



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Kekuatan Penggunaan *Sandwich Plate System* (SPS) pada Konstruksi *Helicopter Deck* Kapal *Landing Ship Tank* (LST) 7000 DWT

Muhamad Yamin Soamole¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Untung Budiarto¹⁾

¹⁾Laboratorium Konstruksi

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*¹⁾e-mail : yamin.soamole@gmail.com, ahmadfzakki@gmail.com, budiartountung@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan perkembangan industri teknologi melalui inovasi riset membuat perkembangan material mengalami perkembangan yang pesat. Dengan berkembangnya teknologi material menimbulkan variasi material yang dapat di aplikasikan pada konstruksi kapal yang memiliki karakteristik yang dapat memberikan keuntungan yang dapat dikembangkan. Material yang memiliki keuntungan salah satunya adalah hadirnya penggunaan material SPS (*Sandwich Plate System*) jenis material dalam bentuk komposit lapisan. Telah banyak digunakan pada berbagai bidang konstruksi selain dikapal ternyata material SPS (*Sandwich Plate System*) telah terlebih dahulu digunakan pada konstruksi gedung dan jembatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut mengenai penggunaan sandwich pada konstruksi *helicopter deck* sehingga dapat diketahui perbandingan berat dan tegangan maksimum dapat memenuhi standar atau *safety factor* dari rules ada. Permodelan dan analisa menggunakan software permodelan, software berbasis *finite element analysis* untuk mengetahui besaran respons struktur berupa nilai tegangan. Hasil analisa pada penelitian ini memenuhi batas maksimum tegangan rules LR (tegangan $\max < 175$ Mpa), Tegangan maksimum terbesar beban statis terjadi pada konstruksi *helicopter deck* menggunakan sandwich sebesar 13,3 Mpa, dengan deformasi terbesar terjadi pada konstruksi *helicopter deck* menggunakan sandwich sebesar 3,24 mm serta tegangan maksimum terbesar beban dinamis terjadi pada konstruksi *helicopter deck* menggunakan sandwich sebesar 40,6 Mpa pada ketinggian 300mm dengan deformasi terbesar terjadi pada konstruksi *helicopter deck* menggunakan sandwich sebesar 6,77 mm dan akibat penggunaan sandwich plate system dapat menurunkan berat konstruksi sebesar 6% untuk keseluruhan konstruksi

Kata Kunci : *Sandwich Plate System*, *Helicopter Deck*, Berat Konstruksi, Tegangan

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan industri teknologi melalui inovasi riset membuat perkembangan material mengalami perkembangan yang pesat. Dengan berkembangnya teknologi material menimbulkan variasi material yang dapat di aplikasikan pada konstruksi kapal yang memiliki karakteristik yang dapat memberikan keuntungan yang dapat dikembangkan.

Material yang memiliki keuntungan salah satunya adalah hadirnya penggunaan material SPS (*Sandwich Plate System*) jenis material dalam bentuk komposit lapisan. Telah banyak digunakan pada berbagai bidang konstruksi selain dikapal ternyata material SPS (*Sandwich Plate System*)

telah terlebih dahulu digunakan pada konstruksi gedung dan jembatan.

Pada konstruksi kapal keuntungan penggunaan *Sandwich Plate System* dapat mengurangi berat konstruksi [1]. *Intelligent Engineering* selaku pemegang hak paten *Sandwich Plate System* (SPS) telah melakukan pengujian karakteristik untuk konstruksi kapal dan konstruksi bangunan, yang menghasilkan nilai-nilai material properties dari keunggulan *Sandwich Plate System* ini [2].

Pada konstruksi *helicopter deck* sendiri dalam perancangannya pada penelitian [3] harus menghindari *elastic deformation* yang berlebihan yang dapat mengakibatkan perubahan bentuk geometri akibat dari beban yang diterima, bagian-bagian tersebut haruslah diukur dengan tepat untuk

dapat gaya-gaya yang sesungguhnya. Pada analisa kekuatan *helicopter deck* menggunakan sistem plate konvensional atau baja pada kapal 7000 DWT [4] menyatakan bahwa penelitian tersebut memenuhi *safety factor* sesuai dengan *lloyd's register* sebesar 175 N/mm^2 . Penelitian tersebut dilakukan untuk memverifikasi kekuatan struktur *helicopter deck* untuk mengidentifikasi segala bahaya dengan menggunakan sistem *plate* konvensional atau baja. Hasil dari penelitian [5] keselamatan dan keunggulan produksi pada SPS yang diterapkan pada struktur *double hull* kapal tanker menyatakan perbandingan berat penggunaan SPS jauh lebih ringan dari penggunaan material baja konvensional.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut mengenai penggunaan *sandwich plate system* (SPS) pada konstruksi *helicopter deck* sehingga dapat diketahui perbandingan berat dan tegangan maksimum dapat memenuhi standar atau *safety factor* dari rules 175 N/mm^2

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Landing Ship Tank adalah dikenal oleh para penggunanya sebagai "target lambat besar", "target lambat panjang" salah satu kapal yang lebih dikenal di Perang Dunia II sebagai kapal amfibi. itu adalah kapal terbesar yang mampu membawa muatan langsung ke darat [6]. *Landing Ship Tank* adalah kapal angkatan laut yang dirancang khusus untuk mengangkut dan menyebarkan pasukan, kendaraan, dan perlengkapan ke pantai asing untuk melakukan operasi militer ofensif



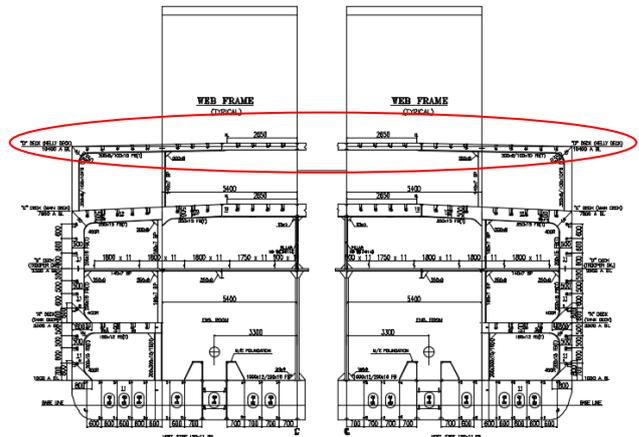
Gambar 1 LST KRI Teluk Bintuni 7000 DWT

Length (OA) : 120 meter
 Length (P.P) : 111,89 meter
 Breadth : 18 meter
 Depth : 7,8 meter
 Draught : 3 meter
 Cb : 16

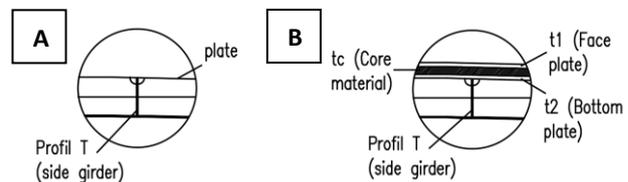
2.1.1. Helicopter Deck

Helicopter deck adalah *heliport* yang terletak di fasilitas tetap atau mengambang lepas pantai/kapal seperti unit eksplorasi dan / atau

produksi yang digunakan untuk eksploitasi minyak atau gas. *Heliport* adalah tempat pendaratan dan lepas landas *helicopter* didaratan di ajungan lepas pantai/kapal dan *shipboard* [7]



Gambar 2 Konstruksi *helicopter deck* LST KRI Teluk Bintuni 7000 DWT



Gambar 3 Detail konstruksi dengan material baja konvensional (A) dan material SPS (B)

2.2. Tegangan

Tegangan dapat menunjukkan kekuatan dari gaya yang menyebabkan suatu perubahan bentuk, tegangan bisa didefinisikan dari perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda. [8]

Secara matematis dapat dituliskan:

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

dimana :

σ = Tegangan (Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (m^2)

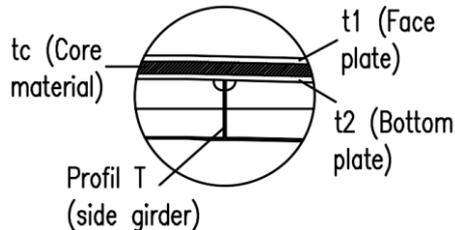
2.3. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk menyelesaikan masalah teknik dan fisika matematika. Masalah khas bidang minat dalam bidang teknik dan matematika fisika yang dapat dipecahkan dengan menggunakan metode elemen hingga meliputi struktur analisis, perpindahan panas, aliran fluida, perpindahan massa, dan elektromagnetik. Untuk permasalahan kompleks dari geometri pembebanan dan sifat material, umumnya susah untuk menyelesaikan secara matematis. Penyelesaian matematis adalah menggunakan persamaan matematis yang menghasilkan persamaan untuk mendapatkan

penyelesaian dari nilai yang tidak diketahui disetiap lokasi bagian objek.[9]

2.4. Sandwich Plate System

SPS adalah bahan komposit struktural yang terdiri dari dua pelat logam yang diikat dengan inti elastomer. Inti elastomer dikembangkan bersama dengan BASF, yang memasok semua bahan inti. Disetujui oleh otoritas pengatur utama, SPS digunakan dalam berbagai aplikasi sipil, maritim, dan khusus termasuk lantai struktural, teras stadion, dek jembatan dan perbaikan struktur maritim dan lepas pantai.



Gambar 4 Sandwich Plate System (SPS) Material

Untuk mengetahui kekuatan daripada material sandwich ini, telah dilakukan beberapa penelitian dan pengujian dari material sandwich, diantaranya:

1. Pengujian ketahanan fatigue (S-N curves) pada ikatan antar bidang pelat dan sambungan las untuk penggabungan antara setiap panel SPS.
2. Ketahanan pada air laut dan ketahanan kimia pada elastomer harus dapat bertahan selama proses pengoperasian material.
3. Ketahanan terhadap getaran dan peredaman terhadap kebisingan. SPS memberikan ketahanan yang jauh lebih baik dari penggunaan baja.
4. Ketahanan terhadap balistik, diuji dengan dimensi peluru 7,62 mm, hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa kurva balistik untuk SPS berada di bawah dari baja, yang menandakan SPS lebih tahan terhadap ketahanan balistik dibanding dengan material baja.

SPS juga cocok untuk kapal tanker lambung ganda, SPS digunakan untuk membangun lambung bagian dalam dan lambung bagian luar, bagian dalam berisi muatan kapal, inti elastomer dapat mengisolasi kulit lambung dari keretakan jika terjadi impact Material SPS menjadi alternatif yang menarik, karena ringan, mudah dalam fabrikasi, SPS dapat mengurangi pengelasan. SPS baik dalam merespon getaran dan memiliki karakteristik sifat peredam yang baik [10]

2.5. Material Syntheticresin.

Syntheticresin adalah suatu campuran bahan non metalik buatan biasanya dari senyawa organik, yang dapat dibentuk menjadi berbagai macam

bentuk kebutuhan komersial. Banyak produk benda yang dihasilkan dari penggunaan resin yang dikombinasikan dengan material lain. Keberadaanya yang mudah untuk didapatkan dan familiarnya resin dalam berbagai industri, menjadikan resin sebagai pilihan material yang banyak digunakan [11].

Syntheticresin yang digunakan *core* material penelitian ini adalah *Syntheticresin* dengan komposisi penyusun 50% Resin + 50% Talc + 0,3% Katalis yang telah dilakukan pengujian eksperimen sesuai dengan standarisasi pengujian yang ditetapkan oleh *Llyod's Register* dalam penentuan *core* material. Nilai dari material properties *core* material *Syntheticresin* dari uji eksperimen yang telah digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengujian *Core Material Syntheticresin*

<i>Mechanical properties syntheticresin at Room temperature</i>	
<i>Force yield</i>	2.140,63 Newton
<i>Yield strength</i>	8,84556 Mpa
<i>Force max</i>	5.989,38 Newton
<i>Tensile strength</i>	24,7495 Mpa
<i>Tensile modulus</i>	546,95 Mpa
<i>Elastisity modulus</i>	2792,06 Mpa
<i>Shear modulus</i>	1396,03 Mpa
<i>Density</i>	1.728 Kg/m ³

2.6. Ketentuan Tebal Sandwich Panel

Ketebalan *faceplate* atas dan bawah (*t1* dan *t2*), dimana *faceplate* ini merupakan baja. Ketebalan dari lapisan inti juga atau *core* material (*tc*) harus ditentukan berdasarkan peraturan dari *Llyod's Register*. Untuk ketebalan lapisan inti (*core* thickness) tidak boleh dibawah *tc* = 15 mm.

$$t1 = 0,3 (tRule - taR) + ta1 \quad (2)$$

$$t2 = 0,3 (tRule - taR) + ta2 \quad (3)$$

Dimana :

taR : ketebalan aturan (mm)

ta1 : ketebalan untuk lapisan atas pada *faceplate* (mm)

ta2 : ketebalan untuk lapisan bawah pada *faceplate* (mm)

tRule: ketebalan awal (mm)

Panel *sandwich* baja harus dimensinya disesuaikan dengan indeks kekuatan (*R*) yang bisa dilihat pada persamaan 4. Untuk memastikan bahwa panel *sandwich* baja setara kekuatannya dengan konstruksi baja konvensional [12].

$$R = 0,01A_R 0,1 \left[\frac{b^2}{d(t1+t2)} + 11,7 \left(\frac{btc}{b^2} \right)^{1,3} \right] kPe \quad (4)$$

dimana :

A_R = Area

Peq,R = 0,0017 (*Zrule*/12) ,(MPa)

l = panjang panel (m)

Zrule = ekivalen modulus penampang (cm³)
 tc = pilihan ketebalan lapisan inti, (mm)
 a = panjang panel pada tepi terpanjang (mm)
 b = lebar panel pada tepi terpendek, (mm)
 d = tc + (t1 + t2) / 2 (mm)
 t1 = ketebalan panel lapisan atas (mm)
 t2 = ketebalan panel lapisan bawah (mm)
 k = faktor kekuatan baja.
 R = nilai indeks ketebalan core material
 hasil nilai indeks R pada persamaan 4 harus R ≤ 1
 sesuai dengan peraturan *Lloyd's Register*

2.7. Pendefinisian Material

Tahap ini jenis material yang dipakai adalah baja grade A yang mempunyai nilai.

Modulus Elasticity = 2,1 x 10¹¹ N/m²

Shear Modulus = 8 x 10¹⁰ N/m²

Poisson Ratio = 0,3

Density = 7850 kg/m³

Sedangkan untuk core yang dipakai yaitu *Core Material Syntheticresin* yang mempunyai nilai

Modulus Elasticity = 2,792 x 10⁹ N/m²

Shear Modulus = 1,396 x 10⁹ N/m²

Poisson Ratio = 0,001

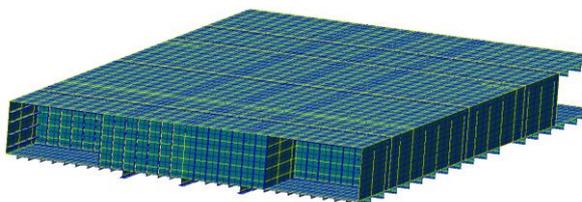
Density = 1728 kg/m³

Dari perhitungan ketebalan materila *sandwich* didapatkan penggunaan *sandwich* untuk menggantikan baja pada alas dalam yaitu (4-20-3). Untuk t1 = 4 mm, tc = 20 mm, t2 = 3 mm.

2.8. Pemodelan

Langkah pertama dalam pemodelan adalah pembuatan geometri. *Geometry* dimulai dengan peletakan *point-point* bentukan lambung kapal, dan setelah itu dihubungkan sehingga menjadi kurva.

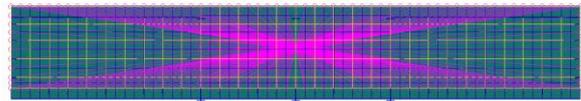
Setelah tahap geometri selesai, maka selanjutnya adalah tahap penentuan tebal plat dan pemasangan profil.



Gambar 5 Model Kapal Setelah Dilakukan Pemasangan Profil dan *Meshing*

Langkah selanjutnya adalah pengaplikasian rancang beban yang terjadi di geladak, MPC, dan boundary condition, dimana pada penelitian ini *boundary condition* terletak pada ujung-ujung model. Untuk analisa linier statis, langkah selanjutnya adalah menetapkan kondisi batas/*boundary conditions* dari model itu sendiri

ketika dilakukan analisa dengan mengasumsikan benda atau model diberi beban baik internal ataupun eksternal yang mana benda dalam keadaan diam .



Gambar 6 Model Setelah Ditambah Momen, MPC dan *Boundary Condition*

2.9. Perhitungan Pembebanan.

Pembebanan pada kapal di kapal ini terdiri dari tekanan angin dan tekanan dari beban muat itu sendiri yaitu *helicopter*.

a). Tekanan Angin

Merupakan beban eksternal yang diterima akibat adanya tekanan dari angin. Perhitungan tekanan angin dapat menggunakan formulasi

$$F = 0,5 \rho C A V \quad (5)$$

dimana

ρ = Massa jenis Udara 1,2 kg/m³

g = Percepatan Gravitasi 9,8 m/s²

C = koefisien benda 1,5

V = Kecepatan angin

A = Area

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan 5 tekanan daapat diskema kan pada model.



Gambar 7 Skema Tekanan Angin

b). Tekanan Muatan

Tekanan muat diasumsikan mengacu pada pedoman U.S *Departement of Transportation*, pada tiap bagian *landing gear helicopter* untuk bagian depan (*nose wheel*) diasumsikan 25% dari total beban yang dimiliki, sedangkan bagian belakang (*main wheel*) sebesar 75% dari total beban yang dimiliki. perhitungan tekanan muatan dapat menggunakan formulasi :

$$P_1 = F 25\% / A \quad (6)$$

$$P_2 = F 75\% / A \quad (7)$$

Dimana:

P₁ = Tekanan pada nosewheel (MPa)

P₂ = Tekanan pada mainwheel (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luasan yang ditumpu (mm²)

1. Beban Statis

Tabel 2 Hasil Perhitungan Tekanan Muatan

<i>Helicopte r</i>	Berat <i>Helicopt er</i> (kg)	P ₁ (<i>Nose wheel</i>) N/mm ²	P ₂ (<i>Main wheel</i>) N/mm ²

Airbus 565 MBE	4500	0,0306	0,1226
Airbus H225M	11000	0,0499	0,1498

2. Beban dinamis (*landing impact*)

a) *Helicopter* Airbus 565MBE

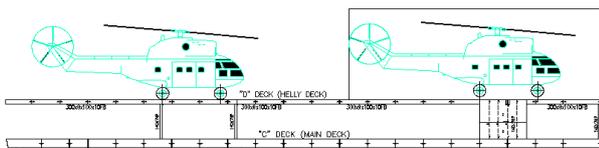
Tabel 3 Hasil Perhitungan Tekanan Muatan

Material Konstruksi	H (mm)	P ₁ (Nose wheel) N/mm ²	P ₂ (Main wheel) N/mm ²
Baja Grade A	150	0,0817	0,3269
	200	0,0944	0,3775
	250	0,1055	0,4221
	300	0,1156	0,4623
Sandwich Plate System	150	0,0602	0,2410
	200	0,0695	0,2782
	250	0,0778	0,3111
	300	0,0852	0,3408

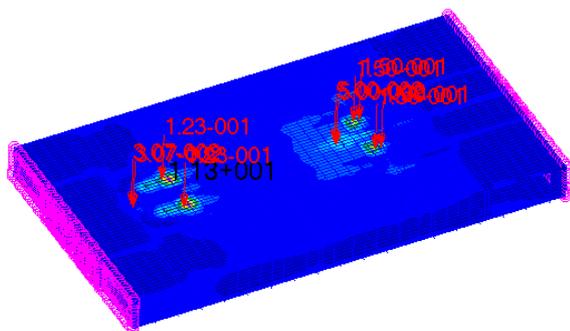
b) *Helicopter* Airbus H225M

Tabel 4 Hasil Perhitungan Tekanan Muatan

Material Konstruksi	H (mm)	P ₁ (Nose wheel) N/mm ²	P ₂ (Main wheel) N/mm ²
Baja Grade A	150	0,2082	0,6247
	200	0,2405	0,7213
	250	0,2688	0,8065
	300	0,2945	0,8835
Sandwich Plate System	150	0,1534	0,4604
	200	0,1772	0,5316
	250	0,1981	0,5944
	300	0,2170	0,6512



Gambar 8 Skema pembebanan pada konstruksi *helicopter deck*

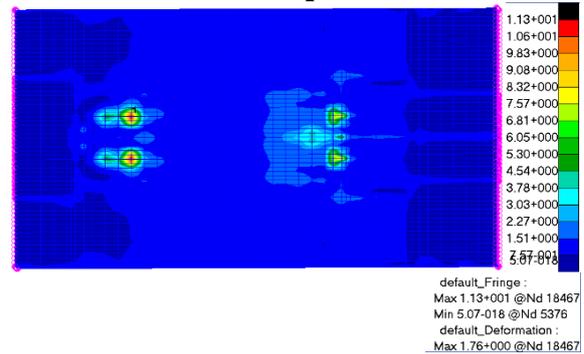


Gambar 9 Skema pembebanan pada model konstruksi *helicopter deck*

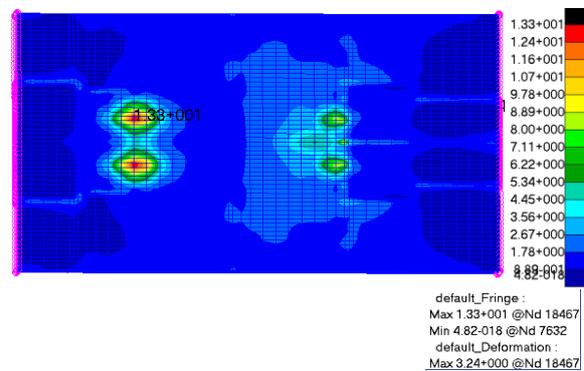
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis Tegangan Maksimal

3.1.1. Hasil Analisis Kapal Beban Statis



Gambar 10 Hasil analisis menggunakan Baja

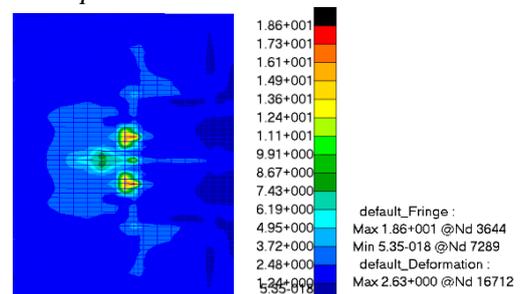


Gambar 11 Hasil analisis menggunakan SPS

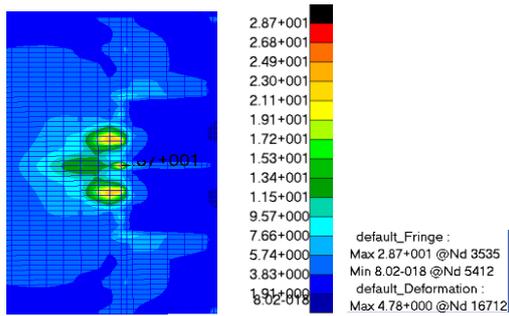
Tegangan maksimal yang terjadi saat kondisi statis pada konstruksi *helicopter deck* adalah sebesar 11,3 Mpa dan deformasi 1,76 mm untuk konstruksi menggunakan baja *grade A*, sedangkan untuk konstruksi menggunakan *sandwich plate system* tegangan maksimal sebesar 13,3 Mpa dan deformasi 3,24 mm. Tegangan maksimal lebih besar terjadi pada konstruksi *sandwich plate system* dikarenakan adanya pengurangan *deck longitudinal* pada *helicopter deck*. Deformasi maksimal juga terjadi pada konstruksi yang menggunakan *sandwich plate system* dikarenakan material *sandwich plate system* tersusun atas lapisan-lapisan yang berbeda tebalnya, dimana tebal untuk t1 (face plate) 4 mm, tc (core) 20 mm dan t2 (bottom plate) 3 mm.

3.1.2. Hasil Analisis Kapal Beban Dinamis (*landing impact*)

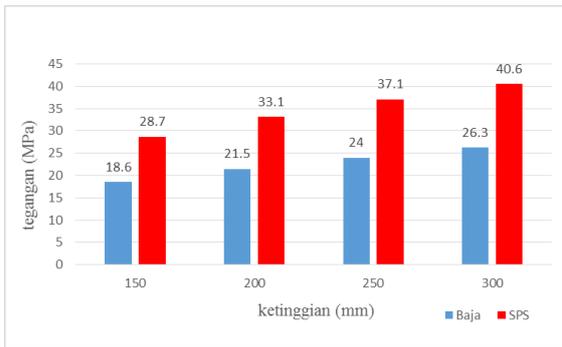
a) *Helicopter* Airbus H225M



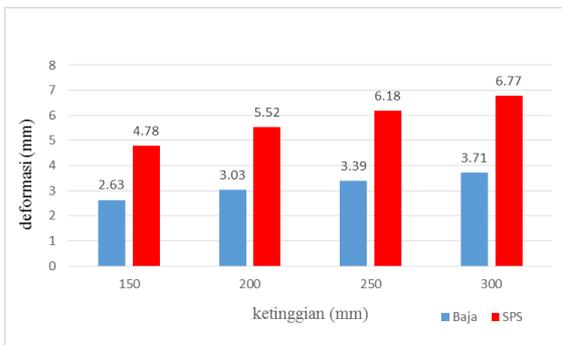
Gambar 12 Hasil analisis *landing impact* ketinggian 150 mm menggunakan Baja



Gambar 13 Hasil analisis *landing impact* ketinggian 150 mm menggunakan SPS



Gambar 14 Diagram hasil analisis tegangan *landing impact* pada tiap ketinggian

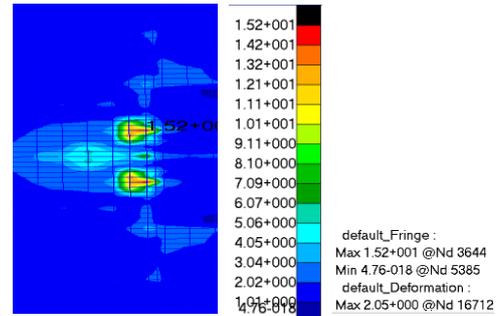


Gambar 15 Diagram hasil analisis deformasi *landing impact* pada tiap ketinggian

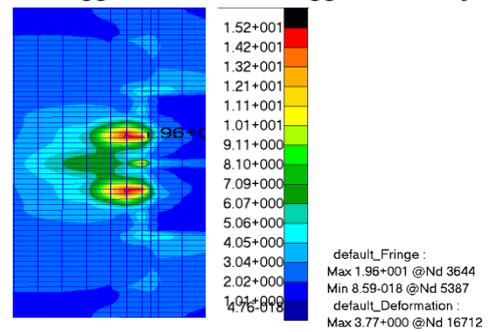
Tegangan maksimal yang terjadi saat kondisi dinamis atau *landing impact* pada konstruksi *helicopter deck* terjadi saat *helicopter* jeni airbus H225M mengalami *hard landing*, tegangan maksimal terbesar terjadi saat *hard landing* pada ketinggian 300 mm sebesar 26,3 Mpa dan deformasi 3,71 mm untuk konstruksi menggunakan baja grade A, sedangkan untuk konstruksi menggunakan *sandwich plate system* tegangan maksimal sebesar 40,6 Mpa dan deformasi 6,77 mm. tegangan maksimal lebih besar terjadi pada konstruksi *sandwich plate*

system dikarenakan adanya pengurangan *deck longitudinal* pada *helicopter deck*. Deformasi maksimal juga lebih besar terjadi pada konstruksi yang menggunakan *sandwich plate system* dikarenakan material *sandwich plate system* tersusun atas lapisan-lapisan yang berbeda tebalnya, dimana tebal untuk t1 (*face plate*) 4 mm, tc (*core*) 20 mm, dan t2 (*bottom plate*) 3 mm.

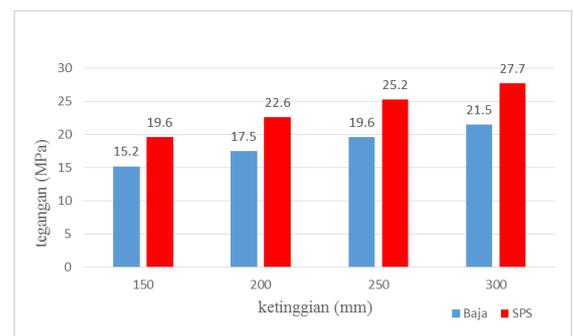
b) *Helicopter Airbus 565MBE*



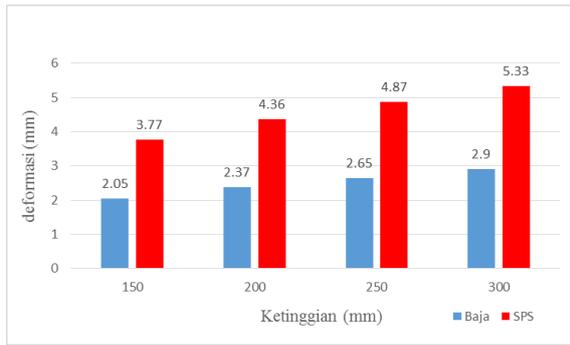
Gambar 16 Hasil analisis *landing impact* ketinggian 150 mm menggunakan Baja



Gambar 17 Hasil analisis *landing impact* ketinggian 150 mm menggunakan SPS



Gambar 18 Diagram hasil analisis tegangan *landing impact* pada tiap ketinggian



Gambar 19 Diagram hasil analisis deformasi *landing impact* pada tiap ketinggian

Tegangan maksimal yang terjadi saat kondisi dinamis atau *landing impact* pada konstruksi *helicopter deck* terjadi saat *helicopter* jenis airbus 565MBE mengalami *hard landing*, tegangan maksimal terbesar terjadi saat *hard landing* pada ketinggian 300 mm sebesar 21,5 Mpa dan deformasi 2,9 mm untuk konstruksi menggunakan baja *grade A*, sedangkan untuk konstruksi menggunakan *sandwich plate system* tegangan maksimal sebesar 27,7 Mpa dan deformasi 5,33 mm. tegangan maksimal lebih besar terjadi pada konstruksi *sandwich plate system* dikarenakan adanya pengurangan deck longitudinal pada *helicopter deck*. Deformasi maksimal juga lebih besar terjadi pada konstruksi yang menggunakan *sandwich plate system* dikarenakan material *sandwich plate system* tersusun atas lapisan-lapisan yang berbeda tebalnya, dimana tebal untuk t1 (*face plate*) 4 mm, tc (*core*) 20 mm, dan t2 (*bottom plate*) 3 mm.

3.2 Rangkuman Hasil Analisis Tegangan

1. Rangkuman hasil analisis

Hasil analisis akan dibandingkan dengan nilai tegangan ijin yang didapatkan sesuai dengan ketentuan LR Part 3, Chapter 4, Section 5.6.1 untuk menunjukkan tingkat kemampuan bahan.

a) Beban Statis

Tabel 5 Perhitungan hasil Analisis beban Statis

Material konstruksi	σ Max (Mpa)	Deform (mm)	σ Izin (Mpa)
Baja Grade A	11,3	1,76	175
Sandwich Plate System	13,3	3,24	175

b) Beban Dinamis (*Landing Impact*)

Tabel 6 Perhitungan hasil analisis *landing impact* dengan helicopter Airbus H225M

Material Konstruksi	H (mm)	σ Max (Mpa)	Deform (mm)	σ Izin (Mpa)
Baja Grade A	150	18,6	2,63	175
	200	21,5	3,03	175
	250	24	3,39	175
	300	26,3	3,71	175
Sandwich Plate System	150	28,7	4,78	175
	200	33,1	5,52	175
	250	37,1	6,18	175
	300	40,6	6,77	175

Tabel 7 Perhitungan hasil analisis *landing impact* dengan helicopter Airbus 565MBE

Material Konstruksi	H (mm)	σ Max (Mpa)	Deform (mm)	σ Izin (Mpa)
Baja Grade A	150	15,2	2,05	175
	200	17,5	2,37	175
	250	19,6	2,65	175
	300	21,5	2,90	175
Sandwich Plate System	150	19,6	3,77	175
	200	22,6	4,36	175
	250	25,2	4,87	175
	300	27,7	5,33	175

perbandingan hasil analisis dengan nilai tegangan ijin yang didapat sesuai dengan ketentuan LR dapat disimpulkan bahwa semua variasi model beban statis dan beban dinamis pada penggunaan material konstruksi baja maupun sandwich plate system dapat memenuhi batas aman dan syarat factor keselamatan menurut standar class yaitu *Lloyd's Register*

3.3 Perhitungan Berat Konstruksi

Perhitungan berat konstruksi dilakukan untuk mengetahui perbedaan berat antara konstruksi menggunakan baja dan setelah menggunakan sandwich. Saat konstruksi menggunakan sandwich maka ada beberapa profil yang dihilangkan. Berikut ini hasil dari perhitungan berat konstruksi:

Tabel 8 Berat pada Keseluruhan Konstruksi

Konstruksi	Total Berat (ton)	Selisi (ton)
Baja	214	
Sandwich	202	12

Dari hasil yang ada di atas maka dapat disimpulkan bahwa berat konstruksi berkurang sebesar 12 ton saat menggunakan sandwich. Berat konstruksi menggunakan *sandwich* lebih ringan dibandingkan dengan menggunakan baja konvensional. Dari data di atas juga kita dapat

presentasi pengurangan berat konstruksi akibat penggunaan *sandwich* untuk keseluruhan konstruksi sebesar 6%

4. KESIMPULAN

Percobaan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan konfigurasi ketebalan sandwich plate system adalah t1 (*face plate*) 4mm, tc(*core*) 20mm dan t2(*bottom plate*) 3 mm dari hasil perhitungan sesuai rules Lloyd's Register

Tegangan maksimum terbesar pada beban statis terjadi pada penggunaan *sandwich plate system* sebesar 13,3 Mpa analisa *linear statis* sedangkan beban dinamis terjadi saat *helicopter* Airbus H225M melakukan *landing impact* dari ketinggian 300 mm sebesar 40,6 mpa pada permukaan deck berbahan *sandwich plate system*, tegangan yang dihasilkan besar dikarenakan adanya pengurangan *deck longitudinal* pada penggunaan *sandwich plate system*. Tegangan maksimal tersebut masih berada dibawah tegangan ijin sebesar 175 Mpa dan syarat faktor keselamatan menurut standar *Lloyd's Register*. Dan deformasi terbesar terjadi saat beban statis pada penggunaan *sandwich plate system* yaitu 3,24 mm, sedangkan untuk *landing impact* terjadi saat airbus H225M melakukan *landing impact* pada ketinggian 300 mm sebesar 6,77 mm deformasi yang dihasilkan cukup besar dikarena material sandwich plate system tersusun atas lapisan-lapisan penyusun yang memiliki tebal yang berbeda dimana tebal untuk t1 (*face plate*) 4 mm, tc (*core*) 20 mm, dan t2 (*bottom plate*) 3 mm.

Pada permodelan kekuatan memanjang kapal, model dibuat pada *helicopter deck* kapal *landing ship tank* dapat disimpulkan bahwa konstruksi akibat penggunaan sandwich plate system pada *helicopter deck* dapat menurunkan berat konstruksi sebesar 6% untuk keseluruhan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Utomo, "Penggunaan *Sandwich Panel* (Pelat Baja dan *Synthetic Resin*) Pada Konstruksi Kapal," 2016.
- [2] L. I. Engineering, "*SPS The Sandwich Plate System Heavy Engineering Composite from Intelligent Engineering & Safe Concordia SPS Overlay*," 2015.
- [3] S. Arfan, Analisa Kekuatan Konstruksi Helideck Pada Konversi Kapal Tanker MT. Geudondong Pertamina (Persero) menjadi FPSO, 2013.
- [4] A. Hidayatulloh, Analisa Kekuatan Struktur Helideck Pada Kapal Landing Ship Tank (LST) KRI. Teluk Bintuni 7000 DWT dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga, 2017.

- [5] M. A. Brooking and Kennedy. S.J.: *The performance, safety and production benefits of SPS structures for double hull tankers*, in: *Proceedings of the RINA Conference on Double Hull Tankers*, 25-26.02, London, UK, pp. 1-2. 2004
- [6] G. L. Rottman, *Landing Ship Tank (LST) 1942-2002*, New Vanguard No.115: Osprey Publishing, 2005.
- [7] D. J. P. Udara, in Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor 40 , 2015.
- [8] A. W. B. Santosa & I. P. Mulyatno, Pengantar Ilmu Perkapalan, Teknik Perkapalan, Undip, Semarang. 2012
- [9] A. F. Molland, *The maritime engineering reference book: a guide to ship design, construction and operation*. Charon Tec., A Macmillan Company. Hungary. 2008
- [10] E. P. Popov, *Mechanics of Material, 2nd Edition*. New Jersey: Prentice- Hall, Inc.1978
- [11] D. L. Logan, *A first Course in The Finite Element Method, Fourth Edition*. Canada: Nelson Education Ltd. 2008
- [12] S. J. Kennedy. *Composite Steel Structural Sandwich Plate System*. United States Patent, Ottawa, Canada. 1995