



Studi Hidro-Oseanografi Pemanfaatan Dermaga Arun Sebagai Receiving Gas Terminal

Teuku Zubir¹, Hamdani², dan Ahmad Syuhada²

¹ Mechanical Department, PT. Arun NGL Co., Blang Lancang, Lhokseumawe, Indonesia

² Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Syiah Kuala University, Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 November 2015

Direvisi dari 20 November 2015

Diterima 30 November 2015

Kata Kunci:

Hidro-oseanografi;

Dermaga;

Arun;

Q-Flex;

LNG

ABSTRAK

Seiring dengan pemulihan Indonesia dari krisis keuangan tahun 1998, konsumsi energi domestik berkembang dengan pesat dalam beberapa tahun terakhir, utamanya energi berupa gas alam. Akan tetapi, kenaikan kebutuhan gas domestik tidak diiringi dengan produksi gas di Indonesia, dimana apabila hingga tahun 2018 tidak ditemukannya sumber-sumber gas baru, maka Indonesia diperkirakan akan mengalami kelangkaan gas. Pertamina sebagai BUMN di Indonesia yang bergerak di bidang energi, berencana untuk mengimpor shale gas dari Amerika, dimana cadangan shale gas Amerika sangat melimpah dan harganya yang kompetitif. Shale Gas yang diperoleh akan diubah bentuk menjadi LNG agar mempermudah proses transportasi. Kemudian, LNG di transportasikan menggunakan kapal LNG jenis Q-Flex (± 216.000 m³) menuju Terminal Arun dimana Terminal Arun akan dimanfaatkan sebagai Receiving Terminal. Dari peran baru Terminal Arun, maka diperlukan kajian mengenai kesiapan Terminal Arun untuk menerima kapal Q-Flex. Kajian dilakukan dengan mengacu persyaratan teknis dan prosedur standar yang berlaku yang harus dipenuhi baik dari sisi kapal maupun sisi terminal sehingga dapat dinyatakan kompatibel. Persyaratan tersebut meliputi Kompatibilitas Kondisi perairan, Fender system, Mooring line, Gangway, Loading Arm, dan Tug boat. Hasil kajian yang diperoleh pada Kertas Kerja Wajib (KKW) ini adalah Terminal Arun mampu menerima kapal Q-Flex dengan syarat Area Turning Basin saat ini diperluas atau dipindahkan ke area yang lebih luas (min. diameter 630m) dan dilakukannya pengerukan (dredging) sedalam 0.5 m, pembesaran dimensi fender atau pembesaran koefisien elastik fender agar besar Hull Pressure dari sistem fender dapat diperkecil, alarm PMS (Position Monitoring System) pada sistem Loading Arm ditiadakan sehingga Batas Working Envelope Loading Arm dapat diperbesar dan tongkat pengait disediakan guna sebagai media pengait tali ke Sunken Bit.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

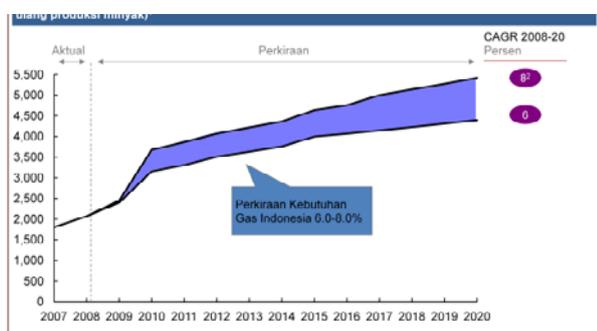
Dewasa ini, seiring dengan pemulihan Indonesia dari krisis keuangan tahun 1998, konsumsi energi berkembang dengan pesat dalam beberapa tahun terakhir, utamanya energi berupa gas alam. Menurut WoodMackenzie dan kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral, kebutuhan gas domestik Indonesia diperkirakan

tumbuh signifikan sebesar 6-8% per tahun hingga tahun 2020. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.

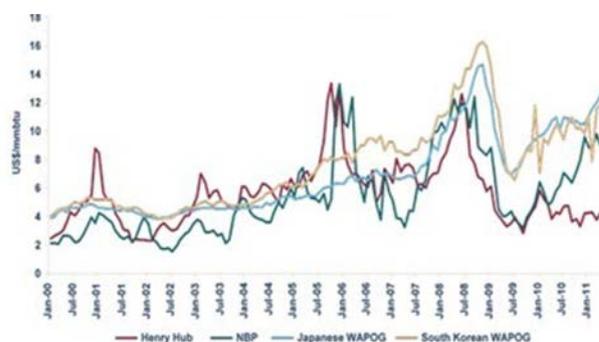
Berdasarkan data dari WoodMackenzie, kenaikan kebutuhan gas domestik Indonesia ini seiring meningkatnya kebutuhan dari sektor pembangkit listrik (PLN), Industri selain pupuk, dan industri pupuk. Akan tetapi, kenaikan kebutuhan gas domestik tidak diiringi dengan produksi gas di Indonesia, maka dari itu diperlukan solusi alternatif untuk mengatasi pemenuhan kebutuhan gas domestik tersebut.

* Penulis Utama. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000.

Alamat e-mail: author@institute.xxx



Gambar 1. Gambar perkiraan kebutuhan gas domestic Indonesia hingga tahun 2020 (sumber: Wood Mackenzie an Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDMI))



Gambar 2. Monthly Global Gas/LNG Price Reference (Sumber: Wood Mackenzie)

Pertamina sebagai BUMN di Indonesia yang bergerak di bidang energi, dituntut berperan aktif untuk memenuhi kebutuhan gas di Indonesia. Pertamina berencana untuk menggunakan *Shale gas* dimana *Shale gas* merupakan salah satu jenis *unconventional gas*, selain *deepwater* maupun *coal based methane* (CBM). *Shale gas* ini merupakan gas yang terjebak di *shale formations*. Teknologi yang berkembang saat ini telah dapat memperdayakan jenis tersebut, sehingga membuat negara adidaya Amerika yang awalnya sebagai pengimpor gas berubah menjadi pengekspor gas karena di wilayah tersebut ditemukan cadangan shale gas hingga mencapai 1099 tcf. Pada tahun 2025, Jumlah produksi shale gas di Amerika Utara diperkirakan mencapai 45.000mmcf. Banyaknya cadangan gas di Amerika membuat harga gas menjadi turun (*buyer-market*), dimana harga gas di Amerika.

Utara mengacu standar harga Henry Hub. Berdasarkan data dari Independent Commodity Information Services (ICIS) Februari 2012, harga gas di Amerika Utara sebesar \$ 4 / mmbtu, sehingga harga gas di Amerika Utara lebih kompetitif apabila dibandingkan harga gas di tempat lain yang menggunakan acuan standar harga selain Henry Hub. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 1.2.

Hal ini membuat potensi impor gas dari Amerika semakin terbuka. Gas yang diperoleh dapat ditransportasikan dalam bentuk cair (LNG). Pasokan LNG ini dapat ditujukan untuk memenuhi kebutuhan proyek *Floating Storage Regasification Unit* (FSRU) baik FSRU JABAR dan FSRU JATENG. Dengan adanya proyek

ini LNG yang tersimpan di tangki FSRU dapat diregasifikasi ke bentuk awalnya yaitu gas, sehingga gas sebagai hasil produksi dari FSRU dapat didistribusikan kepada end user.

Potensi tersebut harus dimanfaatkan dengan adanya skema bisnis yang terintegrasi supaya bisnis ini dapat berjalan baik. Rencana skema yang akan dilakukan yaitu diawali dengan proses pencairan (*liquefaction*). *Shale Gas* yang diperoleh akan diubah bentuk menjadi LNG agar mempermudah proses transportasi. Kemudian, salah satu alternatif yaitu

LNG akan di transportasikan menggunakan kapal LNG jenis Q-Flex ($\pm 216.000m^3$) menuju

Terminal Arun. Kapal Q-Flex akan digunakan dengan alasan kapal ini dinilai lebih ekonomis ketika dibandingkan dengan kapal conventional $\pm 125.000 m^3$ baik dari sisi kargo yang diangkut maupun biaya operasional. Terdapat tiga (3) pilihan rute perjalanan transportasi dari Amerika menuju Arun, yaitu melewati Terusan Suez (12,622nmile), Terusan Panama (12,705 nmile), dan Tanjung Harapan (13,629 nmile). Kapal Q-Flex akan melakukan unloading di Terminal Arun dan LNG akan disimpan di LNG storage facility Terminal Arun. Terminal Arun akan digunakan dalam skema proyek ini dengan alasan apabila transportasi LNG menggunakan Kapal Q-Flex, Terminal Arun dianggap lebih mudah untuk dimodifikasi untuk kompatibel dengan kapal Q-Flex dibandingkan kapal Q-Flex harus melakukan ship to ship dengan FSRU. Kemudian LNG dapat didistribusikan kembali



(a)



(b)

Gambar 3. FSRU a. Jawa Barat b. Jawa Tengah (sumber: Pertamina Business Development Gas&Power, 2012)

menggunakan kapal LNG berukuran $\pm 125.000 \text{ m}^3$ sebagai shuttle vessel menuju Floating Storage Regasification Unit (FSRU) baik Jawa Tengah maupun Jawa Barat. Selanjutnya LNG dapat di distribusikan kepada end user. Dari skema bisnis diatas, terlihat peran Terminal Arun sebagai Receiving Terminal sangat penting. Maka dari itu diperlukan kajian mengenai kesiapan Terminal Arun untuk menerima kapal Q-Flex dimana terdapat persyaratan teknis dan prosedur standar yang berlaku yang harus dipenuhi baik dari sisi kapal maupun sisi terminal sehingga dapat dinyatakan kompatibel.

2. Metodologi

2.1. Deskripsi keadaan dan gejala permasalahan

Setiap Kapal yang akan bersandar pada pelabuhan harus dinyatakan kompatibel dengan memenuhi beberapa persyaratan yang harus dipenuhi baik dari sisi Terminal maupun sisi kapal. Hal ini dilakukan dengan alasan keselamatan sehingga operasional menjadi lancar dan tidak menimbulkan kerugian secara fisik (aset / infrastruktur) maupun komersial. Permasalahan inilah yang akan dibahas pada kajian ini yaitu untuk mengidentifikasi kesiapan Terminal Arun untuk menerima kapal Q-Flex yang berukuran $\pm 216.000 \text{ m}^3$. Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dari pihak Terminal dan kapal sebagai berikut:

2.2. Kompatibilitas Kondisi Perairan

Kondisi Perairan merupakan kriteria pertama yang ditinjau untuk menentukan kompatibilitas kapal terhadap terminal. Faktor-faktor yang mempengaruhinya, sebagai berikut: Depth (Kedalaman) Persyaratan kedalaman minimal yaitu 1.1 kali dari ketinggian draft terdalam kapal. Area Turning Basin Persyaratan area Turning Basin yaitu 2.0 kali dari Panjang (LOA) kapal.

2.3. Kompatibilitas Fender System

Fender merupakan sebuah interface antara kapal dan fasilitas pelabuhan. Hal ini bertujuan untuk meredam / menyerap energy tumbukan kapal agar kapal tidak langsung membentur konstruksi Breasting Dolphin, melainkan diredam dahulu oleh fender dan untuk selanjutnya sisa energy tumbukannya disalurkan ke Breasting Dolphin. Sehingga kriteria utama dalam pemilihan fender yaitu penyerapan energi pada fender harus lebih besar dari energi tumbukan. Faktor-Faktor yang mempengaruhi pada sistem fender sebagai berikut:

2.3.1. Berthing Energy

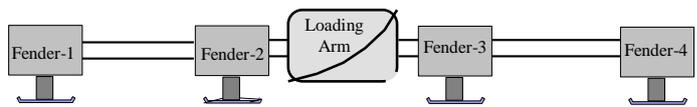
Berthing Energy merupakan energi kinetik yang timbul akibat bobot dan kecepatan sandar kapal. Pada sistem fender memiliki kemampuan menahan energi kinetik dari pergerakan kapal disebut energy absorption. Energi absorption dari sistem fender harus lebih besar dari pada energi kinetik kapal yang terjadi. Detail rumusan perhitungan Berthing Energy dapat dilihat pada lampiran 1a.

Persyaratan kompatibilitas, Berthing Energy (E fender) baik kondisi normal maupun abnormal ($1.25 \times E \text{ fender}$) harus lebih kecil dari Energy Absorption dari sistem Fender (180 ton-m).

2.3.2. Hull Pressure dari sistem fender

Dalam sistem fender, gaya reaksi yang diberikan kepada dinding kapal di bagian flat hull akibat gaya aksi dari lingkungan yaitu angin dan arus pada saat kapal sudah sandar dan terikat tali tambat. Detail rumusan perhitungan Hull Pressure dari sistem fender dapat dilihat pada lampiran 1b.

Persyaratan kompatibilitas, Hull Pressure dari sistem fender no.2 dan no.3 (P2 dan P3) harus lebih kecil dari Allowable Hull Pressure (20 Ton/m²) dari Kapal LNG Q-Flex.



Gambar 4. Posisi fender no.2 dan fender no.3

2.4. Kompatibilitas Mooring Line

Ketika suatu kapal bersandar di sebuah terminal, kapal ditambatkan dengan tali agar kapal tidak hanyut oleh arus atau angin sehingga proses Loading tidak terganggu. Tali tersebut dinamakan mooring line. Mooring line dari kapal akan dilemparkan ke mooring boat untuk dikaitkan di pengait atau hook yang terpasang di mooring dolphin. Berdasarkan referensi OCIMF: Mooring Equipment Guide 1997, faktor – faktor yang mempengaruhi pada sistem Mooring sebagai berikut:

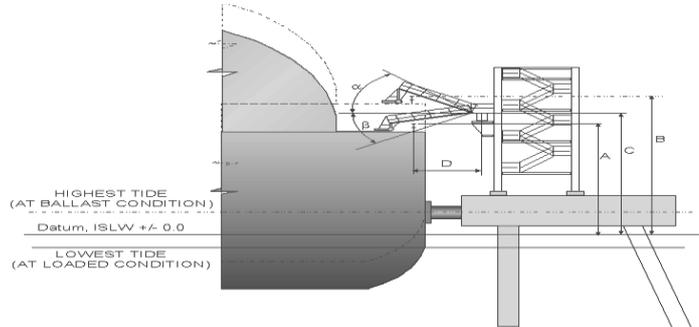
2.4.1. Tegangan maksimum yang diijinkan setiap tali yaitu 55% dari Minimum Breaking Load (MBL).

Persyaratan kompatibilitas, Tegangan maksimum yang diijinkan setiap tali harus lebih kecil dibandingkan Kapasitas Working Load tiap Mooring Hook di Terminal Arun dimana detail rumusan perhitungan dapat dilihat pada lampiran 1c. Dan juga, kapasitas beban tali yang disediakan oleh pihak Kapal harus lebih besar dibandingkan MBL. Bentuk Mooring Hook dapat dilihat pada Gambar 5. Mooring harus mampu menahan gaya maksimum dari kapal yang dipengaruhi oleh gaya arus maupun angin.

Persyaratan kompatibilitas, gaya arus maksimum yang mungkin terjadi dari arah longitudinal (Fx max) harus lebih kecil dibandingkan kapasitas spring lines, gaya arus maksimum dari arah transversal bagian depan yang mungkin terjadi (FyF max) harus lebih kecil dibandingkan kapasitas breast lines bagian depan dan gaya arus maksimum dari arah transversal bagian belakang yang mungkin terjadi (FyA max) harus lebih kecil dibandingkan kapasitas breast lines bagian belakang dimana detail rumusan perhitungan dapat dilihat pada lampiran 1d



Gambar 5. Double Mooring Quick Release Hook di Terminal Arun



Gambar 6. Prosedur Kompatibilitas Gangway

2.5. Kompatibilitas Gangway

Gangway merupakan jembatan penghubung antara terminal (jetty) dan kapal yang digunakan untuk lalulintas crew kapal dan operator terminal. Gangway ini terpasang di sisi terminal. Dan juga, gangway ini harus cukup fleksibel dan mampu beradaptasi terhadap pergerakan kapal akibat arus, angin dan pasang surut. Desain standar gangway yaitu apabila kapal bergerak menjauhi terminal, bentangan gangway dapat diperpanjang. Dan juga gangway dapat melakukan slewing jika kapal bergerak sejajar sisi terminal dan dapat bergerak naik turun mengikuti pergerakan kapal akibat pasang surut. Faktor – faktor yang mempengaruhi pada sistem Gangway sebagai berikut:

2.5.1. Ketinggian Level Gangway

Pada posisi vertikal, ketinggian level gangway harus berada diantara ketinggian handrail kapal dalam kondisi loaded pada surut terendah dan dalam kondisi ballast pada pasang tertinggi.

2.5.2. Gangway working range

Ketinggian gangway kondisi loaded pada surut terendah dan dalam kondisi ballast pada pasang tertinggi harus sesuai dengan gangway working range (High: ISLV 20.59m; Low: ISLV 12.43m)

2.5.3. Jangkauan Gangway

Pada posisi awal tersebut, jangkauan gangway dipastikan mencapai kondisi maksimum baik ke atas maupun ke bawah tidak melebihi jangkauan gangway.

- Untuk Jangkauan atas:

2.1 dimana α harus lebih kecil dari sudut jangkauan maksimum gangway arah atas, dimana $A < C < B$.

Untuk Jangkauan bawah:

2.2 dimana β harus lebih kecil dari sudut jangkauan maksimum gangway arah bawah, dimana $A < C < B$.

2.6. Kompatibilitas Loading Arm

Loading arm merupakan salah satu jenis sistem perpipaan yang menjadi penghubung untuk mengalirkan LNG dari sisi terminal menuju sisi kapal atau sebaliknya. Bentuk Loading Arm dapat dilihat pada Gambar II.5.

Faktor – Faktor yang mempengaruhi pada sistem Loading Arm sebagai berikut:

- Konfigurasi manifold kapal
Konfigurasi umum loading arm yang berdasarkan standar OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) yaitu terdiri dari loading arm untuk liquid dan untuk vapor LNG/LPG. Dan juga, Standar dimensi dan spesifikasi



Gambar 7. Loading Arm di Berth 3, Terminal Arun

mengikuti standar ASME B31.3. Maka dari itu, konfigurasi antara manifold kapal dan loading arm dipastikan telah sesuai baik dari dimensi maupun liquid / vapour yang melewatinya.

- Spasi manifold kapal
Spasi antar manifold kapal dipastikan sesuai dengan yang disyaratkan oleh loading arm yaitu 2.5m – 3 m.
- Working Envelope
Working Envelope merupakan area pergerakan yang mampu dijangkau oleh loading arm di bawah atas titik aktivasi Emergency Release System (ERS). Apabila pergerakan loading

arm melebihi area working envelope, maka system ERS akan aktif secara otomatis untuk memberikan aksi berupa penghentian maupun isolasi proses loading serta pelepasan sambungan antara loading arm dan manifold kapal. Working Envelope terdiri dari 2 jenis yaitu vertikal dan horizontal. Kompatibilitas working envelope horizontal, apabila syarat point b dipenuhi. Detail perhitungan kompatibilitas working envelope vertical dapat dilihat pada lampiran 1e.

Persyaratan kompatibilitas, Clearance Atas (CA) dan Clearance Bawah (CB) lebih dari 1m sedangkan Drift Mendekat (DD) dan Drift Menjauh (DB) lebih dari 0.5 m. Batasan ini didapatkan dari Position Monitoring System (PMS) yang digunakan sebagai alarm darurat yang akan menutup valve di loading arm untuk menghentikan aktifitas loading/unloading.

2.7. Kompatibilitas Tug Boat

Tug Boat berfungsi sebagai pemandu kapal menuju Terminal sampai mencapai daerah Turning Basin. Dan juga, Tug Boat berfungsi untuk mendorong dan menarik kapal. Bentuk Tug Boat dapat dilihat pada Gambar II.6.



Gambar 8. Tug Boat Blanglancang I

Faktor – faktor yang mempengaruhi kompatibilitas Tug Boat, sebagai berikut:

1. Kebutuhan Tug Boat

Kebutuhan kapal Tug Boat atau tandu untuk membantu oleh garak Kapal telah diatur pada UU no.53 tahun 2011 pasal 26 ayat 2 tentang Pemanduan.

2. Sunken Bit

Sunken bit merupakan tempat mengikat tali di bagian kapal yang akan digunakan Tug Boat sebagai media untuk menarik dan mendorong kapal. Persyaratan kompatibilitas, sunken bit harus dapat dicapai oleh Tug Boat pada kondisi air laut surut maksimum. Standar praktis yang dipakai dengan jarak maksimal 1.5 m. Detail rumusan perhitungan dapat dilihat pada lampiran 1f.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan persyaratan-persyaratan yang telah dijelaskan sebelumnya, hal tersebut dapat dijadikan referensi awal untuk mengetahui ataupun menguji kesiapan Terminal Arun untuk menerima Kapal LNG Q-Flex yang berukuran 216.000 m³. Pengujian kesiapan Terminal Arun berdasarkan persyaratan diatas, sebagai berikut:

3.1. Kompatibilitas kondisi perairan

3.1.1. Depth

Berdasarkan data kapal dan Port Information diperoleh data sebagai berikut

Table 1. Perhitungan Kompatibilitas Depth

N o	Spesifikasi	Besar (m)
1	Kedalaman perairan di Terminal	14
2	Draft terbesar kapal Q-Flex	12.524
3	Low Tide	-0.20
4	Draft terbesar kapal Q-Flex + Low Tide	12.724
5	Kedalaman yang dibutuhkan terhadap ISLW (1.1 x (Draft terbesar+Low Tide))	13.9964

Sehingga berdasarkan data tabel diatas, Kompatibilitas kedalaman (*depth*) dapat dinyatakan kompatibel. Akan tetapi agar lebih aman perlu dilakukan pengerukan (*dredging*) 0.5m sehingga kedalaman perairan menjadi 14.5m.

3.1.2. Turning Basin

Area Turning Basin hanya 600 m, sedangkan 2 kali LOA kapal sebesar 630 m. Maka dari itu, dibutuhkan Turning Basin yang lebih luas. Sehingga disarankan 2 pilihan modifikasi

1. Memperluas area Turning Basin yang saat ini dengan cara pengerukan. Sehingga biaya modifikasi semakin besar dan resiko perluasan yang dekat dengan daratan. Akan tetapi lama operasi kapal akan lebih cepat.
2. Pindahkan area Turning Basin di lingkaran merah yang tertera pada Gambar III.1. Biaya modifikasi tidak akan besar



Gambar 9. Modifikasi Area Turning Basin

dan area sedikit lebih jauh dari daratan. Akan tetapi, lama operasi kapal akan lebih lama di terminal.

3.2. Kompatibilitas Fender Syste

3.2.1. Berthing Energy

Dari perhitungan persamaan 1.2, 1.3 dan 1.4 pada Lampiran 1a diperoleh data sebagai berikut:

Table 2. Tabel perhitungan Berthing Energy

No	Coefficient	Besar
1	Cm (Virtual Mass Coefficient)	1.156
2	Cc (Berth Configuration Coefficient)	1
3	Ce (Eccentricity Factor)	0.79
4	Cs (Softness Coefficient)	0.9

Sehingga berdasarkan persamaan 1.1 pada lampiran 1a, *Berthing Energy* (E fender) diperoleh sebesar 124.62 ton-m. Persyaratan kompatibilitas, *Berthing Energy* baik kondisi normal maupun abnormal ($1.25 \times E$ fender) harus lebih kecil dari *energy absorbtion* (Ea) dari sistem

Fender Normal : $E < E_a$ (141.81 ton-m < 180 ton-m)

Abnormal : $E' < E_a$ (177.26 ton-m < 180 ton-m)

Sehingga dapat dinyatakan “kompatibel”

3.2.2. Hull Pressure dari sistem Fender

Berdasarkan perhitungan persamaan 1.6, 1.8 dan 1.9 pada Lampiran 1b, diperoleh data sebagai berikut:

Table 3. Tabel perhitungan Gaya-gaya yang timbul dari faktor luar

No	Coefficient	Besar
1	Gaya Angin (Fwind)	5868.25 KN
2	Gaya Arus (Fcurrent)	4034.02 kN
3	Gaya Aksi Lingkungan	9902.27 kN

Kemudian, berdasarkan data pada Tabel III.3, besar ks sebesar 1195.6kN dan persamaan 1.10 pada Lampiran 1b, diperoleh data sebagai berikut:

Table 4. Tabel perhitungan Hull pressure

Berth 2		Berth 3	
P2	20.97 Ton/m2	P2	23.23 Ton/m2
P3	25.49 Ton/m2	P3	23.23 Ton/m2

Persyaratan kompatibilitas, *Hull Pressure* dari sistem fender no.2 dan no.3 (P2 dan P3) harus lebih kecil dari Allowable Hull Pressure (20 Ton/m²) dari sistem Fender. Dikarenakan P2 dan P3 lebih besar dibandingkan Allowable Hull Pressure, maka dari itu diperlukan modifikasi agar dapat dinyatakan kompatibel, yaitu

- Memperbesar dimensi Fender no.2 dan no.3 (A2 dan A3) Atau
- Memperbesar koefisien elastic fender (ks)

Table 5. Tabel perhitungan Hull Pressure setelah modifikasi

Memperbesar dimensi fender				Memperbesar koefisien elastic fender			
Berth 2		Berth 3		Berth 2		Berth 3	
A	22m2	A	20m ²	ks	2200 kN	ks	1850kN
P2	15.72 Ton/m ²	P2	19.15 Ton/m2	P2	14.76 Ton/m2	P2	19.18 Ton/m2
P3	19.11 Ton/m2	P3	19.15 Ton/m2	P3	19.28 Ton/m2	P3	19.18 Ton/m2

Sehingga berdasarkan data Tabel III.4, hull pressure dalam sistem fender dapat dinyatakan “kompatibel”.

3.3. Kompatibilitas Mooring Line

3.3.1. Tegangan maksimum yang diijinkan setiap tali yaitu 55% dari Minimum

3.3.1.1. Breaking Load (MBL).

Berdasarkan perhitungan persamaan 1.11 dan 1.12 pada Lampiran 1c, diperoleh data sebagai berikut.

Sehingga berdasarkan data Tabel III.6, Tegangan Maksimum yang diijinkan baik pada Spring lines dan Breast Lines dapat dinyatakan “kompatibel” dikarenakan besarnya tidak melebihi batas kerja kekuatan mooring hooks yang tersedia (60Ton).

3.3.2. Mooring harus mampu menahan gaya maksimum dari kapal yang dipengaruhi oleh gaya arus maupun angin.

Dari perhitungan persamaan 1.13, 1.14 dan 1.15 tabel 7 maka gaya maksimum:

Table 6. Tabel perhitungan Gaya maksimum aksi lingkungan

No	Gaya maksimum Aksi Lingkungan	Besar (Ton)
1	F _x max	108.5164
2	F _{yF} max	222.6008
3	F _{yA} max	249.2857

Untuk evaluasi kompatibilitas *mooring line*, harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya arus maksimum dari arah longitudinal yang mungkin terjadi harus lebih kecil dibandingkan kekuatan keseluruhan spring lines.
 $F_x \max < 55\% \times S \times MBL \text{ spring lines } (108.5164 \text{ Ton} < 279 \text{ Ton})$

Table 7. Tabel perhitungan Kompatibilitas Mooring Line

No	Spring Lines	No	Breast Lines
1	Jumlah Tali pada Breasting Dolphin (S)	1	Jumlah Tali pada Mooring Dolphin (BR)
2	S x Minimum Breaking Load (MBL)	2	S x Minimum Breaking Load (MBL)
3	Minimum Breaking Load (MBL)	3	Minimum Breaking Load (MBL)
4	Tegangan Maks yang diijinkan tiap Tali(55%MBL)	4	Tegangan Maks yang diijinkan tiap Tali(55%MBL)
Tegangan Maks tiap tali < Kekuatan Mooring Hook (60Ton) 49.68 Ton < 60 Ton		Tegangan Maks tiap tali < Kekuatan Mooring Hook 56.33 Ton < 60 Ton	
Compatible		Compatible	

- Gaya arus maksimum dari arah transversal bagian depan yang mungkin terjadi harus lebih kecil dibandingkan kekuatan keseluruhan breast lines bagian depan.
 $FyF_{max} < 55\% \times S \times MBL$ breast lines depan (222.6008 Ton < 392.39 Ton)
- Gaya arus maksimum dari arah transversal bagian belakang yang mungkin terjadi harus lebih kecil dibandingkan kekuatan keseluruhan breast lines bagian belakang.
 $FyA_{max} < 55\% \times S \times MBL$ breast lines belakang (249.2857 Ton < 392.39 Ton)
 Dari ketiga perhitungan diatas, sehingga *mooring lines* dapat dinyatakan "kompatibel".

3.4. Kompatibilitas Gangway

3.4.1. Ketinggian Level Gangway

Berdasarkan data dari kapal dan terminal, diperoleh data sebagai berikut:

Table 8. Tabel level ketinggian deck kapal

No	Level Ketinggian Deck Kapal	Besar (m)
1	A (Highest Tide at Loaded Condition)	14.276
2	B (Lowest tide at Ballast Condition)	19.6
3	C (Handrail, ISLW +/- 0.0)	17.55

Persyaratan kompatibilitas, ketinggian level gangway harus berada diantara ketinggian *handrail* kapal dalam kondisi loaded pada surut terendah dan dalam kondisi ballast pada pasang tertinggi.

$$A < C < B (14.276m < 17.55m < 19.6m)$$

Sehingga dapat dinyatakan "kompatibel".

3.4.2. Gangway working range

Persyaratan kompatibilitas, ketinggian B (*Highest Tide at Loaded Condition*) tidak boleh lebih tinggi dari ketinggian maksimal gangway working range. Dan juga, ketinggian A (*Lowest tide at Ballast Condition*) tidak boleh lebih rendah dari ketinggian minimal gangway working range.

$$B < \text{Gangway Working Range-max} (19.6m < 20.59m)$$

$$A > \text{Gangway Working Range-min} (14.276m > 12.43m)$$

Sehingga dapat dinyatakan "kompatibel"

3.4.3. Jangkauan Gangway

Untuk Jangkauan atas: Berdasarkan perhitungan persamaan 2.1, diperoleh besar α sebesar 6.39° Persyaratan kompatibilitas, sudut jangkauan atas tidak lebih dari 30° sehingga jangkauan atas gangway dapat dinyatakan "kompatibel".

Untuk Jangkauan bawah: Berdasarkan perhitungan persamaan 2.2, diperoleh besar β sebesar 10.14° Persyaratan kompatibilitas, sudut jangkauan atas tidak lebih dari 17° sehingga jangkauan bawah gangway dapat dinyatakan "kompatibel".

3.5. Kompatibilitas Loading Arm

3.5.1. Konfigurasi manifold kapal

Dari data kapal didapatkan konfigurasi manifold kapal ialah L-L-V-L-L. Konfigurasi ini sesuai dengan konfigurasi loading arm di berth 2 dan berth 3 meskipun Loading arm berth 2 hanya memiliki 4 loading arm dengan konfigurasi L- L-V-L sedangkan Loading arm berth 3 juga memiliki 4 loading arm dengan konfigurasi L-V-L-L.

3.5.2. Spasi manifold kapal

Dari data kapal, jarak antar manifold sebesar 3.5m. Jarak tersebut sesuai dengan yang disyaratkan loading arm yaitu 2.0 m - 4.0 m.

3.5.3. Working Envelope

Berdasarkan data dari kapal dan terminal, diperoleh hasil yang tertera pada Gambar III.2 dan Tabel III.9.

Table 9. Tabel perhitungan kompatibilitas working envelope loading arm

Persyaratan Kompatibilitas	Berth 2
Jarak antara Ketinggian Working Envelope max dan ketinggian	0.54
Manifold Q-Flex saat ballast thd ISLW - CA (Clearance Atas)	TIDAK KOMPATIBEL
Jarak antara Ketinggian Working Envelope max dan ketinggian	0.156
Manifold Q-Flex saat loaded thd ISLW - CB (Clearance Bawah)	TIDAK KOMPATIBEL
Jarak antara manifold kapal diukur dari ujung jetty dan batas drift area menjauhi Loading arm - DD (Drift Menjauh)	1
Jarak antara manifold kapal diukur dari ujung jetty dan batas drift area mendekati Loading arm - DB (Drift Mendekat)	0.6
	KOMPATIBEL

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel III.9. CA dan CB pada berth 2 dan juga CA pada berth 3 dinyatakan tidak kompatibel. Maka dari itu, modifikasi diperlukan agar dapat dinyatakan kompatibel, yaitu mensetting area *working envelope* dengan menghilangkan alarm PMS (*Position Monitoring System*), sehingga syarat *clearance* antara ketinggian manifold dan max/min *working envelope* sebesar 1 m dapat diabaikan.

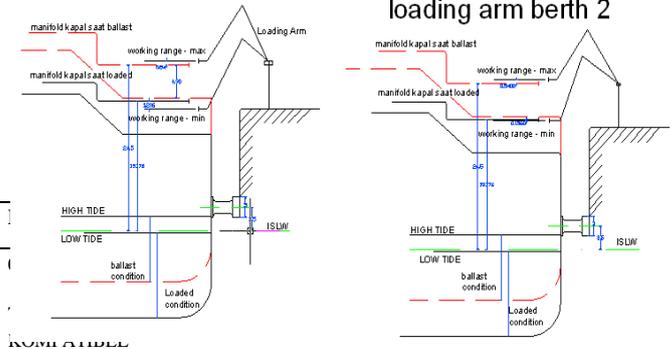
Table 10. Tabel perhitungan kompatibilitas working envelope loading arm setelah modifikasi

Persyaratan Kompatibilitas	
Jarak antara Ketinggian Working Envelope max dan ketinggian	
Manifold Q-Flex saat ballast thd ISLW - CA (Clearance Atas)	
Jarak antara Ketinggian Working Envelope max dan ketinggian	
Manifold Q-Flex saat loaded thd ISLW - CB (Clearance Bawah)	
Jarak antara manifold kapal diukur dari ujung jetty dan batas drift area menjauhi Loading arm - DD (Drift Menjauh)	
Jarak antara manifold kapal diukur dari ujung jetty dan batas drift area mendekati Loading arm - DB (Drift Mendekat)	

3.6. Kompatibilitas Tug Boat

3.6.1. Kebutuhan Tug Boat

Panjang Kapal (LOA) Q-Flex sebesar 315 m. Berdasarkan UU loading arm berth 3

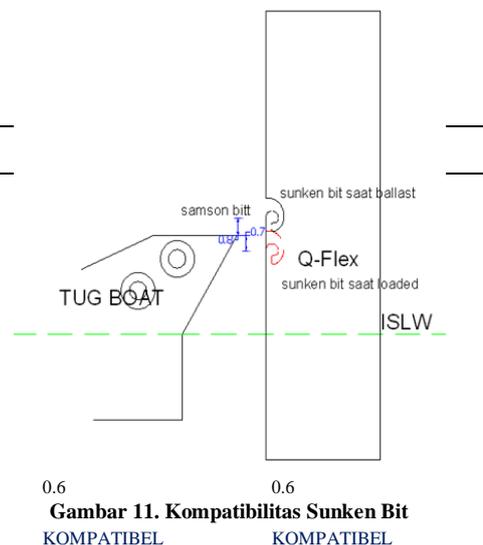


Gambar 10. Kompatibilitas Loading Arm

Menurut Undang-Undang No.53 tahun 2011 pasal 26 ayat 2e yang menyatakan bahwa untuk kapal dengan panjang diatas 300m menggunakan 3 kapal Tug Boat dengan jumlah Daya paling rendah 10.000 HP. Daya Tug Boat yang tersedia di Terminal Arun sebesar 4200HP sehingga Jumlah Daya 3 Tug Boat di Terminal Arun sebesar 12.800 HP. Dari pernyataan tersebut Tug Boat yang tersedia dapat dinyatakan kompatibel.

3.6.2. Sunken Bit

Berdasarkan rumusan perhitungan pada Lampiran 1f, dapat diperoleh data sebagai berikut:



Gambar 11. Kompatibilitas Sunken Bit KOMPATIBEL

Table 11. Tabel Kompatibilitas Sunken Bit

No	Level Ketinggian Deck Kapal	TB.Blang Lancang I,II,III	
1	A = Jarak antara sunken bitt dengan level air saat Loaded	3.8	Oil Companies International Marine Forum, 1997, "Mooring Equipment Guidelines 2nd edition", Witherby&Co.Ltd, London.
2	B = Jarak antara sunken bitt dengan level air saat Ballast	5.3	Owens,R., dan Palo, P.A., 1982, "Wind Induced Steady Loads on Ships", Naval Civil Engineering Laboratory, TN 1628,
3	C = Jarak Samson Bitt dengan level air (BlangLancang IV)	4.5	PIANC, 2002, "GUIDELINES FOR THE DESIGN OF FENDER SYSTEMS", Belgium.
	A - C ≤ 1.5 m	- 0.7	Society of International Gas Tanker and Terminal Operators, 2007, "Prediction of Wind Loads and Large Liquefied Gas Carriers", wavespec.limited, UK.
	B - C ≤ 1.5 m	0.8	

TAR

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel III.11. Ketinggian Samson Bitt pada Tug Boat dinyatakan kompatibel.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan,

1. Terminal Arun disimpulkan tidak mampu menerima kapal Q-Flex dengan alasan beberapa persyaratan kompatibilitas tidak dapat dipenuhi antara lain: Kondisi Perairan, Hull Pressure dari sistem Fender, Loading Arm dari sisi working envelope
2. Area Turning Basin saat ini diperluas atau dipindahkan ke area yang lebih luas (min diameter 630m) dan dilakukakannya pengerukan (dredging) sedalam 0.5 m.
3. Pembesaran Dimensi Fender atau Pembesaran Koefisien Elastik Fender agar besar Hull Pressure dari sistem fender dapat diperkecil.
4. Alarm PMS (Position Monitoring System) pada sistem Loading Arm ditiadakan sehingga Batas Working Envelope Loading Arm dapat diperbesar.
5. Kajian sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi aktual peralatan baik dari sisi Terminal maupun Kapal.
6. Analisa kompatibilitas mooring line sebaiknya menggunakan software Optimoor agar hasilnya lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Department of Defense - USA, 2005, "Design Mooring", Unified Facilities Criteria, USA.
- Nasrul Syahrudin, 2007, "Studi Kompatibilitas Kapal dan Terminal LNG /LPG", PT.Badak NGL, Bontang, Indonesia
- Oil Companies International Marine Forum, 1994, "Prediction of Wind and Current Loads on VLCCs 2nd edition", Witherby&Co.Ltd, London.