



2580-2798 (e)
2588-6225 (p)

Inovtek Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis
(Bengkalis State Polytechnic Technology Innovation Journal)

journal homepage: <https://jurnal.polbeng.ac.id/index.php/IP/index>

ANALISIS PERBANDINGAN KEKUATAN KONSTRUKSI *PARALLEL MIDDLE BODY* OIL TANKER 5000DWT MENGGUNAKAN METODE TEORI BALOK DAN *FINITE ELEMENT METHOD*

Muhammad Al Hazman¹⁾, Indri Ika Widyastuti¹⁾, Siti Rahayuningsih¹⁾, Alwi Sina Khaqiqi¹⁾

¹⁾Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 6011

Corresponding Author: al.hazman@ppns.ac.id

Article Info

Abstract

Keywords:

numerical method, finite element method, oil tanker, construction strength

Article history:

Received: 22/05/2025
Last revised: 13/06/2025
Accepted: 14/06/2025
Available online: 20/06/2025
Published: 20/06/2025

DOI: <https://10.35314/7haf8862>

Abstrak

Crude oil tanker merupakan kapal tanker yang dirancang untuk mengangkut minyak mentah. Kapal ini memiliki peran penting dalam proses distribusi minyak dan olahannya. Untuk mencapai tingkat efisiensi kapal, maka kapal dirancang memiliki struktur yang kuat sesuai dengan modulus yang diizinkan. Sehingga, kapal dapat mengangkut lebih banyak kargo. Dalam perancangan struktur kapal diperlukan analisis kekuatan konstruksi pada kekuatan keseluruhan kapal. Metode yang digunakan untuk menganalisis ialah dengan metode numerik dan Finite Element Method. Berdasarkan analisis pada konstruksi penampang melintang didapatkan nilai berat total kapal pada kondisi kapal penuh 7021,59 ton. Dengan gaya apung kapal pada kondisi even keel, sagging, dan hogging berturut turut sebesar 7028,99; 7027,62 dan 7021,65 ton menghasilkan momen inersia pada sumbu horizontal sebesar $I_H = 149,4 \text{ m}^4$. Dengan ukuran penampang tersebut maka didapatkan bending momen maksimum sebesar $24,73 \text{ N/mm}^2$. Dengan bending momen yang terjadi maka didapatkan gaya geser sebesar $1,10 \text{ N/mm}^2$. Adapun dilakukan analisis dengan menggunakan metode finite element analysis dimana didapatkan hasil tegangan maksimum terbesar pada kondisi hogging dengan nilai sebesar 16546 Mpa . Dan nilai defleksi maksimum pada kondisi hogging dengan nilai sebesar $7661,6 \text{ mm}$.

Abstract

A crude oil tanker is a tanker designed to transport crude oil. This type of ship plays a crucial role in the distribution process of oil and its derivatives. To achieve optimal efficiency, the ship is designed with a strong structure according to allowable modulus, enabling it to carry more cargo. In the structural design of the ship, analysis of construction strength across the entire vessel is essential. The method used for this analysis involves numerical methods and the Finite Element Method. Based on the analysis of the cross-sectional construction, the total weight of the ship under full load conditions is 7021.59 tons. The buoyant forces on the ship in even keel, sagging, and hogging conditions are 7028.99, 7027.62, and 7021.65 tons respectively, resulting in a moment of inertia on the horizontal axis of $I_H = 149.4 \text{ m}^4$. With these cross-sectional dimensions, the maximum bending moment is determined to be 24.73 N/mm^2 . The bending moment results in a shear stress of 1.10 N/mm^2 . Furthermore, Finite Element Analysis (FEA) was conducted, revealing the highest maximum stress during hogging conditions at 16546 MPa . The maximum deflection under hogging conditions was found to be 7661.6 mm .

1. PENDAHULUAN

Sekitar 90% minyak di dunia, disalurkan menggunakan kapal tanker[1]. Kapal tanker yang dirancang untuk mengangkut minyak mentah dikenal sebagai *crude oil tanker*. Kapal ini dirancang

memiliki tangki yang besar di dalamnya yang dapat menampung muatan cairan dalam jumlah besar. Dengan panjang kapal sebesar 98,72 m, lebar kapal 15,8 m, tinggi kapal 9,75 m, sarat kapal 6,3 m dengan kecepatan maksimum sebesar 12 knot. Kapal ini memiliki peran penting dalam penyaluran ataupun pendistribusian minyak mentah pada rute pelayaran.

Jakarta - Ternate. Dengan semakin meningkatnya permintaan terhadap kebutuhan transportasi laut, khususnya pada kapal tanker. Maka perlu diimbangi oleh kualitas pelayanan yang baik. Dalam hal ini keselamatan transportasi laut sangatlah penting guna mengurangi risiko kecelakaan kapal dan kebocoran yang dapat menimbulkan kerusakan aset[2].

Kecelakaan kapal dan kebocoran pada kapal tanker menjadi penyumbang terbesar pencemaran laut. Pencemaran lingkungan laut oleh hidrokarbon minyak bumi menjadi permasalahan ekologi utama yang sedang dihadapi masyarakat dunia saat ini. Limbah ini merupakan campuran senyawa alkana dan aromatik. Dilaporkan sebanyak 1,7 hingga 8,8 juta ton setiap tahunnya limbah ini masuk ke perairan[3]. Hal ini terjadi disebabkan oleh proses bongkar muat yang terjadi pada pesisir laut. Namun, kebocoran maupun kecelakaan yang menyebabkan kebocoran pada kapal pengangkut minyak mentah (*crude oil*) dan produk olahan menjadi penyebab terbesar tercemarnya laut. Kecelakaan kapal menyumbang hingga sepertiga lebih dari total limbah yang mencemari laut. Maka dari itu, dalam pembangunan kapal diperlukan analisa kekuatan konstruksi kapal.

Analisa kekuatan konstruksi pada penelitian ini menggunakan metode numerik dan FEM sebagai pembanding. Metode numerik merupakan teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan atau aritmatika [4]. Metode numerik memberikan hasil berbentuk angka. Umumnya, solusi yang diberikan Metode numerik adalah solusi yang mendekati atau menghampiri sehingga biasa disebut solusi hampiran atau pendekatan dan dibuat seteliti mungkin. Namun, metode numerik tidak mengutamakan perolehan jawaban yang tepat dari persoalan yang akan diselesaikan. Penyelesaian yang ditawarkan seringkali berupa pendekatan. Oleh karena itu, dalam metode ini seringkali ditemukan error. Maka dari itu, diperlukan pembandingan untuk menyelaraskan hasil pendekatan dari metode numerik. Sebagai pembandingnya, FEM atau Finite Element Method merupakan teknik komputasi untuk mendapatkan solusi perkiraan masalah nilai batas dalam rekayasa[5]. Singkatnya, FEM akan membagi suatu volume benda dalam beberapa node. Setiap node pada finite element mempunyai persamaan matematis yang bilamana node dihubungkan, akan membentuk persamaan matematis total benda.

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Objek yang akan diteliti merupakan kapal *Crude Oil Tanker* 5000 DWT dengan ukuran sebagai berikut:

Tabel 1. Data Ukuran Kapal

Ukuran Utama Kapal	Nilai	Satuan
LPP (m)	: 98,72	m
B (m)	: 15,80	m
H (m)	: 9,75	m
T (m)	: 6,30	m
Cb	: 0,70	
Vs (knot)	: 12	knot
Tipe Kapal	: Oil Tanker	

2.2 Perhitungan Distribusi Berat

Perhitungan berat kapal dibagi menjadi dua pengelompokan besar yaitu sebagai berikut Lloyd's *register of British and foreign shipping* [6]:

- a. Berat lunas sampai main deck;
- b. Berat lokal mencakup bagian-bagian diatas main deck juga tambahan berat lokal dibawah deck, seperti tambahan berat konstruksi pada tangki, kamar mesin, isolasi pada ruang pendingin dan lainnya. Berat lokal meliputi forecastle, poop deck, boat deck, bridge deck, navigation deck, top deck, perlengkapan di depan dan belakang, engine room, afterpeak tank, forepeak tank, shaft dan *propeller*.

2.3 Perhitungan Distribusi *Bouyancy*

Perhitungan distribusi *bouyancy* bertujuan untuk menentukan bagaimana beban pada kapal didistribusikan di bawah permukaan air. Ouput yang dipakai dari perhitungan *bouyancy* adalah berupa kurva. Kurva *bouyancy* menunjukkan *bouyancy* per-meter panjang pada setiap titik dikapal. Kurva ini menunjukkan hubungan antara *bouyancy* kapal dengan kedalaman atau perubahan volume kapal dalam fluida. Kurva ini menunjukkan bagaimana *bouyancy* atau gaya apung dapat berubah seiring dengan perubahan volume atau berat pada kapal yang terendam dalam air. Menghitung distribusi *bouyancy* dapat dilakukan dengan menentukan keadaan standart kondisi gelombang. Umumnya, dipakai tiga keadaan standart kondisi gelombang[7]. Yaitu:

- a. Kondisi Evenkeel
- b. Kondisi *Hogging* (1 puncak gelombang)
- c. Kondisi *Sagging* (2 puncak gelombang)

Dalam menghitung distribusi *bouyancy*, selain menentukan keadaan kondisi gelombang, menentukan tinggi gelombang juga diperlukan. Dalam penelitian ini, penentuan tinggi gelombang ditentukan dari rute pelayaran. Langkah selanjutnya adalah pembacaan kurva bonjean. Hal ini diperlukan untuk mengetahui luasan station yang tercelup kedalam air[8].



Gambar 1. Ilustrasi Penggambaran Gelombang pada kurva bonjen

Jika telah ditemukan nilai dari hasil pembacaan kurva bonjean, maka langka selanjutnya adalah perhitungan displacement *bouyancy*.

$$\text{Displacement} = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma 1 \quad (1)$$

$$\text{LCB} = \frac{\Sigma 2}{\Sigma 1} \times h \quad (2)$$

Keterangan:

h =

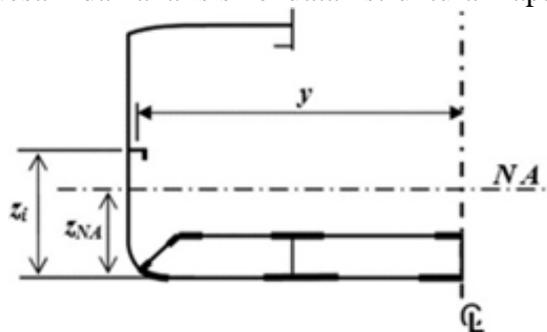
$\Sigma 1$ =

$\Sigma 2$ =

Perlu diingat bahwa, besarnya displacement kapal harus sama dengan besarnya displacement *bouyancy*. Dan titik pusat *bouyancy* terletak pada satu bidang vertikal dengan titik berat kapal. Namun, perhitungan displacement *bouyancy* pada kapal tidak dapat sama dengan berat kapal. Maka dari itu diperlukan analisa menggunakan rumus dibawah ini untuk memperkirakan besar pergeseran vertikal gelombang[9].

2.4 Momen Inersia

Modulus penampang kapal adalah parameter yang menggambarkan kekakuan penampang melintang dari kapal, modulus penampang berguna untuk menghitung sifat sifat lentur pada kapal, seperti momen lentur, dan tegangan lentur. Dalam konteks kekuatan struktural kapal, modulus penampang sangat penting karena membantu insinyur untuk merancang struktur kapal yang cukup kuat untuk menahan beban-beban yang mungkin terjadi selama operasi kapal. Semakin besar modulus penampang, semakin besar pula kemampuan struktural kapal untuk menahan gaya-gaya luar yang bekerja padanya. Dengan demikian, modulus penampang kapal adalah salah satu parameter penting yang dipertimbangkan dalam desain dan analisis kekuatan struktural kapal[10].



Gambar 2. Modulus Penampang Kapal

Dalam menghitung inersia dari modulus penampang yang ada pada kapal rumus yang digunakan adalah

$$I_o = \frac{1}{12} \cdot l \cdot t^3 \quad (3)$$

Dalam menghitung nilai inersia Horizontal maupun Vertikal pada kapal adalah sebagai berikut Hasil inersia pada sumbu horizontal.

2.5 Finite Element Analysis

2.5.1 Pembuatan Geometri

Proses pembuatan model geometri dari struktur parallel middle body kapal yang akan dianalisis menggunakan software CAD dalam bentuk 3D model.

2.5.2 Pre-Processing

- Pembagian geometri: Bagi geometri menjadi elemen-elemen hingga yang lebih kecil. Elemen-elemen ini bisa berupa segitiga, kuadran, tetrahedron, atau bentuk lainnya, tergantung pada jenis analisis yang dilakukan[11].
- Penentuan Material Properties: Tentukan sifat-sifat material yang relevan seperti modulus elastisitas, Poisson's ratio, dan kekuatan material. Informasi ini diperlukan untuk mensimulasikan perilaku material dalam model[12].
- Penentuan *Boundary Conditions*: Identifikasi dan terapkan kondisi batas yang sesuai untuk mewakili lingkungan fisik di sekitar struktur. Ini termasuk pembatasan pergerakan dan aplikasi beban atau gaya eksternal.

- d. Meshing: Buat mesh atau jaringan elemen di sekitar geometri. Ini melibatkan distribusi elemen- elemen hingga di sepanjang permukaan struktur dan area di dalamnya. Kualitas mesh yang baik sangat penting untuk mendapatkan solusi yang akurat[13].

2.5.3 Solving

- a. Formulasi Persamaan: Ubah model matematis dari struktur menjadi bentuk persamaan matematis yang sesuai dengan Metode Elemen Hingga.
- b. Penyelesaian Persamaan: Selesaikan sistem persamaan yang dihasilkan menggunakan teknik numerik seperti metode elemen terbatas (FEM)[14]. Ini melibatkan pemecahan matriks dan iterasi untuk mendapatkan solusi yang konvergen

2.5.4 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi model untuk memastikan bahwa model FEM memberikan hasil yang sesuai dengan teori dan praktek yang dikenal. Validasi membandingkan hasil analisis dengan data eksperimental atau solusi analitis jika tersedia[15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

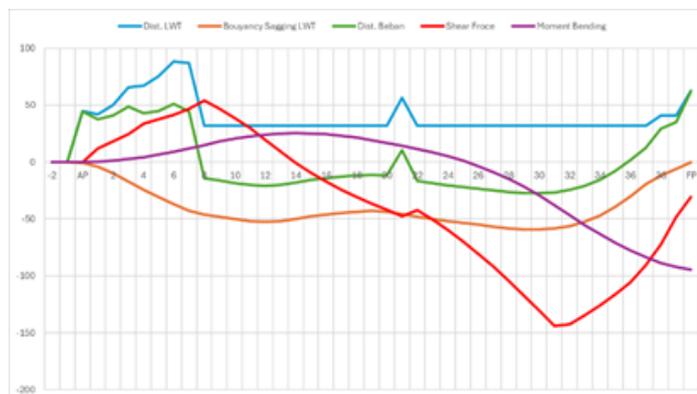
3.1 Analisa Momen Kapal Muatan Kosong pada kondisi Even Keel



Gambar 3. Grafik Momen kapal kosong pada kondisi even keel

Kapal muatan kosong dengan kondisi even keel menghasilkan berat total sebesar 1643,32 ton dengan gaya *bouyancy* sebesar 1643,38 ton. Hal ini menyebabkan kapal mengalami gaya geser sebesar 3,87 N/mm². Dimana kondisi ini akan menyebabkan kapal mengalami momen lengkung sebesar 86,01 N/mm².

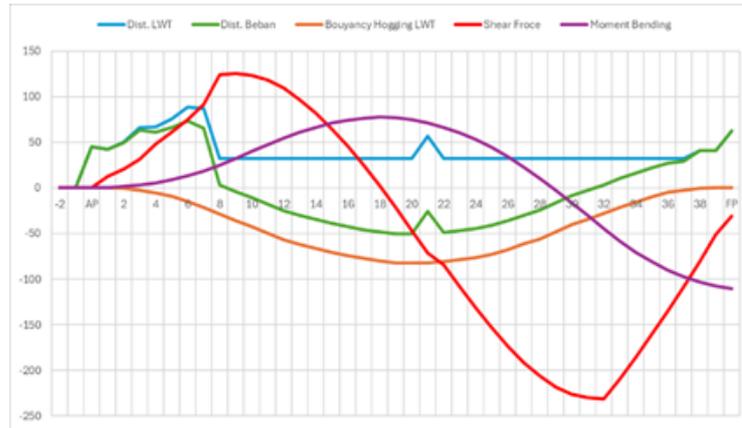
3.2 Analisa Momen Kapal Muatan Kosong pada Kondisi Sagging



Gambar 4. Grafik Momen kapal kosong pada kondisi *sagging*

Kapal muatan kosong dengan kondisi sagging menghasilkan berat total sebesar 1643,32 ton dengan gaya bouyancy sebesar 1643,88 ton. Hal ini menyebabkan kapal mengalami gaya geser sebesar 2,64 N/mm². Dimana kondisi ini akan menyebabkan kapal mengalami momen lengkung sebesar 49,98 N/mm².

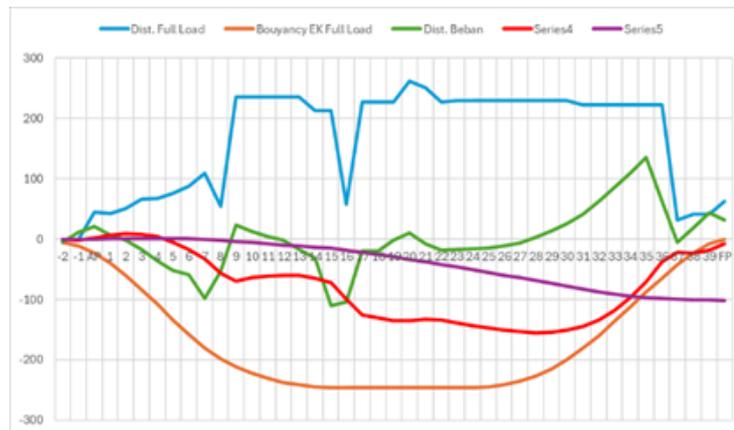
3.3 Analisa Momen Kapal Muatan Kosong pada Kondisi Hogging



Gambar 5. Grafik Momen kapal kosong pada kondisi hogging

Kapal muatan kosong dengan kondisi hogging menghasilkan berat total sebesar 1643,32 ton dengan gaya bouyancy sebesar 1646,16 ton. Hal ini menyebabkan kapal mengalami gaya geser sebesar 6,14 N/mm². Dimana kondisi ini akan menyebabkan kapal mengalami momen lengkung sebesar 151,70 N/mm².

3.4 Analisa Momen Kapal Muatan Penuh pada Kondisi Even Keel



Gambar 5. Grafik Momen kapal muatan penuh pada kondisi even keel

Kapal bermuatan penuh dengan kondisi even keel menghasilkan berat total sebesar 7021,59 ton dengan gaya bouyancy sebesar 7028,99 ton. Hal ini menyebabkan kapal mengalami gaya geser sebesar 1,10 N/mm². Dimana kondisi ini akan menyebabkan kapal mengalami momen lengkung sebesar 24,73 N/mm².

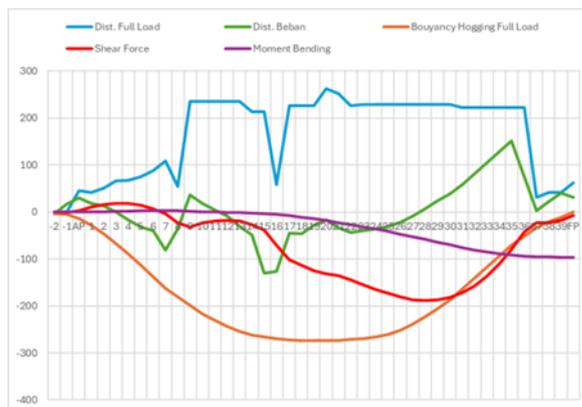
3.5 Analisa Momen Kapal Muatan Penuh pada Kondisi Sagging



Gambar 6. Grafik Momen kapal muatan penuh pada kondisi sagging

Kondisi yang sama terjadi pada kapal bermuatan penuh dengan berat total sebesar 7021,59 ton mengalami kondisi sagging. Kapal ini mendapatkan gaya *bouyancy* sebesar 7027,62 ton. Hal ini menyebabkan kapal mengalami gaya geser sebesar 0,53 N/mm². Dimana kondisi ini akan menyebabkan kapal mengalami momen lengkung sebesar 4,49 N/mm².

3.6 Analisa Momen Kapal Muatan Penuh pada Kondisi Hogging



Gambar 7. Grafik Momen kapal muatan penuh pada kondisi hogging

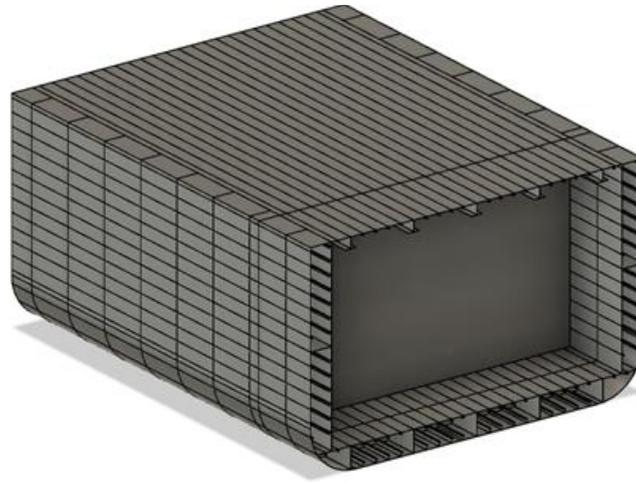
Kapal bermuatan penuh dengan berat total sebesar 7021,59 ton mengalami kondisi *hogging*. Kapal ini mendapatkan gaya *bouyancy* sebesar 7021,65 ton. Hal ini menyebabkan kapal mengalami gaya geser sebesar 1,8 N/mm². Dimana kondisi ini akan menyebabkan kapal mengalami momen lengkung sebesar 20,32 N/mm².

3.7 Perhitungan Momen Inersia

Berdasarkan analisa perhitungan momen inersia penampang kapal didapatkan hasil inersia pada sumbu horizontal yaitu $I_H = 9,47 \text{ m}^4$ dengan netral axis $Z_{na} = 4324,3 \text{ mm}$. Dengan didapkannya hasil inersia baik pada sumbu horizontal maupun vertical, didapatkan pula nilai modulus penampang pada kondisi Sagging sebesar 2,19 m³ dan kondisi *Hogging* sebesar 1,75 m³.

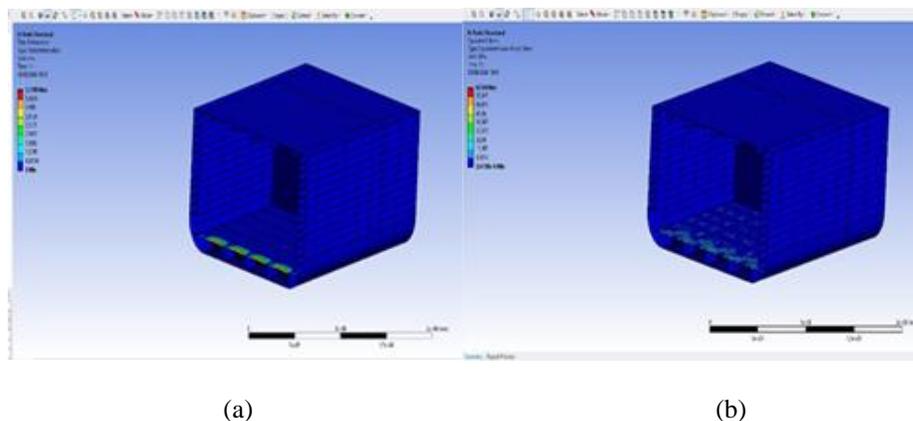
3.8 Finite Element Method

Penggambaran geometri kapal pada parallel middle body *crude* oil tanker 5000DWT pada station ke 20 hingga 28 sepanjang 19,75 meter menggunakan software autocad. Selanjutnya dianalisis menggunakan software ansys static structural.



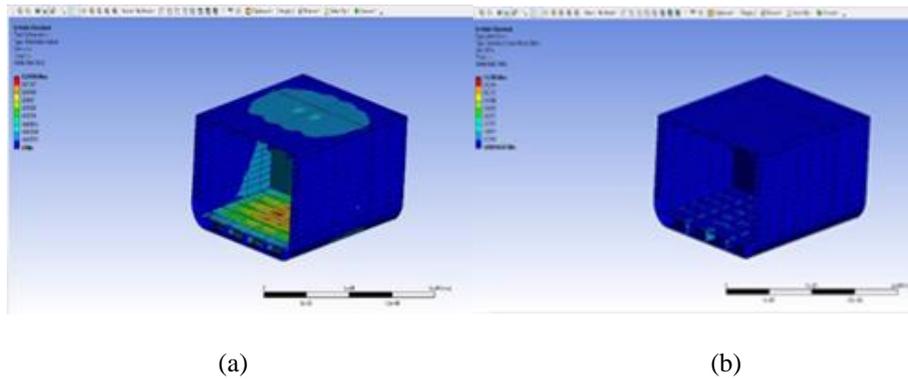
Gambar 8. Model 3D *Parallel Middle Body*

Tahapan pada proses *finite element analysis* (FEA) dimulai dengan proses meshing dari model *parallel middle body* yang telah dibuat pada autocad. Proses selanjutnya yaitu pemberian *Boundary condition* atau kondisi batas pada model *parallel middle body*. *Boundary conditions* dilakukan dengan memberikan diantaranya pembebanan atau load dan tumpuan atau *constraint*. Selanjutnya langsung dilakukan running analisis pada model *parallel middle body*. Berikut merupakan gambar hasil *running analysis* pada model *parallel middle body*.



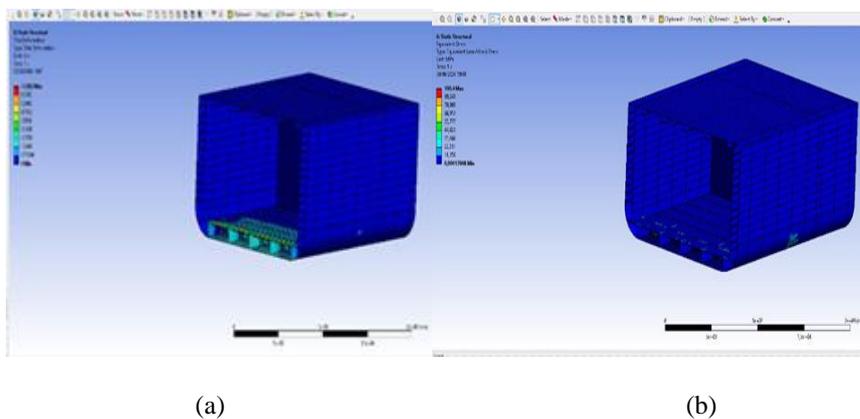
Gambar 9. (a) Hasil defleksi pada kondisi evenkeel, (b) Hasil analisis stress pada kondisi even keel

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan didapati pada kondisi air tenang atau *even keel* menghasilkan nilai tegangan maksimum yang diterima kapal sebesar 62,94 Mpa dan didapati nilai defleksi sebesar 5,718 mm.



Gambar 10. (a) Hasil defleksi pada kondisi sagging, (b) Hasil analisis stress pada kondisi sagging

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada kondisi kapal mengalami sagging seperti gambar diatas. Didapati hasil tegangan maksimum yang diterima kapal sebesar 13,78 Mpa dan didapati nilai defleksi sebesar 0,241 mm.



Gambar 11. (a) Hasil defleksi pada kondisi hogging, (b) Hasil analisis stress pada kondisi hogging

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada kondisi kapal mengalami hogging seperti gambar diatas. Didapati hasil tegangan maksimum yang diterima kapal sebesar 100,4 Mpa dan didapati nilai defleksi sebesar 7,128 mm. Hasil dari analisis pada software ansys didapati nilai tegangan maksimum terbesar ialah pada kondisi hogging dengan nilai sebesar 100,4 Mpa. Dan nilai defleksi maksimum pada kondisi hogging dengan nilai sebesar 7,128 mm.

4. KESIMPULAN

Analisis dari berat total kapal, distribusi *bouyancy* kapal, dan momen inersia kapal adalah elemen-elemen kunci yang saling terkait dalam merancang dan mengoperasikan kapal secara efisien dan aman. Hasil analisis pada konstruksi kapal *crude oil tanker* 5000 DWT didapatkan berat total kapal pada kondisi kapal penuh sebesar 7021,59 ton. Adapun gaya angkat pada kapal dalam kondisi even keel, sagging, dan hogging berturut turut sebesar 7028,99; 7027,62 dan 7021,65 ton. Selisih dari berat dan gaya apung kapal menghasilkan momen inersia pada sumbu horizontal sebesar $I_H = 149,4 \text{ m}^4$. Dengan ukuran penampang tersebut maka menghasilkan bending momen maksimum sebesar $24,73 \text{ N/mm}^2$. Dengan bending momen yang terjadi maka didapatkan gaya geser sebesar $1,10 \text{ N/mm}^2$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu proses penelitian ini. Kepada mahasiswa politeknik perkapalan negeri surabaya atas semua bantuan dan dukungan yang diberikan terkait penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asmara, I. P. S. (2018). Kekuatan Kapal: Faktor Keselamatan dan Resiko Kegagalan Konstruksi. ITS Press.
- [2] Asmara, I. P. S., Junaidi, M., Kurniasih, D., & Suratno. (2021). Analysis of Ship Collision Risk with Jetty at River Current Speed 2 Knot. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 6(12).
- [3] Chen, J., Di, Z., Shi, J., Shu, Y., Wan, Z., Song, L., & Zhang, W. (2020). Marine oil spill pollution causes and governance: A case study of Sanchi tanker collision and explosion. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122978
- [4] Hutton, D. V. (2004). *Fundamentals of Finite Element Analysis*. McGraw-Hill.
- [5] Imron, M. F., Kurniawan, S. B., & Titah, H. S. (2019). Potential of bacteria isolated from diesel-contaminated seawater in diesel biodegradation. *Environmental Technology & Innovation*, 14, 100368.
- [6] Lloyd's Register of British and Foreign Shipping. (n.d.).
- [7] Arifin, Z., Zakki, A. F., & Iqbal, M. (2017). Studi Karakteristik Getaran Global Kapal Supply Vessel 70 M Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1).
- [8] Hanifah, K. M. (2018). Analisis Faktor Efisiensi Dan Perilaku Kelompok Tiang Akibat Beban Lateral Menggunakan Metode Finite Difference Dan Metode Elemen Hingga. Skripsi Teknik Universitas Islam Indonesia.
- [9] Herdiana, A. (2023). ANALISIS SABUK V DAN PULLEY PADA MESIN PENCACAH PLASTIK KAPASITAS 25 KG/JAM. *Jurnal Mesin Galuh*, 2(1). <https://doi.org/10.25157/jmg.v2i1.3082>
- [10] Kain, S. A., Warsito, A., Bukit, M., & Johannes, A. Z. (2022). ANALISIS SIFAT MEKANIK MODIFIKASI KEMIRINGAN MERCU SPILLWAY TIPE OGEE DENGAN STUDI KASUS BENDUNGAN RAKNAMO MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA SOFTWARE ELMER. *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 7(1). <https://doi.org/10.35508/fisa.v7i1.3964>
- [11] Meditama, R. F., Putra, A. D., Pradani, Y. F., Rohman, M., & Habib, M. Z. (2023). Analisis Desain Katup Motor Menggunakan MEH (Metode Elemen Hingga) Dengan Meterial Aluminium Alloy. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 2(2). <https://doi.org/10.33379/metrotech.v2i2.2775>
- [12] Ningsi, S. (2021). Metode Elemen Hingga Untuk Perpindahan Panas Konduksi Steady State pada Domain 2D dengan Menggunakan Elemen Segitiga. *SAINTIFIK*, 7(2). <https://doi.org/10.31605/saintifik.v7i2.336>
- [13] Pratama, R., Puri, A., & Dewi, S. H. (2018). Tinjauan Kapasitas Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Formula Statis Dan Elemen Hingga 2D Pada Gedung E Fakultas Teknik

Universitas Islam Riau. JURNAL SAINTIS, 18(2).
[https://doi.org/10.25299/saintis.2018.vol18\(2\).3189](https://doi.org/10.25299/saintis.2018.vol18(2).3189)

- [14] Utami, E. T., Hamdhan, I. N., & Suwitaatmadja, K. (2019). Analisis Stabilitas pada Perbaikan Tanah Lunak Metode Preloading dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. (Hal. 1-9). RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil, 5(3). <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i3.1>
- [15] Yulianto, T., & Ariesta, R. C. (2019). Analisis Kekuatan Shaft *Propeller* Kapal Rescue 40 Meter dengan Metode Elemen Hingga. Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan, 16(3). <https://doi.org/10.14710/kapal.v16i3.23572>