

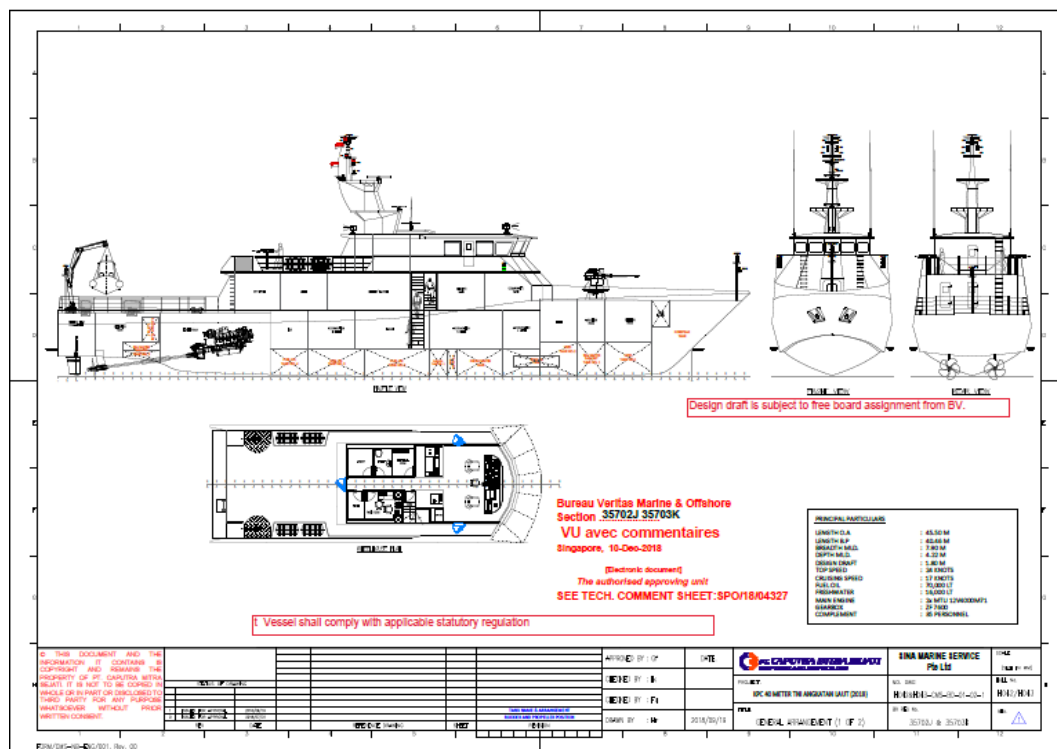
## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Data

#### 4.1.1 Ukuran Utama Kapal PC 40 Meter

Kapal PC 40 Meter TNI Angkatan Laut memiliki data-data ukuran utama sebagai berikut:

- *Length Over All (LOA)* : 45,50 m
- *Length Between Perpendicular (LPP)* : 40,46 m
- Lebar (B) : 4,22 m
- Tinggi (H) : 1,80 m
- Sarat (T) : 2,15 m
- *Top Speed* : 24 KNOTS



**Gambar 4.1 Rencana Umum Kapal PC 40**

Sumber: Balitbang TNI-AL



## 4.2 Pengujian Hipotesis

### 4.2.1 Penentuan tebal SPS

Untuk material dari *sandwich* ini dimana ada material *core* dan aluminium konvensional lama. Dimana material *core* tersebut adalah *Core Material elastomer* yang mempunyai nilai kriteria bahan tersendiri. Berikut nilai kriteria bahan baja tersebut adalah:

$$\text{Modulus Elasticity} = 2,792 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Shear Modulus} = 1,396 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Poisson Ratio} = 0,001$$

$$\text{Density} = 1,73 \times 10^{-9} \text{ Ton/mm}^3$$

Setelah mengetahui nilai kriteria bahan *Core Material Syntheticresin* langkah selanjutnya ialah menentukan tebal dari *sandwich* terdiri dari baja core dan baja yang selanjutnya akan digunakan sebagai pengganti baja konvensional. Berdasarkan berdasarkan *Llyod's Register* (2015) Untuk ketebalan lapisan inti (*core thickness*) tidak boleh dibawah:  $t_c = 15 \text{ mm}$ .

Setelah kita mengetahui parameter ketebalan *plate* dari setiap bagian yang ada di kapal berdasarkan *Llyod's Register* (2015) kita baru dapat menghitung ketebalan untuk lapisan atas dan lapisan bawah *faceplate* bisa di lihat pada persamaan berikut:

$$t_1 = 0,3 (t_{\text{Rules}} - t_{\text{aR}}) + t_{\text{a1}}$$

$$t_2 = 0,3 (t_{\text{Rules}} - t_{\text{aR}}) + t_{\text{a2}}$$

dimana:

$t_{\text{aR}}$  : ketebalan aturan (mm)

$t_{\text{a1}}$  : ketebalan untuk lapisan atas pada *faceplate* (mm)

$t_{\text{a2}}$  : ketebalan untuk lapisan bawah pada *faceplate* (mm)

Maka :

$$t_1 = 0,3 (12 - 2) + 2$$

$$t_1 = 5 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

$$t_2 = 0,3 (12 - 2) + 0$$

$$t_2 = 3 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa ketebalan yang didapat yaitu  $t_1 = 4$  mm,  $t_c = 15$  mm,  $t_2 = 4$  mm. Dan total untuk ketebalan *sandwich* tersebut adalah 23 mm.

#### **4.2.2 Pemodelan Struktur Menggunakan Software Finite Element**

##### ***Analysis***

Untuk menganalisa kapal menggunakan aplikasi metode elemen hingga terlebih dahulu harus membuat model pada *software* tersebut. Dalam pembuatan model harus sesuai dengan struktur kapal. Dalam perencanaan struktur, semua elemen harus diberikan ukuran tertentu. Ukuran harus diproporsikan cukup kuat untuk memikul gaya yang mungkin terjadi. Setiap elemen struktur juga harus cukup kaku sehingga tidak melengkung atau berubah bentuk (berdeformasi) berlebihan pada saat struktur digunakan. Model dibuat dengan bantuan program aplikasi FEM.

Struktur yang diuji dalam melakukan proses strength analysis adalah seluruh struktur kapal. Struktur pelat yang digunakan dalam pemodelan struktur diterjemahkan dalam *shell element*, begitu juga seluruh gading-gading kapal pada area tersebut. Seluruh komponen di dalam pemodelan, akan dimodelkan dalam bentuk Model Elemen Hingga atau *Finite Element Model*.

##### **4.2.2.1 Part Modul ABAQUS CAE**

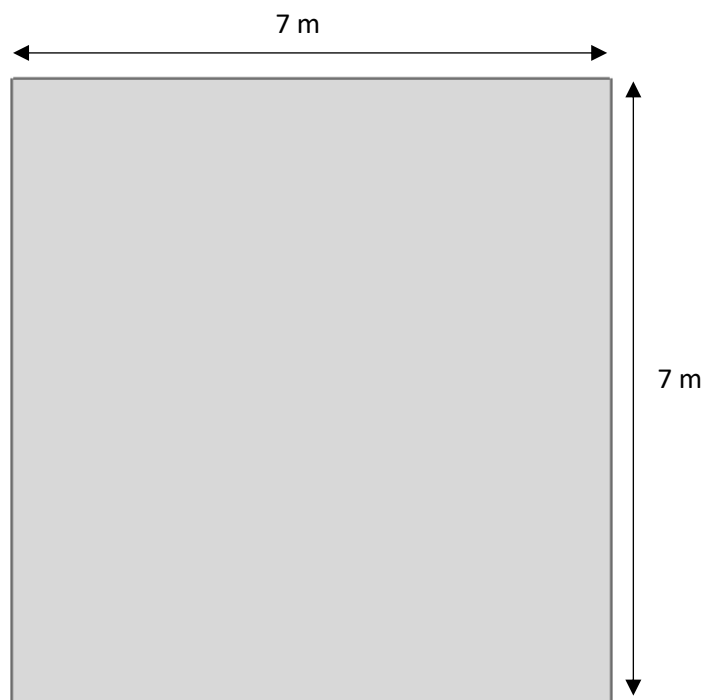
Melakukan pemodelan geometri benda yang akan diuji pada modul ini. Dimensi dari benda uji dimasukkan kedalam *field* atau kolom yang tersedia didalam part modul. Dalam melakukan pemodelan yang harus perlu diperhatikan adalah bentuk, model dan dimensi benda yang dibuat karena disini tersedia beberapa model yang bisa dipilih dan berpengaruh terhadap proses simulasi yang akan dilakukan. Apabila melakukan kesalahan dalam memasukan data atau jenis elemen yang dipilih maka setelah masuk modul *assembly* akan mendapatkan peringatan bahwa elemen yang dipilih adalah salah. Setelah berada pada part modul selanjutnya klik *create part* untuk membuat part baru. Maka otomatis akan

masuk pada *sketcher* dan siap untuk menggambar model yang akan dibuat.

Pemodelan dilakukan dengan bantuan program Autocad. Hal ini karena pemodelan dengan Autocad lebih mudah dilakukan. Model yang telah siap selanjutnya diimport dalam bentuk sat. lebih mudah dilakukan untuk memodelkan model yg rumit.

a. Plat

Pada simulasi ini dibuat lembaran plat yang berjenis *deformable solid*. Plat dibuat *deformable* karena tegangan yang diterima diatas batas proporsional (*plastic area*), dengan ketebalan plat 0.5 mm dan dengan ukuran 7 m x 7 m

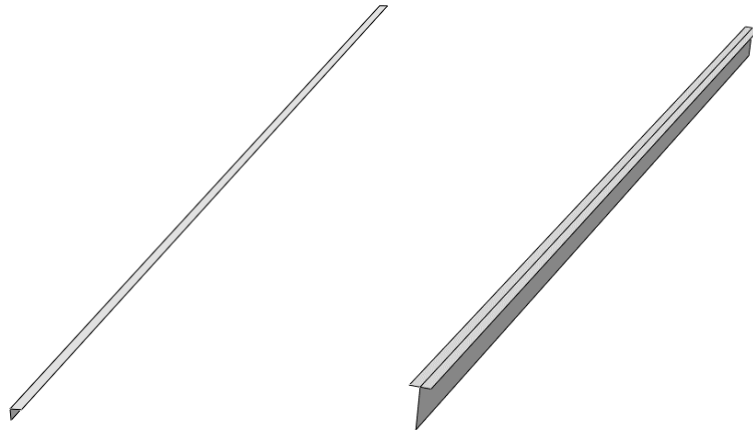


**Gambar 4.4 Sket Plat**

Sumber: diolah oleh peneliti

b. Struktur

Pada simulasi ini dibuat struktur berjenis 3D *Discrete Rigid*. Dibuat yang berjenis *deformable solid*. Plat dibuat *deformable* karena tegangan yang diterima diatas batas proporsional (*plastic area*).



**Gambar 4.5** Sket profil *deck beam* dan *strong beam*

Sumber: diolah oleh peneliti

#### **4.2.2.2 Property Modul ABAQUS/CAE**

Modul yang telah dibuat selanjutnya diberi property agar bisa dianalisis oleh *solver* ABAQUS. Dalam memasukkan property material kedalam model yang telah dibuat harus cermat dan teliti karena bisa jadi ada bagian yang lupa didefinisikan. Kegagalan dalam proses running terhadap benda uji yang telah dibuat salah satunya karena lupa memberikan definisi material, section material dan assign section material yang akan diuji. Pilih modul property kemudian klik *Create Material* dari kotak dialog Edit material lakukan proses memasukkan data material benda yang akan dianalisis.

Modul yang telah dibuat selanjutnya diberi *property* agar bisa dianalisis oleh *solver* ABAQUS. Dalam memasukkan *property* material kedalam model yang telah dibuat harus cermat dan teliti karena bisa jadi ada bagian yang lupa didefinisikan. Kegagalan dalam proses *running* terhadap benda uji yang telah dibuat salah satunya karena lupa memberikan definisi material, *section* material dan *assign section* material yang akan diuji. Pilih modul *property* kemudian klik *Create Material* dari kotak dialog Edit material lakukan proses memasukkan data material benda yang akan dianalisis.

Pada kapal desain mempunyai profil serta tebal pelat pada konstruksi geladak kendaraan yang akan disajikan dalam tabel:

**Tabel 4.1 Ukuran profil kapal pada konstruksi geladak utama**

No.	Nama	Ukuran
1.	<i>Strong Beam</i>	PL 250 x 8 FP 100 x 8
2.	<i>Deck Beam</i>	L 75 x 75 x 7
3.	<i>Centre Deck Girder</i>	PL 250 x 8 FP 100 x 8
4.	<i>Side Deck Girder</i>	PL 250 x 8 FP 100 x 8
5.	<i>Pillar</i>	SCH 40 Ø 5"

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.2 Ukuran tebal pelat geladak utama**

No.	Nama	Tebal
<b><i>Existing Plate</i></b>		
1.	Pelat Geladak Utama	7 mm
<b><i>Sandwich Plate System</i></b>		
1.	Pelat Geladak Kendaraan	23 mm (4-15-4)

Sumber: diolah oleh peneliti

Untuk simulasi ini material benda uji adalah aluminium, *steel* didalam material *options*. Masukkan *density*, sifat elastis dan sifat plastis karena plat akan mengalami deformasi disepanjang bidang kontak rangka dengan *dies*, *blank holder* dan *punch* yang memungkinkan terjadi deformasi plastis. *Plat type material 3D Deformable*.

Berikut langkah-langkahnya :

1. *Double click* material pada kotak *name*
2. Klik *general*, klik *density*

3. Klik *mechanical*, klik *elastic*, pada kotak *young's modulus* dan pada kotak *poisson's ratio*

4. Klik *plasticity*, klik *plastic*, isikan besarnya nilai plastisitas

#### a) Material Alumunium

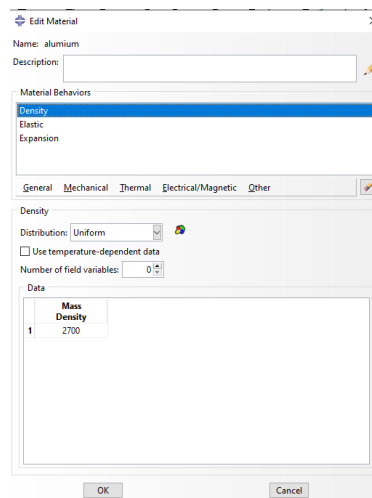
Untuk memberikan tebal plat dan profil harus terlebih dahulu menentukan material yang digunakan karena terkait dengan sifat-sifat yang dimiliki oleh material yang dianalisis. Material yang dimasukkan dalam model ini adalah aluminium 6082. Dimana nilai kriteria bahan baja tersebut adalah:

*Modulus Elastisity* = 72.000 N/mm<sup>2</sup>

*Expasion* = 33.800 N/mm<sup>2</sup>

*Poisson Ratio* = 0,3

*Density* = 2700 kg/m<sup>3</sup>



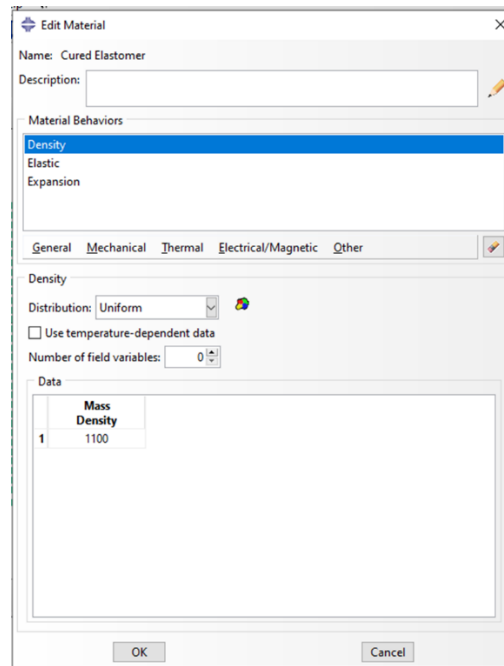
**Gambar 4.6 Input Material Properties Aluminium 6082**

Sumber: diolah oleh peneliti

#### b) Material Elastomer

Untuk material dari *sandwich* ini dimana ada material *core* dan baja konvensional lama. Dimana material *core* tersebut adalah *Core Material Syntheticresin* yang mempunyai nilai kriteria bahan tersendiri. Berikut nilai kriteria bahan baja tersebut adalah:

<i>Modulus Elasticity</i>	= 72.000 N/mm <sup>2</sup>
<i>Expansion</i>	= 250e-6
<i>Poisson Ratio</i>	= 0,33
<i>Density</i>	= 1100 kg/m <sup>3</sup>



**Gambar 4.7 Input Material Properties Core Material**

Sumber: diolah oleh peneliti

#### 4.2.2.3 Assembly Modul ABAQUS/CAE

Modul assembly menyediakan menu untuk merakit beberapa bagian model menjadi satu kesatuan letak (*instance*) sehingga memudahkan kita untuk melakukan simulasi. Di dalam menyusun bagian-bagian benda menjadi sebuah model yang baik bisa dilakukan dengan cara manual tergantung dari keinginan kita dalam melakukan penyusunan karena hal ini tidak mempengaruhi proses analisis.

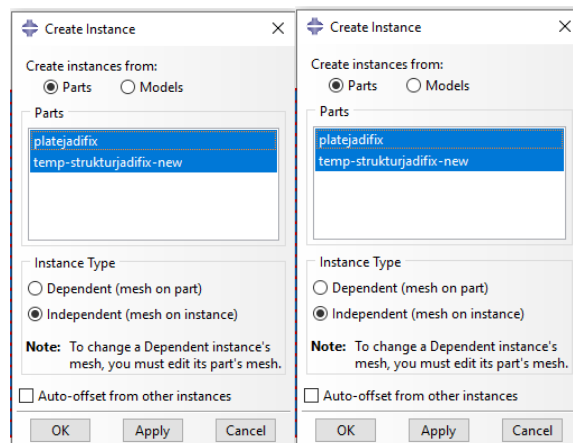
1. *Double* klik *instance* pada modul *assembly*, pilih *Blank Plat*, *core*, *deck beam*, *strong beam* kemudian klik OK
2. Klik *translate instance*, *instance list* untuk mengedit posisi *part* yang masih belum teratur.

**Tabel 4.3 Tipe konstruksi yang akan diuji**

No	Tipe Kontruksi	Tebal Penampang			Jumlah <i>deck beam</i>
		(mm)			
1	Konvensional	7			31
		t <sub>1</sub> (mm)	t <sub>c</sub> (mm)	t <sub>2</sub> (mm)	
2	SPS A	4	15	4	31
3	SPS B	4	15	4	26
4	SPS C	4	15	4	21
5	SPS D	4	15	4	16

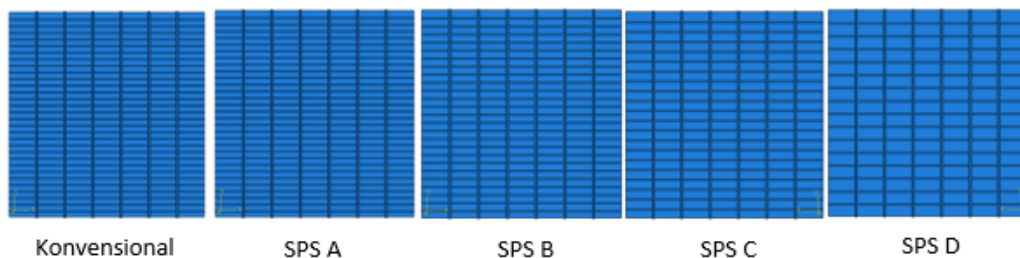
Sumber: diolah oleh peneliti

3. Kemudian pemberian *Referensi point* pada *Blank Plat*, *core*, *deck beam*, *strong beam* caranya pilih *tool*, kemudian pilih *reference point*.



**Gambar 4.8 Hasil *Instance***

Sumber: diolah oleh peneliti



**Gambar 4.9 Input *Material Properties Sandwich Plate System***

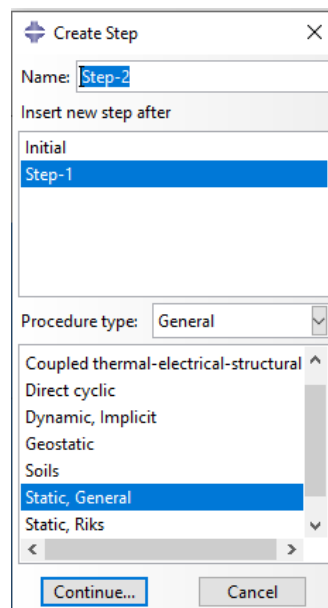
Sumber: diolah oleh peneliti

#### 4.2.2.4 Step Modul ABAQUS/CAE

Modul *Step* digunakan untuk menentukan langkah yang akan dilalui selama proses simulasi. Dalam menentukan *step* yang diinginkan maka harus mengetahui model dari benda yang diuji. *Step* yang dipilih tergantung dari berapa banyak proses yang dilakukan oleh model. Penelitian *deep drawing* ini mengambil *step Static* dengan pertimbangan bahwa selama terjadi benturan, benda mengalami perilaku dinamik dengan menyerap energi kinetik yang menyebabkan terjadinya deformasi permanen.

Berikut langkah-langkahnya :

1. *Double* klik pada *Step*, pilih *static*. Ketik nama "Holder ke bawah", *Continue*



**Gambar 4.10 Tahap Simulasi**

Sumber: diolah oleh peneliti

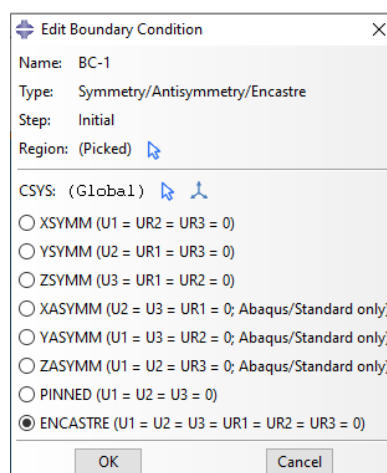
#### 4.2.2.5 Load Modul ABAQUS/CAE

Pada tahap ini diberikan beban/load yang sesuai dengan beban. Beban maksimum sebesar 500 N.

Selain itu pada modul *load* bisa untuk menentukan *boundary conditions* pada benda yang dianalisis. Total *boundary condition* dalam

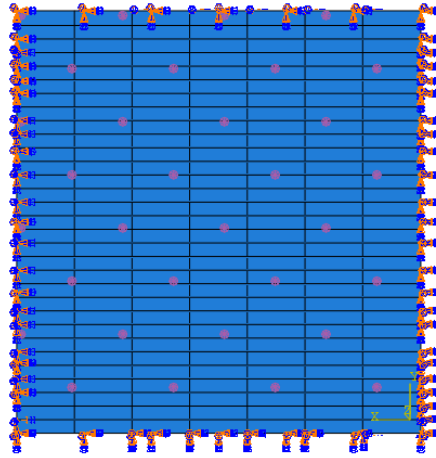
simulasi ini sebanyak sepuluh *boundary conditions*. Untuk analisis linear statis, salah satu tahap yang harus dilakukan adalah menetapkan *Boundary Conditions*. *Boundary Conditions* atau yang biasa disebut kondisi batas dalam Metode Elemen Hingga merupakan tahap akhir dari suatu proses pemodelan elemen hingga, yaitu penentuan tumpuan sebelum model di analisis. Analisis ini dilakukan secara translational, yaitu kondisi batas diletakan pada kedua ujung kapal dan kemudian ujung kapal bagian depan dan belakang diberi moment sehingga kapal akan mengalami jungkat-jungkit. Gerakan yang sering terjadi pada saat proses analisis dilakukan dapat berupa gerakan geser (*translational*) maupun gerakan perputaran (*rotational*). Pada kondisi itu kita bisa mengetahui tegangan maksimal yang dihasilkan setelah dianalisis.

1. Pilih *Module list* pada yang berada dibawah *toolbar*, klik *load* dan tekan *load module*
2. Dari *menu bar* pilih *BC Create*. Sehingga akan muncul kotak perintah pada *Boundary Condition*.
3. Double klik BC1 pilih ENCASTRE (U1,U2,U3=UR1=UR2=UR3=0)  
Klik Ok
4. *Double* klik *Load* kemudian *continue*



**Gambar 4.11 Input Boundary Condition**

Sumber: diolah oleh peneliti

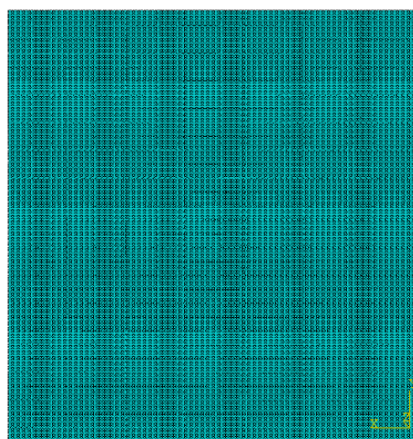


**Gambar 4.12 Bentuk *Boundary Condition***

Sumber: diolah oleh peneliti

#### **4.2.2.6 Mesh Modul ABAQUS/CAE**

Modul *Mesh* dipergunakan untuk mengontrol pembuatan *mesh* pada model. Jumlah *node* dan *element* bisa dikontrol dengan menggunakan *mesh control*, termasuk bentuk *element mesh* serta bagaimana penempatan jumlah *nodenya*. *Mesh* memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan keakuratan analisis dan simulasi, karena jumlah atau *node* yang diberikan pada model akan mempengaruhi ketelitian hasil simulasi.

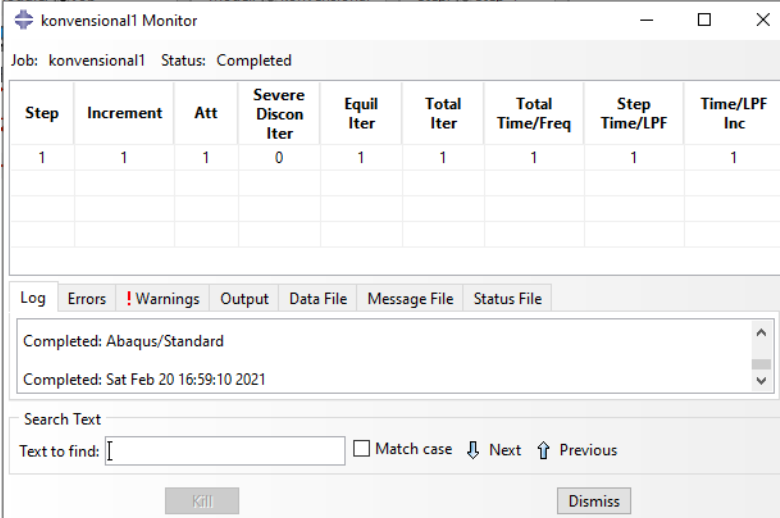


**Gambar 4.13 Mesh**

Sumber: diolah oleh peneliti

#### 4.2.2.7 Job modul ABAQUS/CAE

Modul *job* berfungsi untuk mendeskripsikan model kemudian diserahkan kepada program ABAQUS untuk melakukan *analisis numeric*. Pada modul ini bisa dikontrol apakah simulasi yang dilakukan berhasil atau tidak, jika terjadi error message di dalam prompt area maka bisa kembali ke modul sebelumnya untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi selama proses interaksi numeric yang dilakukan oleh ABAQUS *solver*.



The screenshot shows the 'konvensional1 Monitor' window. At the top, it displays 'Job: konvensional1 Status: Completed'. Below this is a table with the following data:

Step	Increment	Att	Severe Discon Iter	Equil Iter	Total Iter	Total Time/Freq	Step Time/LPF	Time/LPF Inc
1	1	1	0	1	1	1	1	1

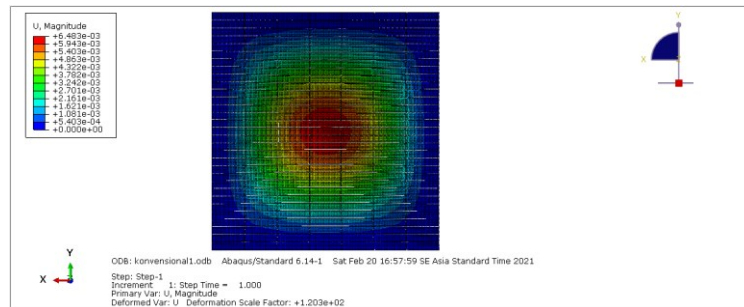
Below the table, there are tabs for 'Log', 'Errors', 'Warnings', 'Output', 'Data File', 'Message File', and 'Status File'. The 'Log' tab is selected, showing the text: 'Completed: Abaqus/Standard' and 'Completed: Sat Feb 20 16:59:10 2021'. There is also a search bar with 'Text to find:' and buttons for 'Kill' and 'Dismiss'.

**Gambar 4.14 Hasil dari Software ABAQUS**

Sumber: diolah oleh peneliti

#### 4.2.2.8 Visualization Modul ABAQUS/CAE

Modul Visualisasi berfungsi untuk menampilkan hasil simulasi yang dinyatakan berhasil di dalam ABAQUS *Explicit* dan ABAQUS *Solver input file*. Disini bisa dilihat tampilan model yang telah dibuat dalam bentuk animasi gerak. Pengamatan dapat dilakukan pada model meliputi daerah yang mengalami penyerapan energi yang tinggi, deformasi yang dialami benda uji.



**Gambar 4.15** Deformasi Pada Plat

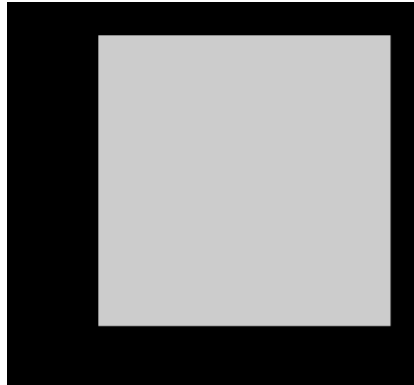
Sumber: diolah oleh peneliti

### 4.2.3 Penentuan Berat Kontruksi

Beban gravitasi yang diperhitungkan adalah beban mati dan hidup. Beban gravitasi pada prinsipnya dimodelkan menjadi beban terbagi merata atau segitiga merata yang dibebankan langsung kepada *frame*. Namun untuk mempermudah proses perhitungan maka dalam hal ini struktur portal utama dimodelkan sebagai portal 3 dimensi dengan pelat menggunakan software abaqus sehingga beban mati dari komponen struktur portal dapat dihitung secara otomatis dengan memasukan data material dan dimensi dari kolom, balok, dan juga pelat.

Pada gedung yang di analisis beban atap terdiri dari 2 jenis, yaitu beban atap berupa pelat beton dan beban konstruksi atap truss. Beban pelat atap beton dimodelkan secara langsung pada portal gedung menggunakan *software* abaqus dengan memanfaatkan *Area sections*.

Perhitungan berat struktur. Berat struktur masing-masing lantai dihitung menggunakan Software abaqus dengan rangka portal 3 dimensi dan hitungan manual yang kemudian divalidasi hasilnya. Pada abaqus beban mati dari komponen struktur portal dihitung secara otomatis dengan memasukkan data material dan dimensi komponen struktur portal yang digunakan dengan mengganti nilai *selfweight multiplier* = 1 pada *load pattern*.



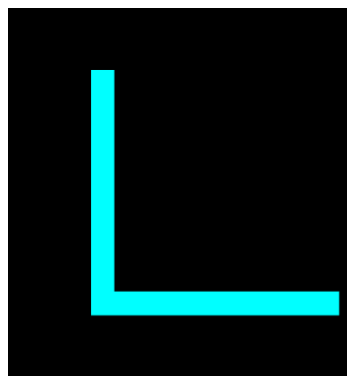
**Gambar 4.16 Pola Distribusi Tegangan Pada Plat**

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.4 Estimasi berat konstruksi dengan tipe konvensional**

Pilih jenis Material			
Bahan aluminium	$\rho$	=	2712 kg/m <sup>3</sup>
Panjang penampang	L	=	5000 mm
Lebar penampang	w	=	4220 mm
Ketebalan pelat	t	=	7 mm
Keliling penampang	K	=	18440 mm
Luas penampang	A	=	2110000 mm <sup>2</sup>
Volume	V	=	0,1477 m <sup>3</sup>
Berat	W	=	400,56 kg

Sumber: diolah oleh peneliti



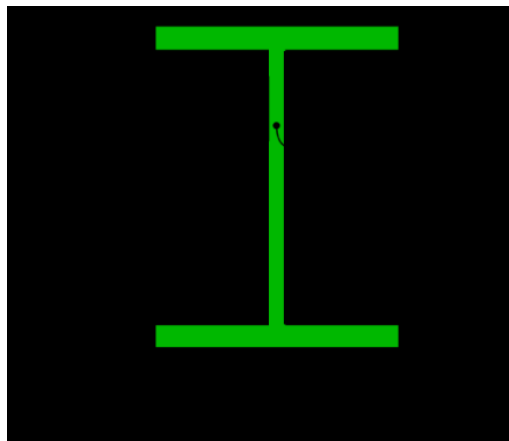
**Gambar 4.17 Pola Distribusi Tegangan Pada Plat**

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.5 Estimasi berat konstruksi dengan tipe konvensional**

Pilih jenis Material			
Bahan aluminium	$\rho$	=	2712 kg/m <sup>3</sup>
Tinggi penampang	h	=	75 mm
Lebar penampang	b	=	75 mm
Ketebalan profil	t	=	7 mm
Panjang penampang	L	=	5 m
Keliling penampang	K	=	300,00 mm
Luas penampang	A	=	1.001,00 mm <sup>2</sup>
Volume	V	=	0,005005 m <sup>3</sup>
Luas pelimut	Ap	=	1,50 m <sup>2</sup>
Berat	W	=	13,57 kg

Sumber: diolah oleh peneliti

**Gambar 4.18 Pola Distribusi Tegangan Pada Plat**

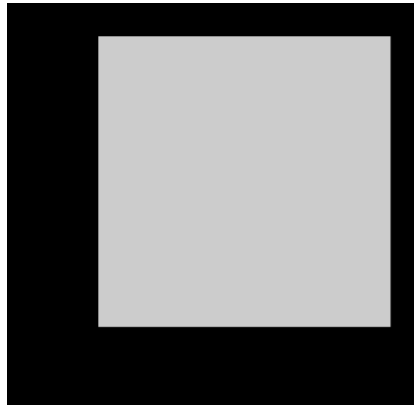
Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.6 Estimasi berat konstruksi dengan tipe konvensional**

Pilih jenis Material			
Bahan aluminium	$\rho$	=	2712 kg/m <sup>3</sup>
Tinggi penampang	h	=	250 mm
Lebar penampang	b	=	250 mm
Ketebalan web	t <sub>w</sub>	=	8 mm
Ketebalan flange	t <sub>f</sub>	=	8 mm
Panjang penampang	L	=	4,22 m
Keliling penampang	K	=	1.484,00 mm
Luas penampang	A	=	5.872,00 mm <sup>2</sup>
Volume	V	=	0,02478 m <sup>3</sup>

Luas selimut	Ap	=	6,26	m <sup>2</sup>
Berat	W	=	67,20	kg

Sumber: diolah oleh peneliti



**Gambar 4.19 Pola Distribusi Tegangan Pada Plat**

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.7 Estimasi berat konstruksi dengan tipe konvensional**

Pilih jenis Material				
Bahan elastomer	$\rho$	=	1100	kg/m <sup>3</sup>
Panjang penampang	L	=	5000	mm
Lebar penampang	w	=	4220	mm
Ketebalan pelat	t	=	15	mm
Keliling penampang	K	=	18440	mm
Luas penampang	A	=	2110000	mm <sup>2</sup>
Volume	V	=	0,3165	m <sup>3</sup>
Berat	W	=	348,15	kg

Sumber: diolah oleh peneliti

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Hasil Analisis Kekuatan menggunakan *Software Finite element Analysis*

Pada bagian ini, hasil analisis elemen hingga disajikan untuk mengamati secara menyeluruh perbandingan kekuatan struktur antara model dek mobil eksisting dan model struktur yang dimodifikasi dimana terdapat perbedaan sifat material inti, dan jumlah konfigurasi pengaku.

Kriteria yang diizinkan untuk model yang berbeda, untuk menyelidiki kinerjanya dan untuk menghubungkannya satu sama lain.

Berikut adalah gambar kontur yang menunjukkan posisi tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi geladak utama yang menggunakan aluminium dan SPS.

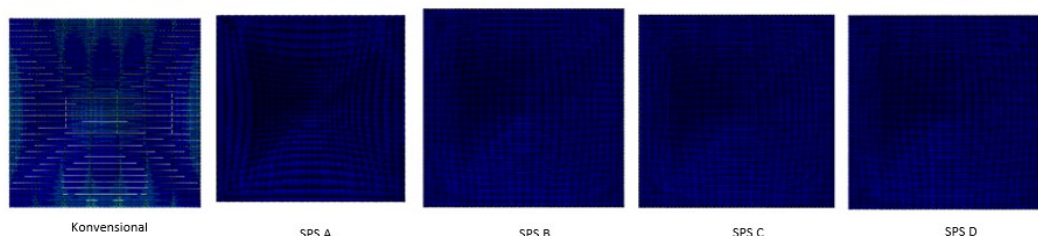
**Tabel 4.8 Hasil perbandingan tegangan**

	Konvensional	SPS A	SPS B	SPS C	SPS D
Tegangan maks	17,8 MPa	15,2 MPa	15,6 MPa	16 MPa	16,5 Mpa

Sumber: diolah oleh peneliti

Hasil dari analisis FE antara dua kasus beban berbeda ditunjukkan pada table 4.8 disajikan secara berurutan perbandingan tegangan von Mises antara model eksisting dan model modifikasi. Dari diagram yang diilustrasikan tersebut, dalam perbandingan antara model eksisting SPS A yang memiliki konfigurasi pengaku yang sama, penerapan material sandwich dapat menurunkan tegangan von Mises dalam rentang 13% hingga 15% sedangkan pada model SPS D dengan stuktur paling sederhana dapat menurunkan tegangan sebesar 7%.

Untuk mengetahui perbandingan kekuatan dari penggunaan kedua material tersebut maka dilakukan perbandingan pada tegangan yang terjadi pada elemen *shell* pada model untuk kelima material.



**Gambar 4.20 Pola Distribusi Tegangan Pada Plat**

Sumber: diolah oleh peneliti

Pengurangan tegangan dengan aplikasi *sandwich* dipengaruhi oleh perbedaan konfigurasi ketebalan antara pelat baja dan *sandwich* dan

pemisahan pelat muka oleh inti ringan bertindak untuk meningkatkan modulus penampang dan luas penampang secara signifikan yang dapat meningkatkan kekakuan lentur penampang material. Penerapannya juga akan menghilangkan sumber-sumber konsentrasi tegangan sehingga dapat menurunkan tegangan yang terjadi pada struktur.

#### 4.3.2 Perhitungan Berat Konstruksi

Perhitungan berat konstruksi dilakukan untuk mengetahui perbedaan berat antara konstruksi Geladak Kendaraan yang menggunakan baja dan setelah menggunakan *Sandwich Plate System*. Saat geladak kendaraan menggunakan *Sandwich Plate System* maka ada beberapa penegar sekunder yang dihilangkan. Berikut ini hasil dari perhitungan berat konstruksi:

**Tabel 4.9 Estimasi berat konstruksi dengan tipe konvensional**

Item	jumlah	A	V	W
		M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	ton
Solid Floor	1	33760000	0,2363	640,9
<i>Strong Beam</i>	6	5872	0,0248	403,22
<i>Deck Beam</i>	31	1001	0,008	673,25
<i>Jumlah</i>				1717,4

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.10 Estimasi berat konstruksi dengan tipe SPS A**

Item	jumlah	A	V	W
		M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	ton
Side Plat	2	33760000	0,135	732,46
Core Plat	1	33760000	0,5064	557,04
<i>Strong Beam</i>	6	5872	0,0248	403,22
<i>Deck Beam</i>	31	1001	0,008	673,25
<i>Jumlah</i>				2366

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.11 Estimasi berat konstruksi dengan tipe SPS B**

Item	jumlah	A	V	W
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ton
Side Plat	2	33760000	0,135	732,46

Core	1	33760000	0,5064	557,04
<i>Strong Beam</i>	6	5872	0,0248	403,22
<i>Deck Beam</i>	26	1001	0,008	564,66
<i>Jumlah</i>				2257,4

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.12 Estimasi berat konstruksi dengan tipe SPS C**

Item	jumlah	A	V	W
		m3	m3	ton
side plat	2	33760000	0,135	732,46
core	1	33760000	0,5064	557,04
<i>Strong Beam</i>	6	5872	0,0248	403,22
<i>Deck Beam</i>	21	1001	0,008	456,07
<i>Jumlah</i>				2148,8

Sumber: diolah oleh peneliti

**Tabel 4.13 Estimasi berat konstruksi dengan tipe SPS D**

Item	jumlah	A	V	W
		m3	m3	ton
side plat	2	33760000	0,135	732,46
core	1	33760000	0,5064	557,04
<i>Strong Beam</i>	6	5872	0,0248	403,22
<i>Deck Beam</i>	16	1001	0,008	347,48
<i>Jumlah</i>				2040,2

Sumber: diolah oleh peneliti

Perbandingan bobot antara model *main deck* acuan dan ketiga model struktur *sandwich* dengan aplikasi material *sandwich* dan konfigurasi stiffener diilustrasikan pada Gambar 4.12. Dari diagram yang diilustrasikan dapat dilihat bahwa penerapan material *sandwich* sangat mengurangi bobot *main deck*. Mengenai model yang dimodifikasi, *main deck* A tanpa mengubah konfigurasi stiffener menunjukkan sedikit penurunan bobot dari 1,7% menjadi 4,5% dibandingkan dengan *main deck* eksisting. Laporan serupa juga diberikan di *main deck* B, penghematan berat berada di kisaran antara 8,87% dan 11,6%. Sedangkan *deck* C menunjukkan penurunan bobot tertinggi yaitu sekitar 15,8%.

### 4.3.3 Validasi Model

Validasi dari hasil perhitungan merupakan suatu hal yang penting karena hal ini akan menunjukkan keakuratan perhitungan dari suatu pemodelan. Cara yang ditempuh untuk melakukan validasi adalah dengan melakukan perbandingan hasil perhitungan antara perhitungan *software* dengan perhitungan manual (sesuai dengan rumus). Perhitungan manual yang akan dilakukan dengan sebagai berikut:

a. Perhitungan manual

$$\text{Defleksi} = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I}$$

F = Force (1000 N)

L = Panjang Model (34000 mm)

E = Modulus Elastisitas ( $2,1 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>)

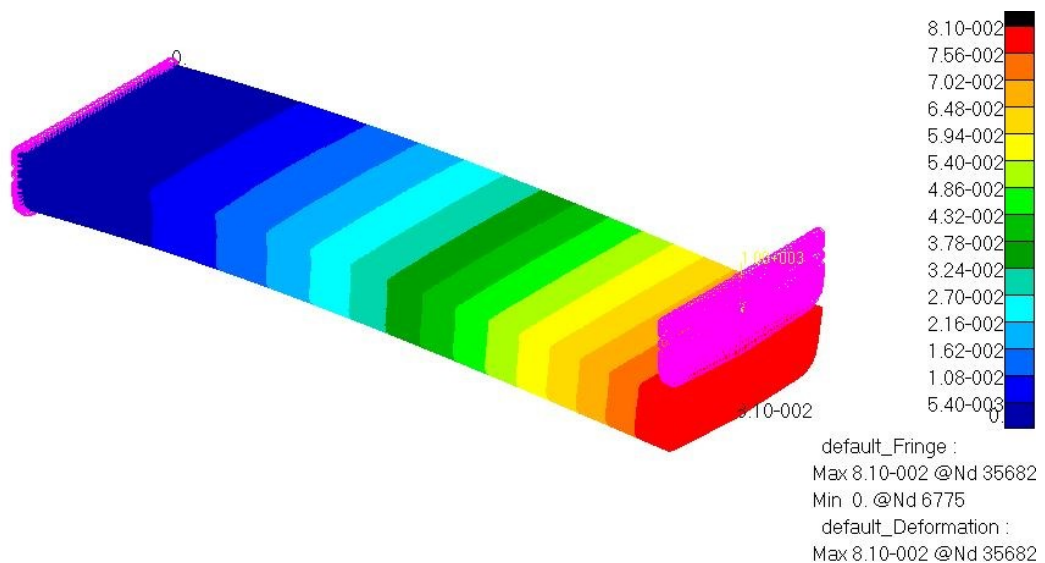
I = Inersia (753515390511,68 mm<sup>4</sup>)

Maka:

$$\text{Defleksi} = \frac{1000 \times 34000^3}{3 \times 2,1 \times 10^5 \times 753515390511,68}$$

$$\text{Defleksi} = 8,28 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

b. Perhitungan menggunakan *software*



**Gambar 4.21 Validasi Menggunakan Software**

Sumber: diolah oleh peneliti

Hasil validasi menggunakan *software* nilai dari deformasi model adalah  $8,10 \times 10^{-2}$  mm.

**Tabel 4.14 Hasil Validasi**

<b>Hasil Analisis</b>	<b>Hasil Perhitungan</b>	<b>Koreksi</b>
$8,10 \times 10^{-2}$	$8,28 \times 10^{-2}$	97,83 %

Sumber: diolah oleh peneliti