

# IDENTFIKASI DAN EVALUASI DEFORMASI STRUKUTURAL PADA TONGKANG BERDIMENSI PANJANG 300 FT PADA SEPULUH UNIT KAPAL

Denis Betran Simanjuntak\*1, Sapto Wiratno Satoto 1\* Adi Syahputra Purba 2\*

\* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

1E-mail: [vindenis4@gmail.com](mailto:vindenis4@gmail.com)

## Abstrak

Industri perkapalan di Indonesia, khususnya kapal tongkang sebagai sarana transportasi utama, memiliki peran penting dalam mendukung ekonomi regional. Namun, masalah deformasi struktural pada kapal tongkang di Indonesia menjadi ancaman serius terhadap keselamatan maritim dan operasional. Artikel ini menyoroti tantangan geografis Indonesia, peningkatan volume transportasi, dan kebutuhan akan standar desain serta pemeliharaan yang memadai. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab deformasi struktural, mengembangkan strategi desain dan kebijakan pemeliharaan yang efektif. Pemahaman mendalam terhadap permasalahan ini diharapkan dapat membantu inovasi dalam sektor perkapalan, mendukung pertumbuhan ekonomi regional yang berkelanjutan, dan meningkatkan keselamatan operasional di laut. Dampak deformasi struktural pada keamanan dan lingkungan juga menjadi fokus, memerlukan perhatian khusus untuk melindungi awak kapal, muatan, dan ekosistem laut. Keseluruhan, pemahaman menyeluruh terhadap permasalahan ini dapat menjadi dasar untuk kebijakan mendukung keberlanjutan industri perkapalan di Indonesia.

**Kata kunci: Industri perkapalan, Tongkang, Deformasi struktural, Keselamatan maritim, Keberlanjutan operasional, Transportasi, Standar desain, Pemeliharaan, Penelitian, Inovasi, Pertumbuhan ekonomi, Keselamatan awak, Dampak lingkungan, Indonesia.**

## Abstract

*The shipping industry in Indonesia, particularly the use of barges as a primary means of transportation, plays a crucial role in supporting regional economies. However, the issue of structural deformations in barges in Indonesia poses a serious threat to maritime safety and operational sustainability. This article highlights the unique geographic and hydrological challenges in Indonesia, the escalating volume of transportation, and the need for adequate design standards and maintenance. Further research is essential to identify the causes of structural deformations, develop resilient design strategies, and formulate effective maintenance policies. A comprehensive understanding of these issues is expected to guide innovations in the shipping sector, support sustainable regional economic growth, and enhance operational safety at sea. The impact of structural deformations on safety and the environment is also a significant concern, necessitating focused efforts to protect crew members, cargo, and marine ecosystems. Overall, a thorough understanding of these challenges can serve as a foundation for policies that promote the sustainability of the shipping industry in Indonesia.*

**Keywords: Shipping industry, Barges, Structural deformations, Maritime safety, Operational sustainability, Transportation, Design standards, Maintenance, Research, Innovations, Economic growth, Crew safety, Environmental impact, Indonesia.**

## 1 Pendahuluan

Industri perkapalan di kawasan pelayaran Indonesia memiliki peran strategis dalam mendukung perekonomian regional. Kapal tongkang sebagai sarana transportasi distribusi barang dan komoditas di wilayah Indonesia.[1] Namun permasalahan deformasi struktural pada kapal tongkang di Indonesia menjadi kekhawatiran serius yang dapat mengancam keberlanjutan operasional dan keselamatan maritim.[2] Latar belakang masalah ini mencakup beberapa aspek yang perlu dipahami secara mendalam.

Pertama, karakteristik geografis unik di Indonesia menciptakan tantangan tersendiri bagi kapal tongkang. Perairan yang seringkali bergelombang dan penuh dengan muara sungai yang kompleks dapat memberikan tekanan signifikan pada struktural kapal. Deformasi struktural, seperti patah atau bengkoknya bagian kapal, dapat terjadi sebagai akibat dari beban berlebihan yang diterima selama operasi rutin.[3]

Kedua, peningkatan volume transportasi dan beban kerja yang tinggi di industri perkapalan Indonesia meningkatkan resiko deformasi struktural. Kapal tongkang yang terus menerus mengangkut muatan berat seperti batu bara, kayu, dan komoditas lainnya, mengalami tekanan besar selama eksploitasi.[4] Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana beban yang berat dapat mempengaruhi integritas struktural kapal menjadi krusial untuk menjaga keberlanjutan operasional dan keselamatan pelayaran. Selain itu, kebutuhan akan standar desain yang memenuhi syarat dan pemeliharaan berkala menjadi sangat perlu.[5] Pemeliharaan yang kurang teratur juga dapat meningkatkan resiko kegagalan struktur. Oleh karena itu, penting untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan deformasi struktural dan mengembangkan strategi perawatan yang efektif.[6]

Aspek ketiga melibatkan dampak deformasi struktural pada keamanan dan lingkungan. Kapal tongkang yang mengalami deformasi dapat menjadi ancaman terhadap keselamatan awak kapal dan muatan seperti terjadinya kebocoran pada kapal tongkang. Lebih dari itu, potensi kebocoran dan polusi dari kapal yang rusak dapat merusak ekosistem laut dan mengancam keberlanjutan lingkungan maritim Indonesia.[7]

Dengan mempertimbangkan latar belakang masalah ini, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi penyebab deformasi struktural. Keseluruhan pemahaman mendalam terhadap masalah deformasi struktural pada kapal tongkang di daerah pelayaran Kalimantan, akan membantu mengarahkan upaya perbaikan dan inovasi dalam sektor perkapalan, mendukung ekonomi regional yang berkelanjutan, dan meningkatkan keselamatan operasional di laut.

## 2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan survei lapangan untuk mengumpulkan data 10 kapal tongkang dengan dimensi 300 *ft* diidentifikasi sebagai sampel, dan ahli kapal seperti *quality control* terlibat dalam wawancara terstruktur. Pengamatan langsung dilakukan untuk mengidentifikasi pada bagian mana yang sering terjadi deformasi struktural pada kapal tongkang. Paramater deformasi seperti arus gelombang, proses perasional, daerah pelayaran, dan *overload* beban. Adapun langkah-langkah metodologi yang diikuti adalah sebagai berikut

### 2.1 Studi Literatur

#### 2.1.1 Deformasi

Deformasi struktural pada kapal adalah perubahan bentuk atau kerusakan yang terjadi pada struktur kapal sebagai akibat dari berbagai tekanan, beban dan kekuatan yang diterimanya selama penggunaan atau situasi tertentu, beberapa jenis deformasi struktural yang terjadi pada kapal seperti, deformasi struktural akibat tumbukan (*Collision Deformation*), deformasi akibat gelombang besar (*Wave-Induced Deformation*), deformasi akibat beban berlebih (*Overload Deformation*), dan deformasi struktural karena kondisi lingkungan (*Environmental Conditions-Induced Deformation*).

#### 2.1.2 Tongkang

Tongkang umumnya tidak memiliki mesin sendiri dan harus didorong atau ditarik oleh kapal lain, seperti kapal tunda (*Tug Boat*) untuk bergerak. Tongkang biasanya memiliki dasar datar sehingga dapat mengapung dengan stabil di air dangkal, struktur datar ini memungkinkan tongkang untuk digunakan di sungai maupun perairan dengan kedalaman yang terbatas, kemudian tongkang dirancang dengan dek terbuka yang memungkinkan muatan untuk dimuat dan diatur dengan mudah sehingga dapat mengangkut berbagai jenis muatan dalam jumlah besar dan dapat memperlancar distribusi barang di wilayah-wilayah tertentu juga dapat diubah sedemikian rupa untuk memenuhi kebutuhan khusus

### 2.1.3 Survey Klasifikasi

Survey klasifikasi atau pemeriksaan klasifikasi, merujuk pada serangkaian pemeriksaan yang dilakukan oleh lembaga klasifikasi pada kapal untuk memastikan bahwa kapal tersebut memenuhi standar dan persyaratan teknis yang ditetapkan oleh lembaga klasifikasi tersebut. Lembaga klasifikasi adalah organisasi independen yang bertanggung jawab untuk menilai dan mengklasifikasikan kapal serta memastikan bahwa kapal-kapal tersebut mematuhi standar keamanan dan kelayakan. Selain itu survey secara berkala juga diperlukan untuk memeriksa kondisi kapal dan melakukan pencatatan terhadap kelas kapal, tujuan dari perawatan kapal adalah untuk memastikan bahwa sistem pemeliharaan terencana seperti yang diatur di rules BKI Vol I *Classification and Surveys* sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Peraturan Pemerintah yang mengacu pada Konvensi *International Maritime Organization* (IMO), seperti *Safety of Life at Sea* (SOLAS)
2. Peraturan kelas seperti Biro Klasifikasi Indonesia
3. Instruksi Pemeliharaan dari Galangan Kapal

Kapal yang terdaftar di Biro Klasifikasi Indonesia harus menjalani survey secara berkala untuk mempertahankan kelas sesuai dengan jadwal yang ditentukan. Survey tersebut mencakup survey periodik dan khusus terhadap lambung, instalasi mesin, instalasi listrik, dan perlengkapan lainnya yang diklasifikasikan. Beberapa ketentuan umum untuk menjalani survey mempertahankan kelas:

1. Surveyor harus diberi kebebasan untuk mengakses kapal dan bengkel sewaktu-waktu untuk menjalankan tugasnya.
2. Seluruh bagian yang akan disurvei harus dalam keadaan bersih dan bebas dari gas.
3. Sertifikat kelas dan dokumentasi terkait kapal harus tersedia untuk ditunjukkan kepada surveyor
4. Biro Klasifikasi Indonesia berhak untuk memperluas lingkup survey dan pemeriksaan atas alasan tertentu.
5. Hasil dari setiap survey, termasuk persyaratan khusus untuk mempertahankan kelas, akan dicatat dalam sertifikat klasifikasi.

### 2.2 Identifikasi Sampel

Penelitian ini memilih 10 kapal tongkang dengan panjang 300 ft pada galangan Bahtera Bahari Shipyard sebagai sampel. Penelitian ini difokuskan pada identifikasi di bagian mana yang sering terjadi deformasi struktural kapal tongkang dengan daerah pelayaran Kalimantan yang mengangkut batu bara dan dilakukan pengamatan langsung pada proses survey dalam mempertahankan kelas baik itu *annual survey*, *docking survey*, dan *special survey*. Deformasi struktural yang terdeteksi diidentifikasi, dan detailnya dicatat untuk analisis lebih lanjut.

### 2.3 Standar Deformasi

Pengukuran deformasi yang diperoleh akan dibandingkan dengan standar nilai ambang batas dari beberapa sumber yang sudah ditetapkan. Perbandingan tersebut untuk mengetahui tingkat ambang batas sehingga dapat diketahui kondisi/ daerah yang melebihi standard yang sudah ditetapkan. Selama operasi pengangkutan batu bara kapal harus dipastikan tidak mengalami kebocoran atau deformasi sehingga tidak mengganggu waktu operasional yang sudah diperhitungkan. Tabel 1 menunjukkan nilai kedalaman deformasi pada tiap bagian kapal berdasarkan standard BKI *Rules Guidance for Marine Industry* Vol AC Rec 47

Tabel 1. Nilai batas kedalaman deformasi menurut BKI

	<i>Item</i>	<i>Standard</i>	<i>Limit</i>
<i>Shell plate</i>	<i>Parallel part (side &amp; bottom shell)</i>	4 mm	
	<i>Fore and aft part</i>	5 mm	
<i>Tank top plate</i>		4 mm	8 mm
<i>Bulkhead</i>	<i>Long, Trans and Swash Bulkhead</i>	6 mm	
	<i>Parallel part</i>	4 mm	
<i>Strength deck</i>	<i>Fore and aft part</i>	6 mm	9 mm
	<i>Covered part</i>	7 mm	

Nilai pada Tabel 1 merupakan standar yang dijadikan acuan untuk mengetahui beberapa maksimum toleransi kedalaman pelat dalam jal ini deformasi struktural kapal yang diizinkan.

#### 2.4 Wawancara Terstruktur

Melibatkan ahli kapal seperti *quality control* di galangan Bahtera Bahari Shipyard dan surveyor dari BKI yang terlibat langsung dalam proses mempertahankan kelas. Pertanyaan terstruktur disusun untuk mendapatkan informasi mendalam tentang faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi deformasi struktural pada kapal tongkang selama kapal beroperasi.

#### 2.5 Pemrosesan Data

Data yang dikumpulkan dari wawancara dan pengamatan langsung menjadi acuan dalam menganalisis sehingga dapat melakukan evaluasi dalam mengatasi deformasi struktural pada kapal tongkang. Dari pengolahan data yang dibuat dengan diagram histogram dan diperkuat dengan pendeskripsian hasil wawancara untuk menggambarkan dan menginterpretasikan objek sesuai apa adanya.

### 3 Analisa Data dan Pembahasan

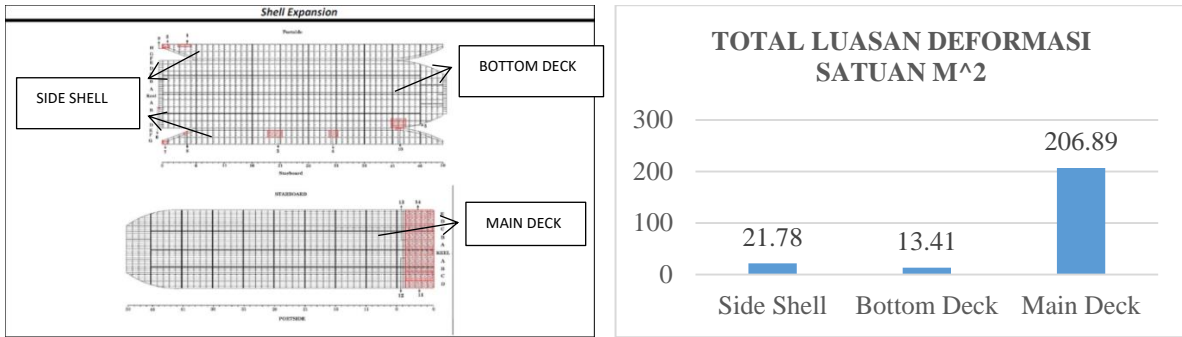
#### 3.1 Proses Survey Pengepokan

Pada proses survey pengepokan kapal tongkang dilakukan setelah kapal ketika kapal tongkang sudah naik dok. *Quality Control* di Pt. Bahetera Bahari Shipyard dan surveyor BKI kemudian melakukan inspeksi secara visual dan sepakat melihat adanya deformasi struktural pada kapal tongkang yang sesuai dengan standar BKI *Rules Guidance for Marine Industry Vol AC Rec 47*, adapun tujuan survey pengepokan dilakukan untuk mengetahui kondisi teknis/konstruksi bagian bawah air, memperpanjang umur pakai kapal, membersihkan tumbuhan laut yang menempel di badan kapal agar kecepatan kapal tidak menurun, dan memenuhi ketentuan serta peraturan tentang keharusan kapal diadakan pengepokan (ketentuan pemerintah/ badan klasifikasi) Hal yang dilakukan setelah melakukan proses inspeksi secara visual kemudian *quality control* di Pt. Bahetera Bahari Shipyard membuat laporan *replating* untuk dikirimkan ke surveyor. Data dari laporan *replating* selanjutnya diidentifikasi menggunakan data *histogram* untuk mengetahui di daerah mana yang sering terjadi deformasi struktural pada kapal tongkang.

#### 3.2 Identifikasi Deformasi Struktural

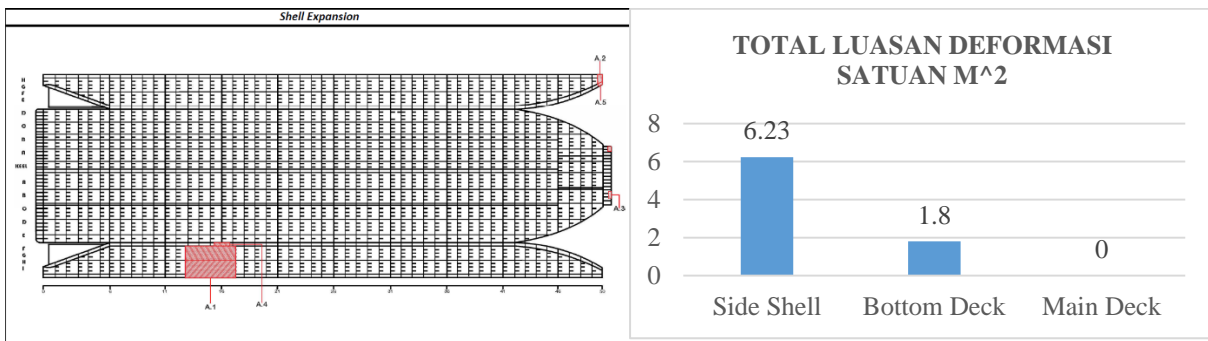
Untuk menentukan daerah mana yang sering terjadi deformasi, dilakukan proses perhitungan dari luas daerah deformasi pada area *side shell*, *bottom deck*, dan *main deck*, tahapan yang dilakukan adalah dengan membuat data *histogram* total luasan deformasi.

### 3.2.1 Marine Power 3026



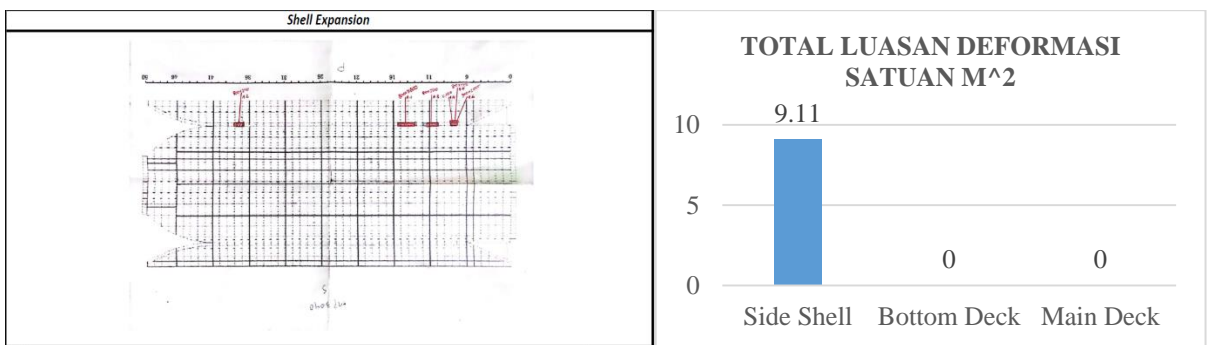
Gambar 1 menunjukkan luasan deformasi yang paling banyak terjadi di main deck dengan total luasan deformasi 206,89 m<sup>2</sup>

### 3.2.2 Marine Power 3039



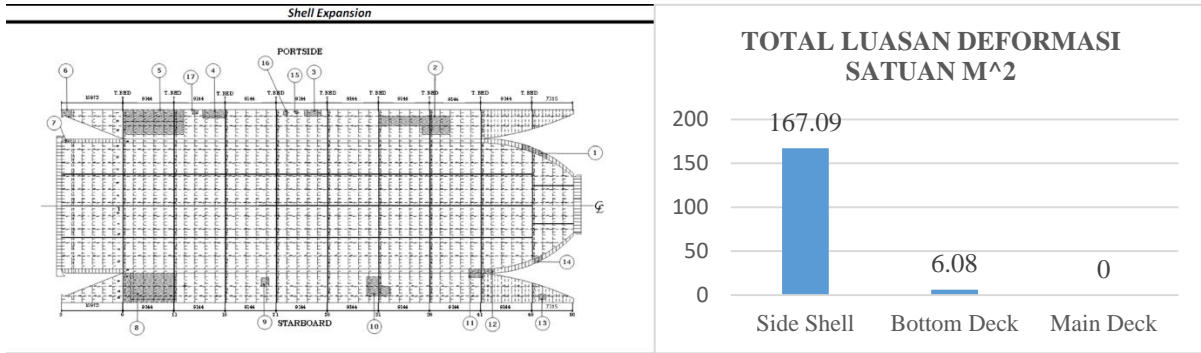
Gambar 2 menunjukkan luasan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan deformasi 6,23 m<sup>2</sup>

### 3.2.3 Marine Power 3040



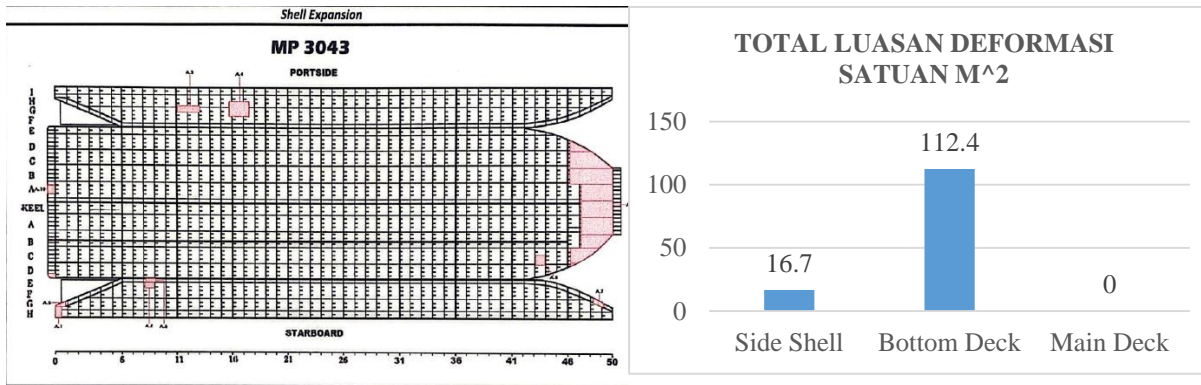
Gambar 3 menunjukkan luasan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan deformasi 9,11 m<sup>2</sup>

### 3.2.4 Marine Power 3041



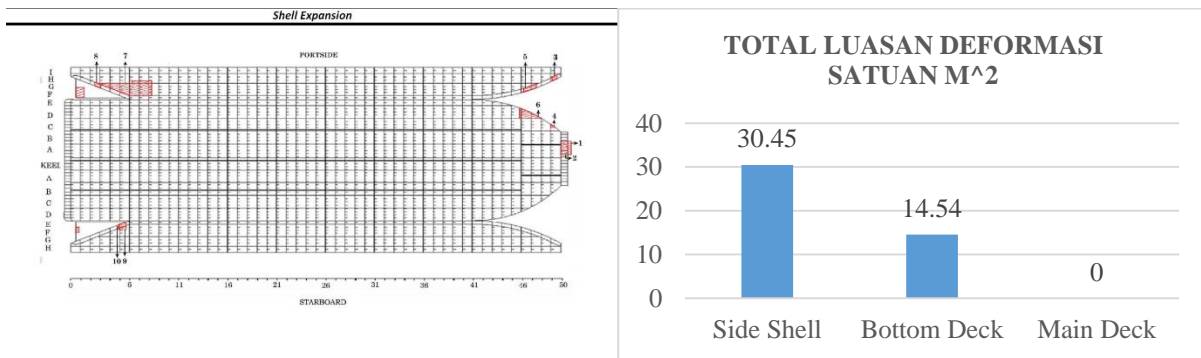
Gambar 4 menunjukkan total luasan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan 167,09 m<sup>2</sup>

### 3.2.5 Marine Power 3043



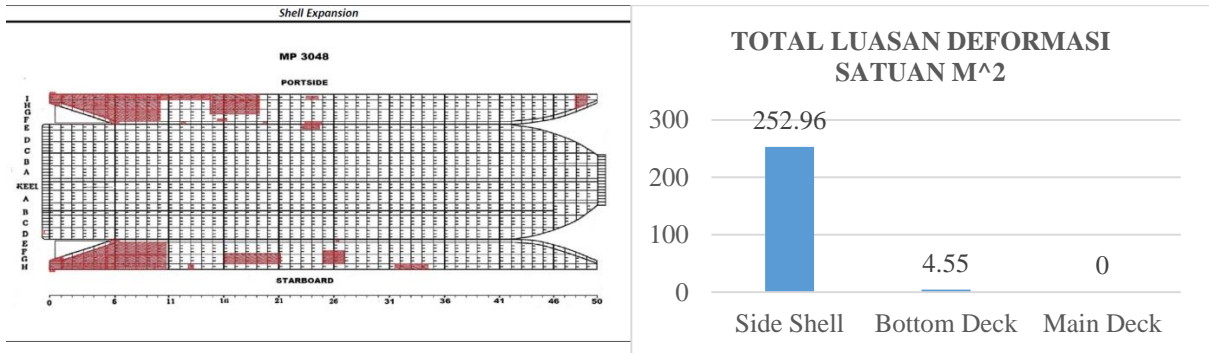
Gambar 5 menunjukkan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian bottom deck dengan total luasan 112,4 m<sup>2</sup>

### 3.2.6 Marine Power 3047



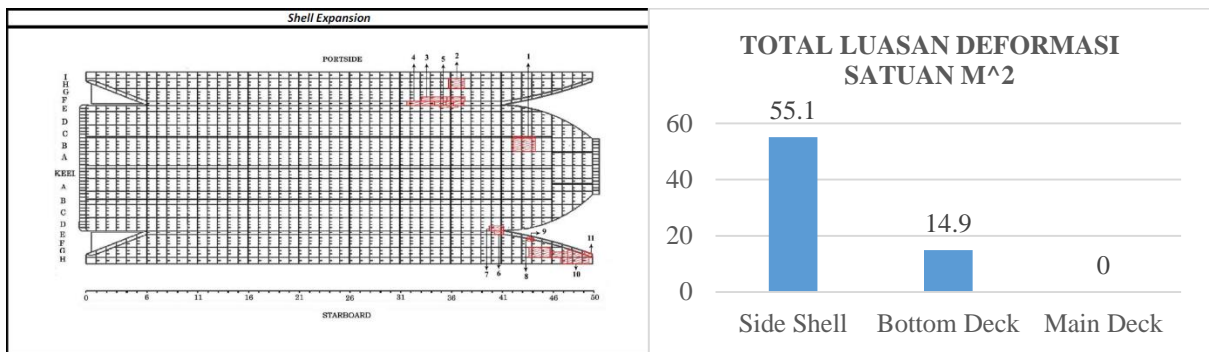
Gambar 6 menunjukkan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan 30,45 m<sup>2</sup>

### 3.2.7 Marine Power 3048



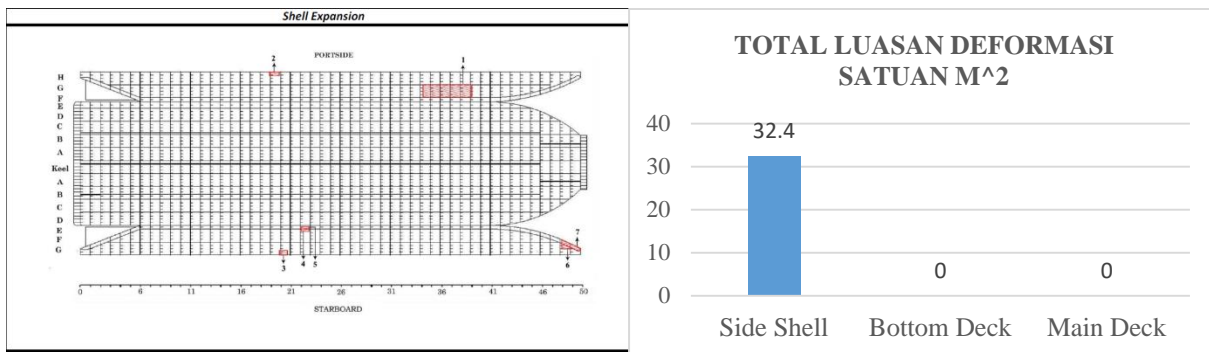
Gambar 7 menunjukkan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan  $252,96m^2$

### 3.2.8 Marine Power 3066



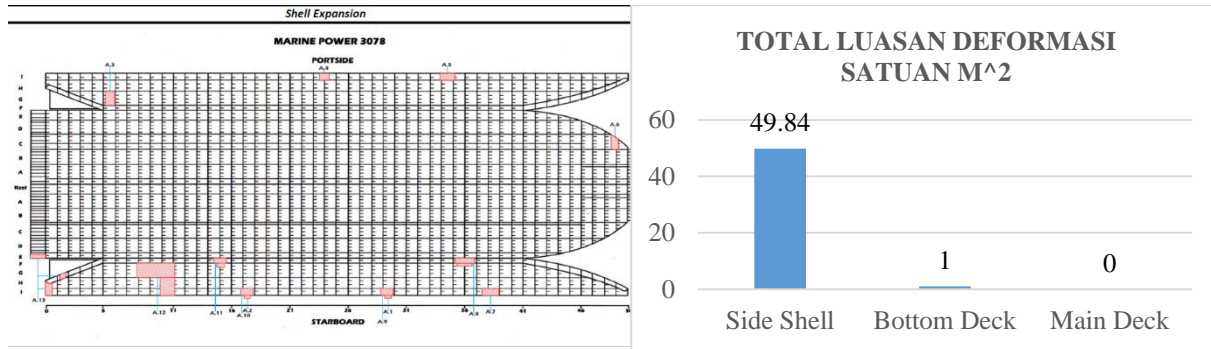
Gambar 8 menunjukkan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan  $55,1m^2$

### 3.2.9 Marine Power 3068



Gambar 9 menunjukkan deformasi paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan  $32,4m^2$

### 3.2.10 Marine Power 3078



Gambar 10 menunjukkan deformasi yang paling banyak terjadi pada bagian side shell dengan total luasan 49,84 m<sup>2</sup>

Tabel 2. Total Luasan defromasi dari 10 kapal

No	Area	Rata-Rata Luasan	Satuan
1	Side Shell	64,166	m <sup>2</sup>
2	Main Deck	20,689	m <sup>2</sup>
3	Bottom Deck	16,868	m <sup>2</sup>

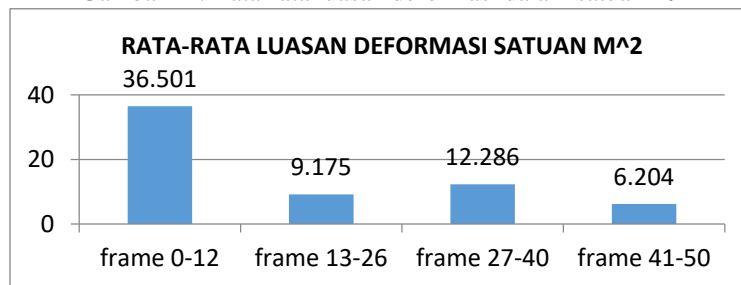
Dari tabel 2 didapatkan total luasan deformasi yang paling sering terjadi adalah pada bagian *side shell* adapun total luasannya 64,166m<sup>2</sup>. Selanjutnya pada tabel 3 menunjukkan hasil dari luasan area *frame* yang deformasi pada bagian *side shell*

Tabel 3. Pengukuran luasan area deformasi pada bagian *Side Shell* dengan satuan m<sup>2</sup>

Area	Pengukuran									
	MP 3026	MP 3039	MP 3040	MP 3041	MP 3043	MP 3047	MP 3048	MP 3066	MP 3068	MP 3078
frame 0-12	14,5	0	3,56	101,27	4,75	27	182,64	0	0	31,29
frame 13-26	2,2	3,98	3,84	13,84	10,48	0	46,9	0	4,35	6,16
frame 27-40	1,92	0	1,71	42,85	0	0	16,25	24,45	22,29	13,39
frame 41-50	2,74	2,25	0	9,13	1,47	3,45	6,59	30,65	5,76	0

Pada gambar 11 menunjukkan hasil data *histogram* daerah yang paling sering terjadi deformasi adalah *frame* 0-12 pada sisi *side shell* dengan rata-rata luasan 36,501m<sup>2</sup>

Gambar 11. Rata-rata luasan deformasi dalam satuan m<sup>2</sup>



### 3.3 Faktor-Faktor Penyebab Deformasi Struktural

Faktor-faktor dari penyebab deformasi ini dapat dilihat melalui hasil wawancara dengan *quality control* yaitu Pak Jimson pada tabel 4

Tabel 4. Pertanyaan factor-faktor penyebab deformasi struktural

Pertanyaan	Jawaban Narasumber
Apa factor utama yang dapat menyebabkan deformasi tongkang?	Pengaruh operasional bongkar muat pada saat di perairan Kalimantan
Apa dampak deformasi pada tongkang terhadap keselamatan kapal dan kargo?	Jika struktur tongkang tidak lagi kuat bisa menyebabkan tenggelam dan bisa merusak barang-barang yang diangkut
Apakah ada tren yang terjadi pada deformasi kapal seperti waktu, lokasi, atau kondisi operasional yang mungkin memengaruhi insiden deformasi?	Ketika terjadinya arus gelombang yang tinggi dan hujan, terbatasnya fasilitas di dermaga daerah pelayaran kalimantan
Sejauh mana perawatan dan pemeliharaan rutin kapal dapat mempengaruhi resiko deformasi pada tongkang?	Dapat mengurangi korosi dimana menjadi potensi deformasi, dan menghindari pendistribusian secara berlebihan namun merata sesuai dengan kapasitas tongkang

Butir-butir pertanyaan dibuat sendiri oleh peneliti dan sudah validasi langsung oleh surveyor

Dari hasil wawancara yaitu pak Jimson selaku *Quality Control* di Bahtera Bahari Shipyard dan Surveyor Pak Andy adapun faktor utama penyebab terjadi deformasi struktural kapal adalah karena pengaruh operasional bongkar muat yang terjadi di Kalimantan, operasional bongkar muat mengungkapkan bahwa pada saat bongkar muat atau operasional yang tidak tepat atau terbatasnya fasilitas dermaga, seperti kapal tunda yang membantu operasional dari samping tongkang sehingga memberi tekanan besar, penggunaan tractor pada saat bongkar muat, dan kandasnya tongkang untuk bongkar muat sehingga membuat munculnya deformasi struktural kapal pada bagian *Sideshell*, *Main Deck*, dan *Bottom Deck*. Temuan ini memberikan pandangan yang jelas tentang hubungan antara saat operasional bongkar muat dan arus yang kuat. Kemudian tekanan hidrologis dan gelombang laut pada perairan di Kalimantan dapat memberikan tekanan tambahan pada kapal tongkang. Gelombang laut, arus, dan muara sungai yang kompleks dapat menyebabkan kapal mengalami beban dinamis yang dapat menyebabkan deformasi struktural. Kapal tongkang seringkali digunakan untuk mengangkut muatan berat, seperti batu bara, kayu dan komoditas lainnya. Beban berlebihan yang terus-menerus dapat menyebabkan tekanan yang signifikan pada struktural kapal. Beban yang tidak merata atau melebihi kapasitas desain juga dapat menjadi factor penyebab utama deformasi. Kemudian kurangnya pemeliharaan dan perawatan yang tepat, dikarenakan ada beberapa owner yang menganggap deformasi struktural yang tidak mengalami kebocoran masi bisa digunakan saat operasional atau memaksakan kapal tongkang tetap beroperasi ketika dalam keadaan deformasi atau penyok, sedangkan pemeliharaan dan perbaikan preventif diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi deformasi sebelum menjadi serius. Dengan meminimalkan waktu berhenti operasional akibat perbaikan atau perawatan, sehingga meningkatkan produktivitas dan kehandalan operasional, juga menjamin keselamatan operasional kapal dan awak dengan mengurangi risiko kecelakaan yang dapat diakibatkan oleh deformasi struktural kapal seperti tongkang patah pada saat operasional atau mengalami kebocoran. Oleh karena itu perlu dilakukan tindakan atau mitigasi untuk mengatasi deformasi struktural agar memenuhi standar kelas yang sudah ditetapkan. Sehingga memiliki tingkat resiko yang tinggi dibandingkan area *Main Deck* maupun *Bottom Deck*. Hal ini memerlukan perhatian dalam merencanakan upaya pencegahan untuk mengurangi deformasi struktural terhadap kapal. Beberapa langkah mitigasi yang dilakukan untuk mengurangi deformasi struktural antara lain dengan melakukan pemeriksaan visual secara rutin dan perawatan ringan secara berkala yang dapat mencegah masalah lebih besar dan memerlukan biaya yang lebih rendah, kemudian pembatasan beban dengan memastikan bahwa kapal tidak melebihi batas beban yang direkomendasikan untuk menghindari deformasi akibat beban berlebihan, dan upaya pencegahan deformasi pada struktural kapal pada bagian *Side Shell* adalah dengan menggunakan bracing sederhana atau tambahan struktural kecil untuk memperkuat area yang rentan tanpa perlu memodifikasi secara signifikan struktur utama.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan secara langsung oleh surveyor BKI dan wawancara terhadap *Quality Control* galangan menunjukkan bahwa bagian yang sering terjadi deformasi struktural kapal pada saat operasional di Kalimantan adalah pada bagian *Side Shell frame* 0-12. Faktor-faktor utama termasuk terbatasnya fasilitas dermaga, beban berlebihan, dan kurangnya pemeliharaan yang tepat secara rutin dan berkala sehingga perlu dilakukan langkah mitigasi termasuk pemeriksaan rutin, pembatasan beban, dan penguatan struktural pada bagian *Side Shell*, dan memastikan kapal memenuhi standar kelas dan meningkatkan kemandirian operasional.

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] Priyanda, R., Santoso, A., & Amiadji, a. (2016). Kajian Teknis Perubahan Kapal Tongkang Menjadi Kapal Container Untuk Mendukung Percepatan Tol Laut.
- [2] Perhubungan, K. (2014, Agustus 6). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim . Jakarta, Indonesia.
- [3] Mathai, A., P, G. J., & Jin, a. M. (2013). Ultimate Torsional Strength Analysis of Container Ship. 512-518.
- [4] Sun, H., & Soares, a. C. (2003). An experimental study of ultimate torsional strength of a ship-type hull girder with a large deck opening. 51-67.
- [5] K, I., T, S., R, M., & A, a. K. (2004). A practical method for torsional assessment of container ship structures. 355-384.
- [6] Deley, C. (2015). Engineering 5003 - Ship Structures I.
- [7] Fadhillah, A. (2023, April 10). *Pengertian Kapal Tongkang, Fungsi, Jenis, dan Gambarnya*. Retrieved from Megah Anugerah Energi: <https://solarindustri.com/blog/apa-itu-kapal-tongkang/>