pengecualian tertentu, seperti ruang kemudi, ruang diagram, ruang radio, dan ruang-ruang khusus lainnya diatas *deck* kapal. GRT dinyatakan dengan ($1 \text{ GRT} = 100 \text{ ft}^3 = 2,83 \text{ m}^3$).
2. Ukuran isi bersih (*Netto Register Tonnage* atau NRT), adalah total dari semua ruang yang disediakan untuk muatan dan penumpang, besarnya sama dengan GRT dikurangi dengan ruang-ruangan yang disediakan untuk nahkoda dan anak buah kapal, ruang mesin, gang, kamar mandi, dapur, dan ruang peta.
3. Bobot mati (*Dead Weight Tonnage* atau DWT), adalah berat total muatan dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (draft maksimum). DWT merupakan selisih antara *Displacement Tonnage Loaded* dan *Displacement Tonnage Light*. *Displacement Tonnage* adalah volume air yang dipindahkan oleh kapal, dan sama dengan berat kapal.

c. Dimensi Kapal

Dimensi kapal diperlukan sebagai salah satu faktor yang berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan. Bagian dari dimensi kapal, yaitu [4]:

1. Panjang total kapal (*length overall*, Loa) adalah panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).
2. Panjang garis air (*length between perpendiculars*, Lpp) adalah panjang antara kedua ujung *design load water line*.
3. Lebar kapal (*beam*, B) adalah jarak maksimum antara dua sisi kapal.
4. Sarat (*draft*, d) adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum, atau jarak antara garis air pada beban yang direncanakan (*design load water line*) dengan titik terendah kapal.

Alur Pelayaran

Alur pelayaran didefinisikan sebagai jalur air yang digunakan untuk mengarahkan kapal ke tempat berlabuh terbuka pada *jetty*. Alur pelayaran ditentukan oleh kapal terbesar yang akan masuk ke pelabuhan. Parameter dalam perancangan alur pelayaran yaitu lebar alur pelayaran dan kedalaman alur pelayaran [4].

a. Lebar Alur Pelayaran

Lebar alur pelayaran menentukan lalu lintas pelayaran kapal dan mempermudah kapal memungkinkan melakukan manuver. Lebar alur pelayaran biasanya diukur pada sisi miring, sisi kanan dan sisi kiri perairan atau pada kedalaman yang direncanakan [4].

b. Kedalaman Alur Pelayaran

Kedalaman alur pelayaran berguna untuk menghindari terjadi kandas pada kapal terhadap elevasi tanah dasar dibawah perairan. Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal kedalaman air di alur masuk harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran pada muka air terendah dengan kapal yang bermuatan penuh [4]. Elevasi dasar alur nominal adalah elevasi dimana tidak terdapat rintangan yang mengganggu pelayaran [9]. Kedalaman elevasi adalah jumlah dari draft kapal dan ruang kebebasan bruto yang dihitung terhadap muka air rencana. Ruang kebebasan bruto adalah jarak antara sisi terbawah kapal dan elevasi dasar alur nominal, pada draft kapal maksimum yang diukur pada air diam [10]. Ruang ini terdiri dari ruang gerak vertikal kapal karena pengaruh gelombang dan *squat*. Ruang kebebasan bersih adalah ruang minimum yang tersisa antara sisi terbawah kapal dan elevasi dasar alur nominal kapal, pada kondisi kapal bergerak dengan kecepatan penuh. Ruang kebebasan bersih minimum adalah 0,5 m untuk dasar laut berpasir dan 1 m untuk dasar karang [4].

Fender

Kapal yang merapat ke dermaga masih mempunyai kecepatan baik yang digerakkan oleh mesinnya sendiri (kapal kecil) maupun ditarik oleh kapal tunda (untuk kapal besar). Pada waktu merapat tersebut akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Walaupun kecepatan kapal kecil tetapi karena massanya sangat besar, maka energi yang terjadi karena benturan akan sangat besar. Untuk menghindari kerusakan pada kapal dan dermaga karena benturan tersebut maka di depan dermaga diberi bantalan yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan yang ditempatkan di depan dermaga disebut dengan *fender* [7]

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 dipancang. Saat ini *fender* kayu sudah tidak banyak digunakan, mengingat harga kayu tidak lagi murah dan masalah lingkungan yang muncul dengan penebangan pohon. *Fender* karet yang merupakan produk pabrik semakin banyak digunakan karena kualitasnya lebih baik dan banyak tersedia di pasaran dengan berbagi tipe [4]:

1. *Fender* kayu adalah batang-batang kayu yang dipasang horisontal atau vertikal di sisi depan dermaga. *Fender* kayu ini mempunyai sifat untuk menyerap energi. Penyerapan energi tidak hanya diperoleh dari defleksi tiang kayu, tetapi juga dari balok kayu memanjang. Tiang kayu dipasang pada setiap seperempat batang.

2. *Fender* karet banyak digunakan pada pelabuhan. *Fender* karet diproduksi oleh pabrik dengan bentuk dan ukuran berbeda yang tergantung pada fungsinya. Pabrik pembuat *fender* memberikan karakteristik *fender* yang diproduksi. *Fender* dengan tipe yang sama tetapi diproduksi oleh pabrik yang berbeda bisa mempunyai karakteristik yang berbeda.

Bollard

Kapal yang berlabuh ditambatkan ke dermaga dengan mengikat tali - tali penambat ke bagian haluan, buritan dan badan kapal. Tali-tali penambat tersebut diikatkan pada alat penambat dipasang disepanjang sisi dermaga disebut dengan *Bollard* yang diletakkan pada kedua ujung dermaga atau di tempat yang agak jauh dari sisi muka dermaga [4].

Bollard selain untuk mengikat pada kondisi normal dan pada kondisi badai, juga dapat digunakan untuk mengarahkan kapal merapat ke dermaga atau untuk membelok atau memutar terhadap ujung dermaga [4].

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dermaga bongkar muat batu bara berada di Desa Prambatan, Kecamatan Abab, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Secara geografis dermaga bongkar muat batu bara terletak pada 3°02'39" LU dan 104°12'26" BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Dermaga Batu Bara Desa Prambatan [11]

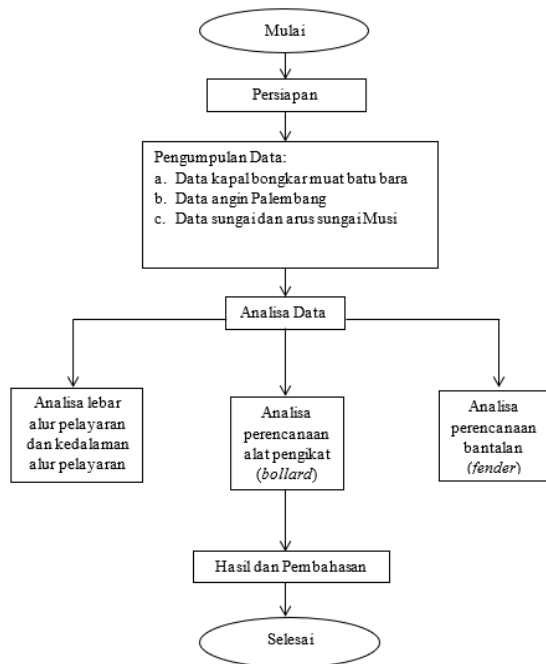
Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir terletak di Provinsi Sumatera Selatan. Luas wilayah Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir 1840 km² atau 2,11% dari total Provinsi Sumatera Selatan dengan jumlah penduduk 171.084 jiwa yang terdiri dari 5 kecamatan, 65 desa, 6 kelurahan, 213 dusun, 47 RW, dan 148 RT pada tahun 2012 [12]. Untuk daerah aliran sungai yang ada di Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir yaitu sungai Musi dan sungai Lematang. Mata pencaharian penduduk di Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir diantaranya penambang batu bara. Dermaga Batu Bara Desa Prambatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Dermaga Batu Bara Desa Prambatan

Tahapan Penelitian

Untuk menyelesaikan penelitian ini terdapat langkah-langkah yang harus dikerjakan. Berikut ini adalah diagram alir penelitian analisa perancangan dermaga bongkar muat batu bara Desa Prambatan, Sumatera Selatan.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan Data dan Analisa Data

Proses pengumpulan data dan analisa data terdiri dari sejumlah tahapan yang dilakukan secara berurutan. Adapun pengumpulan data dan analisa data yang harus dilakukan adalah:

a. Data Kapal

Data kapal yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PT. Geo Sriwijaya Nusantara dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Data Kapal Bongkar Muat Batu Bara [13]

Data Utama	
Tipe kapal	Kapal tongkang batu bara
Muatan kapal (t)	10000
Berat kapal bermuatan penuh, W (t)	13145
Bobot kapal, w (t)	3145
Kecepatan kapal, v (m/s)	0,15
Ukuran Kapal	
Panjang kapal, Loa (m)	91,44
Lebar kapal, B (m)	24,38
Tinggi Kapal, H (m)	5,5
Draft kapal, d (m)	4,27

b. Data Angin

Data angin ditinjau selama 10 tahun belakangan yakni 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 dan 2020. Analisa data angin pada Tabel 2 bersumber dari BMKG Palembang, 2020 :

Tabel 2. Data Angin Palembang [14]

Tahun	Satuan	ff _x
2011	m/s	13
2012	m/s	11
2013	m/s	9
2014	m/s	9
2015	m/s	10
2016	m/s	10
2017	m/s	8
2018	m/s	18
2019	m/s	15
2020	m/s	10
Max	m/s	18

Keterangan :

ff_x : Kecepatan angin maksimum (m/s)

c. Data Sungai dan Data Arus

Data arus dilakukan pengukuran pada arus Sungai Musi, Sumatera Selatan tanggal 15 Agustus 2020 dengan menggunakan alat current meter pada kedalaman pengamatan 300 cm. Analisa data arus pada Tabel 3 bersumber dari PT. Geo Sriwijaya Nusantara :

Nomor Baling : A-13.17

Jumlah Baling : 2

Kedalaman Pengamatan : 300 cm

Tanggal Pengamatan : 15 Agustus 2020

Tabel 3. Data Arus Sungai Musi Sumatera Selatan [13]

No	X	Y	Arah	Kecepatan (m/s)
1	408314	9662467	130	0,3998
2	408549	9662444	105	0,5806
3	408237	9662515	105	0,8079
4	408199	9662491	105	1,226
5	408398	9662449	113	1,447
6	408402	9662384	110	1,501

Data Sungai Musi, Sumatera Selatan digunakan untuk data alur pelayaran pada Tabel 4 bersumber dari PT. Geo Sriwijaya Nusantara :

Tabel 4. Data Alur Pelayaran Arus Sungai Musi Sumatera Selatan [13].

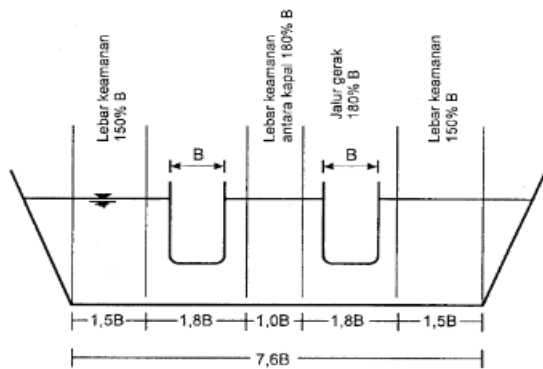
Jalur Pelayaran	Dua Jalur
Ketelitian Pengukuran, P	1,5 m
Endapan sedimen antara dua pengerukan, S	2 m
Toleransi pengerukan	2 m
Sudut bentuk kapal akibat gelombang	8°

d. Alur Pelayaran

Alur pelayaran berfungsi sebagai jalur air yang digunakan untuk mengarahkan kapal ke tempat berlabuh. Parameter dalam perancangan alur pelayaran yaitu: lebar alur pelayaran dan kedalaman alur pelayaran [4].

1) Lebar Alur Pelayaran

Jika kapal boleh bersimpangan, lebar alur dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 4 [15].



Gambar 4. Lebar Alur Dua Jalur [15]

Untuk menentukan lebar alur dua jalur, maka digunakan Persamaan 1 lebar alur dua jalur [15].

$$a = 7,6 \times B \quad (1)$$

dimana :

a = lebar alur dua jalur (m)

B = lebar kapal (m)

2) Kedalaman Alur Pelayaran

Untuk menghitung kedalaman alur pelayaran menggunakan Persamaan 2 kedalaman total alur pelayaran [4]:

$$H = d + G + R + P + S + K \quad (2)$$

dimana :

H = kedalaman total alur pelayaran (m)

d = draft kapal (m)

G = gerak vertikal kapal karena gelombang dan squat (m)

R = ruang kebebasan bersih (m)

P = ketelitian pengukuran (m)

S = endapan sedimen dua pengerukan (m)

K = toleransi pengerukan (m)

Untuk menentukan gerak vertikal kapal karena gelombang dan squat (G) berdasarkan Persamaan 3 [4]:

$$G = \frac{B}{2} \times \sin a' \quad (3)$$

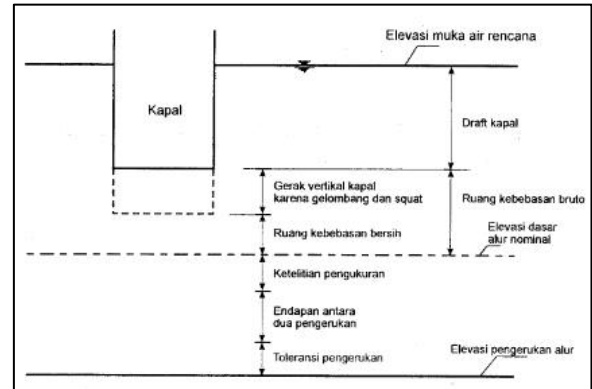
dimana :

G = gerak vertikal kapal karena gelombang dan squat (m)

B = lebar kapal (m)

a' = sudut bentuk kapal akibat gelombang

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat berdasarkan Gambar 5 mengenai penentuan kedalaman alur pelayaran.



Gambar 5. Kedalaman Alur Pelayaran [15]

e. Fender

Prosedur perencanaan fender adalah [7]:

1) Menentukan energi benturan kapal terhadap fender berdasarkan Persamaan 4 energi tumbukan kapal terhadap fender :

$$e = \frac{w_{total} \times v^2 \times C_m \times C_b}{2 \times g} \quad (4)$$

dimana :

e = Energi tumbukan kapal terhadap fender (tm)

w_{total} = Bobot kapal (w) + bobot kapal ketika bersandar pada fender (w') (t)

V = Komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/s)

C_m = Koefisien massa

C_b = Koefisien blok kapal

g = Gaya gravitasi bumi (m/s²)

Untuk menentukan w_{total} pada kapal terhadap fender maka berat kapal (w) dijumlahkan dengan bobot kapal ketika bersandar pada fender (w') berdasarkan Persamaan 5 untuk mencari bobot kapal ketika bersandar pada fender (w') [7]

$$w' = 1/4 \times \pi \times d^2 \times L_{oa} \quad (5)$$

dimana :

w' = bobot kapal ketika bersandar pada fender (t)

D = draft kapal (m)

L_{oa} = panjang kapal (m)

Untuk mencari nilai V, maka digunakan Persamaan 6 [7].

$$V = v \times \sin 10^\circ \quad (6)$$

dimana :

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

Untuk menentukan koefisien massa (C_m) maka digunakan Persamaan 7 [7],

$$C_m = 1 + \frac{3,14 \times d}{2 \times C_b \times B} \quad (7)$$

dimana :

- C_m = koefisien massa
 C_b = koefisien blok kapal
 d = draft kapal (m)
 B = lebar kapal (m)

Untuk menentukan koefisien blok kapal (C_b) maka digunakan Persamaan 8 [7]

$$C_b = \frac{w}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_w} \quad (8)$$

dimana :

- C_b = koefisien blok kapal
 w = bobot kapal (t)
 L_{pp} = panjang garis air (m)
 B = lebar kapal (m)
 d = draft kapal (m)
 γ_w = berat jenis air (t/m³)

Untuk mencari panjang garis air (L_{pp}) dinyatakan dalam Persamaan 9 [7]

$$L_{pp} = 0,852 \times L_{oa}^{1,0201} \quad (9)$$

dimana :

- L_{pp} = panjang garis air (m)
 L_{oa} = panjang kapal (m)

2) Menentukan nilai energi yang diserap oleh fender Persamaan 10 [7]:

$$EA = 45\% \times e \quad (10)$$

dimana :

- EA = energi yang diserap oleh fender (tm)
 e = energi tumbukan kapal terhadap fender (tm)

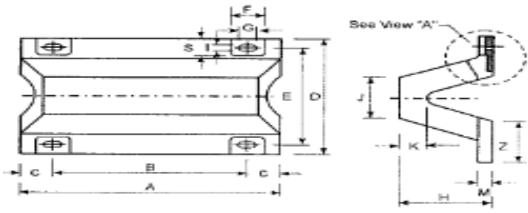
3) Pilih fender yang mampu menyerap energi yang sudah dihitung berdasarkan karakteristik fender.

Pada penelitian ini dipilih fender karet Tipe V bersumber dari PT Kemenangan Tabel 5

Tabel 5. Karakteristik Fender Tipe V PT Kemenangan

Type Fender	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)
KVF 200 H	15,35	1
KVF 250 H	19,52	1,6
KVF 300 H	23,07	2,2

Berikut Gambar 6 fender karet tipe V bersumber dari PT Kemenangan.



Gambar 6. Fender Karet Tipe V PT Kemenangan

f. *Bollard*

Dalam penentuan kapasitas dan jumlah *Bollard* yang dibutuhkan, harus memperhitungkan jumlah beban serta tarikan kapal sedang bermuatan penuh. Dalam merencanakan *Bollard*, langkah yang dilakukan dengan menjumlahkan gaya-gaya yang bekerja pada dermaga. Gaya-gaya tersebut adalah gaya akibat beban tumbuk kapal, gaya akibat beban angin, gaya akibat beban arus [3].

1) Gaya Akibat Beban Tumbuk Kapal

Pada waktu merapat ke dermaga kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Besar energi benturan pada Persamaan 11:

$$E = \frac{W \times V^2}{2 \times g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c \quad (11)$$

dimana :

- E = energi kinetik akibat benturan (t/m)
 W = berat kapal bermuatan penuh (t)
 V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/s)
 g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)
 C_m = koefisien massa
 C_e = koefisien eksentrisitas
 C_s = koefisien kekerasan
 C_c = koefisien bentuk dari tambatan

Untuk menentukan koefisien eksentrisitas (C_e) maka digunakan Persamaan 12 [3]:

$$C_e = \frac{1}{1 + (I/r)^2} \quad (12)$$

dimana :

- C_e = koefisien eksentrisitas
 I = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (m)
 r = jari-jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air (m)

Untuk menentukan jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal dinyatakan dalam Persamaan 13 [3]:

$$I = \frac{1}{6} \times L_{oa} \quad (13)$$

dimana :

- I = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (m)
 L_{oa} = panjang kapal (m)

Pada banyak kasus hal ini sangat jarang terjadi dan diabaikan, nilai yang direkomendasikan $C_s = 1$ dan nilai tekanan arus kekerasan yang biasa digunakan adalah $C_c = 1$ [3].

2) Gaya Akibat Beban Angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditimbulkan akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Besar gaya akibat angin dapat dihitung dengan Persamaan 14 [3]:

$$P = 1,3 \times A \times P' \quad (14)$$

dimana:

- P = beban angin (kg)
- A = luas kapal terkena angin (m^2)
- P' = beban angin yang dikonversi pon per kaki (psf)

Untuk mencari nilai A, maka digunakan Persamaan 15 [3]:

$$A = L_{oa} \times h \quad (15)$$

dimana:

- A = luas kapal terkena angin (m^2)
- L_{oa} = panjang kapal (m)
- h = tinggi kapal yang terkena angin (m)

Untuk mencari nilai h, maka digunakan persamaan 16 [3]:

$$h = d' - H \quad (16)$$

dimana:

- h = tinggi kapal yang terkena angin (m)
- d' = *light draft* kapal (m)
- H = tinggi kapal (m)

Untuk mencari nilai d', maka digunakan persamaan 17 [3]:

$$d' = \frac{W-w}{w} \times d \quad (17)$$

dimana:

- d' = *light draft* kapal (m)
- W = berat kapal bermuatan penuh (t)
- w = bobot kapal (t)
- d = draft kapal (m)

Untuk mencari nilai P', maka digunakan Persamaan 18 [3]:

$$P' = c \times V_1^2 \quad (18)$$

dimana:

- P' = beban angin yang dikonversi pon per kaki (psf)
- c = koefisien tekanan angin
- V_1 = kecepatan angin maksimum (mph)

3) Gaya Akibat Beban Arus

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga menyebabkan terjadinya gaya pada kapal. Besar gaya akibat arus dapat dihitung dengan Persamaan 10 [3]:

$$F = f \times b \quad (19)$$

dimana:

- F = beban arus (kg)
- f = kekuatan arus (kg/m^2)
- b = luas kapal yang terkena arus (m^2)

Untuk mencari nilai f, maka digunakan persamaan 20 [3]:

$$f = \frac{\gamma_w \times V_2^2}{2 \times g} \quad (20)$$

dimana:

- f = kekuatan arus (kg/m^2)
- γ_w = berat jenis air sungai (kg/m^3)
- V_2 = kecepatan arus (m/s)
- g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

Untuk mencari nilai b maka digunakan persamaan 21 [3]:

$$b = d \times L_{oa} \quad (21)$$

dimana:

- b = luas kapal yang terkena arus (m^2)
- d = draft kapal (m)
- L_{oa} = panjang kapal (m)

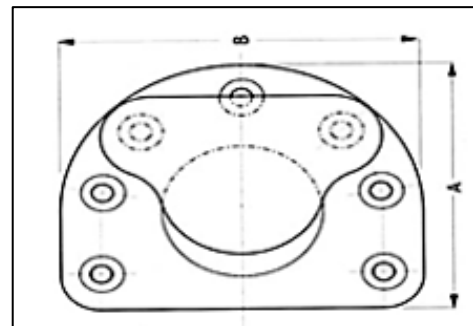
4) Perencanaan *Bollard*

Pada penelitian ini dipilih jenis *Tee Bollard* berdasarkan spesifikasi *Tee Bollard* [3] Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi *Tee Bollard* [3]

Type	S.W.L (ton)	A	B	C	D	Body E	F	G	Bolt
CVS 10/15	10 - 15	305	350	120	120	40	40	80	M 24
CVS 15/25	15 - 25	450	375	175	175	50	50	100	M 30
CVS 30/50	30 - 50	480	540	250	250	80	80	210	M 36

Berikut Gambar 7 *Tee Bollard*:



Gambar 7. *Tee Bollard* [3]

HASIL DAN DISKUSI

Data Dermaga

Data dermaga yang dibutuhkan dalam analisa perhitungan adalah data kapal, data angin, dan data arus

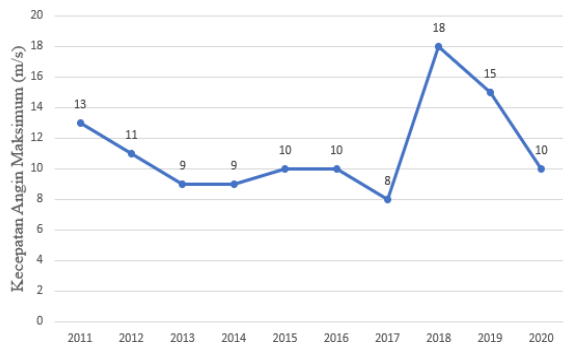
a. Data Kapal

Data kapal yang digunakan pada dermaga bongkar muat batu bara merupakan kapal tongkang batu bara dengan bobot 3145 ton dan panjang 300 feet. Berdasarkan kebutuhan angkut kapal sebesar 10000 ton batu bara didapat spesifikasi kapal tongkang dari tabel kapal rencana PT. Geo Sriwijaya Nusantara. Data kapal dapat dilihat pada Tabel 1

b. Data Angin

Data angin ditinjau selama 10 tahun belakangan yakni 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 dan 2020. Analisa data angin

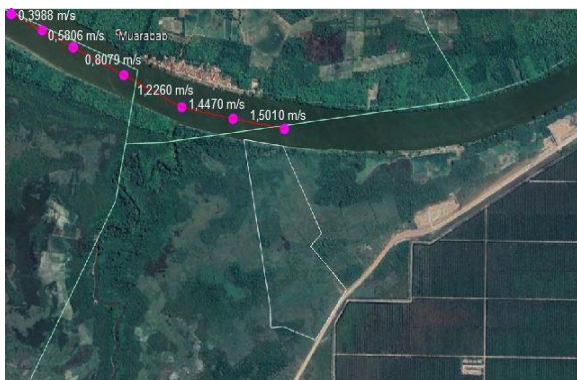
dapat dilihat pada Tabel 2 sehingga didapatkan beban angin yang diterima oleh struktur rencana adalah 18 m/s paling maksimum



Gambar 8. Grafik Analisa Data Angin Palembang [14]

c. Data Arus

Data arus dilakukan pengukuran pada arus sungai Musi, Sumatera Selatan tanggal 15 Agustus 2020 dengan menggunakan alat current meter pada kedalaman pengamatan 300 cm. Analisa data arus pada Tabel 3.3 sehingga didapatkan kecepatan arus sungai musi maksimum 1,5 m/s.



Gambar 9. Pengukuran Data Arus Sungai Musi Tanggal 15 Agustus 2020 [11]

Analisa Alur Pelayaran

Alur pelayaran berfungsi sebagai jalur air yang digunakan untuk mengarahkan kapal ke tempat berlabuh. Parameter dalam perancangan alur pelayaran yaitu: lebar alur pelayaran dan kedalaman alur pelayaran [4].

a. Analisa Lebar Alur Pelayaran

Analisa lebar alur pelayaran adalah salah satu yang menjadi hal terpenting dalam perencanaan dermaga bongkar muat batu bara di hulu sungai Musi yang terletak di daerah kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, Sumatera Selatan. Dikarenakan lebar alur pelayaran sangat menentukan lalu lintas pelayaran kapal tongkang angkut batu bara dan mempermudah kapal tongkang angkut batu bara memungkinkan melakukan manuver pada dermaga. Berikut analisa lebar alur pelayaran pada dermaga bongkar muat batu bara Desa Prambatan,

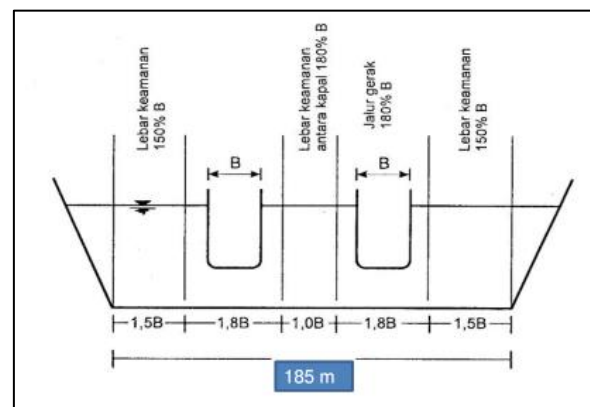
Kecamatan Abab, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, Provinsi Sumatera Selatan, dengan beberapa data yang diambil ketika survei dilapangan pada dermaga bongkar muat batu bara. Analisa lebar alur pelayaran berpedoman pada [15]

Maka, berdasarkan Persamaan 1, lebar alur pelayaran sebagai berikut :

$$a = 7,6 \times 24,38$$

$$a = 185,288 \text{ m}$$

Dari analisa menggunakan metode [15], maka lebar alur pelayaran (a) yang telah dianalisa yakni 185,288 m. Lebar alur pelayaran 185,288 m adalah lebar yang paling ideal untuk kapal tongkang baik ketika bersimpangan maupun ketika melakukan manuver.



Gambar 10. Lebar Alur Pelayaran [15]

b. Analisa Kedalaman Alur Pelayaran

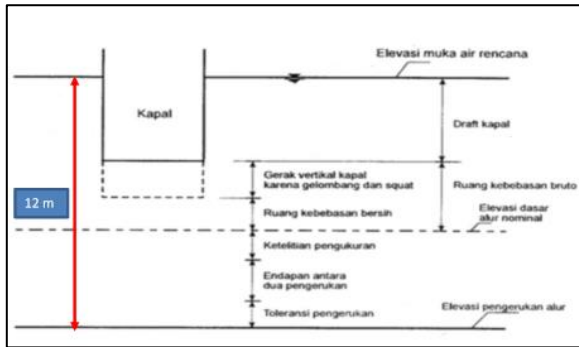
Analisa kedalaman alur pelayaran juga merupakan hal terpenting yang mesti dianalisa. Kedalaman alur pelayaran juga harus diperhitungkan mengingat kapal tongkang yang berlayar dengan beban maksimum 10.000 ton sehingga untuk menghindari terjadi kandas pada kapal terhadap elevasi tanah dasar dibawah sungai tersebut. Berikut analisa kedalaman alur pelayaran pada dermaga bongkar muat batu bara di Desa Prambatan, Kecamatan Abab, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, Provinsi Sumatera Selatan, dengan beberapa data yang diambil ketika survei dilapangan dan data batimetri pada dermaga bongkar muat batu bara. Analisa kedalaman alur pelayaran berpedoman pada persamaan 2 [4] maka:

$$H = d + G + R + P + S + K$$

$$H = 4,27 + 1,7 + 0,5 + 1,5 + 2 + 2$$

$$H = 11,97 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

Dari analisa kedalaman alur pelayaran yang berpedoman pada [4] yakni 12 m. Kedalaman 12 m untuk kapal tongkang dalam melakukan pelayaran di daerah alur pelayaran tersebut. Dengan direncanakannya kedalaman alur pelayaran tersebut maka dapat dijadikan acuan dalam penentuan elevasi tinggi dermaga yang akan dirancang.



Gambar 11. Kedalaman Alur Pelayaran [4]

Analisa Perencanaan Fender

Berikut analisa perencanaan fender dermaga bongkar muat batu bara di Desa Prambatan, Kecamatan Abab, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Analisa perencanaan fender berpedoman pada [7]:

- a. Menentukan energi benturan kapal terhadap fender berdasarkan energi tumbukan kapal terhadap fender berdasarkan persamaan 4 [7]:

$$e = \frac{w_{total} \times v^2 \times C_m \times C_b}{2 \times g}$$

$$e = \frac{3146,309 \times 0,026^2 \times 1,186 \times 1,48}{2 \times 9,81}$$

$$e = 0,191 \text{ tm}$$

- b. Menentukan nilai energi yang diserap oleh fender Persamaan 10 [7]:

$$\begin{aligned}EA &= 45\% \times e \\EA &= 45\% \times 0,191 \\EA &= 0,086 \text{ tm}\end{aligned}$$

- c. Dari besarnya EA yang terjadi maka dipilih fender level karet yakni KVF 200 H

Tabel 7. Karakteristik Fender Tipe V Defleksi 45 %
(PT Kemenangan)

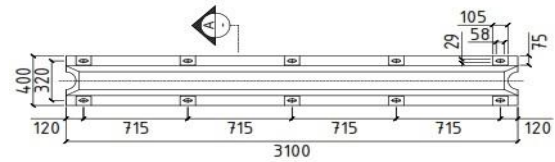
Tipe Fender	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)
KVF 200 H	15,35	1
KVF 250 H	19,52	1,6
KVF 300 H	23,07	2,2

Dimensi fender KVF 200 H dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Dimensi Fender KVF 200 H (PT. Kemenangan)

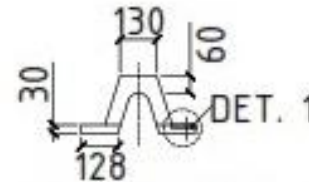
SIZE		A	B	C	D	E	F	G	H
HEIGHT	LENGTH								
200 H	3000	3100	715	120	400	320	105	58	75
SIZE		I	J	K	L	M	N	P	Q
HEIGHT	LENGTH								
200 H	3000	29	130	60	200	30	128	19	12

Gambar 12, menunjukkan gambar fender mengacu pada dimensi Tabel 8



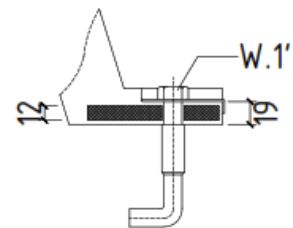
Gambar 12. Detail Fender KVF 200 H

Berikut potongan a fender KVF 200 H, gambar fender berpedoman kepada Tabel 8 dimensi fender KVF 200 H (PT Kemenangan).



Gambar 13. Potongan A Fender KVF 200 H

Berikut detail 1 baut fender KVF 200 H, gambar fender berpedoman kepada Tabel 8 dimensi fender KVF 200 H (PT Kemenangan).



Gambar 14. Detail 1 Baut Fender KVF 200 H

Analisa Perencanaan Bollard

Dalam penentuan kapasitas dan jumlah bollard yang dibutuhkan, harus memperhitungkan jumlah beban serta tarikan kapal sedang bermuatan penuh. Dalam merencanakan bollard, langkah yang dilakukan dengan menjumlahkan gaya-gaya yang bekerja pada dermaga. Gaya-gaya tersebut adalah gaya akibat beban tumbuk kapal, gaya akibat beban angin, gaya akibat beban arus [3]. Berikut perhitungan dari gaya akibat beban tumbuk kapal, gaya akibat beban angin, gaya akibat beban arus yang berpedoman pada [3]

- a. Analisa Gaya Akibat Beban Tumbuk Kapal

Berikut analisa gaya akibat beban tumbuk kapal berdasarkan Persamaan 11 Analisa gaya akibat beban tumbuk kapal berpedoman pada :

$$E = \frac{W \times V^2}{2 \times g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

$$E = \frac{13145 \times (0,026)^2}{2 \times 9,8} \times 1,186 \times 0,881486 \times 1 \times 1$$

$$E = 0,476 \text{ t/m}$$

Dari hasil analisa nilai gaya akibat beban tumbuk kapal tongkang muat batu bara (E) adalah 0,476 t/m. Dan beban inilah yang digunakan sebagai gaya akibat beban tumbuk kapal.

b. Analisa Gaya Akibat Beban Angin

Tidak hanya gaya akibat beban tumbuk kapal yang dianalisa tetapi juga gaya akibat beban angin Palembang, Sumatera Selatan. Berikut analisa gaya akibat beban angin berdasarkan Persamaan 18. Analisa gaya akibat beban angin berpedoman pada [3] :

$$P = 1,3 \times A \times P'$$

$$P = 1,3 \times 738,57062 \times 20,579$$

$$P = 38117,91774 \text{ kg} = 38,118 \text{ ton}$$

Dari hasil analisa nilai gaya akibat beban angin adalah 38,118 ton. Dan beban inilah yang digunakan sebagai beban angin.

c. Analisa Gaya Akibat Beban Arus

Tidak hanya gaya akibat beban akibat angin Palembang yang dianalisa tetapi juga gaya akibat beban arus sungai Musi, Palembang. Berikut analisa gaya akibat beban arus sungai Musi, Palembang berdasarkan Persamaan 23. Analisa gaya akibat beban arus berpedoman pada [3]

$$F = f \times b$$

$$F = 114,8 \times 390,4488$$

$$F = 44821,92857 \text{ kg} = 44,822 \text{ ton}$$

Dari hasil analisa nilai gaya akibat beban arus adalah 44,822 ton. Dan beban inilah yang digunakan sebagai beban arus.

d. Perencanaan Bollard

Setelah menganalisa gaya akibat beban tumbuk kapal, gaya akibat beban angin, gaya akibat beban arus maka ditotalkan menjadi beban akibat bongkar muat

Total beban yang ditimbulkan dari kegiatan bongkar muat batu bara dapat dilihat sebagai berikut :

1. Gaya Akibat Beban Tumbuk Kapal = 0,476 ton
2. Gaya Akibat Beban Angin = 38,118 ton
3. Gaya Akibat Beban Arus = 44,822 ton
4. Total Beban Akibat Bongkar Muat Kapal = 83,514 ton = 84 ton

Dalam penelitian ini digunakan *tee bollard* Disarankan pemakaian *tipe bollard* pabrikan yang mampu menahan gaya = 84 ton

Karenakan kapal mengikat 4 *bollard* saat bersandar maka 1 *bollard* $84/4 = 21$ ton

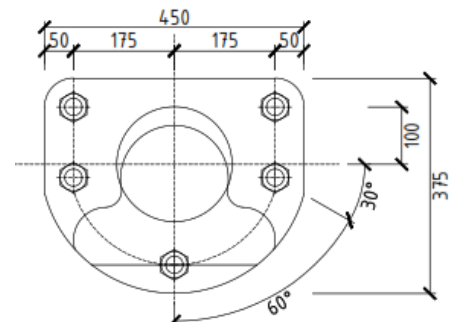
Oleh sebab itu digunakan *bollard* yang memiliki kapasitas = 21 ton atau mendekati.

Dari Tabel 9 dapat dilihat secara rinci spesifikasi masing-masing bollard jenis pabrikan Tee Bollard berdasarkan masing-masing kapasitas bollard itu sendiri. Dari perhitungan sebelumnya, dalam perencanaan membutuhkan bollard kapasitas 25 ton, maka jenis bollard yang dipilih yakni CVS-15/25. Dalam perencanaan dermaga bongkar muat batu bara kedua bollard pabrikan yang disarankan dapat dipakai dalam rancangan dermaga bongkar muat batu bara.

Tabel 9. Spesifikasi Tee Bollard [3]

Type	S.W.L (ton)	A	B	C	D	Body E	F	G	Bolt
CVS 10/15	10 - 15	305	350	120	120	40	40	80	M 24
CVS 15/25	15 - 25	450	375	175	175	50	50	100	M 30
CVS 30/50	30 - 50	480	540	250	250	80	80	210	M 36

Berikut gambar 15 bollard jenis pabrikan Tee Bollard



Gambar 15. Tee Bollard

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perencanaan fasilitas dermaga bongkar muat batu bara di Desa Prambatan, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, mencakup penentuan lebar alur pelayaran sebesar 185,228 m dan kedalaman alur 12 m, guna mempermudah manuver kapal serta menghindari kandas terhadap elevasi tanah dasar. Energi desain fender sebesar 0,086 t.m mengarah pada pemilihan tipe V fender KVF 200 H sesuai spesifikasi dari PT. Kemenangan. Untuk beban sebesar 21 ton pada bollard digunakan sebagai acuan pemilihan tee bollard tipe CVS 15/25.

REFERENSI

- [1] Fauzan, "Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal dengan Bobot 10000 DWT," *Ensiklopedia of Journal*, vol. Vol. 1, no. No.1, pp. 153-157, 2018.
- [2] R. D. P. Hariyanto, "Modifikasi Perancangan Dermaga General Cargo Dengan Kapasitas Kapal 10.000 DWT di Kabupaten Sampang, Madura," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [3] N. B. R. Mandi, PELABUHAN Perencanaan dan Perancangan Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai, Bali: Buku Arti, 2015.
- [4] B. Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan, Yogyakarta: Beta Offset, 2010.
- [5] Nurhayati dan J. Aminuddin, "Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Evapotranspirasi

- Berdasarkan Metode Penman di Kebun Stroberi Purbalingga," *Ar-Raniry*, vol. Vol. 2, no. No 1, pp. 21-28, 2016.
- [6] Indarto, R. A. Ramadhan, N. A. S. Purwono dan I. Rustendi, "Analisa Transformasi Gelombang pada Breakwater di PLTU Karangandri Cilacap," *Jurnal Teolodita*, vol. Vol 21, no. No 2, pp. 19-30, 2020.
- [7] Soenarno, Perencanaan Pelabuhan I, Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Nasional, 2004.
- [8] S. Kramadibrata, Perencanaan Pelabuhan, Bandung: ITB, 2002.
- [9] N. K. Nur, H. Hasmar, M. M. Tumpu, I. Gani, A. M. Setiawan, A. Isdyanto dan R. Kamma, Perancangan Pelabuhan Laut, Makassar: Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [10] S. A. Bramastya, J. Marwoto, P. W. Atmodjo dan E. Indrayanti, "Studi Elevasi Dasar Perairan untuk Penentuan Lantai Dermaga Pelabuhan di Pelabuhan TPI Wonokerto Kabupaten Pekalongan," *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, vol. Vol 3, no. No 4, pp. 31-38, 2021.
- [11] G. Earth, *Peta Desa Prambatan Muara Enim Sumatera Selatan*, Muara Enim: Google Earth, 2022.
- [12] Badan Pusat Statistik, Kabupaten Panukal Abab Lematang Ilir dalam Angka, Muara Enim: BPS Kabupaten Muara Enim, 2016.
- [13] P. G. S. Nusantara, *Data Sungai dan Data Arus Sungai Musi*, Sumatera Selatan: PT. Geo Sriwijaya Nusantara, 2020.
- [14] BMKG, *Data Angin Palembang 2011-2020*, Palembang: Stasiun Klimatologi Palembang, 2022.
- [15] P. Brunn, Port Engineering, London: Gulf Publishing Company, 1981.