

Perancangan *Floating Barge* Stasiun Pengisian Bahan Bakar Nelayan (SPBN) sebagai Optimalisasi Distribusi BBM di Wilayah Pesisir Penajam Paser Utara

Hariyono¹, Alamsyah¹, Suardi¹, Husein Syahab¹ dan Chris Jeremy Verian Sitorus¹

¹Departement of Naval Architecture of Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

Article Info

Article history:

Received September 07, 2025

Revised November 19, 2025

Accepted December 02, 2025

Keywords:

Distribusi BBM

Floating Barge

Nelayan

Pesisir

SPBN

ABSTRACT

Distribusi bahan bakar minyak (BBM) bagi nelayan di wilayah pesisir Penajam Paser Utara mengalami berbagai kendala, seperti keterbatasan infrastruktur, aksesibilitas yang rendah, dan tingginya biaya logistik. Konsep *Floating Barge* Stasiun Pengisian Bahan Bakar Nelayan (SPBN) menjadi solusi inovatif yang berfungsi sebagai fasilitas terapung dan mudah diakses oleh kapal nelayan. Hasil survei menunjukkan adanya peningkatan signifikan jumlah penduduk dari 161.000 jiwa pada tahun 2019 menjadi hampir 200.000 jiwa pada tahun 2024, yang berdampak pada meningkatnya permintaan ikan dan aktivitas nelayan. Desain *floating barge* yang dikembangkan memiliki ukuran utama panjang 12 m, lebar 6 m, tinggi 1,55 m, dan draft 0,65 m, serta dilengkapi dua tangki berkapasitas 46ton BBM dan dua dispenser pengisian. Analisis hidrodinamika dan *seakeeping* menunjukkan bahwa ponton memiliki stabilitas yang baik pada berbagai kondisi gelombang, dengan nilai RMS *heave* tertinggi 0,2465 m, pitch 0,9528°, dan roll 3,3594° pada gelombang setinggi 1 meter. Hasil analisis stabilitas memperlihatkan GMT awal 2,217 m dengan lengan tegak maksimum 0,398 m pada sudut kemiringan 30°, yang memenuhi standar keamanan operasi. Dengan spesifikasi ini, *floating barge* SPBN diharapkan mampu meningkatkan efisiensi distribusi BBM, mengurangi ketergantungan terhadap SPBU darat, serta mendukung produktivitas sektor perikanan dan kesejahteraan nelayan secara berkelanjutan.

©2025 This work is licensed under Creative Commons

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

*Corresponding Author:

Hariyono

Departement of Naval Architecture

Institut Teknologi Kalimantan

Balikpapan, Indonesia

Email: hariyono@lecturer.itk.ac.id

PENDAHULUAN

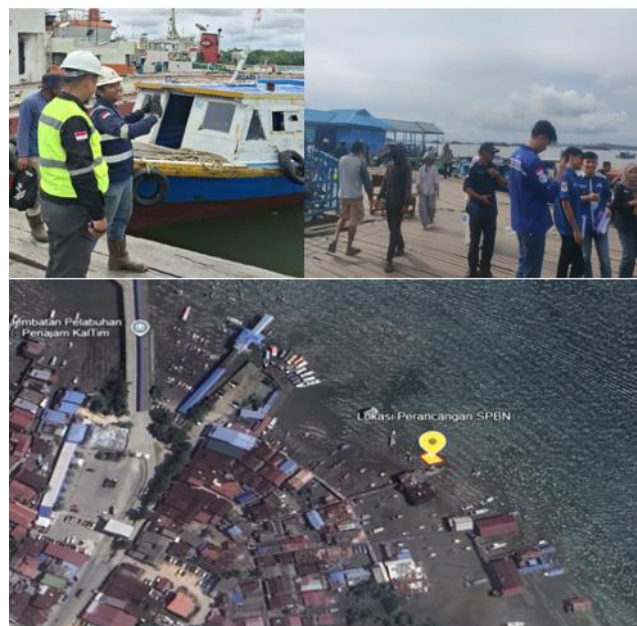
Ketersediaan dan distribusi bahan bakar minyak (BBM) bagi nelayan di wilayah pesisir merupakan faktor krusial dalam menunjang aktivitas perikanan. Namun, nelayan di daerah terpencil seperti Penajam Paser Utara sering menghadapi kendala dalam memperoleh BBM, baik dari segi keterjangkauan lokasi maupun kestabilan pasokan. Infrastruktur Stasiun Pengisian Bahan Bakar Nelayan (SPBN) yang terbatas menyebabkan nelayan harus menempuh jarak yang cukup jauh untuk mendapatkan BBM, sehingga meningkatkan biaya operasional dan mengurangi efisiensi kerja (Sari, 2021). Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif yang dapat mengoptimalkan distribusi BBM secara lebih efektif dan efisien. Salah satu solusi yang potensial adalah pengembangan *Floating Barge* SPBN, yakni kapal apung yang dirancang khusus untuk menyimpan dan mendistribusikan BBM seperti solar dan *pertalite* bagi nelayan. Konsep ini mengadaptasi teknologi kapal tangki mini dengan sistem penyimpanan dan distribusi yang aman, efisien, serta sesuai dengan regulasi kelautan dan lingkungan. (IMO, 2009) Dengan sistem ini, BBM dapat didistribusikan lebih dekat ke lokasi nelayan tanpa bergantung sepenuhnya pada SPBN darat yang terbatas jumlahnya. (Rizal et al., 2021).

Keberadaan Floating Barge SPBN di wilayah pesisir Penajam Paser Utara diharapkan mampu meningkatkan aksesibilitas BBM bagi nelayan, mengurangi biaya distribusi, serta mendorong efisiensi operasional sektor perikanan. Selain itu, solusi ini juga dapat berkontribusi dalam meningkatkan kesejahteraan nelayan dengan memastikan ketersediaan BBM yang lebih stabil dan terjangkau. (Novita Andriani Panjaitan and Tuti Atika, 2024) Dengan pendekatan berbasis desain kapal apung, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model SPBN terapung yang dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dan menjadi solusi bagi permasalahan distribusi BBM di wilayah pesisir Indonesia.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan simulasi pemodelan pada *software maxsurf*, *sketchup* dan

AutoCad. Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dengan pengumpulan data terkait jumlah penduduk, produksi kapal nelayan, geografis, kedalaman laut dan pasang surut, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Survey dan pengumpulan data

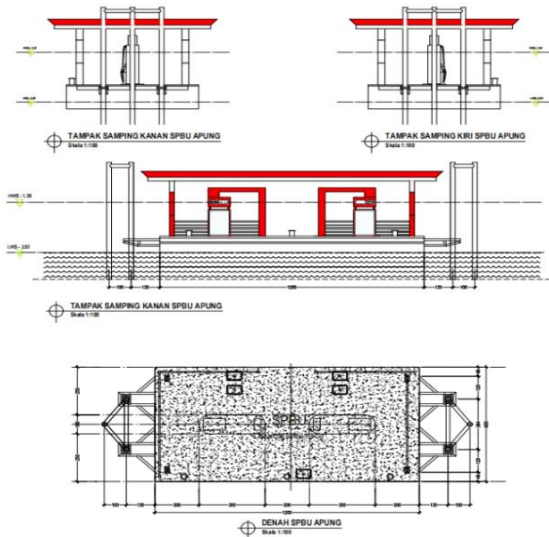
Kemudian setelah data terkumpul maka selanjutnya menentukan ukuran utama *floating barge* (Firdaus et al., 2021). Setelah mendapatkan *main dimension* selanjutnya melakukan perhitungan bobot LWT dan DWT (*payload*) dan perhitungan beban eksternal *floating barge* mengacu pada *rules* BKI (BKI, 2025a). Setelah desain maka langkah selanjutnya yaitu membuat pemodelan konstruksi lambung *floating barge* untuk dianalisa dengan pendekatan simulasi *maxsurf* untuk stabilitas, olah gerak dan hidrostatik *floating barge* (Santoso et al., 2025).

Floating barge yang akan dioperasikan di pesisir Penajam Paser Utara memiliki data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran utama *barge*

No	Item	Value	Units
1	Length overall (LoA)	12	meters
2	Breadth (B)	6	meters
3	Height (H)	1.55	meters
4	Draft (T)	0.65	meters

5 Crew 2 people
Sumber : Data Simulasi Penulis, 2025



Gambar 2. General Arrangement floating barge SPBN

Tabel 2. Ratio and constrain of particular of floating barge

No	Ratio	Value	Status
1	L/B	2	Acceptable for ship motion & velocity
2	L/H	7.74	Acceptable for longitudinal strength, resintance, and manouvering
3	B/H	3.87	Acceptable for Intac stability and damage stability
4	B/T	9.23	Acceptable for ship stability, resintance, and manouvering

Sumber : Data Simulasi Penulis, 2025

∇ (Volume Displacement) :

$$\begin{aligned}
 &= L \times B \times T \times C_b \\
 &= 12 \times 6 \times 0.65 \times 1 \\
 &= 46.8 \text{ m}^3
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

Δ (Displacement) :

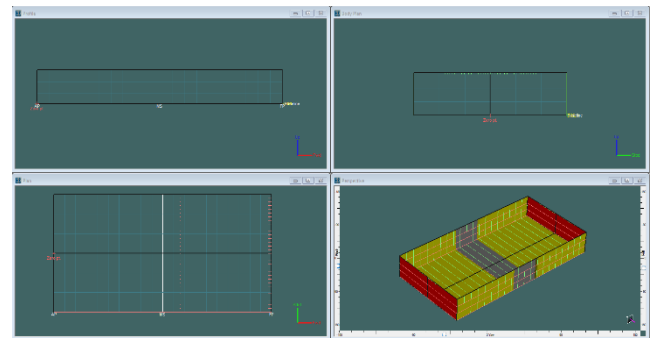
$$\begin{aligned}
 &= \nabla \times 1.025 \\
 &= 46.8 \times 1.025 \\
 &= 47,97 \text{ Ton}
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pembuatan Model Lambung

Pembuatan pola proyeksi badan kapal yang mencakup berbagai potongan, seperti potongan melintang badan kapal (*body plan*), potongan bagian depan atau belakang kapal secara memanjang (*sheer plan*), potongan sisi kanan atau kiri kapal, serta potongan horizontal badan kapal pada garis air (*half breadth plan*). Untuk mendesain rencana garis, digunakan *software B-Spline*. (Lamb, 2004) Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan rencana garis menggunakan *software B-Spline*.

Gambar 3 selanjutnya di *export* pada aplikasi CAD 2D sehingga menjadi acuan untuk melakukan penataan ruangan dan kompartemen yang direncanakan pada *floating barge*.



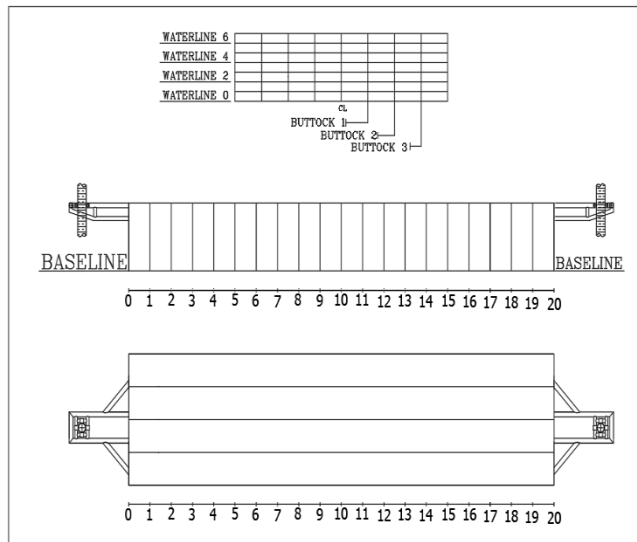
Gambar 3. Desain lambung floating barge dengan aplikasi *software B-Spline*

Gambar 4 merupakan rencana garis (*lines plan*) dari desain floating barge SPBN (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Nelayan) yang berfungsi sebagai panduan utama dalam proses perencanaan dan konstruksi kapal. Rencana garis sangat penting karena menjadi acuan dalam memastikan proporsi, stabilitas, dan keseimbangan kapal sesuai dengan kebutuhan operasional.

Dalam desain *floating barge* SPBN, rencana garis membantu memastikan bentuk lambung memiliki daya apung yang memadai, kestabilan yang baik, serta distribusi beban yang merata sehingga *barge* dapat berfungsi optimal sebagai fasilitas penyimpanan dan distribusi bahan bakar di perairan. (Wu et al., 2001).

Selain itu, data dari rencana garis akan digunakan untuk perhitungan hidrostatik, perhitungan hambatan, dan pembuatan gambar

konstruksi yang lebih detail. Dengan demikian, rencana garis merupakan tahap fundamental dalam proses desain dan pembangunan kapal.



Gambar 4. Rencana garis *floating barge*

2) Desain konstruksi dan general arrangement *floating barge*

Gambar 5 merupakan desain konstruksi *floating barge* yang akan dioperasikan di pesisir wilayah penajam paser utara (Delvina et al., 2024) *floating barge* ini dirancang menggunakan material baja sesuai rules BKI.(BKI, 2025b) dengan memiliki 2 tanki dengan masing masing kapasitas tanki 23 ton bahan bakar, juga dilengkapi 2 dispenser pengisian bahan bakar.

3) Analisis Konfigurasi Hidrodinamika

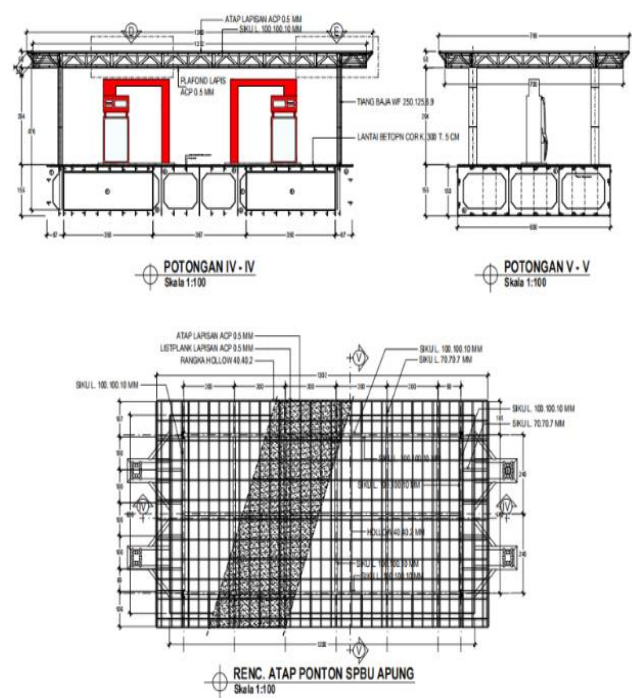
Studi ini menyelidiki respons gerak dan kinerja stabilitas ponton dengan serangkaian asumsi dan parameter simulasi yang terkontrol. (Firdaus et al., 2021). Ponton dimodelkan dalam kondisi bebas sepenuhnya di keenam derajat gerak sambil mempertahankan kondisi stasioner, yang sesuai dengan kecepatan maju nol (0 knot).

Asumsi ini merepresentasikan skenario operasional di mana ponton ditambatkan atau diam, sehingga interaksi dinamisnya dengan gelombang semata-mata dipengaruhi oleh kondisi laut insiden, bukan oleh efek propulsi. Untuk analisis seakeeping, metode teori strip linier digunakan. Pendekatan ini memberikan solusi domain frekuensi untuk respons gerak kapal,

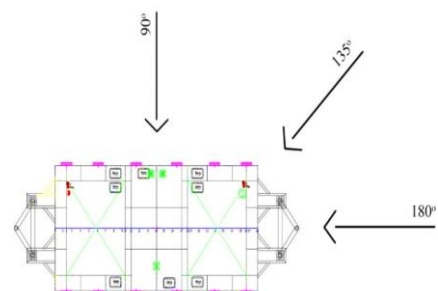
dengan perhatian khusus diberikan pada derajat kebebasan vertikal dan rotasi yang paling relevan dengan kinerja ponton, yaitu heave, pitch, dan roll.

Simulasi dilakukan pada tiga arah gelombang utama: gelombang balok (90°), gelombang miring (135°), dan gelombang susulan (180°), sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 5 dan disimpulkan pada Tabel 3.

Setiap arah gelombang diperiksa lebih lanjut untuk empat tinggi gelombang representatif, sehingga memungkinkan evaluasi amplitudo respons ponton dan hambatan tambahan pada berbagai kondisi laut yang realistis. Kerangka kerja ini memungkinkan identifikasi kondisi paling kritis untuk kenyamanan, operasional, dan keamanan struktural.



Gambar 5. Gambar konstruksi *floating barge* gerakan kapal



Gambar 6. Analisis arah gelombang untuk studi

Tabel 3. Variasi kondisi operasional untuk studi hidrodinamik

Arah gelombang	Tinggi gelombang	
Nama	Arah (deg)	(m)
<i>Beam Sea</i>	90	0.25
<i>Bow Quartering Sea</i>	135	0.5
<i>Head Sea</i>	180	1

Sumber : Data Simulasi Penulis, 2025

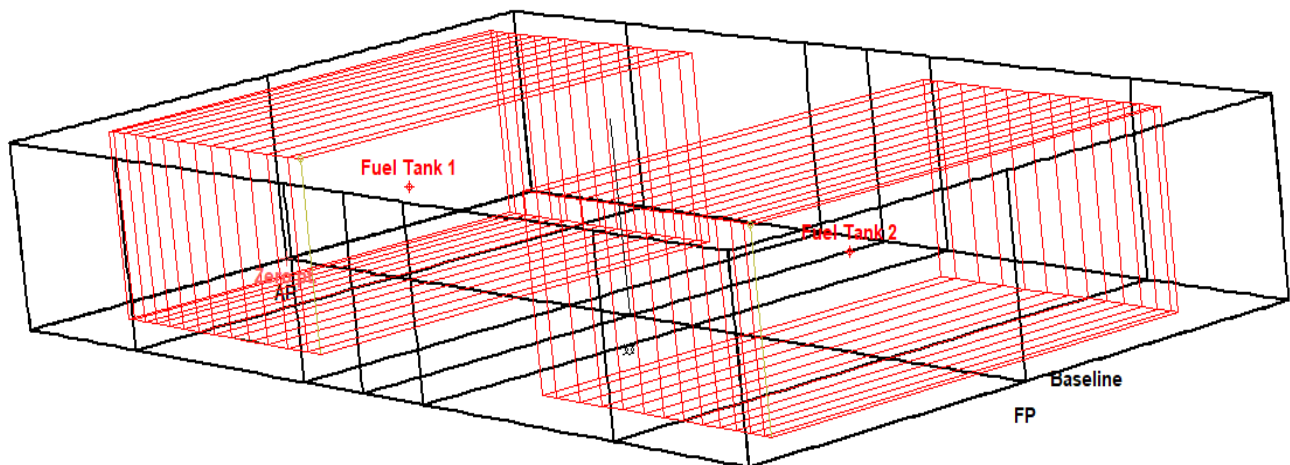
Secara paralel, analisis stabilitas dilakukan untuk mengevaluasi keseimbangan ponton dan ketahanannya terhadap momen heeling. Analisis ini menggabungkan kondisi pembebanan yang detail, termasuk kapasitas tangki, keberadaan awak operasional, pompa, dan struktur ringan kapal itu sendiri, yang ditunjukkan pada Gambar

7 dan Tabel 4.

Tabel 4. Pengaturan titik massa kompartemen yang dikonfigurasi dari titik AP

Nama Item	Jumlah	Massa (Tonne)	Panjang (m)	Tinggi (m)
<i>Lightship</i>	1	51.0000	6.0000	0.7750
<i>Pump 1</i>	1	0.1000	3.0000	2.0000
<i>Pump 2</i>	1	0.1000	9.0000	2.0000
<i>Crew</i>	2	0.7500	6.0000	2.5500
<i>Fuel Tank 1</i>	100%	19.8020	2.5250	0.7750
<i>Fuel Tank 2</i>	100%	19.8020	9.5250	0.7750

Sumber : Data Simulasi Penulis, 2025



Gambar 7. Konfigurasi tangki untuk analisis stabilitas

Dengan memasukkan kontribusi berat ini, simulasi memberikan penilaian holistik terhadap stabilitas ponton dalam skenario operasi praktis. Hal ini memastikan bahwa hasilnya tidak hanya mewakili bentuk lambung ideal tetapi juga kondisi realistis yang akan dihadapi ponton dalam operasionalnya.

4) Analisis Seakeeping

Analisis spektral menunjukkan respons *heave*, *roll*, dan *pitch* ponton terhadap tiga arah gelombang-*head seas*, *bow-quartering seas*, dan

beam seas-dengan tinggi gelombang 0,25 m, 0,50 m, dan 1,0 m, ditunjukkan Gambar 8.

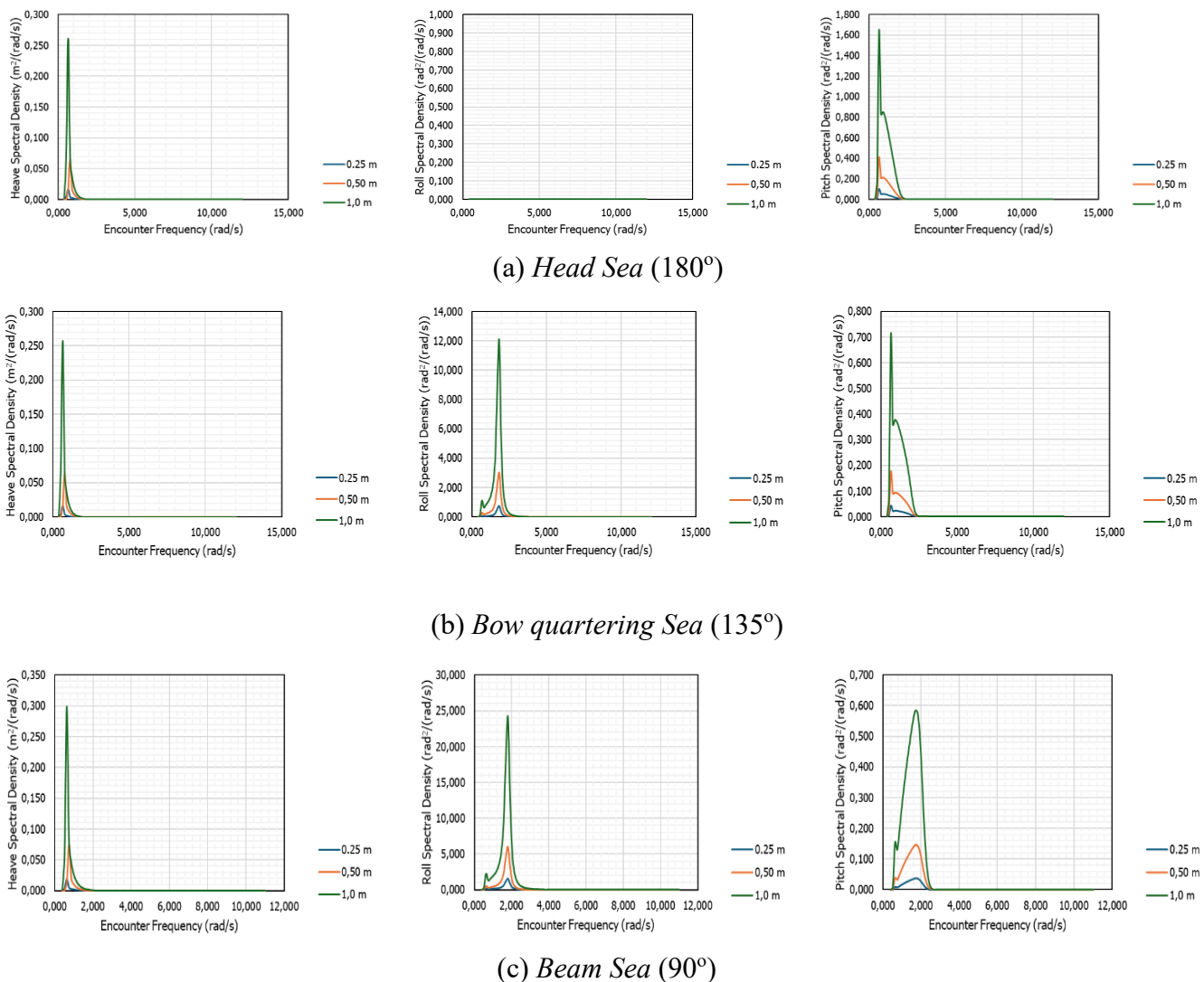
Pada *head seas*, gerakan didominasi oleh *heave* dan *pitch*. Spektrum *heave* menampilkan puncak tajam pada frekuensi *encounter* rendah, dengan amplitudo meningkat seiring kenaikan tinggi gelombang, menandakan gerakan vertikal terutama dipicu energi gelombang datang. *Pitch* menunjukkan puncak serupa, sedangkan *roll* sangat kecil dan hampir datar, menegaskan bahwa *head seas* hampir tidak menimbulkan *rolling*.

Saat gelombang bergeser ke *bow-quartering*,

pola respons berubah. *Heave* tetap menonjol di frekuensi rendah, sementara *pitch* sedikit berkurang. *Roll* meningkat tajam dengan puncak di sekitar frekuensi natural *roll*, terutama pada gelombang 1,0 m, menandakan kopling energi *longitudinal-transversal* yang memicu resonansi *roll*.

Pada *beam seas*, *rolling* menjadi dominan.

Heave tetap rendah pada frekuensi terendah dan *pitch* hampir hilang karena gelombang melintang tidak memberi momen *longitudinal*. Spektrum *roll* naik tajam dan puncaknya bertambah besar seiring tinggi gelombang, menunjukkan resonansi kuat ketika ponton menerima gelombang dari samping.



Gambar 8. Spectral Density pada seluruh kondisi operasional ponton

Secara keseluruhan, tinggi gelombang memperkuat semua mode gerakan, tetapi arah gelombang menentukan mode yang paling kuat: *heave* relatif konstan pada frekuensi rendah, *pitch* paling besar di *head seas*, dan *roll* meningkat dari sangat kecil di *head seas* hingga kritis di *beam*

seas. Pengaruh arah gelombang terhadap gerak ponton dapat diamati dengan jelas di semua derajat kebebasan, yang dirangkum dalam Tabel 5. Dalam *heave*, ponton mengalami gerak terbesar di bawah *beam seas* (90°), karena sisi lebar lambung berinteraksi dengan amplitudo gelombang penuh,

yang mengakibatkan perpindahan vertikal yang lebih besar. Sebaliknya, *oblique seas* (135°) menghasilkan respons heave terkecil, yang mencerminkan berkurangnya permukaan gelombang efektif yang bekerja di sepanjang lambung.

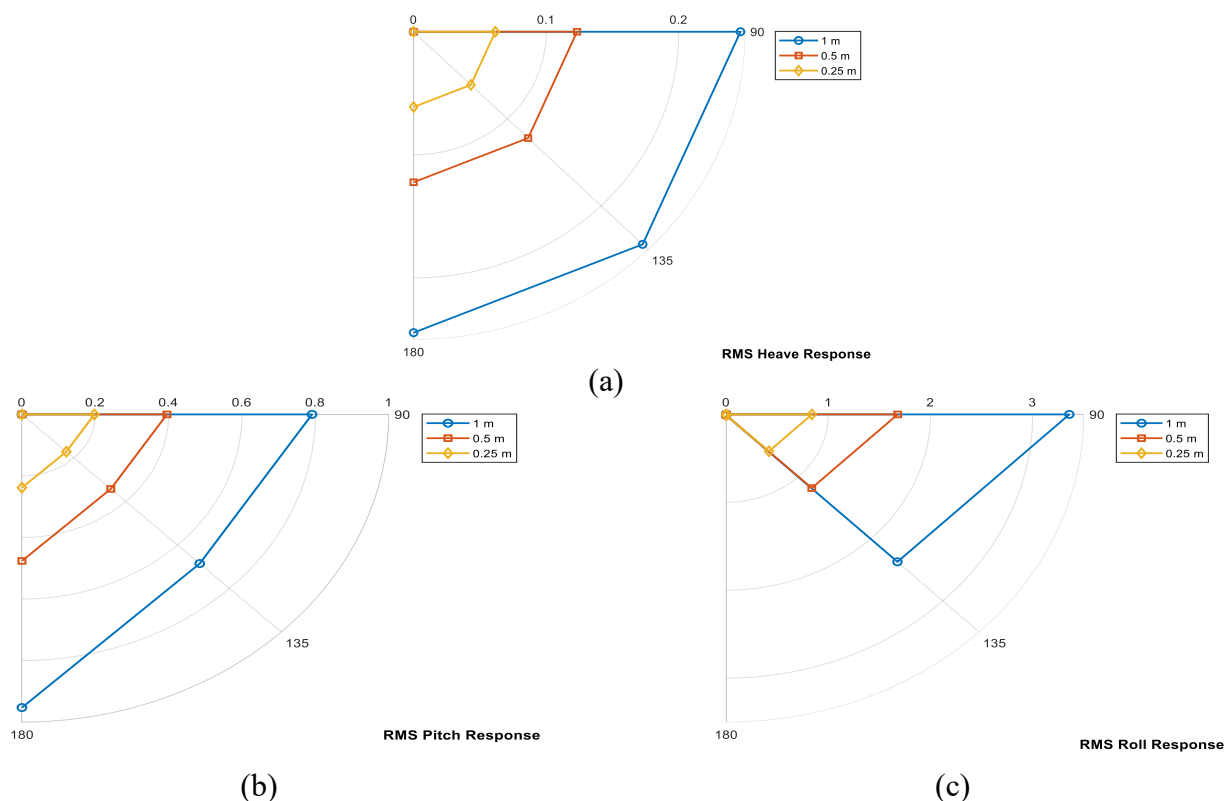
Untuk pitch, respons maksimum terjadi di following seas (180°). Hal ini konsisten dengan perilaku khas lambung seperti tongkang, di mana gelombang yang sejajar dengan sumbu longitudinal menginduksi gerakan rotasi yang lebih kuat di sekitar sumbu transversal. Namun, roll sebagian besar didorong oleh *beam seas*, karena orientasi lateral lambung relatif terhadap gelombang memaksimalkan momen heeling, sedangkan gelombang *oblique* dan *following* memiliki kontribusi minimal. Respons ini dapat

dipahami dari Gambar 9.

Tabel 5. Gerakan lambung pada semua kondisi operasional

Wave height (m)	Heading ($^\circ$)	RMS Heave (m)	RMS Pitch ($^\circ$)	RMS Roll ($^\circ$)
1	90	0.246531	0.790971	3.359434
1	135	0.244284	0.685560	2.371386
1	180	0.244505	0.952845	0
0.5	90	0.123266	0.395243	1.678585
0.5	135	0.122144	0.342609	1.184935
0.5	180	0.122256	0.476197	0
0.25	90	0.061633	0.197622	0.839293
0.25	135	0.061072	0.171305	0.592468
0.25	180	0.061128	0.238098	0

Sumber : Data Simulasi Penulis, 2025



Gambar 9. Respon gerakan lambung pada setiap arah gelombang dan tinggi gelombang untuk semua gerakan; (a) Heave, (b) Pitch, (c) Roll

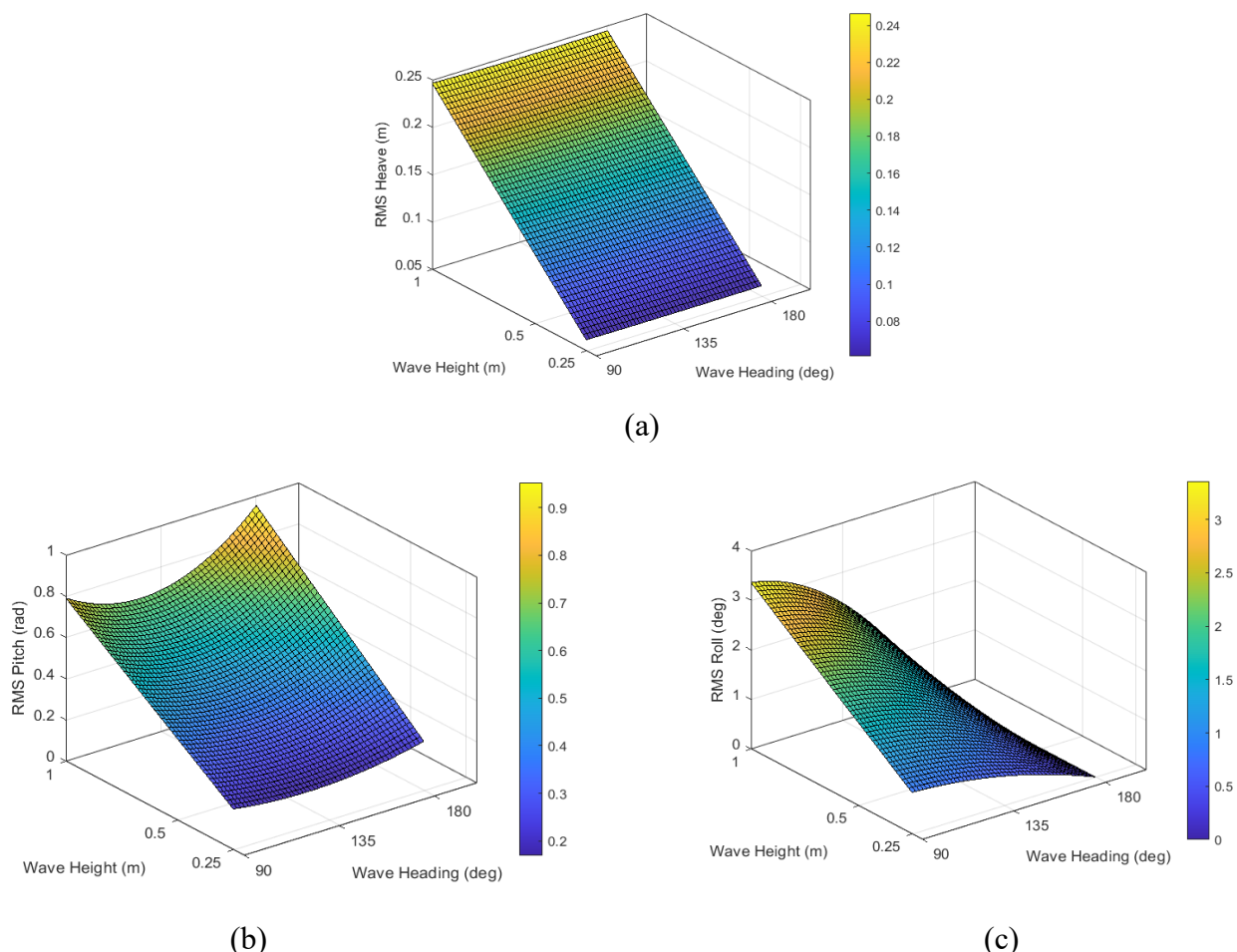
Dampak tinggi gelombang sangat jelas: gelombang yang lebih tinggi secara konsisten memicu gerakan lambung yang lebih besar di semua arah dan derajat kebebasan. Hubungan

linear ini terlihat jelas dari data RMS: untuk heave pada sudut 90° , RMS meningkat dari 0,0616 m pada tinggi gelombang 0,25 m menjadi 0,2465 m pada 1 m; untuk pitch pada sudut 180° , RMS

meningkat dari $0,2381^\circ$ menjadi $0,9528^\circ$ pada rentang tinggi gelombang yang sama.

Demikian pula, roll di bawah beam seas meningkat dari $0,8393^\circ$ menjadi $3,3594^\circ$ seiring dengan peningkatan tinggi gelombang. Ketika membandingkan tinggi gelombang dan efek heading, seperti yang divisualisasikan pada Gambar 10, jelas bahwa tinggi gelombang memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap gerakan ponton daripada arah gelombang. Meskipun heading menentukan orientasi relatif gaya yang diinduksi gelombang dan

menghasilkan variasi besaran gerakan, efeknya bersifat non-linear dan sangat bergantung pada sudut tertentu. Sebaliknya, tinggi gelombang menghasilkan amplifikasi gerakan yang hampir linear di semua arah, yang mencerminkan skala langsung masukan energi ke dalam lambung kapal. Tren ini secara konsisten didukung oleh data RMS untuk *heave*, *pitch*, dan *roll*, yang menyoroti peran dominan tinggi gelombang dalam mengatur respons dinamis ponton.



Gambar 10. Perbandingan respon gerakan lambung terhadap arah gelombang dan tinggi gelombang untuk semua gerakan; (a) *Heave*, (b) *Pitch*, (c) *Roll*

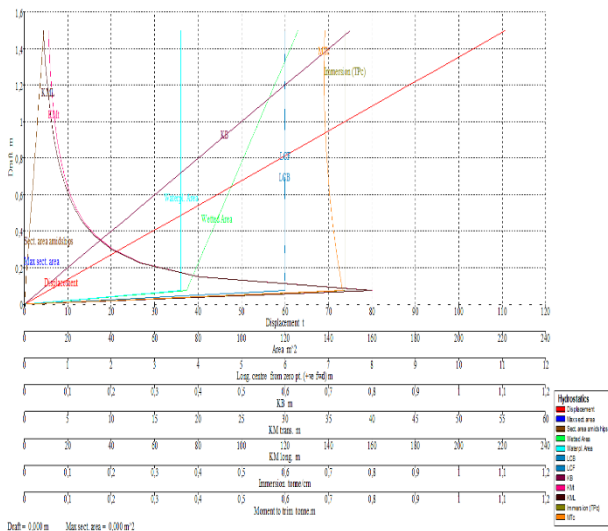
5) Analisis Stabilitas

Data hidrostatis untuk ponton pada Gambar 11 menggambarkan karakteristik mengapungnya di berbagai perpindahan dari 0 hingga sekitar

110,7 Ton, yang sesuai dengan draft amidships yang meningkat dari 0 hingga 1,5 meter. Ponton diasumsikan tetap tegak ($\text{tumbit} = 0^\circ$) dan datar ($\text{trim} = 0^\circ$), yang mencerminkan kondisi statis air

tenang. Saat perpindahan meningkat, draft meningkat secara linear, dengan draft depan dan belakang mengikuti tren yang sama, yang menunjukkan lambung yang mengapung secara merata.

Panjang garis air tetap konstan pada 12 m dan lebar maksimum pada 6 m, konsisten dengan lambung prismatic persegi panjang, sementara luas permukaan basah tumbuh dengan perpindahan dari 74,7 m² menjadi 126 m², dan luas bidang air tetap hampir konstan pada 72 m². Koefisien hidrostatik semuanya adalah satu, yang mengonfirmasi geometri kotak seperti lambung. Pusat daya apung (KB) naik dengan draft dari 0 hingga 0,75 m, sedangkan pusat gravitasi (KG) tetap pada 1,25 m, dan pusat daya apung dan flotasi longitudinal (LCB, LCF) tetap konstan pada 6 m, tidak menunjukkan pergeseran yang disebabkan oleh beban.

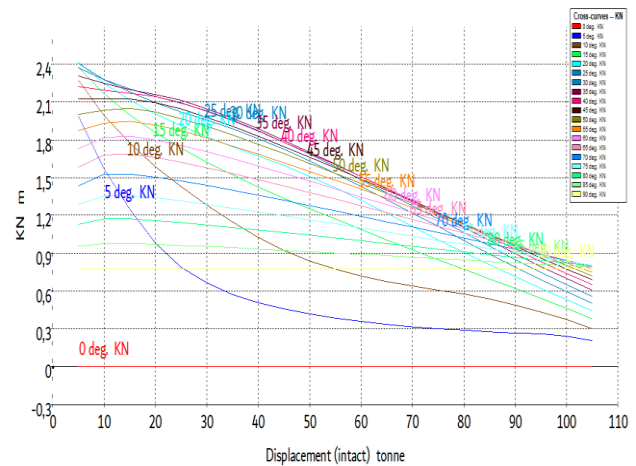


Gambar 11. Kurva Hidrostatik

Kurva KN yang disajikan menggambarkan nilai lengan tegak (KN) ponton dengan sudut kemiringan yang bervariasi dari 0° hingga 90° ke kanan dan perpindahan inkremental dari 5 hingga 100 ton, sementara parameter lain seperti draft di tengah kapal, trim, pusat gravitasi longitudinal (LCG), pusat gravitasi transversal (TCG), dan asumsi pusat gravitasi vertikal (VCG) tetap konstan.

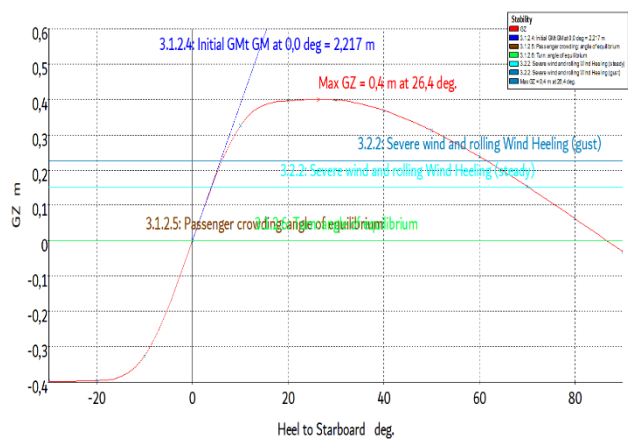
Pada kemiringan nol, semua perpindahan dimulai dengan nilai KN yang relatif kecil, yang

mencerminkan stabilitas awal kapal saat tegak. Seiring dengan peningkatan sudut kemiringan, KN meningkat, yang menunjukkan kemampuan lambung untuk menghasilkan momen pemulihan untuk kembali ke posisi tegak.

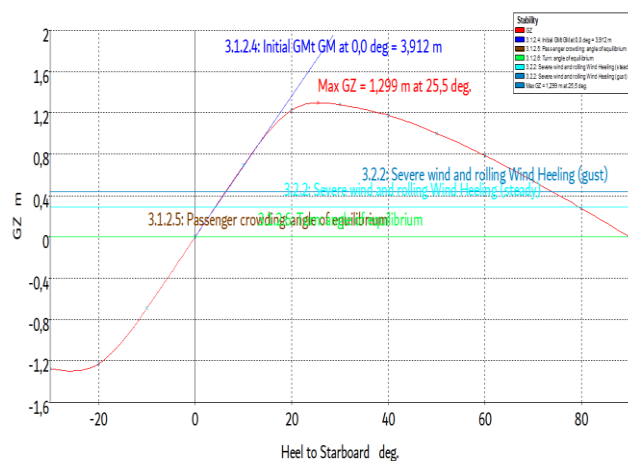


Gambar 12. KN Curve

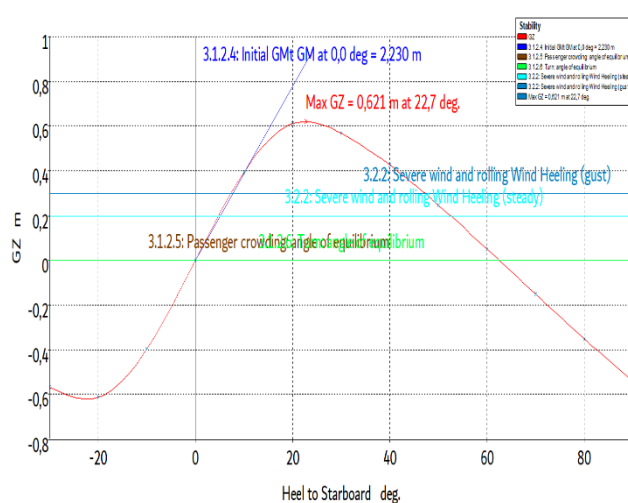
Stabilitas melintang ponton, ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 13 (a)-(c), bervariasi secara signifikan di tiga kondisi pembebanan: terisi penuh (100%), setengah terisi (50%), dan kapal lampu. Perbedaan-perbedaan ini terlihat jelas pada *righting arm* kapal (GZ), sarat, kemiringan *deck*, dan energi stabilitas keseluruhan. Dalam kondisi terisi penuh, ponton menunjukkan stabilitas awal sedang. *Righting arm* maksimum mencapai sekitar 0,398meter pada sudut tumit sekitar 30°, yang menunjukkan bahwa kapal menahan tumit dengan cukup baik. Total area di bawah kurva GZ, yang mewakili energi stabilitas keseluruhan, terakumulasi secara bertahap dan mencapai 22,799 m·deg pada tumit 90°.



(a)



(b)



(c)

Gambar 13. Kurva stabilitas lengan pada masing-masing kondisi pembebanan; (a) Pembebanan 100%, (b) Pembebanan 50%, (c) Lightship

Ketika ponton setengah terisi, lengan tegak maksimum meningkat menjadi sekitar 0,612 meter dengan kemiringan yang lebih kecil, yaitu sekitar 20°, yang menunjukkan peningkatan stabilitas awal karena berkurangnya berat. Meskipun luas di bawah kurva GZ pada sudut ekstrem sedikit lebih kecil dibandingkan dengan kasus terisi penuh, ponton dapat menahan momen kemiringan lebih efektif pada sudut sedang.

Draft, area basah, dan area bidang air mengikuti tren yang serupa dengan muatan penuh tetapi sedikit lebih rendah karena berkurangnya perpindahan. Kemiringan trim dan dek tetap kecil pada sudut kemiringan normal, menunjukkan bahwa kapal mempertahankan keseimbangan longitudinal dan lateral secara efektif. Dalam kondisi lightship, ponton menunjukkan stabilitas awal terbesar. Lengan tegak secara signifikan lebih tinggi pada sudut kemiringan sedang, dan luas di bawah kurva GZ mencapai 70,593 m·deg pada kemiringan 90°. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kapal lebih ringan, kapal sangat mampu menahan momen kemiringan awal dan menyimpan lebih banyak energi stabilitas keseluruhan.

Pedoman Intact Stability BKI mengadopsi IMO Intact Stability Code untuk memastikan kapal atau bangunan apung mempertahankan kemampuan oleng-balik (*righting ability*) yang memadai pada seluruh kondisi muat. Kapal harus menghasilkan data hidrostatis dan kurva GZ untuk kondisi lightship hingga muatan penuh serta memastikan kriteria utama terpenuhi: luas area di bawah kurva GZ minimal 0,009 m·rad hingga 30°, 0,016 m·rad hingga 40°, dan 0,006 m·rad antara 30°–40°; lengan penegak pada 30° harus $\geq 0,033$ m, GZ maksimum $\geq 0,042$ m, dan rentang stabilitas positif minimal 20° untuk kapal ≤ 100 m (menurun menjadi 15° untuk kapal 150 m). Kriteria cuaca memeriksa agar sudut oleng akibat hembusan angin 30 m/s tidak melebihi sudut setengah freeboard (BKI, 2025c).

Dibandingkan dengan kriteria BKI, ketiga kondisi muat ponton ini secara nyaman memenuhi seluruh persyaratan. BKI mensyaratkan GZ maksimum minimal 0,042 m, GZ pada 30° minimal 0,033 m, serta luas area di bawah kurva GZ masing-masing minimal 0,009 m·rad (hingga

30°), 0,016 m·rad (hingga 40°), dan 0,006 m·rad (antara 30–40°), dengan rentang stabilitas positif minimal 20° untuk ukuran kapal ini. Bahkan pada kondisi muatan penuh, lengan penegak maksimum ponton sebesar 0,40 m, GZ pada 30° sekitar 0,39 m, dan luas area di bawah kurva sekitar 0,40 m·rad jauh melampaui ambang batas

tersebut. Kondisi setengah muatan dan lightship memberikan margin keselamatan yang lebih besar lagi. Pemeriksaan heeling akibat angin 30 m/s juga tetap berada dalam batas yang disyaratkan karena lengan penegak yang tersedia jauh melebihi lengan oleng dari angin.

Tabel 6. Penilaian Stabilitas dengan Kriteria Klasifikasi BKI

Kriteria (Pedoman BKI)	Batas Minimum	Muatan Penuh (100 %)	Setengah Muat (50 %)	Lightship	Standar BKI
Lengan penegak maksimum (GZ _{max})	≥ 0,042 m	0,40 m	0,61 m	1,30 m	Memenuhi
Lengan penegak pada 30° (GZ ₃₀)	≥ 0,033 m	0,39 m	0,60 m	1,20 m	Memenuhi
Luas area kurva GZ hingga 30°	≥ 0,009 m·rad	0,15 m·rad	0,20 m·rad	0,50 m·rad	Memenuhi
Luas area hingga 40° (atau sudut kebanjiran)	≥ 0,016 m·rad	0,20 m·rad	0,25 m·rad	0,70 m·rad	Memenuhi
Luas area antara 30°–40°	≥ 0,006 m·rad	0,05 m·rad	0,06 m·rad	0,10 m·rad	Memenuhi
Rentang stabilitas positif	≥ 20°	> 40°	> 40°	> 40°	Memenuhi
Kriteria heeling angin (30 m/s)	GZ > lengan oleng angin	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi	Memenuhi

Sumber : Data Simulasi Penulis, 2025

KESIMPULAN

Perancangan *floating barge* Stasiun Pengisian Bahan Bakar Nelayan (SPBN) dimulai dari pengumpulan data terkait kondisi wilayah pesisir Penajam Paser Utara, seperti jumlah penduduk, aktivitas nelayan, dan data geografis. Data ini menjadi dasar dalam menentukan ukuran utama barge yang direncanakan memiliki panjang 12 m, lebar 6 m, tinggi 1,55 m, dan draft 0,65 m. Tahapan berikutnya adalah perhitungan bobot, kapasitas tangki, dan penyusunan desain konstruksi yang menggunakan material baja sesuai dengan standar BKI. Setelah desain selesai, dilakukan pemodelan untuk menganalisis stabilitas, hidrostatis, dan olah gerak menggunakan simulasi *software*. Hasil analisis

menunjukkan bahwa ponton memiliki stabilitas baik dengan nilai GMT awal 2,217 m dan lengan tegak maksimum 0,398 m pada sudut 30°, serta mampu menghadapi gelombang hingga 1 meter dengan pergerakan heave 0,2465 m, pitch 0,9528°, dan roll 3,3594°. Dengan spesifikasi ini, *floating barge* SPBN dinyatakan layak secara teknis dan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi distribusi BBM, mengurangi biaya logistik, serta mendukung peningkatan produktivitas dan kesejahteraan nelayan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- BKI, 2025a. Rules For Hull Volume II. Jakarta, Indonesia.
BKI, 2025b. "Rules for Materials, Vol.V", Biro

Klasifikasi Indonesia. Indonesia.

- BKI, 2025c. "Guidelines for Intact Stability, Part 6 – Chapter 3 (Volume 3)"., Biro Klasifikasi Indonesia. Indonesia.
- Delvina, M., Kamal, E., Razak, A., Prarikeslan, W., 2024. Pengelolaan Wilayah Pesisir Berbasis Masyarakat Lokal :Literature Review 2, 407–415.
- Firdaus, N.F., Eko Budi Djatmiko, Rudi Walujo Prastianto, Muhammad Fajariansyah Ismail, 2021. Analisis Respon Gerak Floating Crane Barge Untuk Decommissioning Struktur Lepas Pantai. *Wave J. Ilm. Teknol. Marit.* 15, 31–44.
- IMO, 2009. SOLAS - International Convention for the Safety of Life at Sea. SOLAS - Int. Conv. Saf. Life Sea 1–910.
- Lamb, T., 2004. Ship Design and Construction:Catamarans. Int. Gr. Authorities II.
- Novita Andriani Panjaitan, Tuti Atika, 2024. Strategi Bertahan Hidup Nelayan Kecil dalam Memenuhi Kebutuhan Hidup Pasca Kenaikan Harga BBM di Lingkungan II Kelurahan Pandan Kecamatan Pandan Kabupaten Tapanuli Tengah. *Atmos. J. Pendidikan, Bahasa, Sastra, Seni, Budaya, dan Sos. Hum.* 2, 168–183.
- Rizal, D.R., Purwangka, F., Imron, M., Wisudo, S.H., 2021. Fuel Needs for Fishing Vessels at Palabuhanratu Nusantara Fishing Port. *Albacore* 5, 29–42.
- Santoso, B., Pardi, P., Afriantoni, A., Romadhoni, R., Abdurrahman, N., Wiratno, S., 2025. Implementasi Perhitungan Hydrostatika Untuk Safe Loading Condition Kapal Barge 240 Feet. *INOVTEK Polbeng* 15, 1–16.
- Sari, N.M.L., 2021. Analisis Kepuasan Nelayan Terhadap Pelayanan Fasilitas Pada Aktivitas di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Api-Api, Kabupaten Penajam Paser Utara. *Ruang* 7, 87–95.
- Wu, Y.-S., Wei-Cheng Cui, Guo-Jun Zhou, 2001. Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Practical Design of Ships and Other Floating Structures.