

## **KEKUATAN PEMASANGAN *PROFILE BOTTOM* SECARA SIMETRIS DAN ASIMETRIS DENGAN METODE ELEMEN HINGGA (STUDI KASUS KAPAL OCEANA CATAMARAN)**

**Vindy Junia<sup>1)</sup>, Nur Yanu Nugroho<sup>2)</sup>, Didik Hardianto<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3)</sup> Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Hang Tuah,  
Jl. Arif Rahman Hakim, No. 150, Surabaya

[Vindy.Junia@hangtuah.ac.id](mailto:Vindy.Junia@hangtuah.ac.id)

**Abstrak:** Kapal katamaran memiliki dua lambung (U dan V) atau badan kapal yang dihubungkan oleh geladak atau *briging platfor*. Pemasangan *bottom profile* pada kapal Oceana Catamaran dilakukan dengan dua cara yaitu, Simetris dan Asimetris. Pemasangan Asimetris merupakan pekerjaan yang dilakukan dengan mengikuti bagian lambung kapal, Sedangkan Simetris dilakukan dengan mengikuti *Frame Spacing*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kekuatan pemasangan *profile Bottom* secara simetris dan asimetris pada Kapal Katamaran. Analisa dilakukan dengan Metode Elemen Hingga (MEH) berbasis *software Autodesk inventor*. Berdasarkan hasil analisa didapatkan sebagai berikut: (1) nilai *von misses stress* model *profile bottom* Asimetris 191,18% dari model *profile bottom* simetris. (2) nilai *Maximum strain* model *profile bottom* asimetris 185,71% dari model *profile bottom* simetris, (3) nilai *displacement* model asimetris 123,35% dari model *profile bottom* simetris. (4) nilai berat model *profile bottom* asimetris 98,53% dari model *profile bottom* simetri.

**Kata kunci:** *Profile Bottom* Simetris, *Profile Bottom* Asimetris, Kapal Katamaran, Metode elemen hingga.

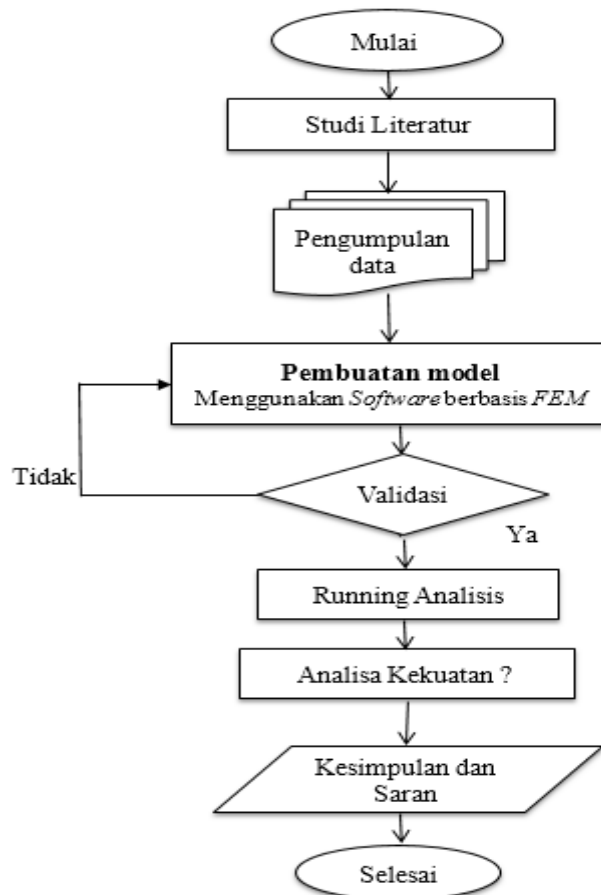
## **PENDAHULUAN**

Kapal jenis katamaran dirancang dengan lambung ganda (Twin Hull) sehingga, kedua lambung tersebut dihubungkan dengan konstruksi geladak yang kuat dan merentang di atasnya untuk menahan momen bending (bending *moment*) dan gaya geser (*shear force*) yang besar dan bekerja terhadap garis tengah (*Center line*) kapal (Chrismianto dkk, 2014). Susunan lambung kapal katamaran terbagi menjadi simetri dan asimetri, untuk itu Perusahaan PT PALINDO MARINE BATAM membuat kapal oceana catamaran dengan menggunakan jenis material aluminium alloy dengan bentuk Lambung *Oceana Catamaran* adalah *Deep U Planning Monohull*. Untuk proses pembangunan kapal dengan pembuatan desain konstruksi *bottom profile* ada dua cara baik secara simetris maupun Asimetris. hal ini dilakukan karena terjadinya perdepatan antara bagian departemen desain dan departemen produksi dalam pengelolaan konstruksi oceana. Dimana Simetris merupakan suatu desain dengan menggunakan penandaan tegak lurus pada saat melakukan pemasangan *bottom profile* sedangkan metode pemasangan *bottom profile* menggunakan spiral atau mengikuti bentuk lambung kapal disebut Asimetris. (Manangsang, 2018). Sehingga didapatkan ide untuk melakukan penelitian terhadap kekuatan dari pemasangan *Profile Bottom* secara simetris dan Asimetris pada kapal katamaran dengan *Autodesk inventor* berbasis *FEM*.

Metode elemen hingga/*Finite Element Method* (FEM) adalah prosedur numerik untuk memperoleh solusi permasalahan yang ditemukan dalam analisa teknik. Metode elemen hingga mengkombinasikan beberapa konsep matematika untuk menghasilkan persamaan sistem linier atau nonlinier (Sonief, 2003). Sedangkan *software Autodesk Inventor* merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya (Ardiansyah, 2018).

## METODE PENELITIAN

Penyusunan penelitian Tugas Akhir ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau flow chart yang dilakukan mulai penelitian hingga selesainya penelitian



**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Penelitian

Pada tahap ini penulis mengidentifikasi masalah dengan melakukan pengumpulan data-data yang didapatkan dari penelitian sebelumnya di PT. PALINDO MARINE BATAM. Data yang dimaksud adalah Ukuran Utama Kapal *Catamaran*, *General Arrangement* (GA), Konstruksi *Double bottom*. Data yang berhasil didapatkan selanjutnya diolah dan dipilih pada bagian konstruksi Bottom Profile. Setelah semua data diperoleh langkah selanjutnya adalah pembuatan model *Bottom Profile* dengan menggunakan *software autodesk inventor*. Pada permodelan Bottom profile dibuat 2 model yaitu model Simetri dan Asimetris. Prosedur simulasi analisa kekuatan konstruksi *double bottom* menggunakan *software* berbasis *FEM* ini akan dilakukan analisa tingkat kekuatan dan tegangan yang optimal dari permodelan diatas dengan me- *running* program menggunakan *software Autodesk Inventor*, proses *running* tersebut berjalan dengan pembacaan proses perhitungan dengan metode *Finite Element Analysis (FEM)*. Setelah model di *running*, maka akan keluar *output* berupa data yang nantinya diolah dalam bentuk dokumen untuk menentukan kekuatan model *profile Bottom* yang paling optimal antara model simetris dan Asimetris. Jika kekuatan model masih belum optimum maka akan kembali mengulang permodelan yang baru namun apabila *profile bottom* sudah merupakan desain yang optimum

## Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

(kekuatan dan tegangan yang dihasilkan memenuhi syarat dan material yang dibutuhkan) maka akan melanjutkan ke tahap selanjutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Kapal

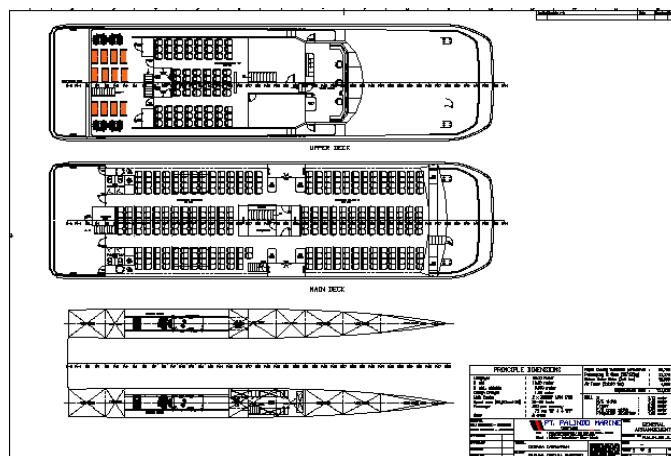
Dalam penelitian ini data kapal yang digunakan sebagai permodelan dan analisa merupakan hasil dari pengamatan data kapal yang sudah jadi. Data yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah *general arrangement* (GA) dan konstruksi double bottom dari kapal oceana katamaran milik PT PALINDO MARINE BATAM. Analisa dilakukan hanya pada kekuatan *profile bottom* kapal guna untuk mengetahui modulus penampang *profile bottom* secara simetris dan asimetris. Data ukuran utama kapal katamaran dari PT PALINDO MARINE BATAM adalah sebagai berikut :

**Tabel 1.** Data ukuran utama kapal *oceana catamaran*

Material hull	high tensile steel	
Superstrucuter	Almunium Marine Grade	
Loa	38,00	meter
B.mld	10,40	meter
H.mld midship	3,650	meter
Draught	1,50	meter
Speedmax	32-35	knots
Displacement total	134,025	Ton
crew	8	orang
pessanger	340 pax economy 72 pax VIP + 4 VVIP	

### Rencana umum dan Konstruksi

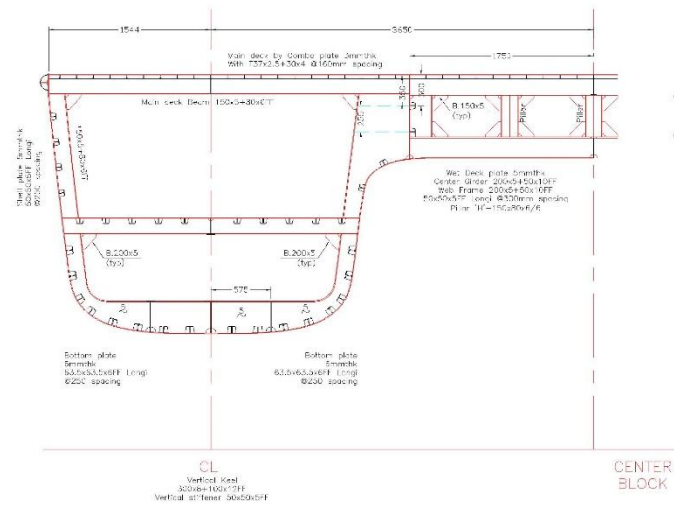
Berikut data rencana umum kapal *oceana catamaran* yang di ambil untuk dilakukan analisa adalah pada bagian *double bottom* daerah AP.



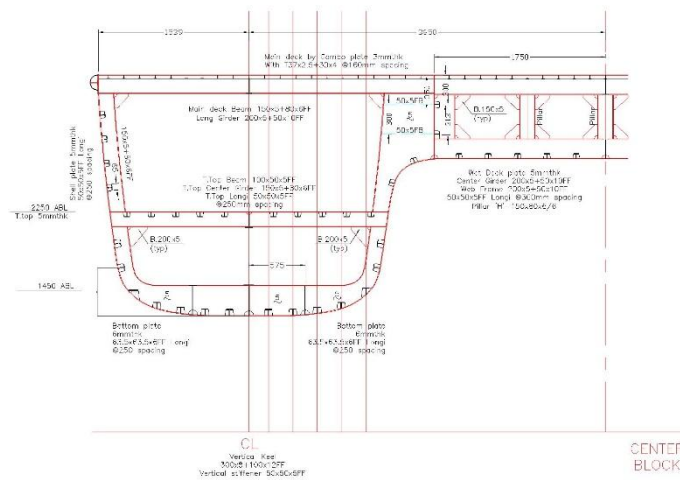
**Gambar 2.** General arrangement kapal *oceana catamaran*

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



**Gambar 3.** Kontruksi profile bottom secara asimetris



**Gambar 4.** Kontruksi profile bottom secara simetris

### Perkiraan Beban

Berdasarkan *BKI 2006 Vol. II Sec. 4 B.2.1.1* beban (*load*) sisi kapal di bawah garis air yang akan diinputkan pada model *double bottom* diasumsikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_s &= 10 (T - z) + P_0 \cdot C_F \left( 1 + \frac{z}{T} \right) [\text{KN/m}^2] \\
 P_s &= 10 (T - z) + P_0 \cdot C_F \left( 1 + \frac{z}{T} \right) [\text{KN/m}^2] \\
 &= 10 (1,50 - 1,124) + 6,35 \times 2,14 \left( 1 + \frac{1,124}{1,50} \right) = 27,53 [\text{KN/m}^2]
 \end{aligned}$$

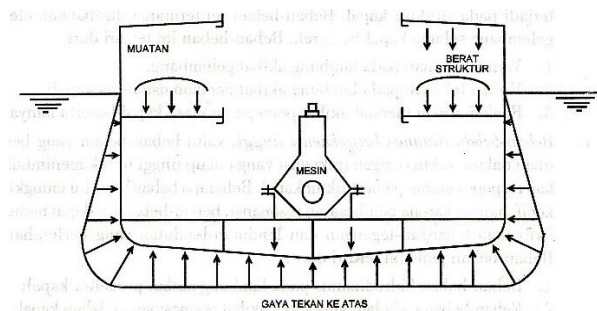
Dimana :

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \text{beban luar dasar dinamis} \\
 P_0 &= 2,1 \times (C_b + 0,7) \times C_o \times C_L \times f \times C_{RW} [\text{KN/m}^2] \\
 &= 2,1 \times (0,22 + 0,7) \times 5,62 \times 0,65 \times 1 \times 0,9 \\
 &= 6,35 [\text{KN/m}^2] \\
 C_b &= \text{coefisien block } 0,22
 \end{aligned}$$

## Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

$$\begin{aligned}
 C_0 &= \text{koefisien gelombang} \\
 &= \frac{L}{25} + 4,1 \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m} \\
 &= \frac{38}{25} + 4,1 = 5,62 \\
 C_F &= 1 + \frac{5}{CB} \left( 0,2 - \frac{X}{L} \right) \quad \text{untuk buritan} \\
 &= 1 + \frac{5}{0,22} (0,2 - 0,1) = 2,14 \\
 C_L &= \sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m} \\
 &= \sqrt{\frac{38}{90}} = 0,65 \\
 C_{RW} &= 0,9 \text{ untuk pelayaran nasional} \\
 Z &= \text{jarak vertical pusat beban ke } base \text{ line} \\
 &= 1,124 \text{ m} \\
 F &= \text{factor peluang}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Distribusi pembebanan

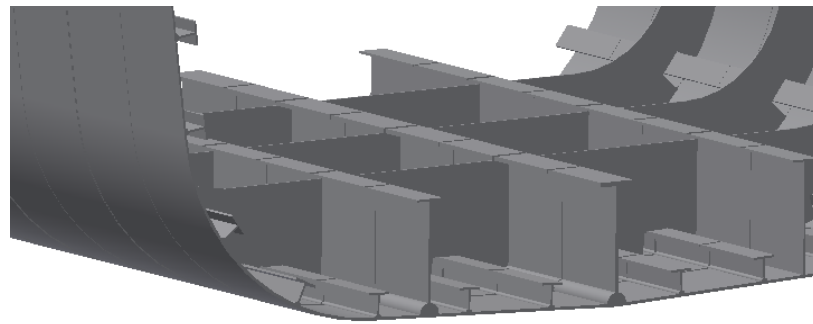
## Permodelan Struktur

Dalam pembuatan model simetris dan asimetris pada *software autodesk inventor* menggunakan ukuran dan dimensi sesuai dengan *double bottom* yang sesungguhnya. Selain itu, material dan properti dari elemen ditentukan sesuai dengan desain profil bottom secara simetris dan asimetris yang sebenarnya. Pembuatan model dimulai dengan mendefinisikan geometri untuk tiap elemen yang akan dibuat sesuai dengan bentuk, ukuran dan jenis property Geometri model dibuat menjadi sebuah system yang saling terhubung hingga menjadi kesatuan pada sistem *double bottom*. Setelah model selesai dibuat, proses selanjutnya adalah penentuan jenis material sesuai dengan material sebenarnya. Pada *Autodesk inventor* dapat menggunakan material *editor* untuk membuat custom properti material agar sesuai dengan kebutuhan material yang spesifik. Permodelan struktur menggunakan material Aluminium.

Tabel 2. Spesifikasi Material

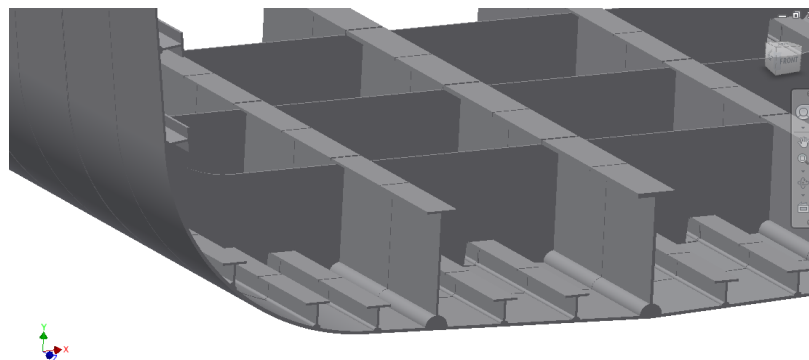
Name	Aluminum	
General	Mass Density	2.7 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	275 MPa
	Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Stress	Young's Modulus	68.9 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	25.902 GPa

Dimana pemasangan Asimetris merupakan pekerjaan yang dilakukan dengan mengikuti bagian lambung kapal



**Gambar. 6.** Model *Profile Bottom* Asimetris

Simetris merupakan suatu desain dengan menggunakan penandaan tegak lurus pada saat melakukan pemasangan bottom profile.



**Gambar. 7.** Model *Profile Bottom* Simetris

### ***Analisa Hasil Simulasi Model***

Hasil dari serangkaian analisa yang didapatkan adalah untuk mengetahui nilai *maximum stress safety factor displacement*, dan *maximum strain* dari konstruksi *double bottom* tersebut. Besarnya tegangan dari konstruksi bottom profile tersebut akan digunakan untuk acuan parameter dari sebuah desain konstruksi. Dari hasil running pada model keluarlah hasil result summary yang nantinya kedua konstruksi akan dibandingkan dengan regulasi tegangan ijin oleh BKI.

**Tabel 3.** *Result summary* model konstruksi *profile bottom* simetris

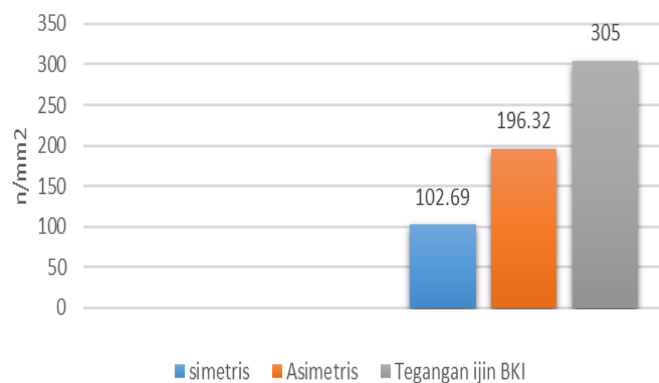
<i>Name</i>	Minimum	Maximum
<i>Mass</i>	0,475 ton	
<i>Von Misses Stress</i>	3,39 x 10 <sup>-8</sup> MPa	102,69 MPa
<i>Dislacement</i>	0 mm	2,27 x 10 <sup>-1</sup> mm
<i>Safety Factor</i>	2,68	15
<i>Equivalent Strain</i>	5,2 x 10 <sup>-13</sup>	1,4 x 10 <sup>-3</sup>

**Tabel 4.** Result summary model kontruksi *profile bottom* Asimetris

Name	Minimum	Maximum
Mass	0,468 ton	
Von Misses Stress	$1,9 \times 10^{-8}$ MPa	196,32 MPa
Dislacement	0 mm	$2,8 \times 10^{-1}$ mm
Safety Factor	1,4	15
Equivalent Strain	$2,5 \times 10^{-13}$	$2,6 \times 10^{-3}$

- Tegangan

Besarnya nilai kekuatan bisa dilihat dari faktor keamanan (*factor of safety*) dimana syarat faktor keamanan harus lebih dari 1 atau tegangan maksimum lebih kecil dari tegangan ijin. Nilai tegangan ijin yang sesuai dengan peraturan BKI Vol.II Sec.5D.1.2 yaitu 305 MPa. Berikut adalah tabel perbandingan dan gambar analisa tegangan pada model kontruksi *profile bottom* simetri dengan model *profile bottom* asimetris.

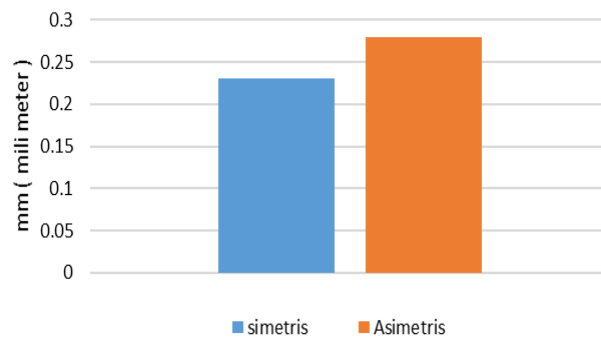
**Gambar 8.** Grafik perbandingan nilai tegangan**Tabel 5.** Perbandingan nilai tegangan

Result Summary	Simetris	Asimetris	Tegangan Ijin Bki	Ket
Von misses stress	102,69 n/mm <sup>2</sup>	196,32 n/mm <sup>2</sup>	$\leq 305$ n/mm <sup>2</sup>	memenuhi

Dari gambar 8. diketahui bahwa kedua kontruksi memiliki kekuatan yang cukup atau tidak melebihi tegangan yang diijinkan oleh BKI, namun nilai tegangan maksimum dari *profile bottom* asimetris 191,18% dari *profile bottom* simetris.

- Displacement

Berikut adalah grafik perbandingan analisa *displacement* pada model kontruksi *profile bottom* secara simetris dan asimetris

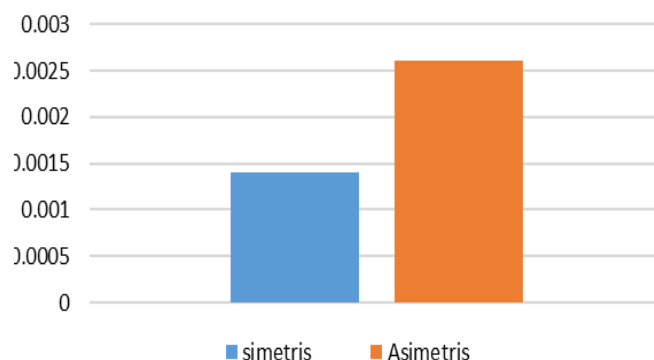


**Gambar. 9.** Grafik Perbandingan *Displacement*

Model konstruksi profile bottom secara simetris memiliki displacement 0,2265 mm atau  $2,27 \times 10^{-1}$  mm dan model konstruksi *profile bottom* asimetris memiliki *displacement* sebesar 0,2803 mm atau  $2,8 \times 10^{-1}$  mm. Pada gambar 9. diketahui bahwa nilai model *displacement* asimetris 123,35% dari model *profile bottom* simetris.

- *Regangan (Strain)*

Regangan (*strain*) adalah bagian dari deformasi, yang dideskripsikan sebagai perubahan relative dari partikel-partikel didalam benda yang bukan merupakan benda kaku. Berikut grafik perbandingan analisa regangan pada model *profile bottom* simetris dengan model *profile bottom* asimetris.



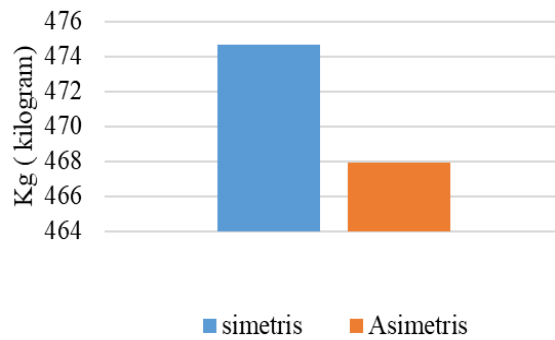
**Gambar. 10.** Grafik Perbandingan Regangan

Model konstruksi profile bottom Asimetri memiliki nilai reganga sebsar 0.0026187 atau  $2,6 \times 10^{-3}$  dan model konstruksi profile bottom simetris memiliki regangan sebesar 0,00136957 atau  $1,4 \times 10^{-3}$ . Pada gambar 10. diketahui bahwa niali regangan model asimetris 185,71% dari model profile bottom simetris.

- Berat konstruksi

Berikut adalah grafik perbandingan analisa berat pada model konstruksi *profile bottom* simetris dengan model konstruksi *profile bottom* asimetris.





**Gambar 11.** Grafik Perbandingan Berat Kontruksi

Model kontruksi *profile bottom* simetris memiliki berat 474,644 Kg atau 0,475 ton dan model kontruksi *profile bottom* asimetris memiliki berat 467,915 Kg atau 0,468 ton. Pada gambar 11. diketahui bahwa nilai model *profile bottom* asimetris 98,53% dari model *profile bottom* simetris. Hal ini akan berpengaruh pada berat kontruksi kapal atau LWL. Penerapan *profile bottom* asimetris pada kontruksi kapal diharapkan mampu mengurangi dari berat kontruksi guna menekan jumlah kebutuhan material yang berpengaruh terhadap biaya material. Dimana untuk ukuran material terdapat pada tabel.6 sebagai berikut :

**Tabel 6.** Ukuran material

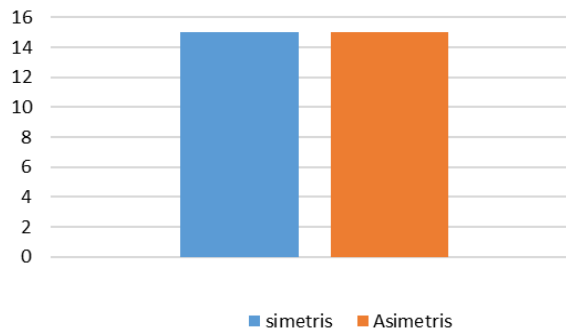
Name	Ukuran
Bottom plate	6 mm
Profile bottom longi	63,5 x 63,5 x 6FF
Center girder	200 x 5 + 50 x 10FF
Bottom side girder	6 +80 x 6 FF
T. top center girder	150 x 5 + 80 x 6FF
T. top longi	50 x 50 x 5FF

- *Safety factor*

Faktor keamanan atau *factor of safety* (FOS) adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan. Permasalahan ini sudah menjadi subjek penelitian dan telah banyak dibicarakan dikalangan insinyur sipil, khususnya dibidang rekayasa struktur. Faktor keamanan elemen dan sistem struktur sangan tergantung pada ketahanan struktur dan beban yang bekerja. Berikut adalah grafik perbandingan analisa *safety factor* pada model *profile bottom* simetris dengan model *profile bottom* asimetris.

## Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



**Gambar 12.** Grafik Perbandingan *safety factor*

Dari gambar 12. diketahui bahwa kedua konstruksi memiliki nilai *safety factor* yang sama yaitu 15.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi analisa kekuatan model konstruksi *profile bottom* secara simetris dan model asimetris. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan konstruksi *profile bottom* secara Asimetris lebih kuat dan lebih optimal dengan berat lebih ringan dibandingkan dengan konstruksi *profile bottom* secara simetris.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardinsyah, F. 2018. Penggunaan Corrugated plate Sebagai Alternatif Pelat Berpengar pada Dinding Rumah Geladak Kapal (Studi kasus Kapal Perintis 1200 GT). *Skripsi*, Universitas Hang Tuah, Surabaya.
- BKI, 2006. Peraturan Klasifikasi dan konstruksi kapal laut baja. Vol. 2 Sec. 4-5
- Chrismianto, Arswendo A, Sobirin, 2014. Pengaruh Variasi Bentuk Hull Kapal Catamaran Terhadap Besar Hambatan Total Menggunakan CFD. *Jurnal kapal*. vol. 11, No. 2, hal 99
- Manansang, D.2018. Perbedaan Waktu Proses Produksi Peletakan Bottom Profile Secara Asimetris dan Simetris. *Skripsi*, Universitas Hang Tuah, Surabaya.
- Norman Yasser Arrazi, Imam Pujo Mulyatno, Wilma Amiruddin, 2015. Analisa Kekuatan Struktur pada Sambungan Deck dengan Lambung Bagian dalam Pada KMP. Catamaran dengan bahan Aluminium Alloy Akibat Pengaruh Gerak Heave Pitch dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*. Vol. 3. No. 1, pp. 92-101
- Sonief, A.As'ad.2003. "Diktat Metode Elemen Hingga". Malang: Universitas Brawijaya.