



**TUGAS AKHIR - MN 181581**

**ANALISIS KEKUATAN RECTANGULAR O-CORE  
SANDWICH PANEL PADA RAMP DOOR KAPAL  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**Haidar Diwantara  
NRP 0411144000007**

**Dosen Pembimbing  
DONY SETYAWAN, S.T., M.ENG.  
MOHAMMAD NURUL MISBAH, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





**TUGAS AKHIR - MN 181581**

**ANALISIS KEKUATAN RECTANGULAR O-CORE  
SANDWICH PANEL PADA RAMP DOOR KAPAL  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**Haidar Diwantara  
NRP 0411144000007**

**Dosen Pembimbing  
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.  
Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



---

**FINAL PROJECT - MN 181581**

**STRENGTH ANALYSIS OF RECTANGULAR O-CORE  
SANDWICH PANEL ON SHIP RAMP DOOR USING FINITE  
ELEMENT METHOD**

**Haidar Diwantara  
NRP 0411144000007**

**Supervisor  
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.  
Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**

# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISIS KEKUATAN RECTANGULAR O-CORE SANDWICH PANEL PADA RAMP DOOR KAPAL MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**HAI DAR DIWANTARA**  
NRP 0411144000007

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II



Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T.  
NIP 19730404 199702 1 001

Dosen Pembimbing I



Dony Setyawan, S.T., M.Eng.  
NIP 19750320 199903 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



I. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA,

## LEMBAR REVISI

# ANALISIS KEKUATAN RECTANGULAR O-CORE SANDWICH PANEL PADA RAMP DOOR KAPAL MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 4 Juli 2019

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

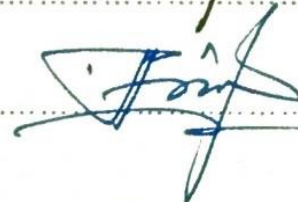
**HAI DAR DIWANTARA**  
NRP 0411144000007

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



2. Totok Yulianto, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.



2. Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T.



SURABAYA, 12 JULI 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua, Naila Kamila dan Hidayat, dan adik saya, Irfan Nuafal dan Kifah Muyasaroh, yang selalu memberikan saya semangat dan motivasi selama perkuliahan saya di ITS;
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng. & Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas izin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Teman-teman Departemen Dalam Negeri 2015/2016 HIMATEKPAL FTK ITS & Kajian Strategis 2016/2017 BEM FTK ITS yang telah memberikan kepedulian kepada penulis;
5. Teman-teman Pemandu LKMM TM ITS 2018 “BUMI” yang telah memberikan semangat serta motivasi kepada penulis;
6. Teman-teman Kementrian Inkubator Kajian BEM ITS 2018/2019 yang telah memberikan dukungan dan hiburan kepada penulis;
7. Teman-teman Kabinet Gelora Aksi BEM ITS 2018/2019 yang telah memberikan cerita menarik di tahun terkahir kuliah penulis;
8. Teman-teman BINBUT X BIP Muchamat Alvinur, Anindra Ahmad Farras, Rakadrian Nugraha, Raja Andhika Rizki R, Haekal Akbar K., Fikrohul Hasbi, Aryo Pangestu, Abdul Rahman S, Refdi, Aditya Kusuma Yuda, Awang Dirgantara, Byan Adjusta Resnaji, Bayu Kresna Adi S, dan Muhammad Rifqi AUFAR yang selalu memberikan hiburan, semangat dan canda tawa kepada penulis;



9. Hilda Dwi F, Dany Sanjaya, dan Rizki Chandra A yang membantu penulis untuk berdiskusi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;
10. Teman-teman angkatan P54 Deadrise yang telah membantu penulis mengenal lingkungan di ITS dan bersama berjuang hingga lulus;
11. Dan semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya,

Haidar Diwantara

# **ANALISIS KEKUATAN RECTANGULAR O-CORE SANDWICH PANEL PADA RAMP DOOR KAPAL MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

Nama Mahasiswa : Haidar Diwantara  
NRP : 0411144000007  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.  
2. Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Ramp door adalah salah satu jenis pintu di kapal yang digunakan untuk akses keluar masuk penumpang dan kendaraan. Biasanya ramp door kapal ini terletak dibagian buritan kapal (stern ramp door) dan haluan kapal (bow ramp door). Dalam penerapannya ramp door harus dapat menerima beban yang sesuai dengan batas tegangan izinnnya. Desain dan struktur ramp door harus dirancang sesuai dengan beban maksimum penumpang atau kendaraan. Analisis kekuatan konstruksi *ramp door* dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan tujuan untuk mendapatkan hasil kekuatan konstruksi *ramp door* kapal Ro–Ro dengan penerapan kostruksi *rectangular o-core sandwich panel*. Analisis kekuatan menggunakan program berbasis elemen hingga. Pada penelitian ini variasi yang dilakukan adalah perubahan ketebalan pelat pada bagian *sandwich structure* sehingga didapatkan desain dengan nilai tegangan yang memenuhi tegangan izin namun memiliki berat yang ringan. hasil percobaan didapatkan desain rectangular o-core sandwich panel yang paling optimal dengan tinggi core 312 mm, ketebalan face 3 mm, ketebalan core 3 mm jarak antar core 200 mm dan lebar core 100 mm. Dengan besar tegangan yaitu 164 Mpa, deformasi 6.204 mm dan berat 11.652 ton.

Kata kunci: *rectangular o-core*, sandwich panel, berat, tegangan.

# **STRENGTH ANALYSIS OF RECTANGULAR O-CORE SANDWICH PANEL ON SHIP RAMP DOOR USING FINITE ELEMENT METHOD**

Author : Haidar Diwantara  
Student Number : 04111440000007  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : 1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.  
2. Mohammad Nurul Misbah, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Ramp door is door on a ship that is used for access in and out of passengers and vehicles. Usually ramp door is located at the stern of the ship (stern ramp door) and ship ramp (bow ramp door). In the implementation of the ramp door must be able to accept the load that is in accordance with the limits of the permit. The design and structure of the ramp door must be designed according to the maximum load of passengers or vehicles. Strength analysis of ramp door construction with the finite element method used to obtaining the strength of the Ro-Ro ship door ramp construction with rectangular o-core sandwich panel construction. Strength analysis using finite element based programs. In this study the variations carried out were changes in the thickness of the plates on the sandwich structure so that design was obtained with a stress value that met the permitted stress but had a light weight. The experimental results obtained the most optimal design of the rectangular o-core sandwich panel with 312 mm core height, 3 mm face thickness, 3 mm core thickness between 500 mm core distance and core width 100 mm. With a maximum stress of 164 Mpa, a deformation of 6.204 mm and a weight of 11.652 tons.

Keywords: *rectangular o-core, sandwich panel, weight, stress.*

## DAFTAR ISI

I.1.	Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.	Perumusan Masalah.....	2
I.3.	Tujuan.....	2
I.4.	Batasan Masalah.....	3
I.5.	Manfaat.....	3
I.6.	Hipotesis.....	3
II.1.	Dasar Teori.....	5
II.1.1.	Pintu Rampa.....	5
II.1.2.	Sandwich Structure.....	8
II.1.3.	Metode Elemen Hingga.....	10
II.1.4.	Analisis Elemen Hingga Dibantu Komputer.....	14
II.1.5.	Tegangan dan Regangan.....	15
II.1.6.	Tegangan Von Mises.....	16
II.1.7.	Safety Factor.....	16
II.2.	Tinjauan Pustaka.....	17
II.2.1.	Rectangular O-Core Sandwich Panel.....	17
II.2.2.	Penyambungan Panel-Panel <i>Sandwich</i> .....	18
III.1.	Metode.....	21
III.1.1.	Studi Literatur.....	21
III.1.2.	Pengumpulan Data.....	21
III.1.3.	Pembebanan.....	22
III.1.4.	Pemodelan.....	25
III.1.4.1.	Penentuan Tipe Elemen.....	26
III.1.4.2.	Penentuan Sifat Material.....	26
III.1.4.3.	Section.....	27
III.1.4.4.	Modelling.....	28
III.1.4.5.	Meshing.....	30
III.1.4.6.	Penentuan Kondisi Batas.....	30
III.1.5.	Aplikasi Beban.....	31
III.1.6.	Penentuan Variasi.....	32
III.1.7.	Konvergensi.....	32
III.2.	Diagram Alir.....	35
IV.1.	Hasil.....	39
IV.2.	Hasil Konstruksi <i>Ramp Door</i> Dengan Penegar.....	39
IV.2.1.	Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan <i>Ramp door</i> .....	40
IV.2.2.	Kondisi Ban Depan Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	41
IV.2.3.	Kondisi Ban Belakang Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	42
IV.2.4.	Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang <i>Ramp door</i> .....	44
IV.2.5.	Kondisi Semua Ban Berada Di <i>Ramp Door</i> .....	45
IV.3.	Hasil Konstruksi <i>Ramp door</i> dengan <i>sandwich structure</i> .....	46
IV.3.1.	<i>Ramp door</i> dengan <i>sandwich structure</i> Model 1.....	47
IV.3.1.1.	Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan <i>Ramp door</i> .....	47

IV.3.1.2.	Kondisi Ban Depan Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	48
IV.3.1.3.	Kondisi Ban Belakang Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	50
IV.3.1.4.	Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang <i>Ramp door</i> .....	51
IV.3.1.5.	Kondisi Semua Ban Berada Di <i>Ramp Door</i> .....	52
IV.3.2.	<i>Ramp door dengan sandwich structure Model 2</i> .....	60
IV.3.2.1.	Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan <i>Ramp door</i> .....	61
IV.3.2.2.	Kondisi Ban Depan Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	62
IV.3.2.3.	Kondisi Ban Belakang Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	63
IV.3.2.4.	Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang <i>Ramp Door</i> .....	65
IV.3.2.5.	Kondisi Semua Ban Di <i>Ramp Door</i> .....	66
IV.3.3.	<i>Ramp door dengan sandwich structure Model 3</i> .....	75
IV.3.3.1.	Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan <i>Ramp door</i> .....	75
IV.3.3.2.	Kondisi Ban Depan Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	76
IV.3.3.3.	Kondisi Ban Belakang Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	79
IV.3.3.4.	Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang <i>Ramp door</i> .....	80
IV.3.3.5.	Kondisi Semua Ban Di <i>Ramp Door</i> .....	81
IV.3.4.	<i>Ramp door dengan sandwich structure Model 4</i> .....	89
IV.3.4.1.	Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan <i>Ramp door</i> .....	90
IV.3.4.2.	Kondisi Ban Depan Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	91
IV.3.4.3.	Kondisi Ban Belakang Di Tengah <i>Ramp door</i> .....	92
IV.3.4.4.	Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang <i>Ramp door</i> .....	94
IV.3.4.5.	Kondisi Semua Ban Di <i>Ramp Door</i> .....	95
IV.4.	Berat Konstruksi.....	103
IV.5.	Tegangan Maksimum dan Deformasi Maksimum .....	107
IV.6.	Model Optimal .....	108
V.1.	Kesimpulan.....	111
V.2.	Saran.....	111

#### LAMPIRAN

#### BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Bow Ramp .....	5
Gambar II.2 Internal Access Ramp .....	6
Gambar II.3 Quarter Ramp .....	6
Gambar II.4 Side Ramp .....	7
Gambar II.5 Stern Ramp.....	7
Gambar II.6 Tilting Ramp .....	8
Gambar II.7 Jenis-Jenis Core Pada Sandwich Structure .....	9
Gambar II.8 Rectangular O-Core Sandwich Panel.....	17
Gambar II.9 Metode Penyambungan Sandwich Panel .....	18
Gambar II.10 Sambungan Panel Sandwich Berbentuk Profil U .....	19
Gambar II.11 Pengelasan Sambungan Panel Sandwich Berbentuk Profil U .....	19
Gambar III.1 Data Teknis Ramp Door KMP JWS .....	22
Gambar III.2 Sketsa Pembebanan Saat Ban di Ujung Depan.....	23
Gambar III.3 Sketsa Pembebanan Saat Ban di Tengah .....	23
Gambar III.4 Sketsa Pembebanan Saat Ban di Ujung Belakang.....	24
Gambar III.5 Sketsa Pembebanan Saat Semua Ban di Ramp Door .....	24
Gambar III.6 Detail Rectangular O-Core Sandwich Structure.....	25
Gambar III.7 Penentuan Tipe Elemen .....	26
Gambar III.8 Penentuan Density .....	27
Gambar III.9 Penentuan Material Properties .....	27
Gambar III.10 Penentuan Section.....	28
Gambar III.11 Keypoint .....	28
Gambar III.12 Line .....	29
Gambar III.13 Area.....	29
Gambar III.14 Hasil Meshing.....	30
Gambar III.15 Aplikasi Pembebanan Saat Semua Ban di Ramp Door .....	31
Gambar III.16 Aplikasi Beban.....	32
Gambar III.17 Konvergensi Ramp Door Berpenegar.....	33
Gambar III.18 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel .....	33
Gambar III.19 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel .....	34
Gambar III.20 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel .....	34
Gambar III.21 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel .....	35
Gambar III.22 Diagram Alir.....	37
Gambar IV.1 Tegangan pada <i>Ramp Door</i> Umum saat Beban Ban Depan di Depan .....	40
Gambar IV.2 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Depan .....	40
Gambar IV.3 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Tengah .....	41
Gambar IV.4 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Tengah .....	42
Gambar IV.5 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Tengah.....	43
Gambar IV.6 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Tengah.....	43
Gambar IV.7 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Belakang.....	44
Gambar IV.8 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Belakang.....	44
Gambar IV.9 Tegangan pada <i>Ramp Door</i> Umum saat Beban Ban Depan di Depan .....	45

Gambar IV.10 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Depan.....	46
Gambar IV.11 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan .....	47
Gambar IV.12 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan .....	48
Gambar IV.13 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah.....	49
Gambar IV.14 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah.....	49
Gambar IV.15 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah .....	50
Gambar IV.16 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah .....	50
Gambar IV.17 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang ...	51
Gambar IV.18 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang ..	52
Gambar IV.19 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door .....	53
Gambar IV.20 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door.....	53
Gambar IV.21 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1).	55
Gambar IV.22 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1).	56
Gambar IV.23 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)	57
Gambar IV.24 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)	58
Gambar IV.25 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 1 Pada Tiap Posisi .....	59
Gambar IV.26 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 1 Pada Tiap Posisi .....	60
Gambar IV.27 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan .....	61
Gambar IV.28 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan.....	62
Gambar IV.29 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah .....	62
Gambar IV.30 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah .....	63
Gambar IV.31 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah.....	64
Gambar IV.32 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah.....	64
Gambar IV.33 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang.....	65
Gambar IV.34 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang.....	65
Gambar IV.35 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door .....	66
Gambar IV.36 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door.....	67
Gambar IV.37 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1).	69
Gambar IV.38 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 2).	70
Gambar IV.39 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 2)	71
Gambar IV.40 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 2)	72
Gambar IV.41 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 2 Pada Tiap Posisi .....	73
Gambar IV.42 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 2 Pada Tiap Posisi ....	74
Gambar IV.43 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan .....	75
Gambar IV.44 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan.....	76
Gambar IV.45 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah.....	77
Gambar IV.46 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah.....	77
Gambar IV.47 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Depan.....	78
Gambar IV.48 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Depan.....	78
Gambar IV.49 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah .....	79
Gambar IV.50 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah .....	79
Gambar IV.51 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang ...	80
Gambar IV.52 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang ..	81
Gambar IV.53 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door .....	82
Gambar IV.54 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door.....	82
Gambar IV.55 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3).	84
Gambar IV.56 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3).	85
Gambar IV.57 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3)	86
Gambar IV.58 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3)	87

Gambar IV.59 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 3 Pada Tiap Posisi .....	88
Gambar IV.60 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 3 Pada Tiap Posisi ....	89
Gambar IV.61 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan .....	90
Gambar IV.62 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan .....	90
Gambar IV.63 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah.....	91
Gambar IV.64 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah.....	92
Gambar IV.65 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah .....	93
Gambar IV.66 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah .....	93
Gambar IV.67 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang ...	94
Gambar IV.68 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang ..	94
Gambar IV.69 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door.....	95
Gambar IV.70 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door.....	96
Gambar IV.71 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 4).	98
Gambar IV.72 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 4).	99
Gambar IV.73 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 4)	100
Gambar IV.74 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Panel Model 4) .....	101
Gambar IV.75 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 4 Pada Tiap Posisi ...	101
Gambar IV.76 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 4 Pada Tiap Posisi ..	102
Gambar IV.77 Grafik Berat Konstruksi Rectangular O-Core Variasi 1 (tc Berubah) .....	105
Gambar IV.78 Grafik Berat Konstruksi Rectangular O-Core Variasi 2 (tf Berubah).....	106



## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Hasil Penelitian .....	17
Tabel III.1 Data Kendaraan .....	21
Tabel III.2 Jarak Penempatan Beban .....	23
Tabel III.3 Rakapitulasi Perhitungan Beban .....	25
Tabel III.4 Penentuan Kondisi Batas .....	31
Tabel IV.1 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_f$ Sama (Sandwich Panel Model 1) .....	54
Tabel IV.2 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_c$ Sama (Sandwich Panel Model 1) .....	54
Tabel IV.3 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_f$ Sama (Sandwich Panel Model 2) .....	68
Tabel IV.4 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_c$ Sama (Sandwich Panel Model 2) .....	68
Tabel IV.5 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_f$ Sama (Sandwich Panel Model 3) .....	83
Tabel IV.6 Tegangan dan Deformasi Saat $t_c$ Sama (Sandwich Panel Model 3) .....	83
Tabel IV.7 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_f$ Sama (Sandwich Panel Model 4) .....	97
Tabel IV.8 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat $t_c$ Sama (Sandwich Panel Model 4) .....	97
Tabel IV.9 Rekapitulasi Berat Kosntruksi Model .....	104

## DAFTAR SIMBOL

A	= Luas area (m <sup>2</sup> )
$\lambda$	= Koefisien dari konduktifitas panas, (J.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )
$\rho$	= Massa jenis material (kg.m <sup>-3</sup> )
F	= Gaya (N)
$\epsilon$	= Regangan
E	= Modulus Young
$\sigma$	= Tegangan
$\Delta l$	= Pertambahan panjang (m)
L <sub>0</sub>	= Panjang awal (m)
$\sigma_{VM}$	= Tegangan Von Mises
$\sigma_y$	= Tegangan luluh
n	= Faktor Keamanan
$\tau$	= Tegangan geser
t <sub>c</sub>	= Tebal core
t <sub>f</sub>	= Tebal face plate
H <sub>f</sub>	= Tinggi core
S <sub>t</sub> /S <sub>1</sub>	= Lebar core
S <sub>2</sub>	= Jarak antar core
$\nu$	= Angka perbandingan poisson
F <sub>s</sub>	= Gaya (N)
A <sub>s</sub>	= Luas bidang geser (m <sup>2</sup> )
G	= Modulus geser
$\gamma$	= Regangan geser

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### ***I.1. Latar Belakang Masalah***

Ramp door adalah salah satu jenis pintu di kapal yang digunakan untuk akses keluar masuk penumpang dan kendaraan. Biasanya ramp door kapal ini terletak dibagian buritan kapal (stern ramp door) dan haluan kapal (bow ramp door). Dalam pengoperasiannya ada banyak beban yang bekerja pada konstruksi ramp door tersebut saat loading dan unloading, baik beban statis ataupun dinamis yang akan menimbulkan masalah seperti deformasi, keretakan dll. Khusus untuk beban dinamis secara berulang-ulang akan mengakibatkan kelelahan material. Selain itu, pada kondisi loading, ramp door terhubung dengan moveable bridge yang ada di pelabuhan, atau langsung bertumpu pada dermaga. Namun sering kali ramp door tidak bertumpu pada dermaga maupun moveable bridge dan hanya mengandalkan kekuatan dari rantai penariknya (steel wire rope) atau lengan hidrolik dari pintu rampa tersebut. Hal ini juga bisa mengakibatkan kerusakan pada steel wire rope, motor penggeraknya (winch), maupun lengan hidroliknya.

Dalam penerapannya ramp door harus dapat menerima beban yang sesuai dengan batas tegangan izinnnya. Desain dan struktur ramp door harus dirancang sesuai dengan beban maksimum penumpang atau kendaraan. Konstruksi ramp door juga harus dirancang menghindari elastic deformation yang berlebihan yang dapat mengakibatkan perubahan bentuk geometri akibat dari beban yang diterima.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju memberikan inovasi dalam berbagai bentuk sistem, termasuk di dalamnya konstruksi struktur kapal. Saat ini telah dilakukan inovasi dari konstruksi dengan mengembangkan pelat yang dapat dipasang di kapal tanpa perlu menggunakan penegar yaitu sandwich panel. Sandiwch panel secara umum merupakan gabungan dua pelat baja yang dipisahkan oleh core (inti). Core (inti) ini dapat berupa bahan komposit atau metal. Bahan sandwich panel yang lebih ringan, memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi, getaran dan panas dari pada pelat konvensional hal tersebut dapat menjadi nilai tambah penggunaan sandwich panel pada konstruksi kapal. Oleh

karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis kekuatan jika sandwich panel di aplikasikan pada ramp door kapal yang dimana pada penelitian ini juga perlu memperhatikan aspek keamanan pada struktur *ramp door* terhadap beban yang akan terjadi pada struktur ini.

Analisis kekuatan ramp door ini menggunakan program berbasis FEM dengan memberikan variasi beban yang telah ditentukan berdasarkan Jumlah Berat yang Diizinkan (JBI) untuk kendaraan pengangkut barang. Selain itu dalam analisis ini nantinya akan dibuat desain konstruksi dari ramp door yang menggunakan *rectangular o-core sandwich panel*.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah pada analisis ini adalah :

1. Bagaimana kekuatan dan berat *ramp door* kapal Ro-Ro dengan penerapan konstruksi *rectangular o-core sandwich panel*?
2. Dimana letak komponen yang paling kritis pada konstruksi *ramp door* kapal Ro-Ro dengan penerapan konstruksi *rectangular o-core sandwich panel* setelah diberi variasi pembebanan?
3. Bagaimana menentukan sistem konstruksi *rectangular o-core sandwich panel* yang optimal untuk *ramp door*?

## **1.3. Tujuan**

Sesuai dengan permasalahan yang ada maka analisis ini mempunyai beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kekuatan konstruksi *ramp door* kapal Ro-Ro dengan penerapan konstruksi *rectangular o-core sandwich panel* dengan menggunakan metode elemen hingga.
2. Mengetahui letak komponen yang paling kritis pada konstruksi *ramp door* kapal Ro-Ro dengan penerapan konstruksi *rectangular o-core sandwich panel* setelah diberi variasi pembebanan.
3. Mengetahui sistem konstruksi *rectangular o-core sandwich panel* yang optimal untuk *ramp door*.

#### **I.4. Batasan Masalah**

Karena banyaknya permasalahan yang bisa dianalisis dari kasus *ramp door* ini, maka perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung motor penggeraknya.
2. Analisis kekuatan dilakukan pada *rectangular o-core sandwich panel* dengan variasi ketebalan *face plate* dan *core*.
3. Pembebanan yang diperhitungkan adalah beban akibat kendaraan yang terjadi saat bongkar muat.
4. Tidak melakukan analisis ekonomis pada penelitian ini.
5. Pada penelitian ini tidak mempertimbangkan proses produksi pada pengaplikasiannya di dunia industri.

#### **I.5. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan pertimbangan para designer dapat lebih memperbaharui dan mengoptimalkan desain dan kekuatan *ramp door*.
2. Sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan umur dari konstruksi *ramp door*.

#### **I.6. Hipotesis**

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konstruksi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* memiliki kekuatan yang sesuai dengan standar regulasi serta lebih kuat dan memiliki berat yang lebih ringan dibanding konstruksi *ramp door* umum.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB II

### STUDI LITERATUR

#### **II.1. Dasar Teori**

Untuk melakukan analisis terhadap tujuan pada Bab I, maka teori-teori yang berkaitan dengan tujuan disusun sehingga terjadi kesinambungan antara tujuan, proses dan hasil. Pada tugas akhir ini juga disusun kajian-kajian pustaka yang telah dilaksanakan sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan analisis pada tugas akhir ini. Teori-teori dan kajian-kajian pustaka yang dicantumkan pada Bab II ini selanjutnya dijadikan acuan untuk melakukan analisis pada bab-bab selanjutnya.

##### **II.1.1. Pintu Rampa**

*Ramp door* adalah suatu konstruksi pintu rampa yang digunakan untuk akses keluar masuknya kendaraan yang akan diangkut ke dalam kapal. Sistem penggerak dari *ramp door* ada dua jenis yaitu dengan menggunakan sistem hidrolik dan sistem steel wire rope (Karlson, 2004). Ada beberapa jenis *ramp door* yang sering dipakai pada kapal antara lain :

###### **1. Bow Ramp**

Dalam kebanyakan Akses desain pintu dua penutupan kedap akan dianggap memadai. *Bow Ramp* atau *bow visor* adalah dua pilihan untuk pembukaan. *Bow Ramp* dapat berupa jenis paralel menyelundup (atau jenis *swing-arm*), *clam-tipe*, tipe langsung berengsel, sisi berengsel atau sayap-jenis. Pintu terlepas dari jalan karena alasan keamanan.



**Gambar II.1 Bow Ramp**

Sumber : <https://www.macgregor.com>

Gambar II.1 menunjukkan *ramp door* jenis *bow ramp*, dimana posisi tertutup jalan haluan berfungsi sebagai pintu udara. Ketika *bow ramp* pada posisi terlipat, itu digunakan untuk ganda sebagai pintu dalam dan dengan demikian bukaan segel di sekat tabrakan. Hal ini dibagi dalam dua atau lebih bagian, misalnya dua bagian utama dan bagian lipat tambahan lipatan akhir meruncing. Ketika dikerahkan, haluan jalan memberikan akses dari dek utama ke pantai. Ketika ditutup dan diamankan, membentuk sebuah pintu udara di sekat tabrakan.

## 2. *Internal Acces Ramp*

Menyediakan hampir tidak ada hilangnya ruang kargo, akses internal jalan dipasang bersama-sama dengan dek mobil untuk membentuk bagian integral dari permukaan dek.



**Gambar II.2 Internal Access Ramp**

Sumber: <https://www.macgregor.com>

Pada gambar II.2 menunjukkan *ramp door* yang berjenis *internal acces ramp* yang mengangkat beban mobil dan diamankan di posisi dibesarkan dengan mengunci baut.

## 3. *Quarter Ramp*

*Quarter Ramp* adalah pintu yang dirancang sebagai pintu ke dan dari air bila dalam posisi tertutup. Pintu ini biasanya dibangun dan dibagi menjadi 3 bagian yang terpisah.



**Gambar II.3 Quarter Ramp**

Sumber: <https://www.macgregor.com>



Gambar II.3 menunjukkan *ramp door* jenis *quarter ramp* yang diatur pada sudut 30 – 40 derajat ke garis tengah kapal, yang memungkinkan untuk bersandar di dermaga tanpa perlu mengatur Ro – Ro. Pintu ini dirancang untuk mengatasi semua kondisi pasang surut air laut.

#### 4. *Side Ramp*

*Side ramp* adalah pintu yang berada di samping kapal yang dapat meningkatkan loading terutama di mana beberapa tingkat dek digabungkan lebih tinggi di kapal.

Gambar II.4 berikut adalah contoh gambar *ramp door* yang berjenis *side ramp*.



**Gambar II.4 Side Ramp**

Sumber: <https://www.macgregor.com>

#### 5. *Stern Ramp*

*Stern ramp* berfungsi sebagai pintu kepal air dan dilengkapi dengan seal karet di saluran sekitar pembukaan lambung. Hal ini biasanya dioperasikan oleh silinder hidrolik. Gambar II.5 menunjukkan *ramp door* yang berjenis *stern ramp*.



**Gambar II.5 Stern Ramp**

Sumber: <https://www.macgregor.com>

#### 6. *Tilting Ramp*

*Tilting ramp* dirancang untuk memiliki kedua ujungnya. Ada dua pilihan arah untuk memuat, depan atau belakang. Menawarkan fleksibilitas yang lebih besar untuk kapal dengan kedua busur dan bongkar buritan muat. jalan terdiri dari bagian utama

dengan tutup akhir berengsel, dan ketika ditutup membentuk penutupan yang ketat. Pilihan juga dapat dibuat antara landai yang dalam posisi tertutup, membentuk menetas kedap air dan landai tanpa penyegelan.



**Gambar II.6 Tilting Ramp**

Sumber: <https://www.macgregor.com>

Gambar II.6 memperlihatkan *tilting ramp* yang terkunci di posisi terangkat oleh perangkat mengamankan hidrolis dioperasikan, landai akan membentuk bagian integral dari permukaan dek dan dapat dari konstruksi ringan. Fokus dengan meminimalkan berat peralatan dalam kaitannya dengan kapasitas bongkar memberikan kapasitas kargo yang lebih besar dan biaya bahan bakar yang lebih rendah per ton barang. operasi otomatis, baik hidrolis atau listrik.

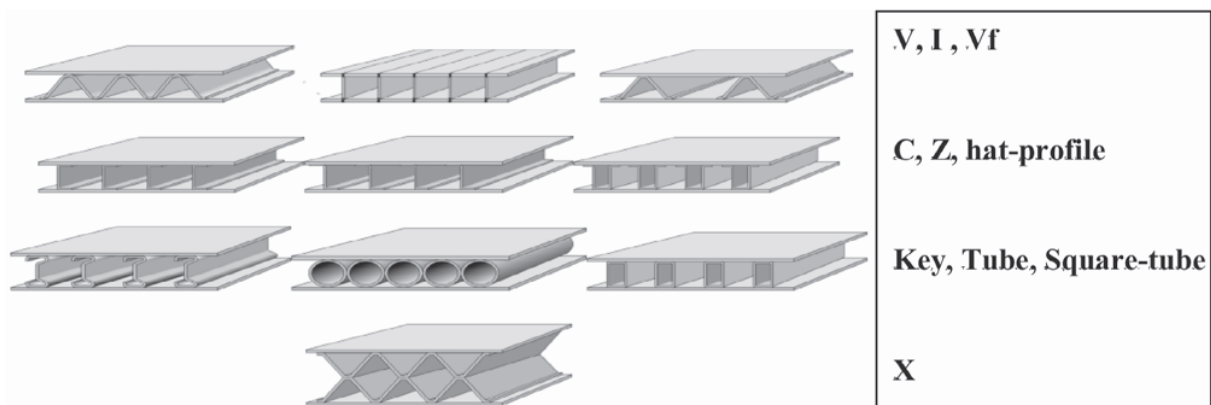
### **II.1.2. Sandwich Structure**

Struktur *sandwich* merupakan struktur dua pelat logam yang disusun pada dua sisi luar dan core yang ringan di antara dua pelat tersebut. *Core* yang digunakan sebagai pemisah pelat adalah material yang lebih ringan dengan tujuan meningkatkan momen kedua area dari penampang material dengan sedikit peningkatan berat material. Struktur *sandwich* ini sering digunakan dalam industri pesawat terbang, industri maritim, pisau turbin angin, platform industri dan lain-lain. Selama *loading*, bagian *face* mengalami beban tekan dan beban Tarik sedangkan bagian inti (*core*) mengalami beban geser. Struktur sandwich diaplikasikan untuk struktur yang membutuhkan kekakuan tinggi terhadap rasio berat. Struktur sandwich memiliki momen inersia yang lebih tinggi dibandingkan dengan solid atau I-beam struktur (Kiran, 2016).

Berbagai macam bahan dapat digunakan untuk *sandwich facings* dan inti. Bahan yang biasa digunakan termasuk logam (Ex. Steel atau aluminium) dan komposit. Bahan atau struktur inti umum termasuk logam pengaku, busa (polimer atau logam), *honeycomb* dan kayu

balsa. Sambungan inti ke *face* biasanya disambung melalui ikatan perekat atau pengelasan. Semua-logam, hibrida logam, dan struktur sandwich komposit yang paling sering digunakan untuk aplikasi industri. Bagian ini menjelaskan struktur sandwich semua logam. Struktur sandwich semua-logam didefinisikan sebagai satu di mana kedua facings dan inti terbentuk dari bahan logam. Dalam industri kelautan, ini biasanya berarti baja atau aluminium. Selain dari bahan penyusunnya, struktur sandwich semua-logam dapat diklasifikasikan lebih lanjut oleh geometri inti.

Panel sandwich logam dengan pelat atas dan bawah serta inti yang terbuat dari baja disebut *steel sandwich panels*. Struktur inti dari jenis yang berbeda sesuai dengan struktur inti struktur sandwich baja dibagi beberapa yaitu I-Core, O-Core, dengan *rectangular beams*, Vf / V-Cores dengan *hat* atau *corrugated* sebagai inti, *round O Core* C-Core dan X-Core dengan *two hat core*.



**Gambar II.7 Jenis-Jenis Core Pada Sandwich Structure**

Sumber: Kujala, 2005

Berikut merupakan keuntungan dan permasalahan dalam penggunaan *sandwich panel* pada industri kapal (SANDCORE, 2013):

1. Keuntungan Penggunaan *Sandwich Panel* dibanding dengan Pelat Konvensional:
  - *High Stiffness* terhadap rasio berat, sesuai untuk *lightweight* desain
  - Ketahanan tekuk yang baik dibandingkan dengan struktur pelat orthotropik tipis.
  - Mengurangi ketinggian konstruksi (dibandingkan dengan geladak berpenegar) untuk memperluas ruang bebas.
  - *Unsuported span* yang luas, sehingga mengurangi kebutuhan elemen pendukung

- Ketepatan dan kerataan dimensi karena proses fabrikasi di bengkel ( tidak disarankan merakit di kapal)
  - Mengurangi waktu *assembly* melalui pendekatan modular pada konstruksi
2. Permasalahan penggunaan *sandwich panel*:
- Biaya material tinggi
  - Prosedur perancangan/ validasi yang kompleks
  - Kurangnya orang yang ahli pada struktur *sandwich panel* dan peralatan di galangan
  - Dibutuhkan perencanaan detail dari *modular construction*
  - Kurangnya data dan informasi untuk mendukung produksi konstruksi dengan *sandwich panel* dibandingkan dengan teknologi konstruksi konvensional.

### **II.1.3. Metode Elemen Hingga**

Dalam metode elemen hingga, menurut (Rao, 2011), sebuah kontinum atau wujud dari unsur; seperti benda padat, cair, atau gas; direpresentasikan menjadi sebuah susunan dari bagian yang terbagi-bagi yang disebut elemen hingga. Elemen-elemen tersebut saling terhubung pada titik pertemuan yang disebut noda atau *nodal points*. Dalam metode elemen hingga, variabel yang terdapat dalam kontinum; seperti tegangan, perpindahan, temperature, tekanan, dan kecepatan; diasumsikan dan didefinisikan dengan pendekatan menggunakan fungsi sederhana. Fungsi tersebut, yang juga disebut sebagai interpolasi model, didefinisikan menjadi sebuah nilai pada noda-noda dalam elemen. Dan dengan menyelesaikan persamaan elemen hingga maka nilai noda (*nodal values*) dapat diketahui. Analisis menggunakan metode elemen hingga, secara umum terbagi menjadi beberapa tahap. Tahapan tersebut dijelaskan oleh (Logan, 2007) sebagai berikut:

#### 1. Pembagian dan pemilihan tipe elemen

Tahap pertama dalam analisis menggunakan metode elemen hingga yang dilakukan adalah melakukan pembagian pada struktur menjadi sebuah sistem elemen hingga dan melakukan pemilihan tipe elemen yang sesuai serta mendekati keadaan sesungguhnya. Penentuan jumlah elemen yang dibentuk dan variasi ukuran serta tipe elemen pada struktur dilakukan berdasarkan pengalaman. Elemen harus dibentuk sekecil mungkin untuk memperoleh hasil yang sesuai dan juga sebesar mungkin untuk mengurangi proses perhitungan komputasi.

## 2. Penentuan fungsi displasmen

Dalam tahap ini dilakukan penentuan fungsi displasmen pada tiap elemen yang telah terbentuk. Fungsi tersebut didefinisikan menjadi *nodal values* pada elemen. Fungsi dibuat sesederhana mungkin untuk mempermudah proses analisis elemen, yang biasanya menggunakan jenis fungsi seperti fungsi linier, fungsi kuadrat, atau polinomial.

## 3. Penentuan hubungan regangan – displasmen (*strain – displacement*) dan tegangan – regangan (*stress – strain*)

Hubungan regangan – displasmen dan tegangan – regangan merupakan hal yang penting dalam penurunan persamaan elemen hingga. Secara sederhana pengaruh regangan dan displasmen pada model satu dimensi dengan regangan yang kecil dapat ditentukan dengan persamaan, sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (\text{II.1})$$

Dimana:

$\varepsilon$  = regangan yang terjadi pada struktur

$\Delta l$  = perubahan panjang yang terjadi pada struktur (m)

$l_0$  = panjang awal struktur (m)

Untuk hubungan antara tegangan dan regangan yang biasa digunakan dalam analisis tegangan, secara sederhana pada model satu dimensi dapat ditentukan menggunakan hukum Hooke yang ditunjukkan dalam persamaan, sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{II.2})$$

Dimana:

$\sigma$  = tegangan yang terjadi pada struktur (N/m<sup>2</sup>)

F = gaya yang dialami struktur (N)

A = luas penampang struktur (m<sup>2</sup>)

## 4. Penurunan persamaan dan matriks kekakuan elemen

Menentukan persamaan elemen dan matriks kekakuan elemen dalam analisis menggunakan metode elemen hingga terdapat tiga metode utama yang biasa digunakan dalam analisis ini, yaitu:

### a. *Direct Equilibrium Method*

Dengan metode ini, matriks kekakuan elemen dan persamaan elemen yang menyatakan hubungan antara gaya dan perpindahan nodal didapatkan menggunakan kondisi kesetimbangan gaya untuk sebuah elemen sederhana.

b. *Work or Energy Methods*

Metode berikutnya adalah *Work or Energy Methods*. Untuk melakukan penurunan persamaan dan matriks kekakuan pada elemen dengan bentuk geometri dua dimensi dan tiga dimensi akan lebih mudah apabila menggunakan work or energy method. Dengan metode ini, penurunan persamaan elemen dapat diperoleh menggunakan pendekatan prinsip virtual work (menggunakan virtual displacement), prinsip energi potensial minimum, dan teori Castigliano.

c. *Methods of Weighted Residuals*

Metode terakhir adalah *Methods of Weighted Residuals*. Dalam metode ini, penurunan persamaan dan matriks kekakuan elemen diperoleh menggunakan metode Galerkin. Dengan menggunakan metode ini, hasil yang diperoleh akan sama dengan hasil dari energy methods. Metode ini akan menghasilkan persamaan yang mendefinisikan respon dari sebuah elemen. Respon elemen diperoleh menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\{f\} = [k]\{d\} \quad (\text{II.3})$$

Dimana:

$\{f\}$  = vektor dari gaya noda elemen (N)

$[k]$  = matriks kekakuan elemen (N/m)

$\{d\}$  = vektor dari derajat kebebasan noda elemen, pada tahap ini nilainya belum diketahui, atau vektor dari perpindahan noda elemen,  $n$  (m)

5. Penurunan persamaan elemen untuk mendapatkan persamaan global atau persamaan total dan kondisi batas

Tahap selanjutnya adalah Penurunan persamaan elemen untuk mendapatkan persamaan global atau persamaan total dan kondisi batas. Dari persamaan yang didapat pada tahap-tahap sebelumnya, persamaan elemen secara keseluruhan pada struktur yang dianalisis dapat diperoleh pada tahap ini. Persamaan elemen secara global diperoleh dengan persamaan, sebagai berikut:

$$\{F\} = [K]\{d\} \quad (\text{II.4})$$

Dimana:

$\{F\}$  = vektor dari gaya nodal secara global (N)

$[K]$  = total matriks kekakuan elemen secara global dari struktur (N/m)

$\{d\}$  = vektor dari derajat kebebasan elemen, beberapa nilainya telah diperoleh dari persamaan II.3, atau vektor dari perpindahan noda elemen ( $n$ ) (m)

#### 6. Penyelesaian vektor dari derajat kebebasan

Pada tahap sebelumnya, nilai vektor dari derajat kebebasan atau perpindahan noda elemen belum diketahui secara keseluruhan. Nilai yang belum diketahui diperoleh menggunakan metode eliminasi (metode Gauss) atau metode Gauss-Seidel.

#### 7. Perhitungan regangan dan tegangan elemen

Untuk permasalahan analisis tegangan struktur, nilai regangan dan tegangan (atau momen dan tegangan geser) dapat diperoleh dari nilai displasmen hasil penurunan persamaan II.4 pada tahap 5 dan 6. Untuk menghitung nilai regangan dan tegangan elemen dapat digunakan persamaan II.1 dan II.2.

#### 8. Interpretasi hasil perhitungan

Tahap terakhir dalam analisis menggunakan metode elemen hingga adalah interpretasi dan analisis hasil perhitungan untuk keperluan desain. Penentuan lokasi terjadinya deformasi dan tegangan yang besar dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam proses desain atau analisis.

Penggunaan metode elemen hingga dalam proses analisis sebuah struktur memiliki keuntungan sebagai berikut:

- a. Dapat menyelesaikan struktur dengan geometri yang sangat kompleks;
- b. Cakupan jenis permasalahan yang dapat diselesaikan menggunakan metode elemen hingga sangat luas;
- c. Mampu melakukan analisis dengan kondisi batas yang kompleks;
- d. Dapat menyelesaikan permasalahan dengan pembebanan yang kompleks.

Permasalahan yang dapat dianalisis menggunakan metode elemen hingga antara lain adalah mekanika, dinamika, permasalahan panas, fluida, dan permasalahan elektrostatis (Weck dan Kim, 2004) juga menjelaskan kekurangan pada analisis menggunakan metode elemen hingga, yaitu sebagai berikut:

1. Metode elemen hingga tidak dapat melakukan analisis pada permasalahan closed-form, yaitu permasalahan yang memerlukan pemeriksaan respon dari sistem yang berubah dengan banyak parameter;
2. Solusi yang dihasilkan merupakan nilai pendekatan;
3. Metode elemen hingga memiliki kesalahan inheren, antara lain adalah geometri yang disederhanakan dengan pembuatan elemen, dan kondisi pada elemen didefinisikan menggunakan pendekatan polinomial;
4. Kesalahan dalam penentuan tipe, sifat, dan kondisi elemen dapat berakibat fatal.

#### **II.1.4. Analisis Elemen Hingga Dibantu Komputer**

Analisis Elemen Hingga / *Finite Element Analysis* (FEA), merupakan prosedur yang digunakan dalam proses analisis tegangan. Prosedur tersebut juga dapat digunakan untuk menganalisis permasalahan pada aliran fluida, *heat transfer*, pelumasan, elektrik, magnetik, dan lain-lain. Analisis Elemen Hingga dilakukan menggunakan model dari sebuah struktur yang terbagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Setiap elemen tersebut merupakan bentuk geometri yang lebih sederhana, dan dengan geomtri yang lebih sederhana maka proses analisis akan lebih mudah dilakukan. Setiap elemen dianalisis secara individu dengan memperhatikan interaksi antar elemen.

Analisis elemen hingga akan menghasilkan banyak persamaan yang kemudian perhitungannya dilakukan secara komputasi. Menurutya, tingkat keakuratan dalam menggunakan prosedur ini sangat rendah, meskipun demikian kesalahan perhitungan dapat berkurang seiring dengan bertambahnya jumlah persamaan yang dihitung.

Pemodelan sebuah struktur menggunakan *software* berbasis elemen hingga terdiri dari tiga proses utama, yaitu *pre-processor*, *solver*, dan *post-processor* (Hoque, 2016). Ketiga proses tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Proses yang pertama adalah proses *pre-processor* merupakan tahap awal dalam proses pemodelan struktur dimana dilakukan persiapan data model yang meliputi konektivitas *node*, aplikasi kondisi batas dan beban pada geometri, serta penentuan informasi material model. Dalam proses ini, model struktur dibagi menjadi elemen-elemen hingga yang disebut dengan pembuatan *mesh*.
2. Proses berikutnya dalam pemodelan sebuah struktur menggunakan *software* berbasis elemen hingga adalah *solver*. Setelah model selesai dibuat kemudian masuk pada proses *solver*. Proses ini merupakan tahap perhitungan dalam proses pemodelan struktur. Kondisi batas dan beban yang telah diaplikasikan pada model akan dihitung menggunakan persamaan elemen hingga. Dari proses perhitungan tersebut diperoleh hasil pada tiap *node* sesuai dengan tipe analisis yang digunakan.
3. Proses terakhir dalam pemodelan sebuah struktur menggunakan *software* berbasis elemen hingga adalah penampilan hasil dari perhitungan komputasi dalam proses *solver*, yang disebut *post-processor*. Hasil perhitungan ditunjukkan dalam bentuk grafis sesuai dengan interpretasi yang dipilih.



### II.1.5. Tegangan dan Regangan

Umumnya, gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan, akan terdiri dari bermacam - macam besaran dan arah, dan intensitas gaya yang bekerja berubah - ubah dari suatu titik ke titik lain, umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang potongan. Dalam praktek keteknikan biasanya intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang sedang diselidiki. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (normal stress) pada sebuah titik. Suatu tegangan pada sebuah titik, secara matematis dapat didefinisikan sebagai berikut

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}; \quad (\text{II.5})$$

dimana F adalah suatu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan, sedangkan A merupakan luas yang bersangkutan. (Popov, 1994). Selain itu tegangan normal dapat menghasilkan tegangan tarik (tensile stress), tegangan tekan (compressive stress) dan tegangan geser (shearing stress).

Hubungan antara tegangan dan regangan boleh dikatakan berbentuk linier untuk semua bahan. Hal ini menuju kepada idealisasi dan penyamarataan yang berlaku untuk semua bahan, yang dikenal dengan hukum Hooke. Hukum Hooke dinyatakan dengan persamaan:

$$\sigma = E \times \varepsilon \quad (\text{II.6})$$

Atau

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{II.7})$$

Perhitungan tegangan izin pada *ramp door* menggunakan ketentuan BKI 2017 Section 6.H.2.1.1 dimana persamaannya adalah sebagai berikut :

Bending stress

$$\sigma = \frac{120}{k} \quad (\text{II.8})$$

Shear stress

$$\tau = \frac{80}{k} \quad (\text{II.9})$$

Equivalent stress

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \frac{150}{k} \quad (\text{II.10})$$

Dimana k adalah faktor material. Harga k ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{235}{R_{eH}} \quad (\text{II.11})$$

ReH adalah harga minimum upper yield point dari material (Yield Stress).

### II.1.6. Tegangan Von Mises

Tegangan von mises merupakan kombinasi dari semua komponen tegangan, yang terdiri dari tegangan normal pada tiga sumbu, dan tegangan geser, yang bereaksi pada tempat tertentu (Hoque, 2016). Tegangan von mises cocok digunakan untuk material *ductile*. Tegangan von mises yang menghasilkan nilai di atas *yield strength* material maka material tersebut akan memberikan respon kekuatan sebesar nilai *yield strength* material itu sendiri. Apabila tegangan von mises menghasilkan nilai melebihi *ultimate strength* maka material akan pecah. Perhitungan nilai tegangan von mises dari sebuah struktur dapat menggunakan persamaan II.12, sebagai berikut:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{I_1^2 - 3I_2} \quad (\text{II.12})$$

Dimana:

$\Sigma_{vm}$  = tegangan von mises yang terjadi pada struktur (N/mm<sup>2</sup>)

$I_1$  =  $\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$

$I_2$  =  $\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x + \tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2$

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  = tegangan yang terjadi pada sumbu-x, -y, dan -z (N/mm<sup>2</sup>)

### II.1.7. Safety Factor

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu material teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya/beban luar yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal pada material di dalam menahan gaya/beban tersebut sampai akhirnya material menjadi pecah disebut dengan beban ultimate (ultimate load). Faktor keamanan identik dengan perbandingan antara tegangan ultimate (ultimate stress) dengan tegangan izin (allowable stress) suatu material uji tarik. . Perhitungan *safety factor* dari sebuah struktur dapat menggunakan persamaan II.12, sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sigma_{Ultimate}}{\sigma_{Allowable}} \quad (\text{II.13})$$

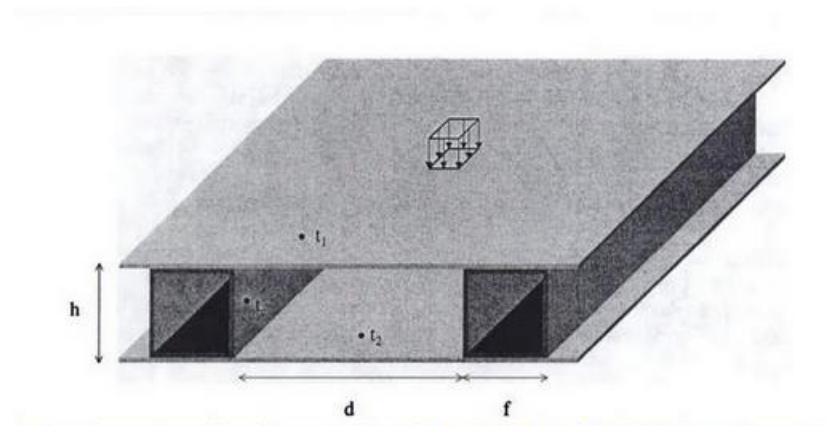
Nilai dari *safety factor* harus lebih besar dari 1.0 agar kegagalan pada struktur dapat dihindari. Penentuan *safety factor* ini juga harus mempertimbangkan faktor-faktor tertentu seperti, jenis beban (statis atau dinamis), apakah beban berulang atau tidak, kerusakan akibat korosi atau efek lingkungan lain, seberapa akurat besar beban yang diketahui, keakuratan dalam perhitungan dan analisis kekuatan, apakah kegagalan terjadi bertahap atau mendadak serta pertimbangan lainnya. Jika *safety factor* sangat rendah, kemungkinan kegagalan akan tinggi dan struktur tidak dapat diterima. Jika terlalu besar, kemungkinan struktur akan boros bahan dan tidak sesuai dengan fungsinya (contoh : terlalu berat).

## II.2. Tinjauan Pustaka

Pada tugas akhir ini, kajian-kajian sebelumnya dapat dijadikan suatu referensi dalam pengerjaan tugas akhir. Kajian-kajian tersebut memiliki keterkaitan dengan tujuan tugas akhir ini. Pada Bab II ini, kajian-kajian tersebut dituangkan dalam tinjauan pustaka.

### II.2.1. Rectangular O-Core Sandwich Panel

Menurut jurnal yang ditulis oleh Satya Kiran O. N. V, Dr. A. Gopichand, Mahesh Krishna B, dan P S N Raju mengenai “*Prediction on Deflection of V-core Sandwich Panels in Weak Direction Impact and Strength Analysis of All-Steel Sandwich Structures for Different Core Shapes*” *Rectangular O-core sandwich panel* seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.8 terdiri dari dua pelat baja yang saling berhadapan dan serangkaian inti berupa penegar yang berbentuk persegi.



Gambar II.8 Rectangular O-Core Sandwich Panel  
Sumber: Kiran, 2016

Pada penelitian tersebut dilakukan uji impact pada 3 jenis material core, yaitu *HAT-core*, *Rectangular o-core*, dan *c-core*. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil :

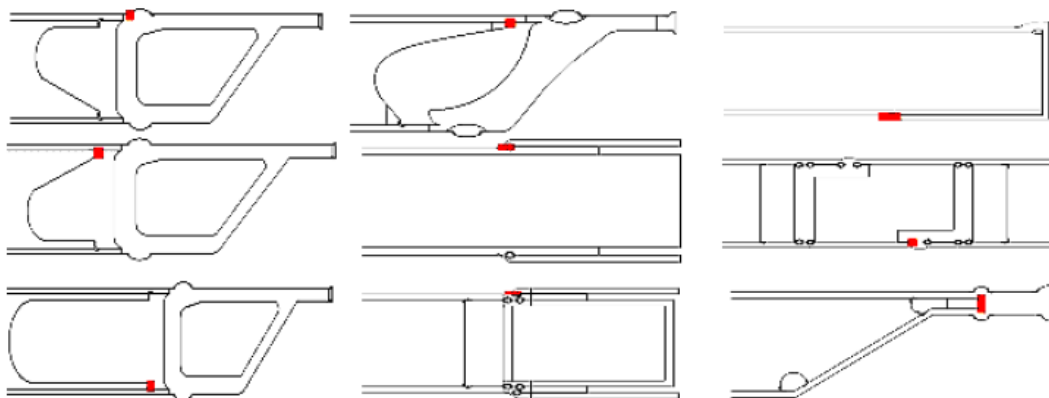
Tabel II.1 Hasil Penelitian

Core type	Deformation (mm)	Stress (Mpa)
C-Core	0.020346	67.514
Rectangular Core	0.013708	54.615
HAT Core	0.017559	91.606

Dari hasil penelitian diatas mendapatkan kesimpulan bahwa *rectangular o-core* memiliki nilai deformasi yang paling rendah dibanding jenis *core* yang ada. Dari hasil penelitian ini juga didapatkan kesimpulan bahwa *sandwich panel* dengan *rectangular o-core* memiliki nilai *section modulus* yang tertinggi.

## II.2.2. Penyambungan Panel-Panel *Sandwich*

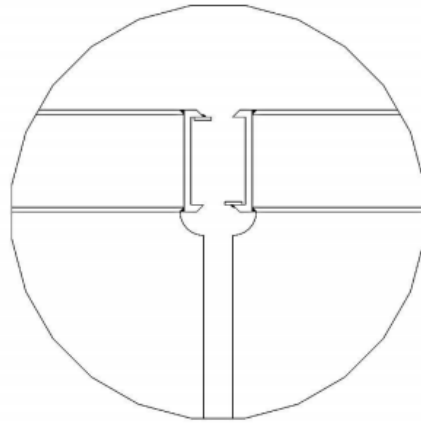
Metode penyambungan panel-panel *sandwich* dengan material keseluruhan yang terdiri dari metal (baja/ aluminium) dapat dilakukan dengan cara, pengelasan, penyambungan dengan mesin, menggunakan bahan *adhesive* dan penyambungan campuran. Penyambungan dengan pengelasan adalah tipe penyambungan *sandwich* yang paling banyak digunakan di industri maritim. Penyambungan dengan mesin dan bahan *adhesive* masih dilakuakn penelitian dan terbatas pada aplikasi tertentu. Ketika mendesain sambungan panel *sandwich*, pendesain harus menentukan secara pasti kondisi batas dari struktur yang akan disambungkan. Hal ini penting karena panel yang dipasang secara melintang memiliki tegangan yang lebih rendah dari pada panel yang dipasang memanjang. Perlu dipertimbangkan dalam hal pemasangan apakah panel *sandwich* dapat dilas kedua sisinya dan apaka salah satu sisinya memerlukan permukaan yang halus. Solusi untuk penyambungan antar panel *sandwich* adalah dengan *symmetric joints* Jenis sambungan ini dapat menjadi solusi agar tegangan dapat didistribusikan secara merata. Pemasangan ini memerlukan pengelasan dikedua sisinya. Gambar II.9. menunjukkan macam-macam sambungan yang dapat digunakan. Lokasi titik kritis tegangan ditandai dengan warna merah. Posisi titik kritis tegangan tergantung terutama pada sambungan geometrinya yang biasanya ditemukan pada bagian las-lasan (SANDCORE, 2013).



Gambar II.9 Metode Penyambungan Sandwich Panel

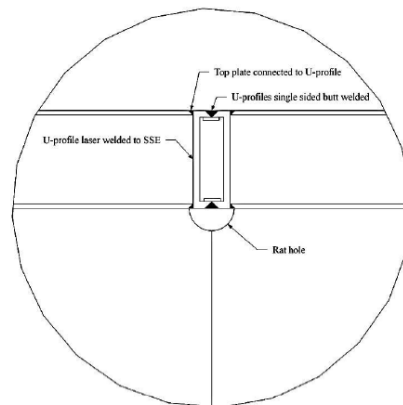
Sumber: SANDCORE, 2013

Salah satu metode penyambungan antar panel menggunakan profil U dimana letak sambungan ini tergantung oleh penempatan designer. Bagian penampang yang akan disambungkan dibuat sebelumnya (prefabrikasi) untuk mengurangi pengelasan di tempat. Sambungan panel sandwich dengan profil U dapat dilihat pada Gambar II.10.



**Gambar II.10 Sambungan Panel Sandwich Berbentuk Profil U**  
Sumber: Aldofson, 2016

Profil U di sambungan pada panel sandwich dengan dilas laser pada bagian core untuk mendapatkan interaksi penuh. Untuk mempermudah proses assembly dan pengelasan single sided butt, pada profil U sudah dilakukan pengelasan fillet dengan backing bar pada bagian akar.



**Gambar II.11 Pengelasan Sambungan Panel Sandwich Berbentuk Profil U**  
Sumber: Aldofson, 2016

Penggabungan dua panel dengan melakukan pengelasan *butt joint* pada profil U dimana profil U akan berfungsi sebagai rigid *frame* untuk mencegah efek pembebanan yang terjadi pada panel *sandwich* tanpa harus merubah ukuran pelat atas dan bawah. Bagian yang akan dilas terlihat pada Gambar II.11.

Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB III

## METODOLOGI

### III.1. Metode

Seperti yang disinggung pada Bab II, teori-teori terkait digunakan pada proses pengerjaan tugas akhir ini tentunya memiliki cara kerja yang sesuai dengan diagram alir sebelumnya. Cara kerja tersebut sebagai berikut.

#### III.1.1. Studi Literatur

Literatur yang berkaitan dengan perumusan masalah yang ada dicari keterkaitannya dengan topik yang akan dianalisis. Studi literatur dilakukan untuk mencapai tujuan dan teori-teori yang berhubungan ataupun hasil riset yang pernah dilakukan. Pada tugas akhir ini teori yang digunakan berkaitan dengan diagram alir terkait.

#### III.1.2. Pengumpulan Data

Pada proses ini dilakukan pengumpulan seluruh data yang berkaitan dengan konstruksi *ramp door* yang akan dianalisis dalam Tugas Akhir ini. Data yang berkaitan dengan konstruksi *ramp door* didapatkan berupa data konstruksi *fore ramp door*, kendaraan.

1. Data kendaraan

Data kendaraan digunakan sebagai acuan dalam aplikasi beban yang akan di aplikasikan pada model konstruksi *ramp door* yang akan dianalisis dimana pada penelitian ini akan digunakan beban akibat kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimum.

**Tabel III.1 Data Kendaraan**

Jenis Kendaraan	Nilai Minimum (ton)	Nilai Maksimum (ton)
Sedan	1.3	1.5
Utiliti	1.5	2.0
Bus Kecil	3.0	4.0
Bus Besar	9.0	12.0
Truk Ringan	3.5	6.0
Truk Sedang	10.0	15.0
Truk Gandengan	15.0	25.0

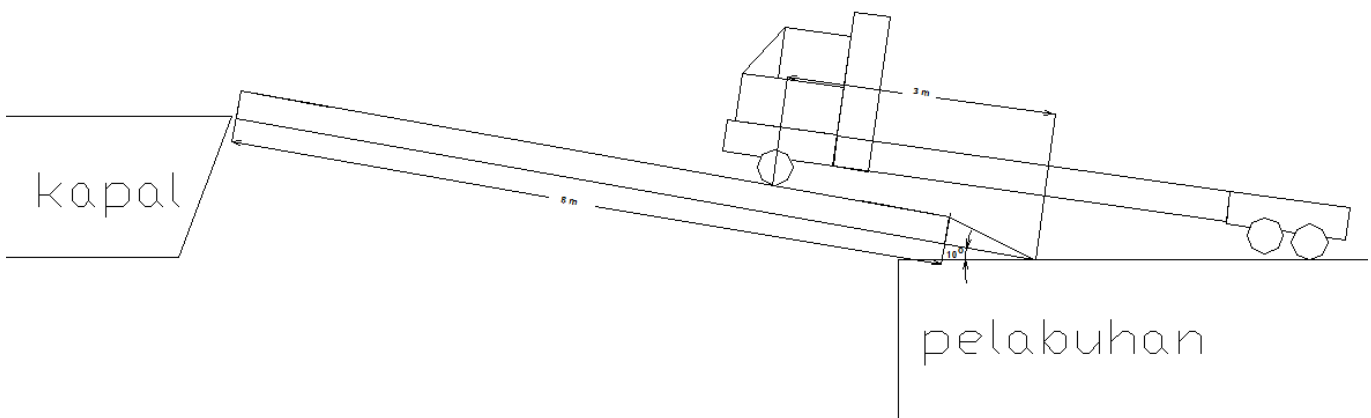




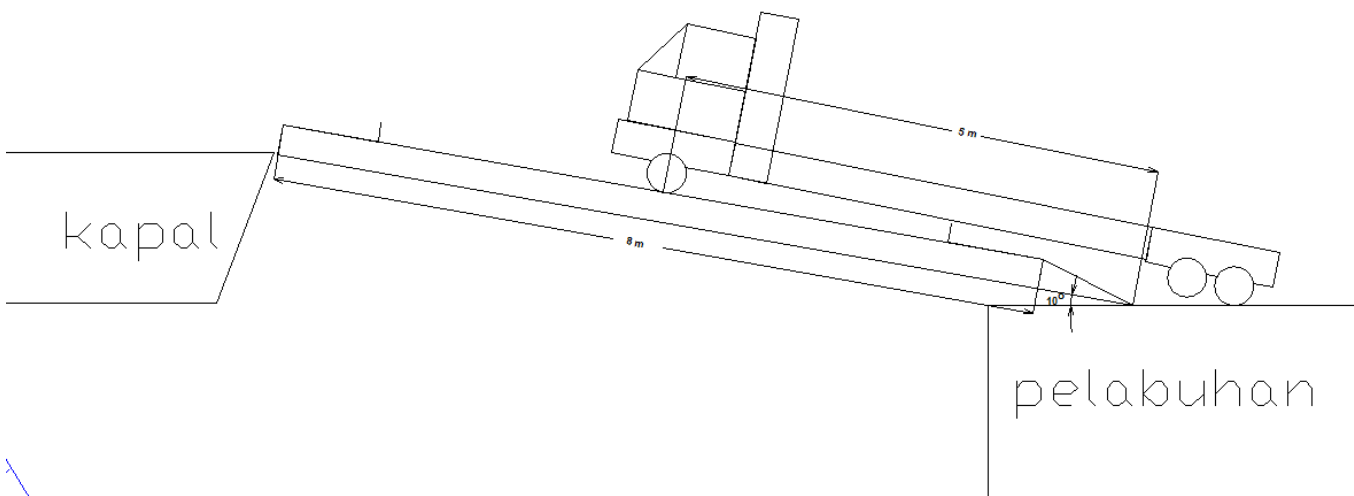
terpusat pada ban. Untuk aplikasi pembebanannya terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Adapun untuk jarak dan rekap perhitungan pembebanan pada analisis ini sebagai berikut :

**Tabel III.2 Jarak Penempatan Beban**

Posisi	Jarak
Ujung Depan	3 m dari depan <i>ramp door</i>
Tengah	5 m dari depan <i>ramp door</i>
Ujung Belakang	7 m dari depan <i>ramp door</i>

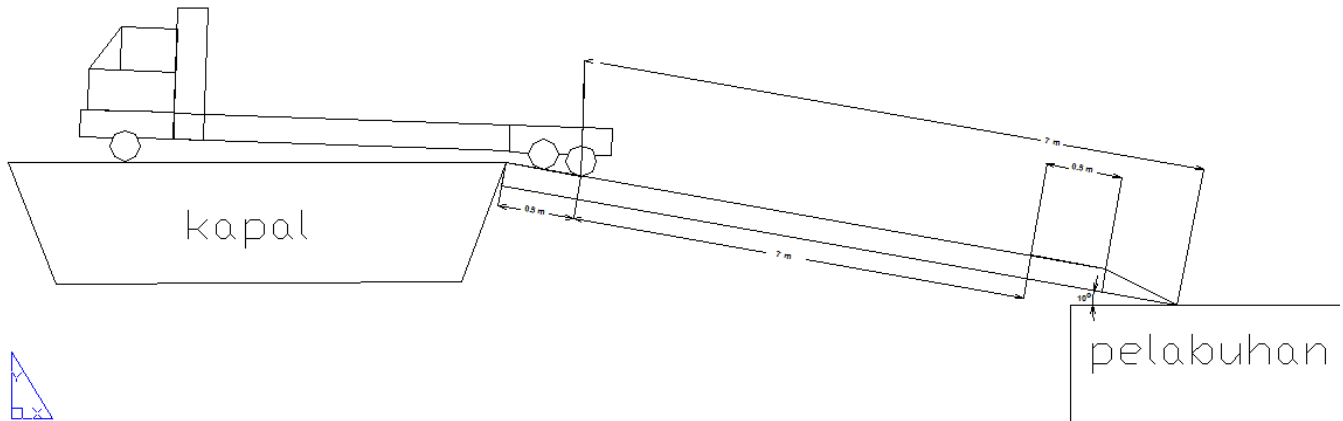


**Gambar III.2 Sketsa Pembebanan Saat Ban di Ujung Depan**

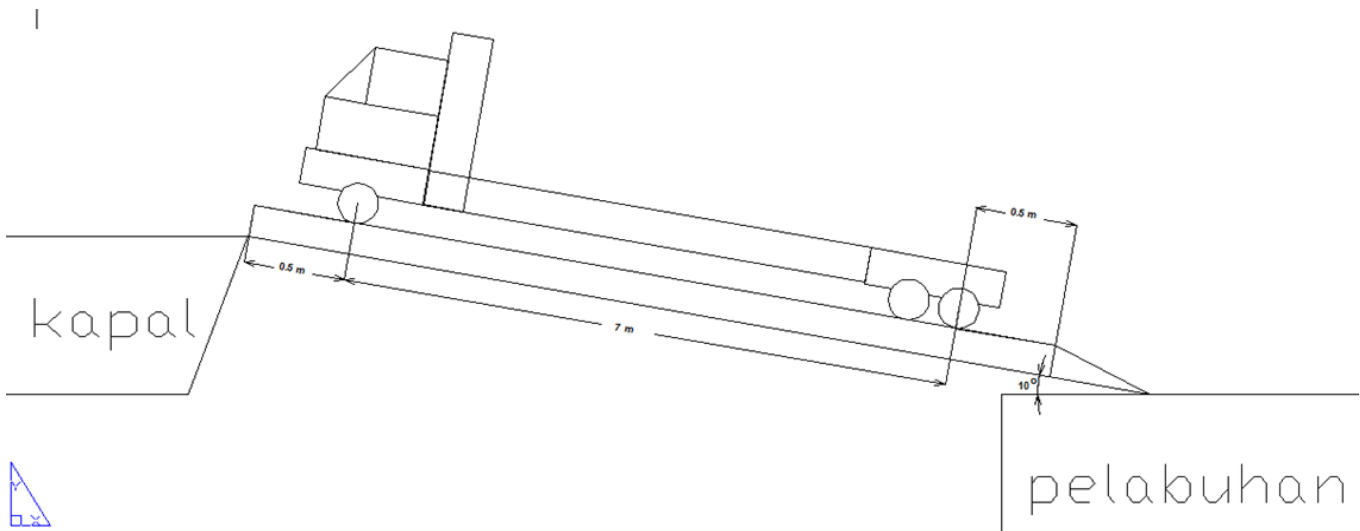


**Gambar III.3 Sketsa Pembebanan Saat Ban di Tengah**

Gambar III.2 merupakan sketsa pembebanan untuk ban kendaraan saat berada di ujung depan *ramp door*. Pada sketsa ini merupakan sketsa tampak samping saat kendaraan berada diatas *ramp door*. Gambar III.3 merupakan sketsa pembebanan untuk ban kendaraan saat berada di tengah belakang *ramp door*. Pada sketsa ini merupakan sketsa tampak samping saat kendaraan berada diatas *ramp door*.



**Gambar III.4 Sketsa Pembebanan Saat Ban di Ujung Belakang**



**Gambar III.5 Sketsa Pembebanan Saat Semua Ban di Ramp Door**

Gambar III.4 merupakan sketsa pembebanan untuk ban kendaraan saat berada di ujung belakang *ramp door*. Pada sketsa ini merupakan sketsa tampak samping saat kendaraan berada diatas *ramp door*. Gambar III.5 merupakan sketsa pembebanan untuk kendaraan saat memasuki *ramp door*. Pada sketsa ini merupakan sketsa tampak samping saat kendaraan berada diatas *ramp door*.

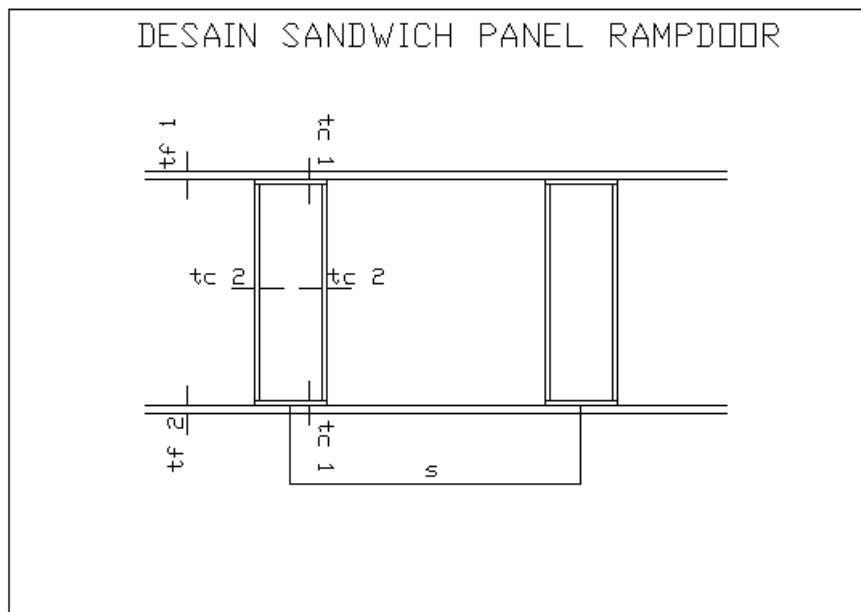
**Tabel III.3 Rakapitulasi Perhitungan Beban**

Posisi	Beban (KN/m <sup>2</sup> )
Ban Depan	194,444
Ban Belakang	145,833

Pada Tabel III.3 perhitungan beban dilakukan sesuai dengan perhitungan yang diatur pada buku BKI vol. II section 7.B.1.2.

### III.1.4. Pemodelan

Pemodelan konstruksi *ramp door* dilakukan menggunakan *software* berbasis elemen hingga. Penggunaan *software* berbasis elemen hingga akan memudahkan proses analisis struktur dengan menggunakan metode elemen hingga. Pemodelan menggunakan *software* memerlukan kapasitas perangkat yang memadai sehingga pembuatan model juga harus disesuaikan dengan kapasitas perangkat yang tersedia namun tidak mengurangi keakuratan model yang dibuat. Pembuatan model harus dibuat agar dapat mewakili kondisi sebenarnya sehingga proses analisis yang dilakukan dapat memberikan hasil yang sesuai dengan kondisi yang dialami struktur. Dalam penelitian ini dibuat 2 model yaitu model konstruksi *ramp door* secara umum dan konstruksi *ramp door* dengan *sandwich structure*. Untuk detail dari *sandwich structure* sebagai berikut :

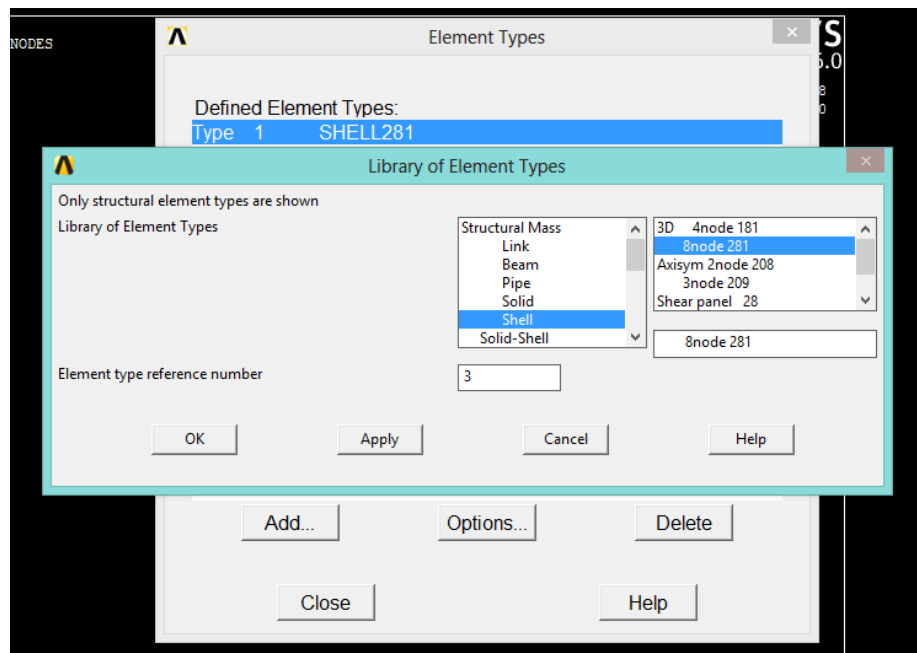


**Gambar III.6 Detail Rectangular O-Core Sandwich Structure**

Gambar III.6 merupakan detail dari *rectangular o-core sandwich panel* dimana Tf 1 (tebal face atas), Tf 2 (tebal face bawah), Tc 1 (tebal core horizontal), Tc 2 (tebal core vertikal), s (jarak antar core).

#### III.1.4.1. Penentuan Tipe Elemen

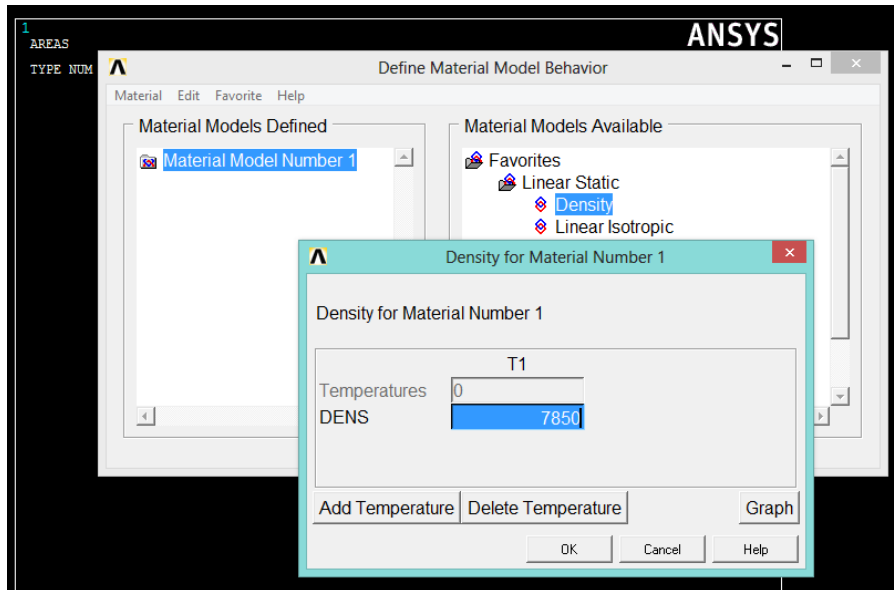
Pada *software* elemen hingga yang digunakan pada analisis ini elemen dapat dikategorikan ke dalam elemen 2D dan 3D yang terdiri dari beberapa jenis elemen, yaitu, elemen titik, elemen garis, elemen area, dan elemen solid. Elemen-elemen ini dapat dikombinasikan sesuai dengan kebutuhan pemodelan. Pemilihan tipe elemen terdapat pada **Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete**. Elemen konstruksi yang akan dimodelkan pada bagian *ramp door* terdiri dari pelat dan profil. Sehingga, jenis elemen yang digunakan pada analisis ini adalah *Shell 281*.



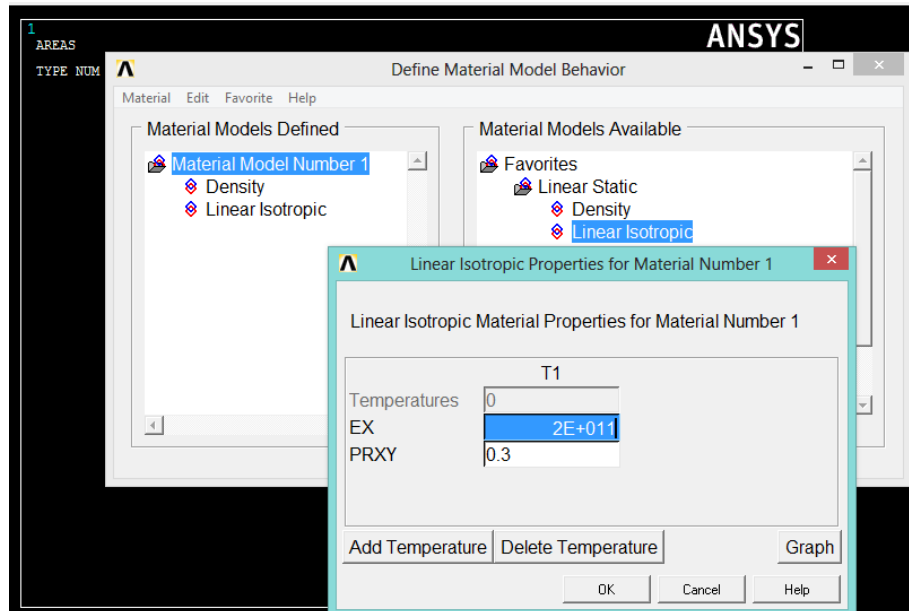
Gambar III.7 Penentuan Tipe Elemen

#### III.1.4.2. Penentuan Sifat Material

Pada tahap ini dilakukan pendefinisian sifat-sifat mekanis dan sifat-sifat fisis material yang dimodelkan. Sifat material yang dipilih pada pemodelan ini adalah isotropik di mana material dianggap seragam di seluruh arah dan bagian. *Material properties* ini sebagai acuan apakah tegangan yang terjadi melebihi tegangan *yield* material. Pemilihan *material properties* terdapat pada **Preprocessor > Material Props > Material Model**. Pada pemodelan ini, material yang digunakan adalah baja A36 dengan nilai modulus Young sebesar 200 GPa dan *poisson ratio* sebesar 0.3. Kemudian dilakukan pendefinisian massa jenis atau *density* model. *Density* model yang digunakan adalah berdasarkan spesifikasi baja A36 sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$



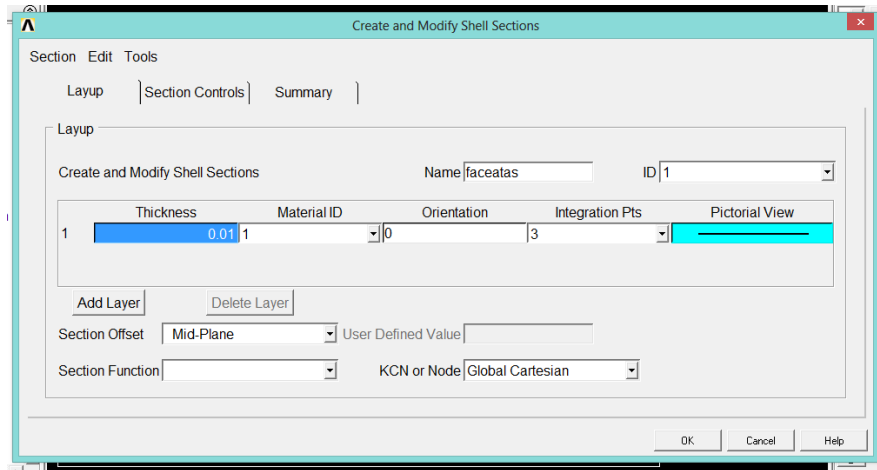
Gambar III.8 Penentuan Density



Gambar III.9 Penentuan Material Properties

### III.1.4.3. Section

Pada pemodelan ini, perlu dilakukan *input* ukuran dari komponen *shell* yang digunakan. Pada tahapan ini ukuran *shell* yang di *input* adalah ukuran ketebalan pelat yang akan digunakan pada pelat-pelat yang terdapat dalam struktur yang direncanakan. Pada tahap ini input ketebalan pelat akan digunakan saat proses *meshing* pada model yang akan dibuat. Untuk melakukan *input* ukuran *shell* dapat dilakukan pada **Preprocessor > Section > Shell > Lay Up > Add/Edit**. Setelah tahap ini akan dilakukan pembuatan model struktur yang akan diteliti.



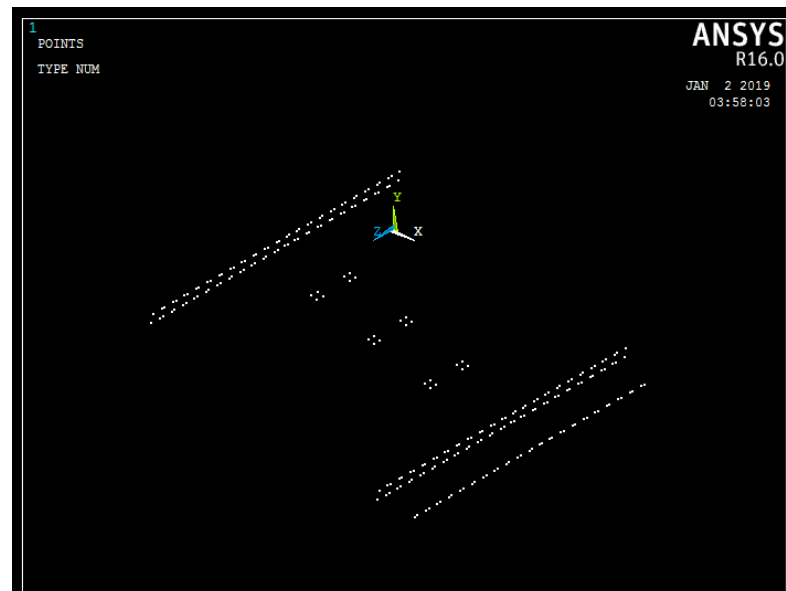
**Gambar III.10 Penentuan Section**

#### **III.1.4.4. Modelling**

Bagian yang sangat penting pada proses analisis dengan software elemen hingga adalah membuat model. Model yang dibuat harus mewakili kondisi sesungguhnya agar tidak terjadi kesalahan yang membuat hasil menjadi tidak akurat. Tahapan-tahapan pembuatan model sebagai berikut :

##### **1. Keypoint**

Untuk membuat *line*, terlebih dahulu harus membuat *keypoint*. *Keypoint* dapat dibuat dengan memasukkan koordinat sesuai yang diinginkan atau langsung pada lembar kerja tanpa koordinat.

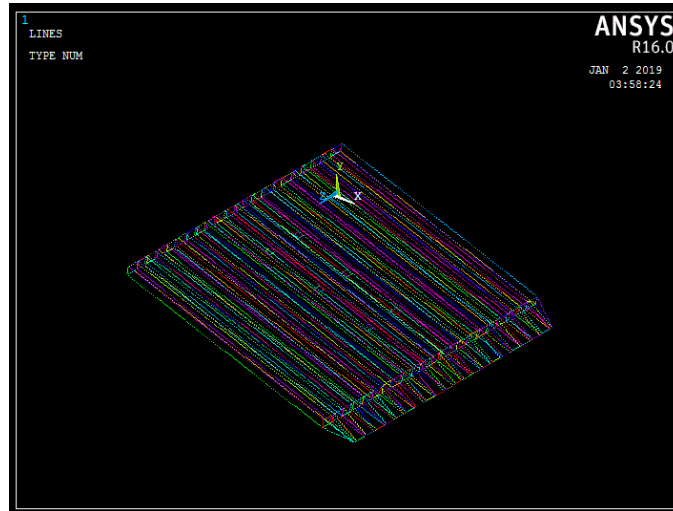


**Gambar III.11 Keypoint**

Gambar III.11 merupakan contoh pembuatan *keypoint* dari model *ramp door* dalam tugas akhir ini. *Keypoint* ini selanjutnya akan dibuat menjadi *line* pada tahap selanjutnya.

## 2. Line

*Line* dapat dibuat dengan minimal terdapat 2 *keypoint*. Untuk membuat garis lurus digunakan *command straight line*. Untuk membuat garis lengkung digunakan *command splines*.

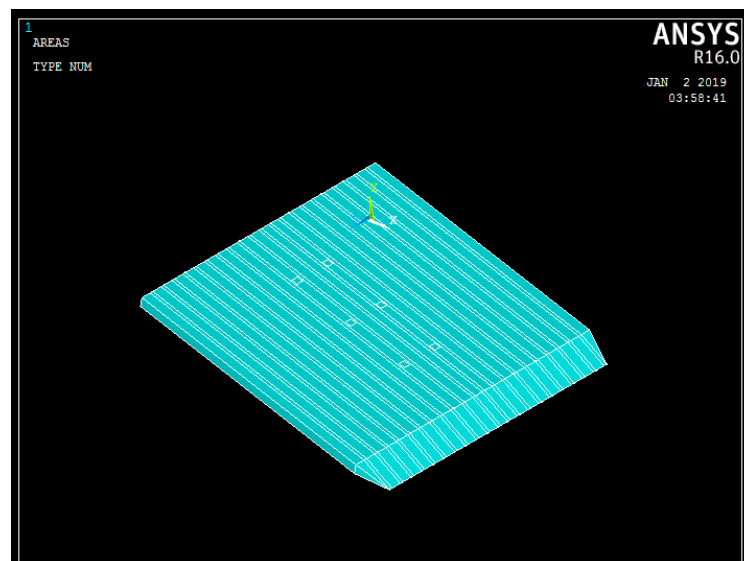


Gambar III.12 Line

Gambar III.12 menunjukkan *line* yang dibentuk dari *keypoint* pada Gambar III.8 sebelumnya. *Line* ini selanjutnya akan dibuat menjadi *area* pada tahap selanjutnya.

## 3. Area

Untuk membuat luasan atau *area*, yang dibutuhkan adalah minimal 3 *line* untuk *area* yang datar. Jika *area* berbentuk kompleks dengan adanya lengkungan-lengkungan seperti dalam tugas akhir ini, maka *area* harus dibentuk dengan 4 *line*. Jika lebih dari 4 *line*, *software* tidak dapat membuat *area* tersebut.

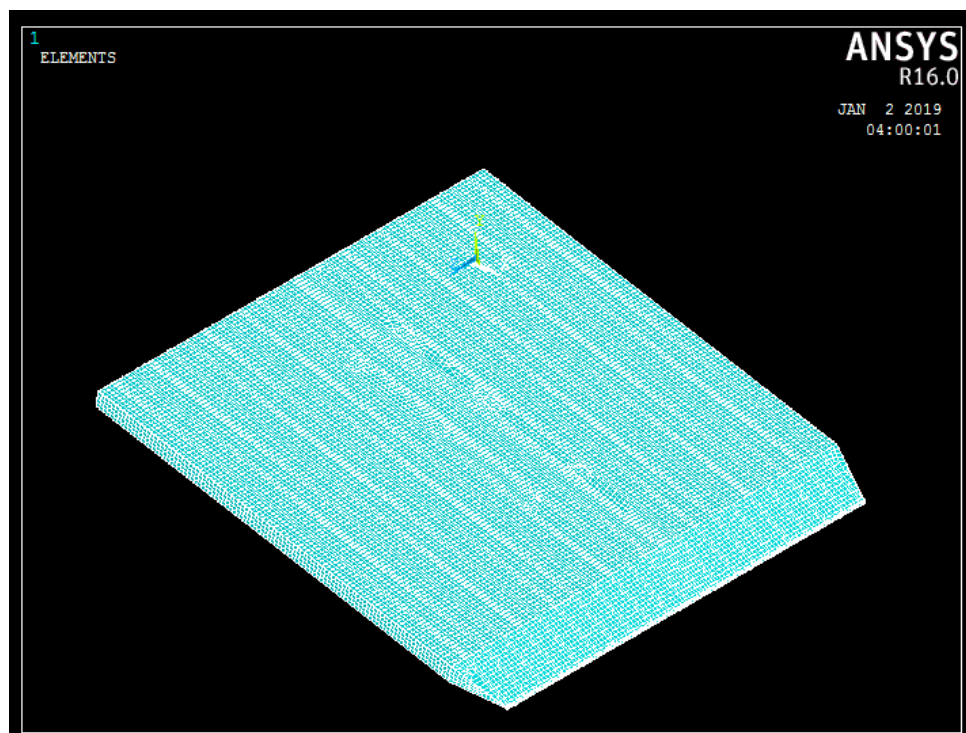


Gambar III.13 Area

Gambar III.13 menunjukkan *area* model *ramp door* dengan *sandwich structure* yang dibentuk dari *lines* pada Gambar III.12 sebelumnya. Model ini merupakan gabungan dari beberapa *area*. Setelah pembentukan *area* pada model dimana *area* ini sudah menunjukkan ukuran panjang dan lebar dari pelat dari model. Dimana pada tahap selanjutnya yaitu tahap *meshing* tinggal menambahkan ketebalan pelat saja.

#### III.1.4.5. Meshing

*Meshing* merupakan tahapan selanjutnya setelah proses modeling selesai dilakukan. *Meshing* memiliki tujuan untuk memberikan permukaan *solid* pada model 2D atau 3D yang terdiri dari partikel kecil yang memiliki karakteristik seperti masa jenis dan massa. Keakuratan perhitungan dapat dilihat dari ukuran *meshing*. Semakin kecil ukuran *mesh* maka semakin akurat perhitungan. Akan tetapi untuk mendapatkan ukuran *meshing* yang berukuran kecil diperlukan spesifikasi komputer yang memadai. Langkah awal yang perlu dilakukan saat melakukan *meshing* adalah memilih bagian yang akan di *meshing*. Bisa dalam bentuk *keypont*, *line*, *area* atau *volume*. Selanjutnya memberikan ukuran pada *meshing* dan tahap terakhir adalah *mesh*.



Gambar III.14 Hasil Meshing

#### III.1.4.6. Penentuan Kondisi Batas

Kondisi batas diberikan di kedua ujung model. Dimana batas di letakkan di ujung belakang model dan ujung depan model.

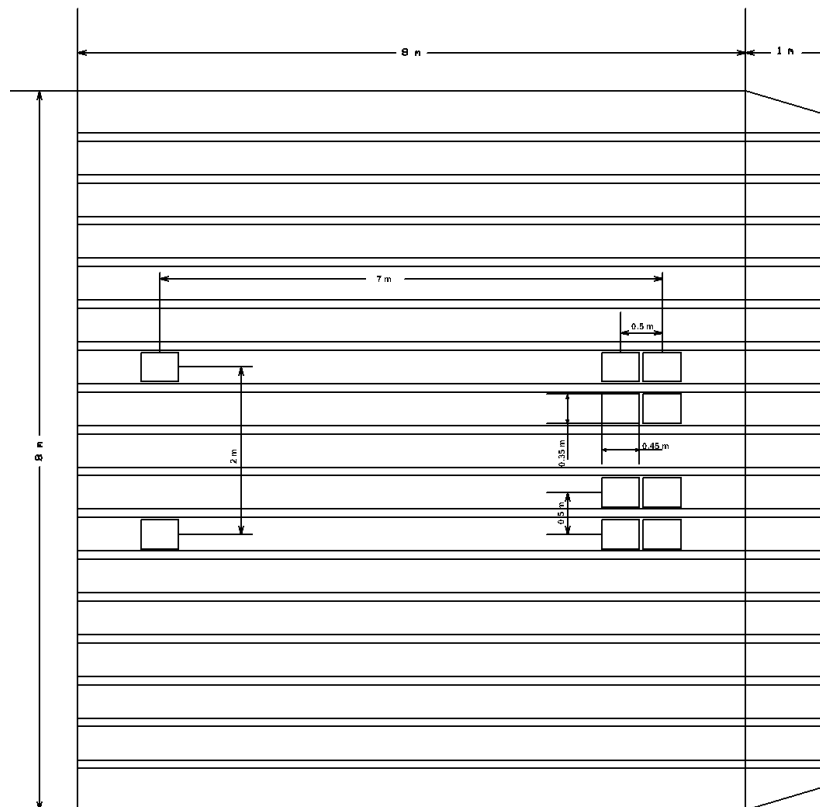


**Tabel III.4 Penentuan Kondisi Batas**

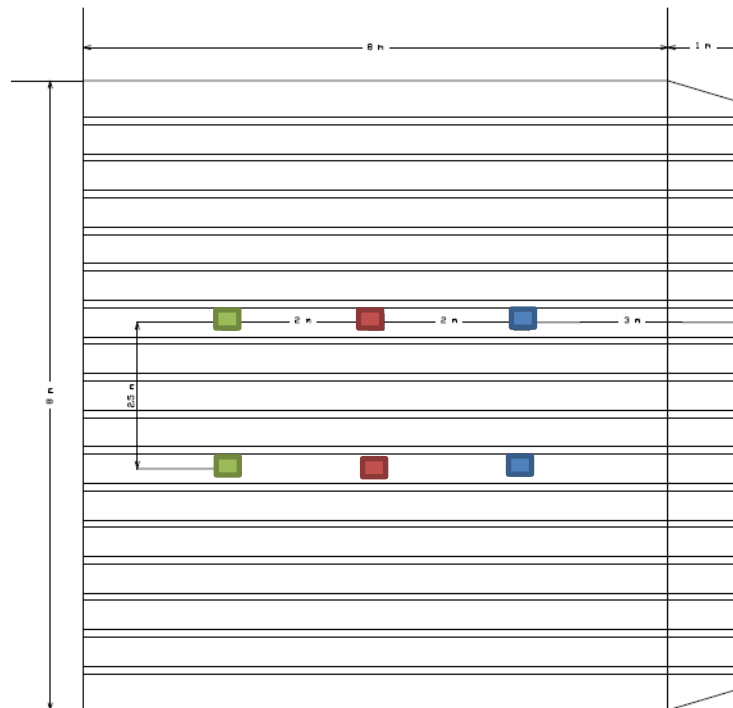
Lokasi	Translasi			Rotasi		
	$\delta_x$	$\delta_y$	$\delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
Ujung belakang (semua elemen memanjang)	-	bebas	-	-	-	-
Ujung depan (semua elemen memanjang)	bebas	-	-	-	-	-

### III.1.5. Aplikasi Beban

Untuk melakukan analisis kekuatan menggunakan *software* berbasis elemen hingga, pembebanan yang dialami struktur harus diaplikasikan ke model. Pembebanan harus diaplikasikan sesuai dengan kondisi yang dialami struktur. Dalam Tugas Akhir ini, pembebanan menggunakan beban kendaraan saat bongkar muat, dimana beban kendaraan terpusat pada ban. Untuk aplikasi pembebanannya terjadi saat semua ban kendaraan berada diatas *ramp door*.



**Gambar III.15 Aplikasi Pembebanan Saat Semua Ban di Ramp Door**



**Gambar III.16 Aplikasi Beban**

keterangan :

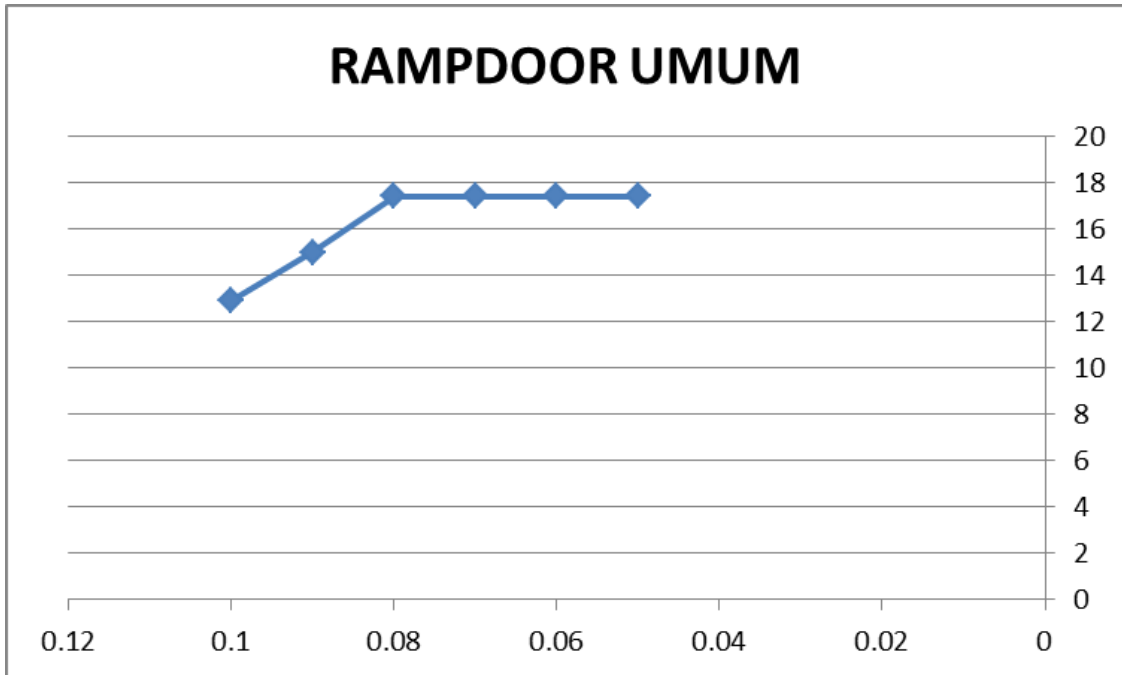
■ Ujung depan     
 ■ Tengah     
 ■ Ujung belakang

### **III.1.6. Penentuan Variasi**

Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah variasi ketebalan pelat *face* dan *core*, dan variasi jarak antar *core* pada konstruksi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Dimana dari semua variasi tersebut akan dicari nilai tegangan maksimum yang paling optimal dengan berat struktur yang lebih ringan dari konstruksi *ramp door* secara umum.

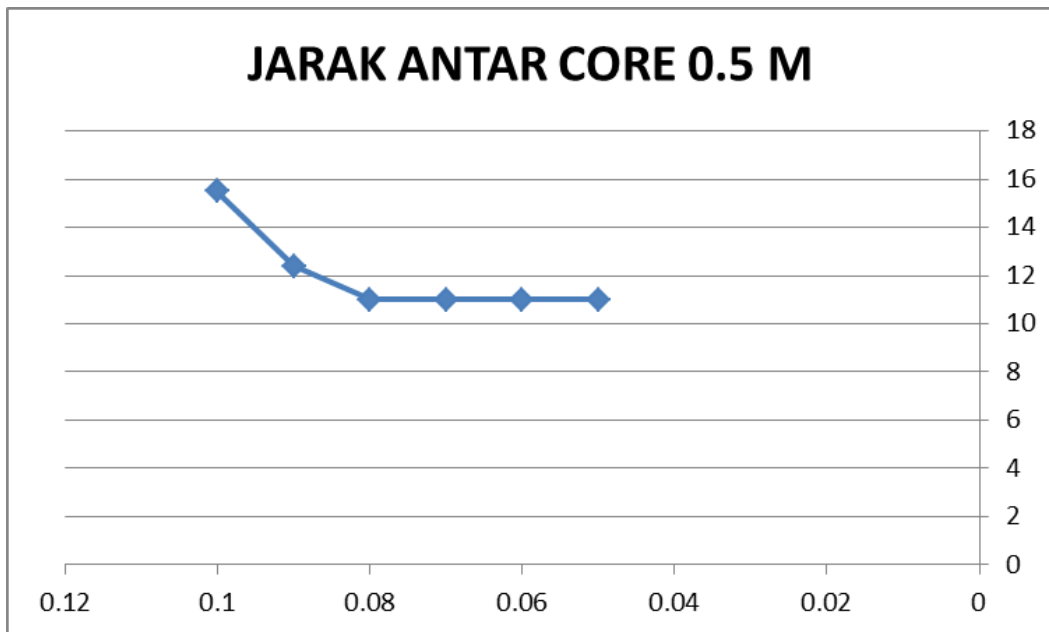
### **III.1.7. Konvergensi**

Uji konvergensi adalah salah satu cara dalam menentukan ukuran elemen yang tepat dalam pembuatan model elemen hingga sehingga model dapat menghasilkan nilai yang valid. Konvergensi dilakukan dengan cara membandingkan beberapa hasil analisis tegangan sehingga mencapai hasil yg paling mendekati konstan dengan ukuran elemen berbeda. Tujuan dari konvergensi itu sendiri adalah untuk mengecek ketepatan hasil analisis dari *software finite element*.



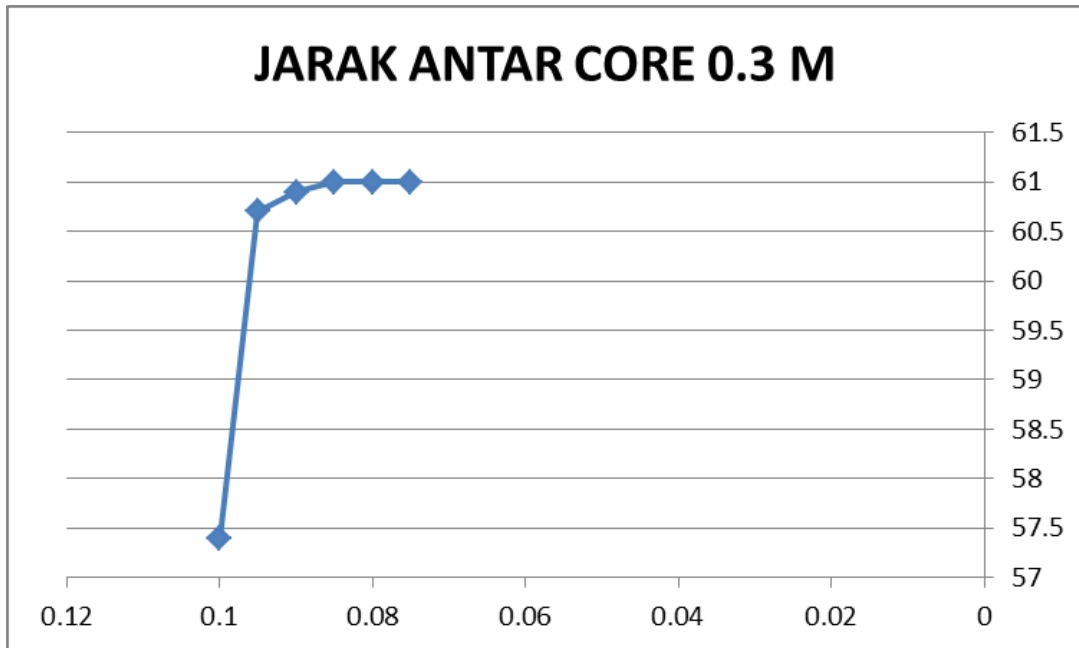
**Gambar III.17 Konvergensi Ramp Door Berpenegar**

Berdasarkan Gambar III.17 dari hasil konvergensi didapatkan ukuran meshing yang digunakan untuk geladak berpenegar itu 0.08 m.



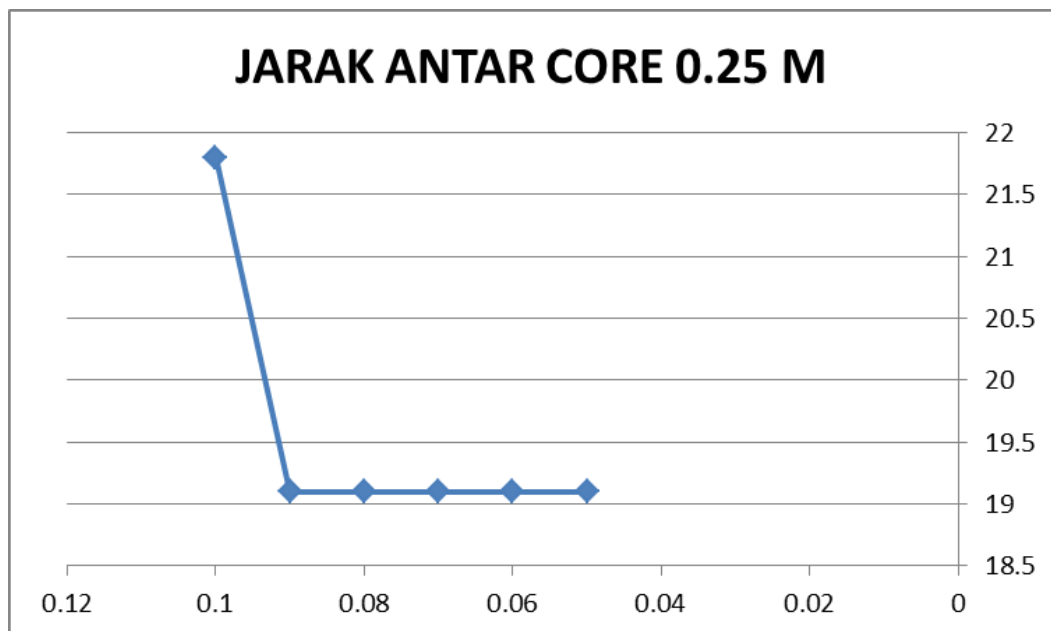
**Gambar III.18 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel**

Berdasarkan Gambar III.18 dari hasil konvergensi didapatkan ukuran meshing yang digunakan untuk geladak geladak *sandwich panel* dengan jarak antar core 500 mm itu 0.07 m.



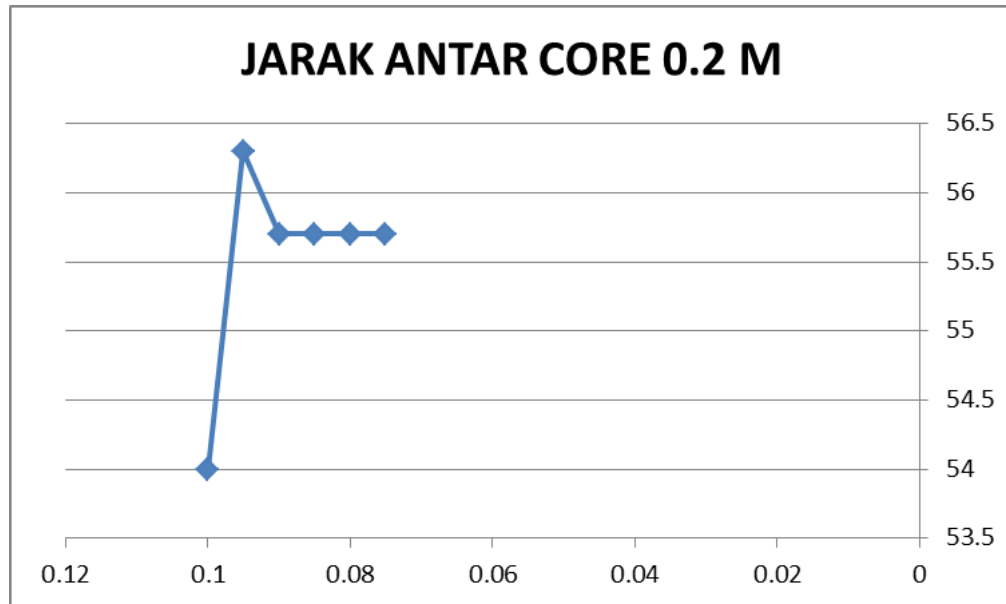
Gambar III.19 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel

Berdasarkan Gambar III.19 dari hasil konvergensi didapatkan ukuran meshing yang digunakan untuk geladak geladak *sandwich panel* dengan jarak antar core 300 mm yaitu 0.085 m.



Gambar III.20 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel

Berdasarkan Gambar III.20 dari hasil konvergensi didapatkan ukuran meshing yang digunakan untuk geladak geladak *sandwich panel* dengan jarak antar core 250 mm yaitu 0.07 m.

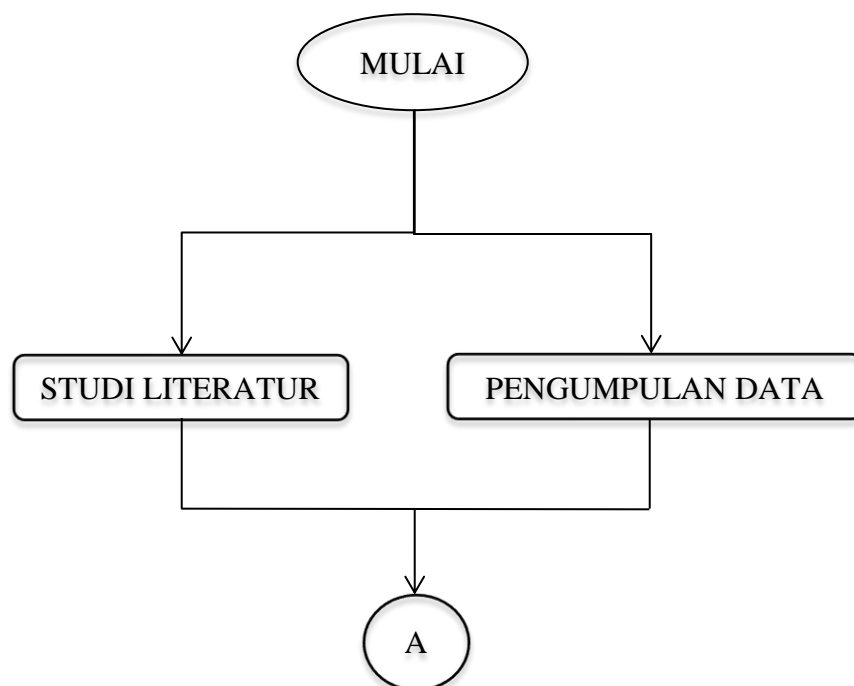


Gambar III.21 Konvergensi Ramp Door Sandwich Panel

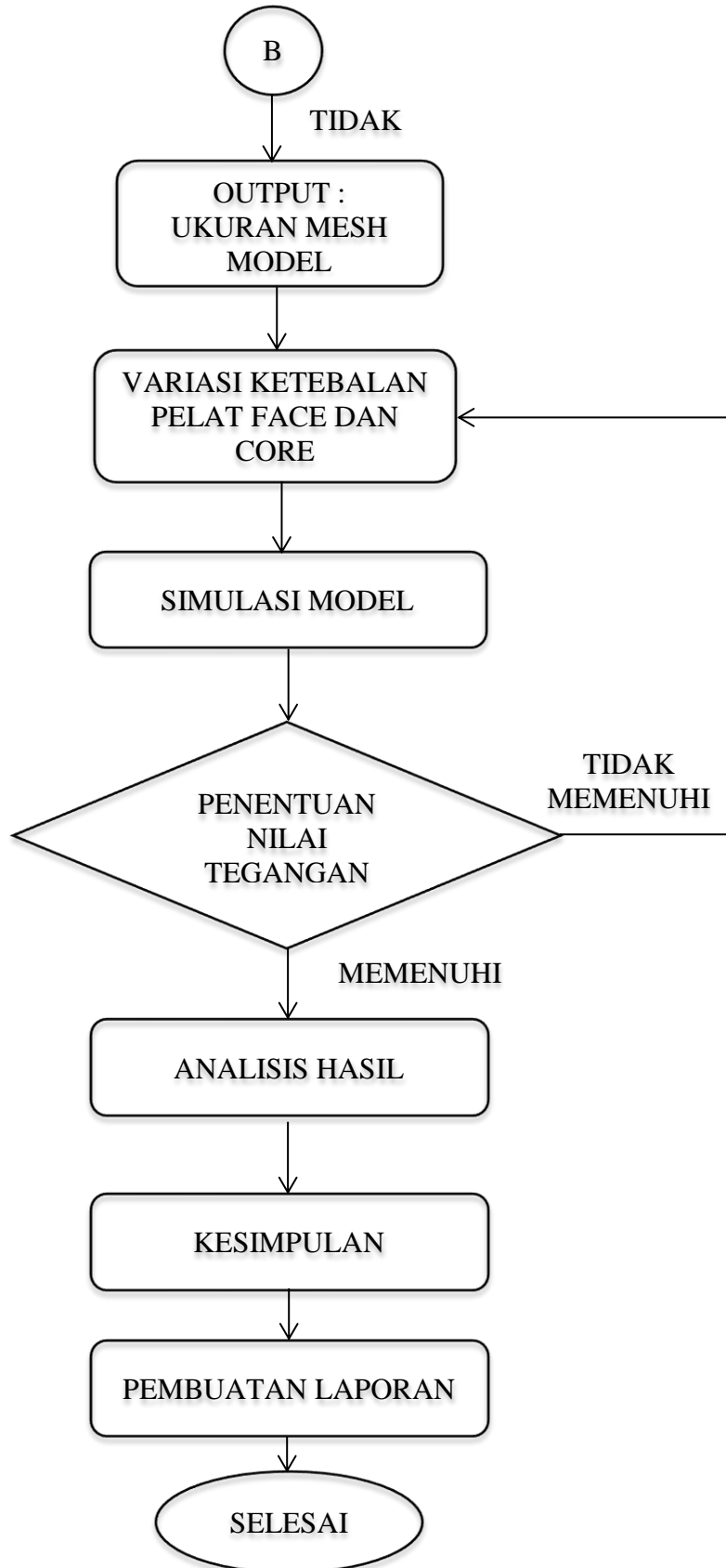
Berdasarkan Gambar III.21 dari hasil konvergensi didapatkan ukuran meshing yang digunakan untuk geladak *sandwich panel* dengan jarak antar core 200 mm yaitu 0.09 m.

### III.2. Diagram Alir

Berdasarkan penjelasan proses pada Sub-Bab di atas, maka metodologi yang digunakan dalam menyusun tugas akhir ini secara keseluruhan dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) pada Gambar III.18.







Gambar III.22 Diagram Alir

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **IV.1. Hasil**

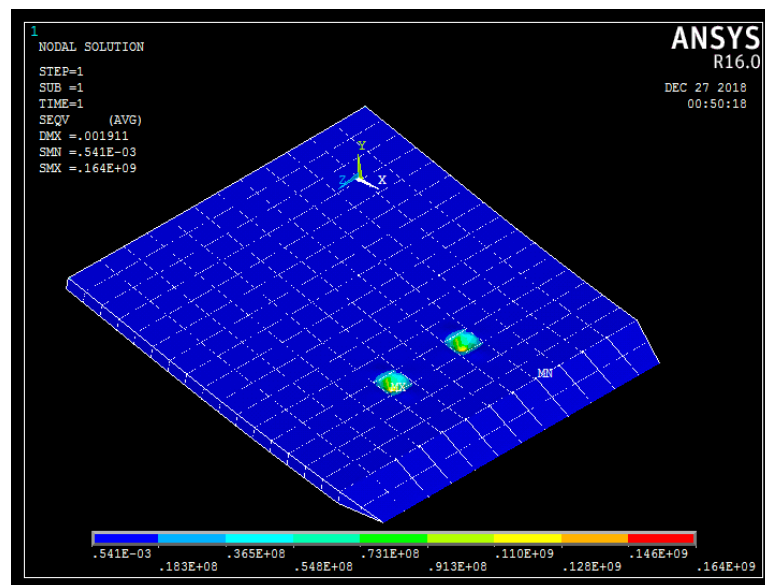
Setelah melakukan tahap-tahap pemodelan seperti pada *ramp door* kapal dengan penegar dan *rectangular o-core sandwich panel* maka akan didapatkan hasil berupa tegangan pada setiap model yang selanjutnya akan dilakukan analisis setelah dikenai beban. Beban yang digunakan adalah beban pada ban kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Hasil tegangan ini akan digunakan untuk pengecekan kekuatan model. Dari hasil tersebut akan dibandingkan antar model dan juga terhadap tegangan izin. Selain melakukan analisis tegangan pada model, juga dilakukan analisis pada nilai deformasi dan berat setiap struktur yang dimodelkan. Setelah melakukan analisis pada nilai tegangan dan deformasi tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan berat dari masing-masing konstruksi. Berat dari konstruksi *ramp door* dengan penegar akan dibandingkan dengan berat konstruksi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Dari hasil tersebut akan ditentukan konstruksi yang terbaik dengan pertimbangan nilai tegangan yang masih dibawah nilai tegangan izin yang diatur dengan berat konstruksi yang lebih ringan.

#### **IV.2. Hasil Konstruksi Ramp Door Dengan Penegar**

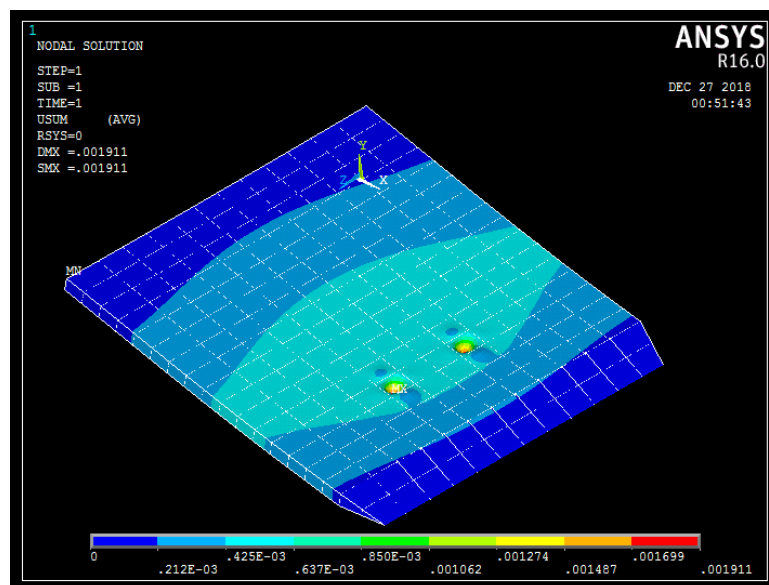
*Ramp door* dengan penegar merupakan konstruksi pada kondisi sebenarnya yang diteliti untuk analisis tugas akhir ini. *Ramp door* dengan penegar ini merupakan konstruksi *ramp door* yang pada umumnya berada di lapangan. Konstruksi dimodelkan menggunakan *software* elemen hingga kemudian diberi beban dengan 5 kondisi pembebanan yang diakibatkan oleh beban pada ban kendaraan sehingga didapatkan nilai tegangan dan besar deformasi. Analisis tegangan yang digunakan adalah analisis tegangan *von mises*. Nilai tegangan dan deformasi pada *ramp door* dengan penegar ini akan dijadikan acuan awal pada penelitian ini dimana nilai tegangan dan deformasi yang dihasilkan akan dibandingkan dengan hasil nilai tegangan dan deformasi pada *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Selain nilai tegangan dan deformasi, pada penelitian ini juga akan membandingkan berat dari masing-masing konstruksi.

#### IV.2.1. Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan Ramp door

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan mulai memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.1 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Depan

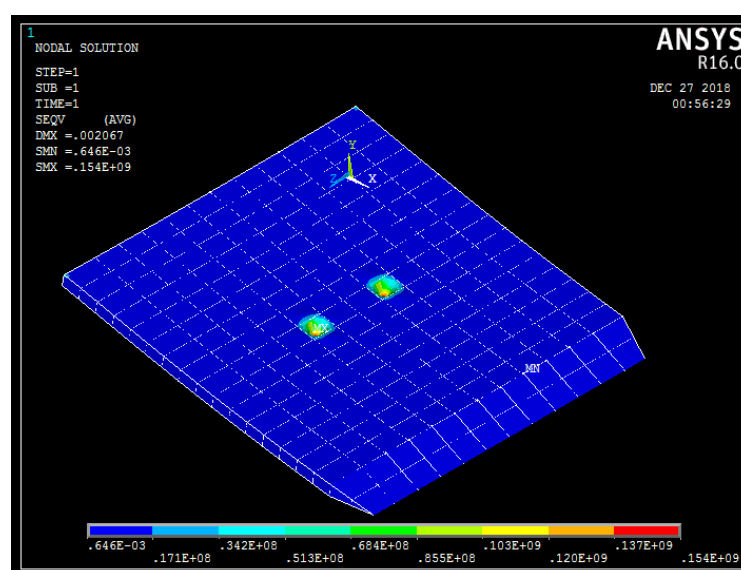


Gambar IV.2 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Depan

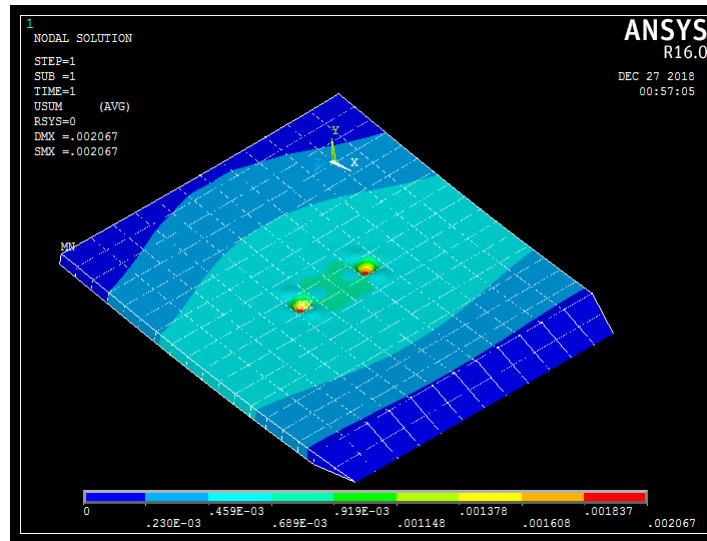
Gambar IV.1 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di depan *ramp door* adalah 164 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $5.41 \times 10^{-10}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.1 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan hal ini terjadi dikarenakan pembebanan yang terjadi hanya terpusat pada ban kendaraan sehingga tegangan maksimum yang terjadi hanya berada pada area sentuh kendaraan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 1.911 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.2 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.2.2. Kondisi Ban Depan Di Tengah *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.3 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Tengah

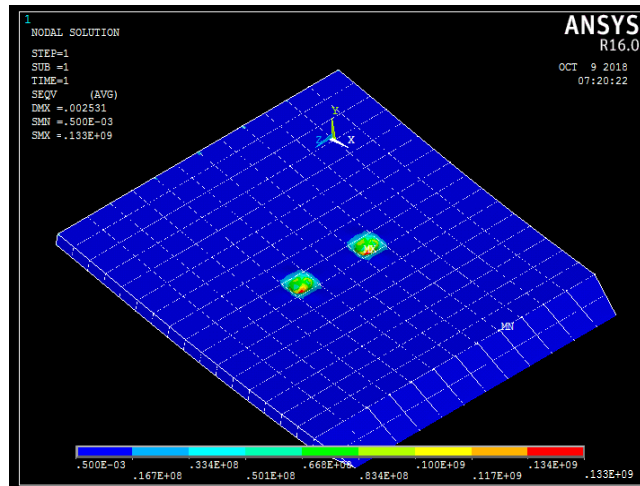


**Gambar IV.4 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Tengah**

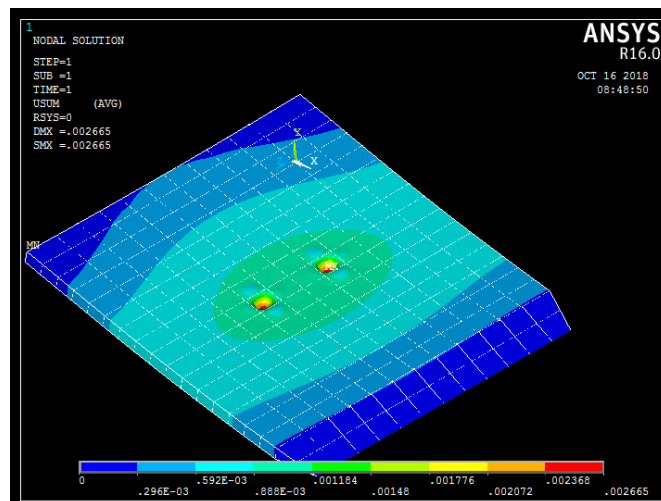
Gambar IV.3 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di depan *ramp door* adalah 154 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $6.46 \times 10^{-10}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.3 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan hal ini terjadi dikarenakan pembebanan yang terjadi hanya terpusat pada ban kendaraan sehingga tegangan maksimum yang terjadi hanya berada pada area sentuh kendaraan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 2.067 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.4 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### **IV.2.3. Kondisi Ban Belakang Di Tengah *Ramp door***

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.5 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Tengah

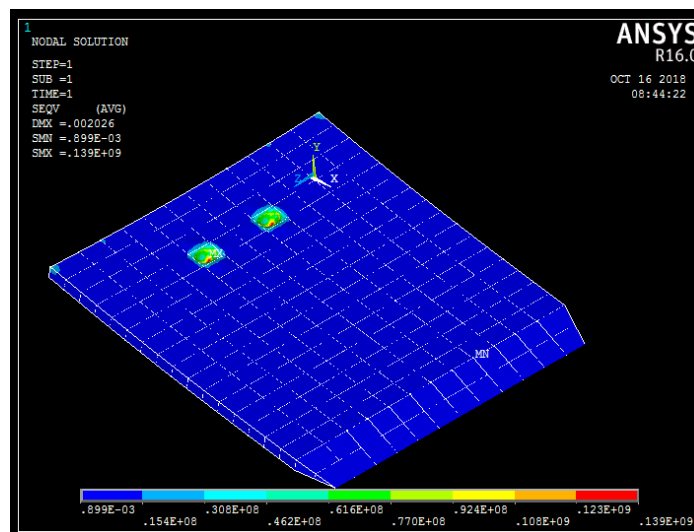


Gambar IV.6 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Tengah

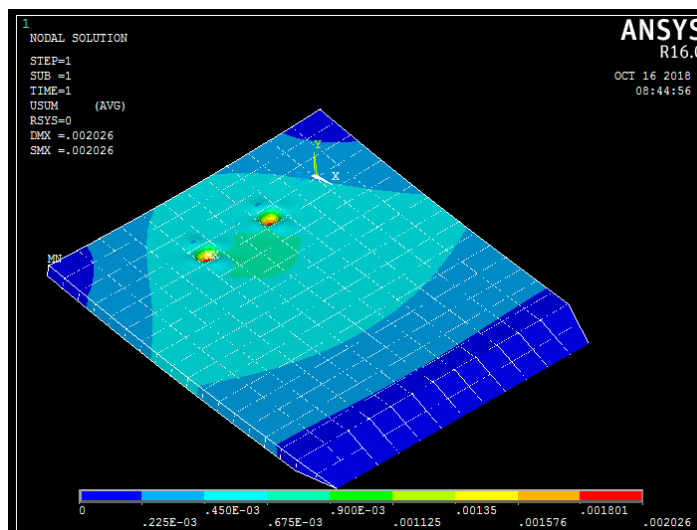
Gambar IV.5 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 133 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $5.00 \times 10^{-10}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.5 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan hal ini terjadi dikarenakan pembebanan yang terjadi hanya terpusat pada ban kendaraan sehingga tegangan maksimum yang terjadi hanya berada pada area sentuh kendaraan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 2.665 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.6 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.2.4. Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan mulai meninggalkan *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*.



Gambar IV.7 Tegangan pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Belakang



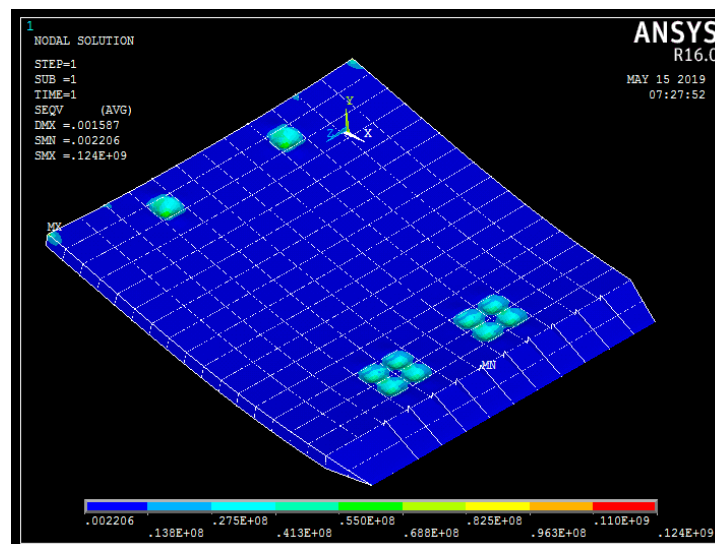
Gambar IV.8 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Belakang di Belakang

Gambar IV.7 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di belakang *ramp door* adalah 139 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $8.99 \times 10^{-10}$  Mpa. Jika

dilihat pada gambar IV.7 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan hal ini terjadi dikarenakan pembebanan yang terjadi hanya terpusat pada ban kendaraan sehingga tegangan maksimum yang terjadi hanya berada pada area sentuh kendaraan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 2.026 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.8 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

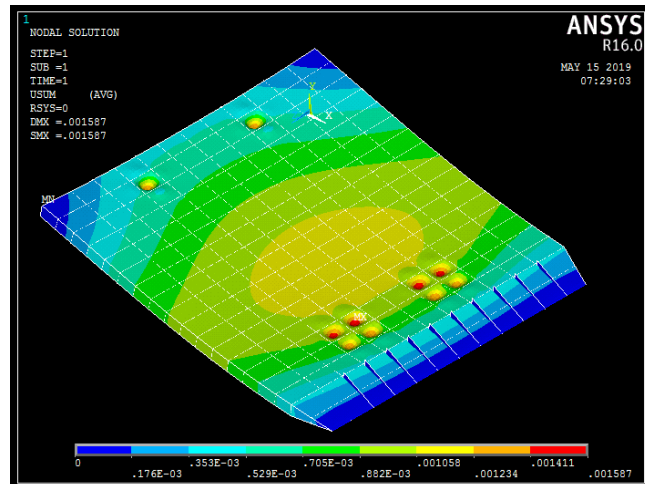
#### IV.2.5. Kondisi Semua Ban Berada Di *Ramp Door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan saat semua ban kendaraan berada di *ramp door*.



Gambar IV.9 Tegangan pada *Ramp Door* Umum saat Beban Ban Depan di Depan

Gambar IV.9 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat semua beban berada di *ramp door* adalah 124 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh semua ban kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $2.206 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.9 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan hal ini terjadi dikarenakan pembebanan yang terjadi hanya terpusat pada ban kendaraan sehingga tegangan maksimum yang terjadi hanya berada pada area sentuh kendaraan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru.



Gambar IV.10 Deformasi pada Ramp Door Umum saat Beban Ban Depan di Depan

Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 1.587 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.10 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

### IV.3. Hasil Konstruksi Ramp door dengan sandwich structure

Ramp door dengan sandwich structure merupakan struktur yang dirancang menggunakan rectangular o-core sandwich panel yang diteliti untuk analisis tugas akhir ini. Struktur dimodelkan menggunakan software elemen hingga kemudian diberi beban dengan kondisi saat ban depan dan ban belakang menyentuh ramp door sehingga didapatkan nilai tegangan dan besar deformasi. Ramp door dengan rectangular o-core sandwich panel dimodelkan dengan variasi berupa jarak core (s) yaitu untuk jarak 500 mm (variasi 1), 300 mm (variasi 2), 250 mm (variasi 3) dan 200 mm (variasi 4). Selain itu, dilakukan juga variasi pada ketebalan pelat baik untuk ketebalan face plate (tf) dan ketebalan core plate (tc). Nilai tegangan yang didapatkan akan dibandingkan dengan nilai tegangan pada ramp door dengan penegar. Setelah mendapatkan nilai tegangan selanjutnya akan dilakukan perhitungan berat konstruksi dari masing-masing model yang akan dibandingkan dengan berat konstruksi ramp door dengan penegar. Setelah membandingkan nilai tegangan dan berat akan dicari konstruksi yang paling efektif dari model yang ada dengan pertimbangan nilai tegangan yang mendekati nilai tegangan pada ramp door dengan penegar namun memiliki berat yang paling ringan. Pada penelitian ini juga tidak memperhitungkan nilai ketebalan pelat minimum yang diatur pihak class terhadap ketebalan pelat ramp door. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini mencoba menciptakan inovasi desain konstruksi baru yang tidak diatur di dalam class.

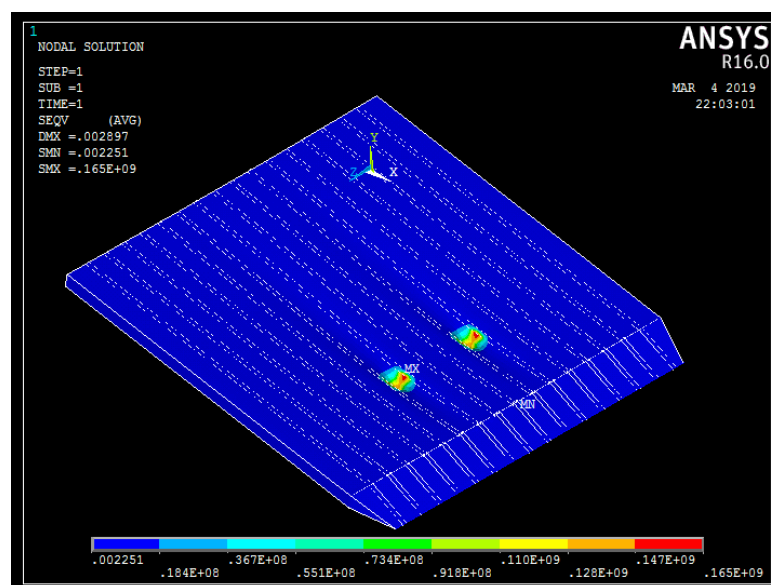


### IV.3.1. Ramp door dengan sandwich structure Model 1

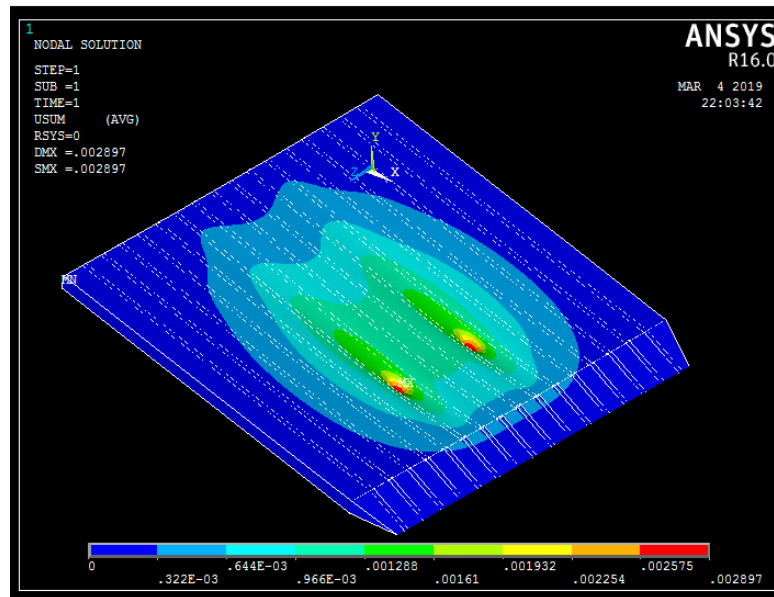
Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Tegangan yang timbul adalah akibat beban lateral. Jenis tegangan yang digunakan pada struktur adalah normal. Berikut merupakan salah satu hasil tegangan dan deformasi pada ketebalan *face* 8 mm dan *core* 4 mm untuk *rectangular o-core sandwich panel* model 1 dengan variasi jarak antar core yaitu 500 mm. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban yang telah didistribusikan pada ban depan dan ban belakang kendaraan sesuai dengan aturan yang berlaku pada pembebanan merata ban kendaraan. Pada model ini juga akan dilakukan variasi pada perubahan ketebalan pelat *face* dan *core*. Dimana dari semua variasi tersebut akan dicari nilai tegangan maksimum yang paling optimal dengan berat struktur yang lebih ringan dari konstruksi *ramp door* secara umum.

#### IV.3.1.1. Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan Ramp door

Hasil tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga pada kondisi beban terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan mulai memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yaitu beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.11 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

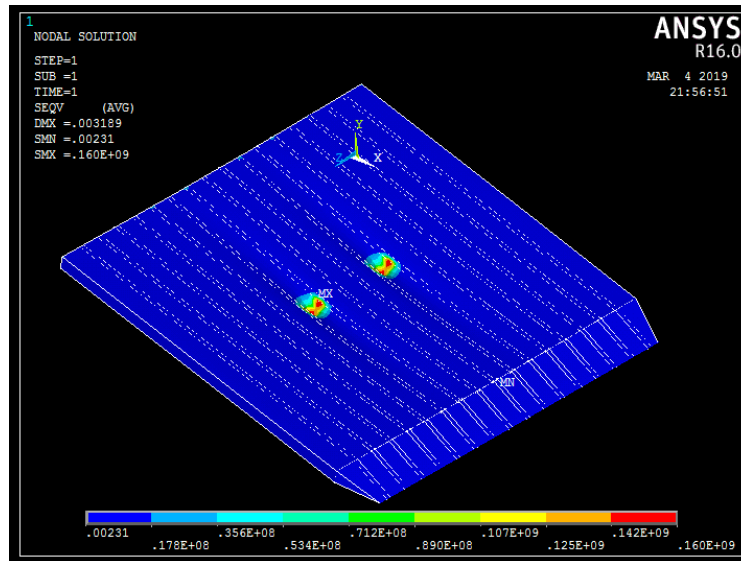


Gambar IV.12 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

Gambar IV.11 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di depan *ramp door* adalah 165 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yaitu  $2.25 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.11 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru dimana untuk nilai tegangan pada daerah yang berwarna biru berada pada range  $2.25 \times 10^{-9}$  Mpa – 18.4 Mpa. Sedangkan untuk Gambar IV.12 memperlihatkan besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 2.897 mm dimana pada Gambar IV.12 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

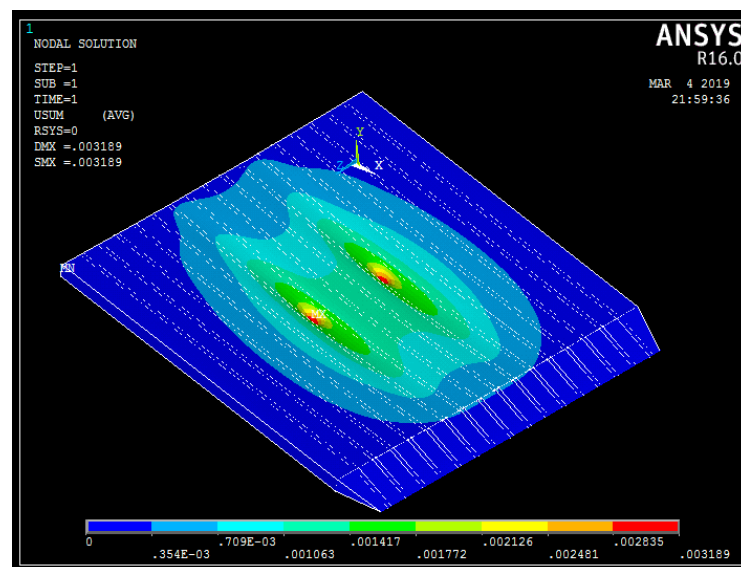
#### IV.3.1.2. Kondisi Ban Depan Di Tengah *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*). Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.13 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah

Gambar IV.13 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 160 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $2.31 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.13 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan.

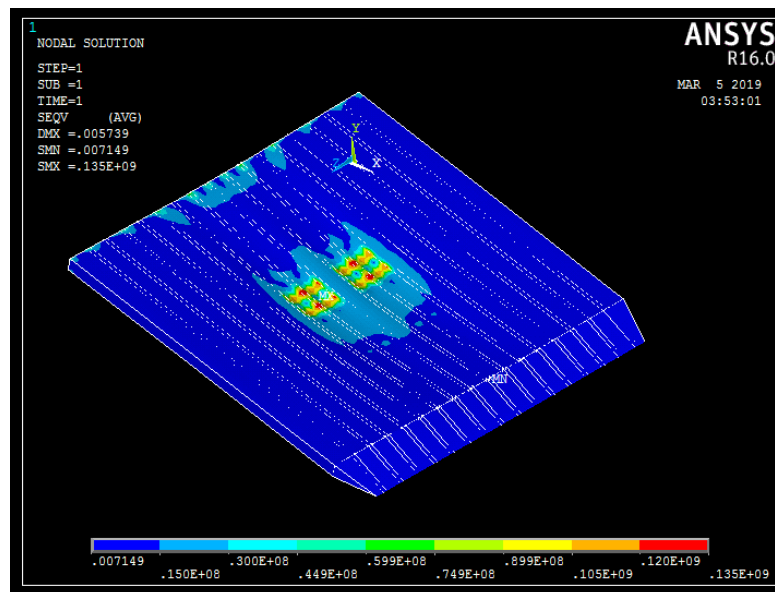


Gambar IV.14 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah

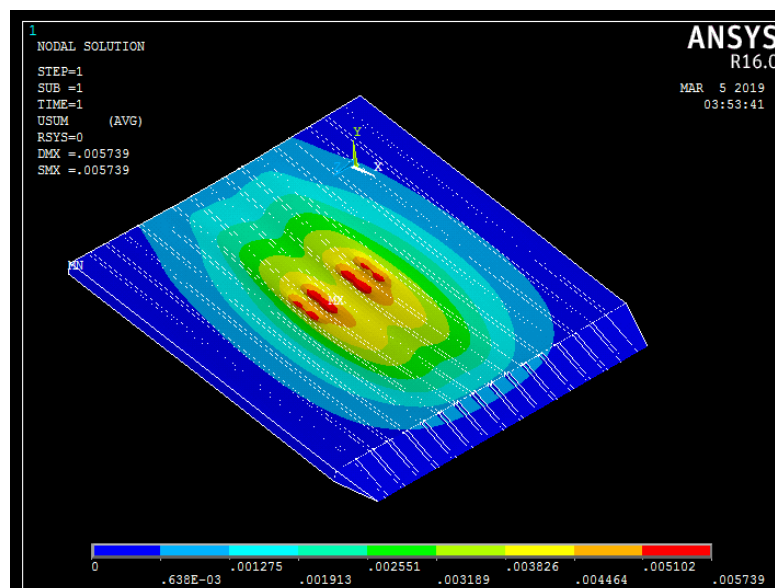
Gambar IV.14 memperlihatkan besar deformasi yang dihasilkan dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.169 mm dimana pada Gambar IV.14 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

### IV.3.1.3. Kondisi Ban Belakang Di Tengah *Ramp door*

Pada Gambar IV.15 dan Gambar IV.16 menunjukkan nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.15 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

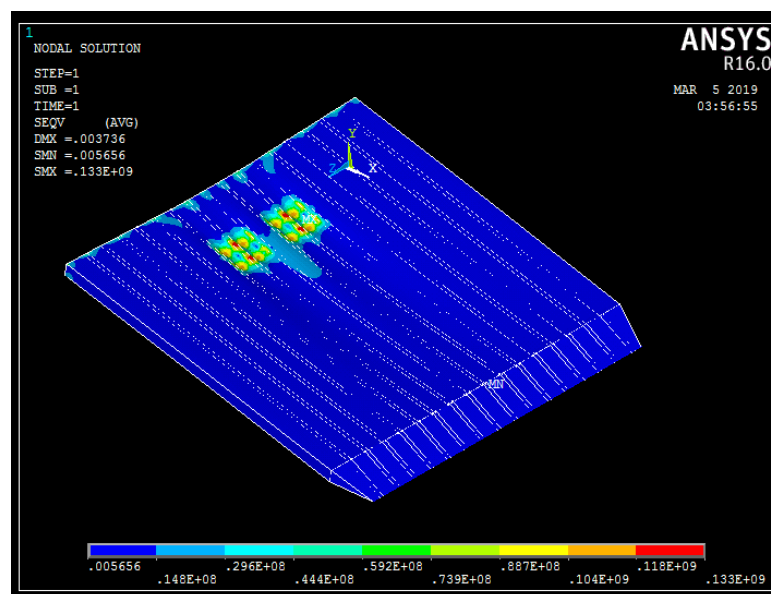


Gambar IV.16 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

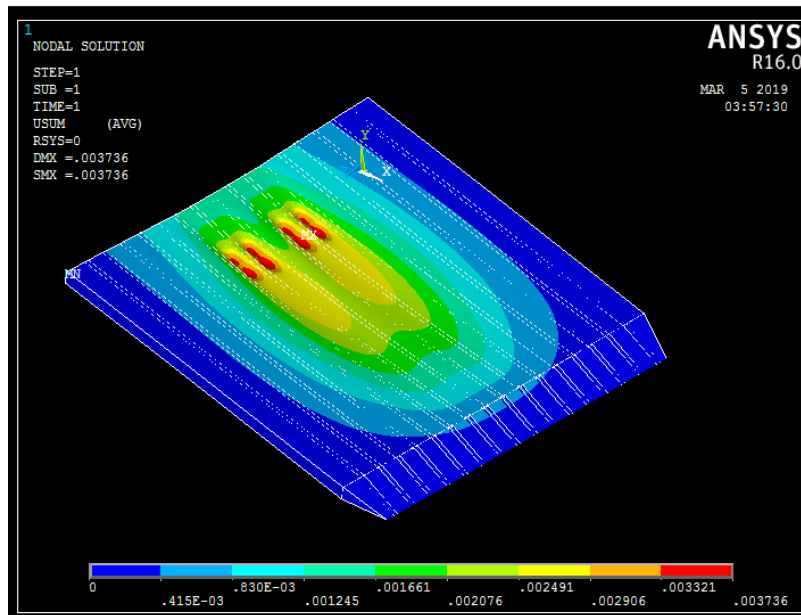
Gambar IV.15 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 135 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $7.15 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.15 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 5.739 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.16 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.3.1.4. Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian belakang *ramp door* (7 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan mulai meninggalkan *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.17 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang

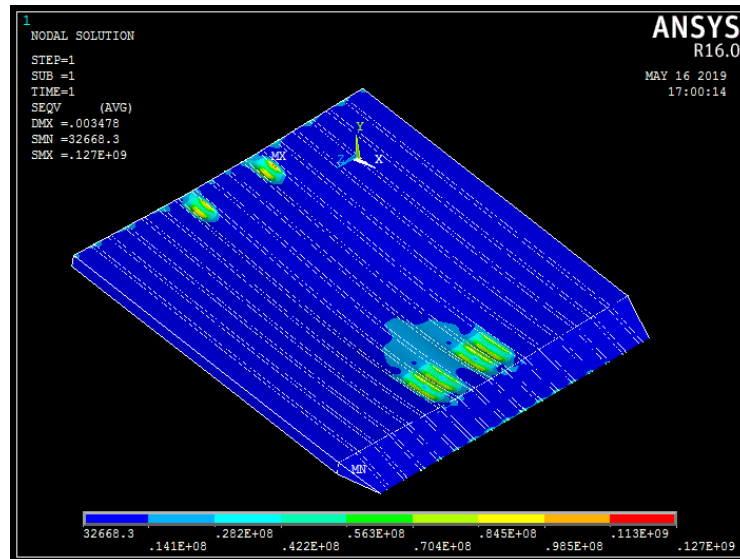


**Gambar IV.18 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang**

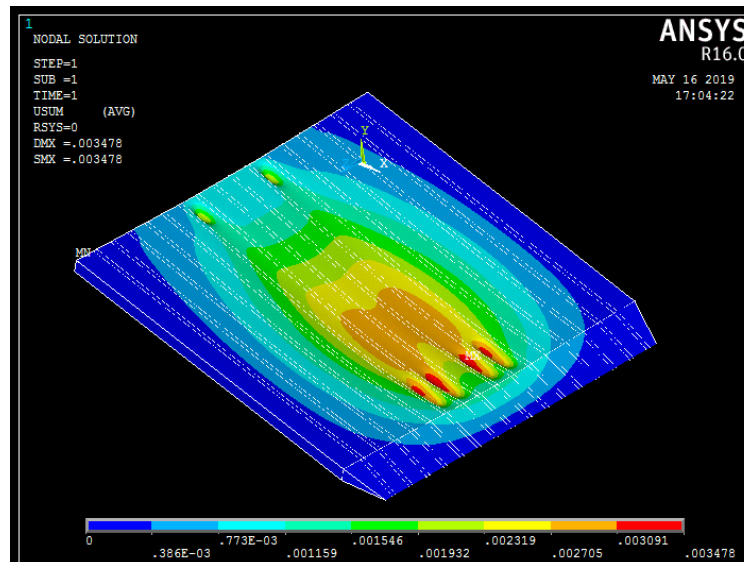
Gambar IV.17 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di belakang *ramp door* adalah 133 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $5.65 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.17 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Gambar IV.18 memperlihatkan besar deformasi pada model yang diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.736 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.18 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### **IV.3.1.5. Kondisi Semua Ban Berada Di Ramp Door**

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Beban yang digunakan adalah beban kendaraan berat paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan dan ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Kondisi ini adalah kondisi dimana semua ban kendaraan berada di *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban yang terjadi ketika ban depan dan ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444N/m<sup>2</sup> untuk ban depan dan 145,833 N/m<sup>2</sup> untuk ban belakang.



Gambar IV.19 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door



Gambar IV.20 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door

Gambar IV.19 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat semua beban berada di *ramp door* adalah 127 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh semua ban kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yaitu  $3.266 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.19 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan untuk Gambar IV.20 memperlihatkan besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.478 mm dimana pada Gambar IV.4 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan. Nilai tegangan dan deformasi untuk variasi  $t_f$  dan  $t_c$  model 1 dapat dilihat pada Tabel IV.1 dan Tabel IV.2.

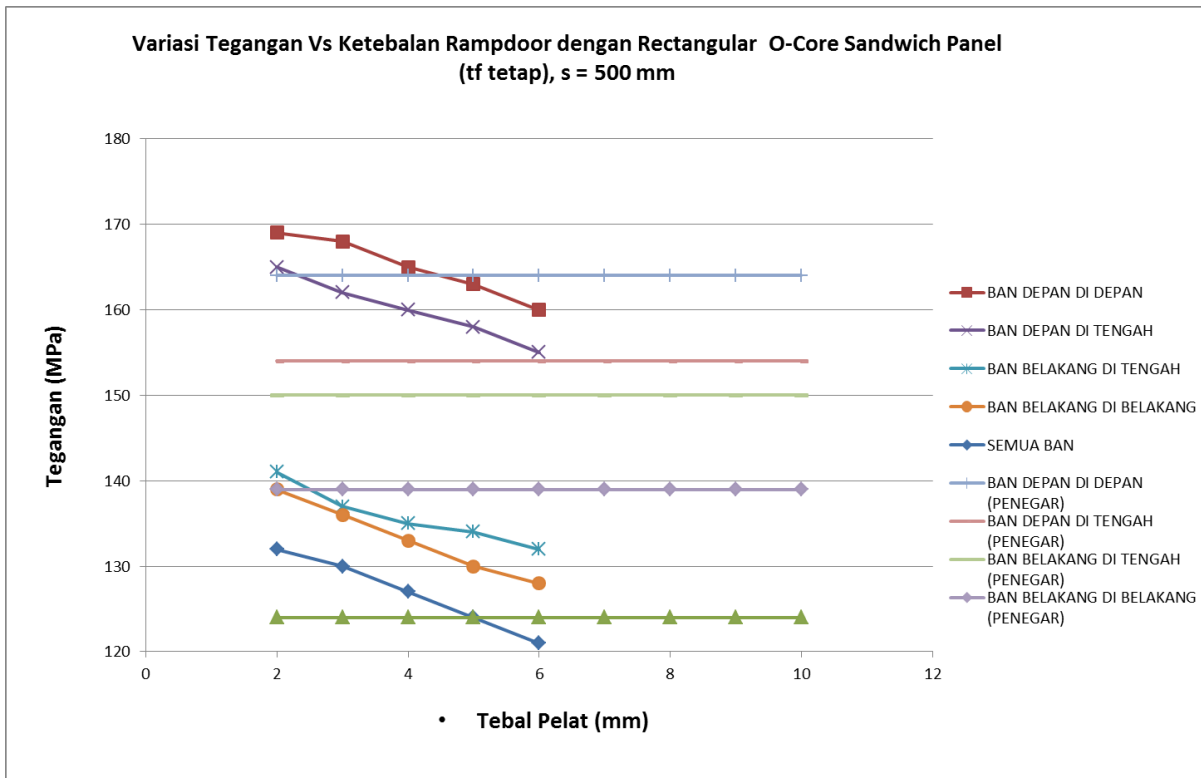
**Tabel IV.1 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat tf Sama (Sandwich Panel Model 1)**

<b>Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel S = 500 Mm Tf = 8 Mm</b>															
Jenis Pelat	Tf	Tc	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	8	2	169	165	141	139	132	3.409	3.778	6.029	4.098	3.914	175	Memenuhi	12.380
	8	3	168	162	137	136	130	3.11	3.435	5.987	3.827	3.723	175	Memenuhi	13.258
	8	4	165	160	135	133	127	2.897	3.189	5.739	3.736	3.478	175	Memenuhi	14.136
	8	5	163	158	134	130	124	2.728	2.993	5.525	3.495	3.219	175	Memenuhi	15.014
	8	6	160	155	132	128	121	2.59	2.832	5.235	3.11	3.018	175	Memenuhi	15.893
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269

**Tabel IV.2 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat tc Sama (Sandwich Panel Model 1)**

<b>Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel S = 500 Mm Tc = 4 Mm</b>															
Jenis Pelat	Tf	Tc	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	6	4	250	245	190	181	167	3.409	4.33	6.775	4.532	4.018	175	Tidak Memenuhi	11.715
	7	4	200	194	160	154	154	3.346	3.66	6.197	4.098	3.812	175	Tidak Memenuhi	12.926
	8	4	165	160	135	133	127	2.897	3.189	5.739	3.736	3.478	175	Memenuhi	14.136
	9	4	140	135	110	107	110	2.626	2.907	5.201	3.176	3.109	175	Memenuhi	15.347
	10	4	130	127	90.6	87.3	97.4	2.59	2.832	4.876	2.651	2.918	175	Memenuhi	16.557
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269

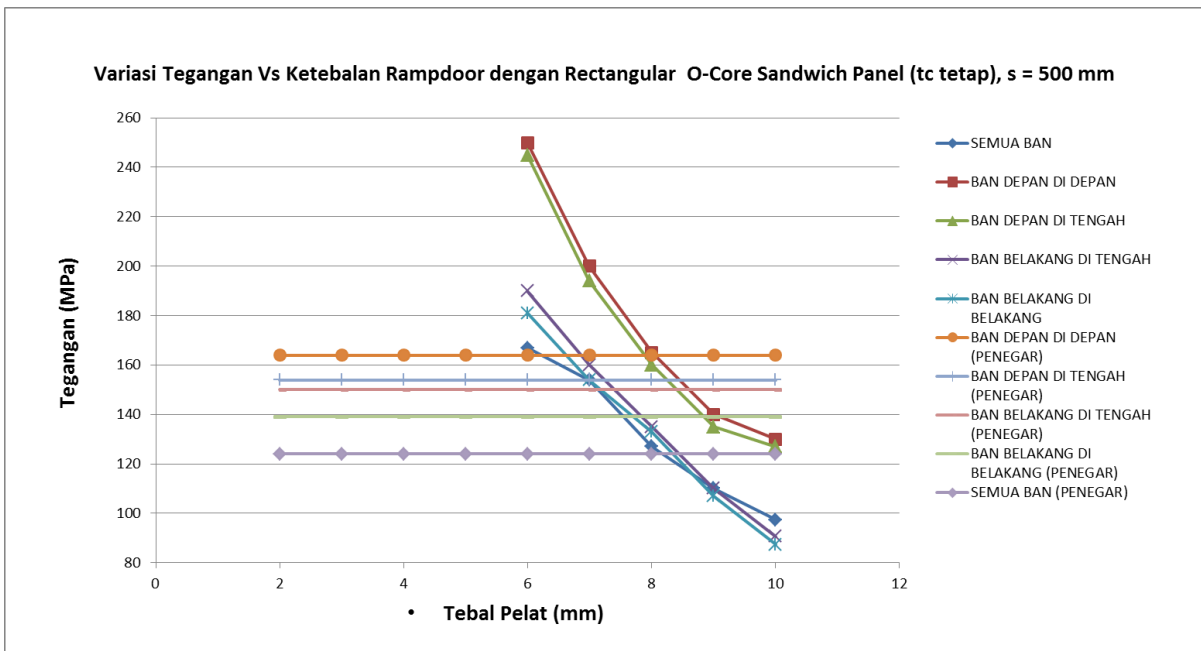




Gambar IV.21 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)

Keterangan Variasi pada Gambar IV.21 merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *face* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *core* yang berbeda dari 2-6 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.1 dimana pada variasi ini tebal *face* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 8 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 1 kurang dari geladak berpenegar pada ketebalan *core* yang berbeda di setiap posisi pembebanan. Posisi pembebanan yang terjadi pada variasi ini sama dengan posisi pembebanan pada *ramp door* dengan penegar yaitu ketika ban depan berada diujung depan, ban depan berada di tengah, ban belakang berada di tengah, ban belakang berada dibelakang, dan ssat seluruh ban menyentuh *ramp door*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 1 dengan variasi ketebalan *core* memiliki nilai yang kurang dari tegangan izin yang disyaratkan. Dari variasi ini dapat dikatakan bahwa semakin bertambahnya ketebalan pelat maka nilai tegangan akan semakin kecil. Pada variasi ini juga dapat dikatakan bahwa perubahan ketebalan *core* pada model tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan nilai tegangan. Bisa dilihat pada tabel IV.1

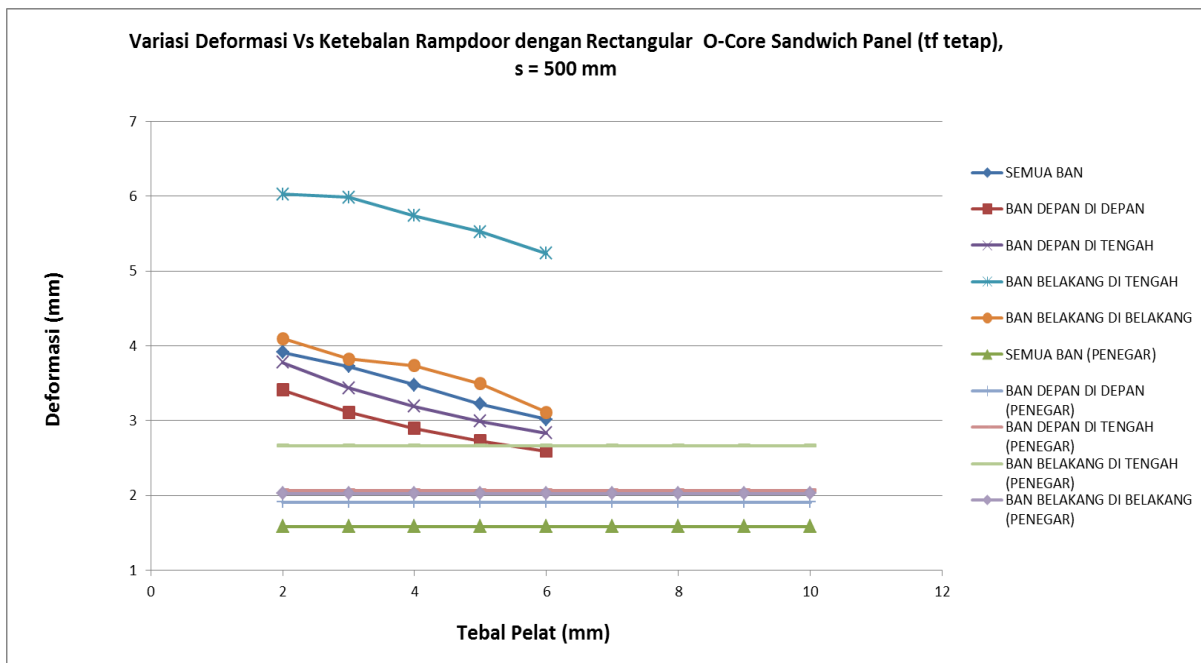
perubahan nilai tegangan sangat kecil ketika terjadi perubahan ketebalan *core* tiap 1 mm. Pada variasi ini juga nilai ketebalan kedua *core* ( $t_c 1$  dan  $t_c 2$ ) dibuat selalu sama mengikuti variasi ketebalan *core* yang ada. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 8$  mm dan  $t_c = 2$  mm yaitu 169 Mpa. Nilai tegangan maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan *ramp door*. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada variasi ini kurang dari nilai tegangan izin yang disyaratkan yaitu 175 MPa.



Gambar IV.22 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)

Keterangan Variasi pada Gambar IV.22 merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *core* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *face* yang berbeda dari 6-10 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.2 dimana pada variasi ini tebal *core* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 4 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 1 kurang dari geladak berpenegar terjadi pada ketebalan *face* 6-8 mm. Dari variasi ini dapat disimpulkan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai tegangan pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Bisa dilihat pada tabel IV.2 perubahan nilai tegangan yang terjadi pada setiap pengurangan tebal *face* pada model tiap 1 mm berubah secara signifikan. Dan pada variasi ini juga ditemukan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* bagian

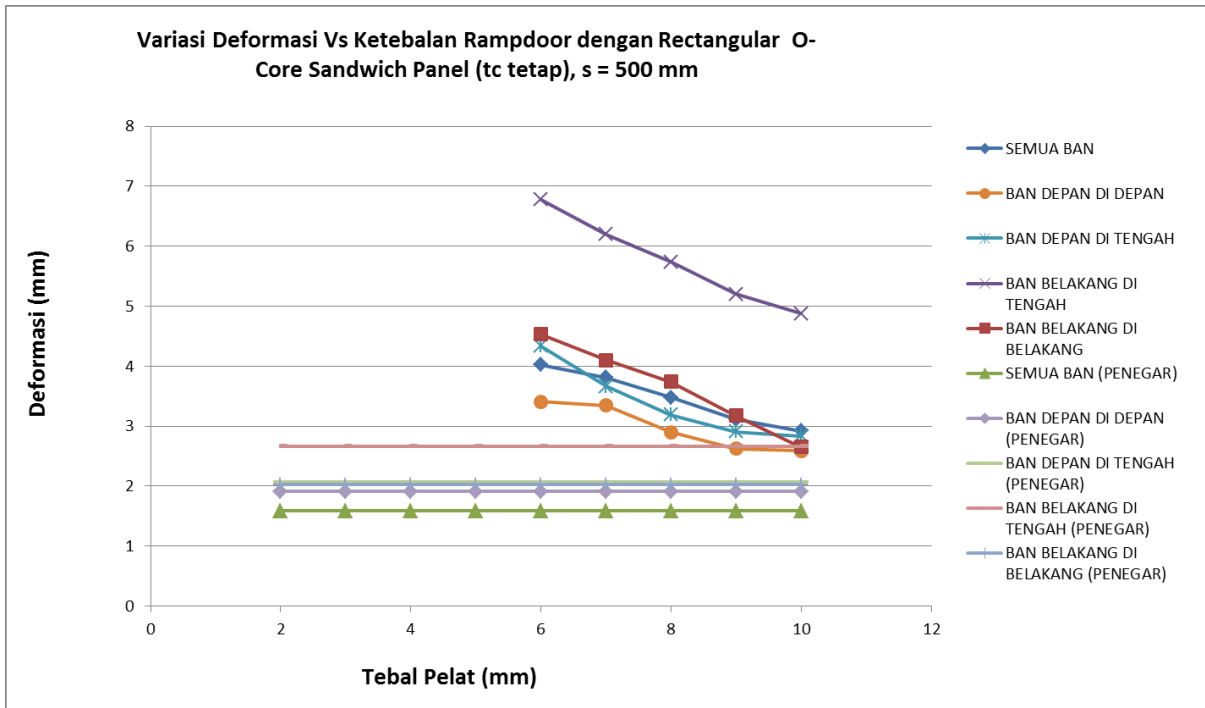
atas akan sangat berpengaruh sekali terhadap perubahan nilai tegangan yang ada, sedangkan untuk perubahan tebal *face* bagian bawah tidak berpengaruh secara signifikan. Oleh karena itu pada variasi ini nilai ketebalan *face* atas ( $t_f 1$ ) dan bawah dibuat dengan ketebalan yang sama dimana ketebalan *face* bagian bawah ( $t_f 2$ ) mengikuti tebal *face* bagian atas. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 6$  mm dan  $t_c = 4$  mm yaitu 250 Mpa. Nilai tegangan maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan *ramp door*. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada variasi ini melebihi nilai tegangan izin.



**Gambar IV.23 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)**

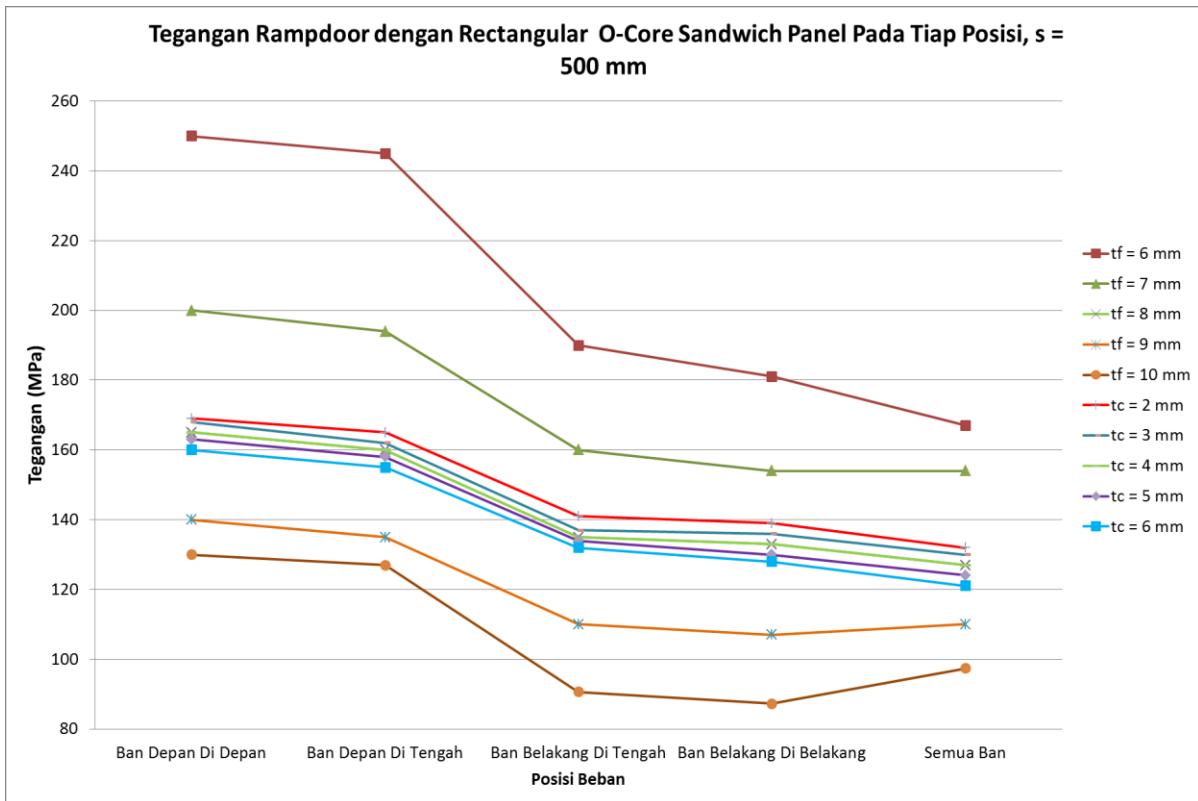
Grafik pada Gambar IV.23 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *face* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Posisi pembebanan yang terjadi pada variasi ini sama dengan posisi pembebanan pada *ramp door* dengan penegar yaitu ketika ban depan berada diujung depan, ban depan berada di tengah, ban belakang berada di tengah, ban belakang berada dibelakang, dan saat seluruh ban menyentuh *ramp door*. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal core 5 mm dan 6 mm untuk variasi ini. Besar deformasi *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari *rampdoor* berpenegar. Dari grafik Gambar IV.23 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Semakin besar tegangan maka

deformasinya juga akan semakin besar. Nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 8 \text{ mm}$  dan  $t_c = 2 \text{ mm}$  yaitu  $6.029 \text{ mm}$ . Nilai deformasi maksimum ini terjadi pada posisi ban belakang berada di tengah *ramp door*.



Gambar IV.24 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)

Grafik pada Gambar IV.24 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal *face* 9 mm dan 10 mm untuk variasi ini. Besar deformasi rampdoor dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari rampdoor berpenegar. Dari grafik Gambar IV.24 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. Dari variasi ini juga dapat dilihat bahwa perubahan ketebalan *face* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perubahan tegangan dan deformasi. Nilai tegangan akan berubah secara signifikan ketika ketebalan *face* berubah sedangkan untuk nilai deformasi tidak berubah terlalu signifikan. Pada variasi ini nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 6 \text{ mm}$  dan  $t_c = 4 \text{ mm}$  yaitu  $6.775 \text{ mm}$ . Nilai deformasi maksimum ini terjadi pada posisi ban belakang berada di tengah *ramp door*.

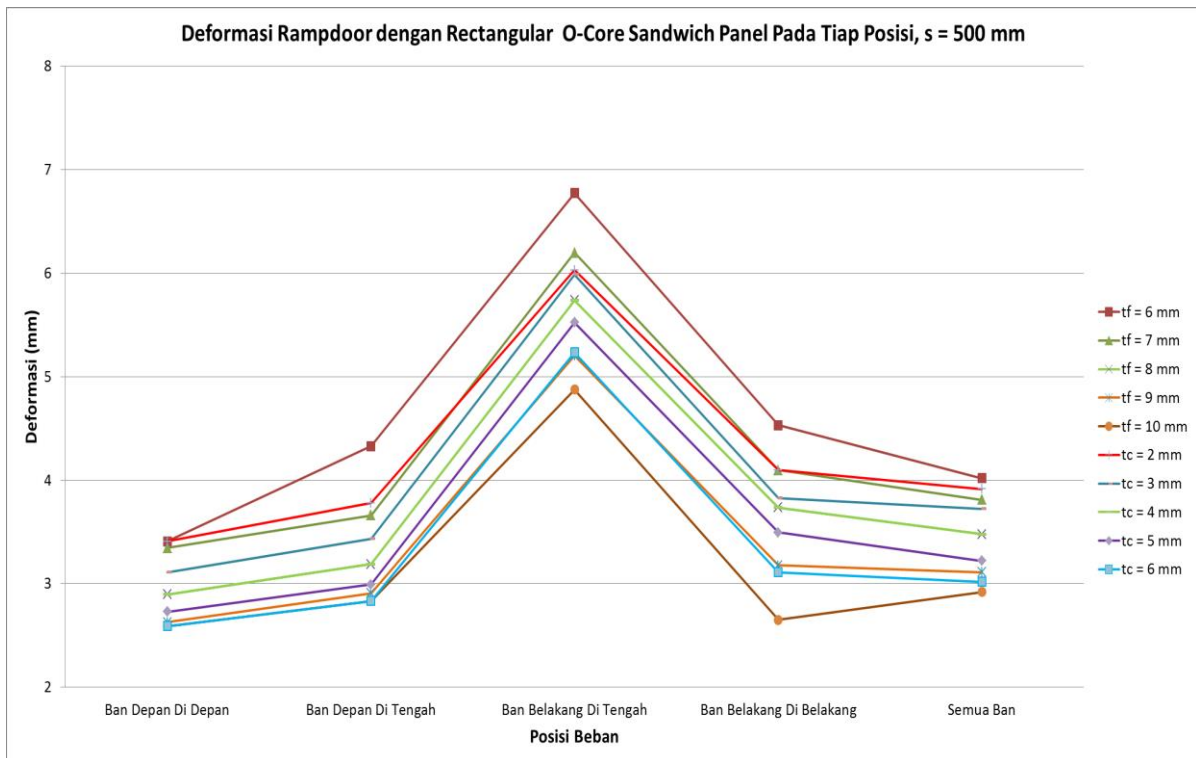


**Gambar IV.25 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 1 Pada Tiap Posisi**

Grafik pada Gambar IV.25 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada *ramp door rectangular o-core sandwich panel* model 1 di setiap posisi pembebanan dengan semua variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 1 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban depan diujung depan *ramp door*. Pada model ini nilai tegangan maksimum terjadi saat variasi  $tf = 6 \text{ mm}$  dan  $tc = 4 \text{ mm}$  yaitu 250 Mpa. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada variasi ini melebihi nilai tegangan izin yang disyaratkan yaitu 175 MPa.

Grafik pada Gambar IV.26 menunjukkan nilai deformasi yang terjadi pada *ramp door rectangular o-core sandwich panel* model 1 di setiap posisi pembebanan dengan semua

variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*.



**Gambar IV.26 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 1 Pada Tiap Posisi**

Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai deformasi maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 1 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban belakang di tengah *ramp door*. Pada model ini nilai deformasi maksimum terjadi saat variasi  $tf = 6$  mm dan  $tc = 4$  mm yaitu 6.775 mm.

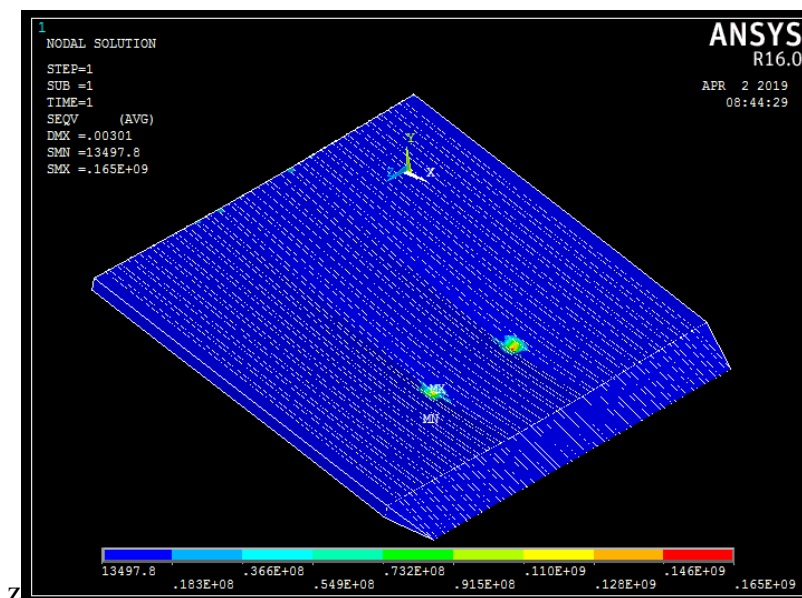
### IV.3.2. Ramp door dengan sandwich structure Model 2

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Tegangan yang timbul adalah akibat beban lateral. Jenis tegangan yang digunakan pada struktur adalah normal. Berikut merupakan salah satu hasil tegangan dan deformasi pada ketebalan *face* 8 mm dan *core* 3 mm untuk *rectangular o-core sandwich panel* model 2 dengan variasi jarak antar core yaitu 300 mm. Pengaplikasian beban

model ini adalah beban yang telah didistribusikan pada ban depan dan ban belakang kendaraan sesuai dengan aturan yang berlaku pada pembebanan merata ban kendaraan. Pada model ini juga akan dilakukan variasi pada perubahan ketebalan pelat *face* dan *core*.

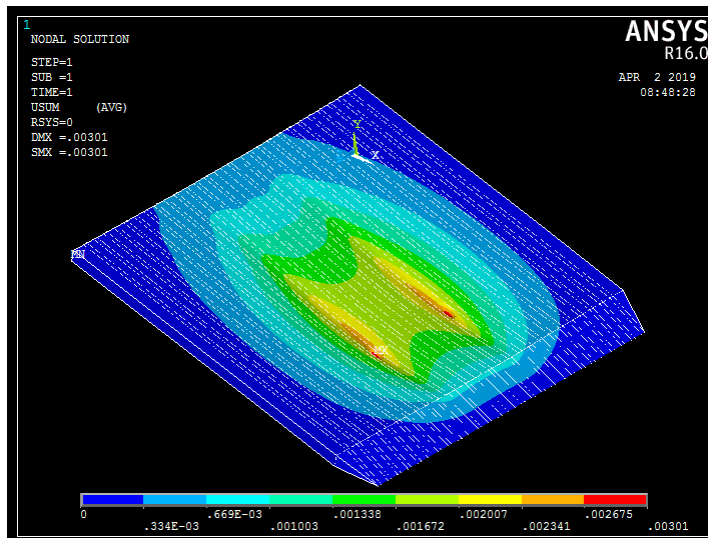
#### IV.3.2.1. Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan mulai memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Posisi pembebanan yang terjadi pada variasi ini sama dengan posisi pembebanan pada *ramp door* dengan penegar yaitu ketika ban depan berada diujung depan, ban depan berada di tengah, ban belakang berada di tengah, ban belakang berada dibelakang, dan saat seluruh ban menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.27 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

Gambar IV.27 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di depan *ramp door* adalah 165 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.35 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.27 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan.

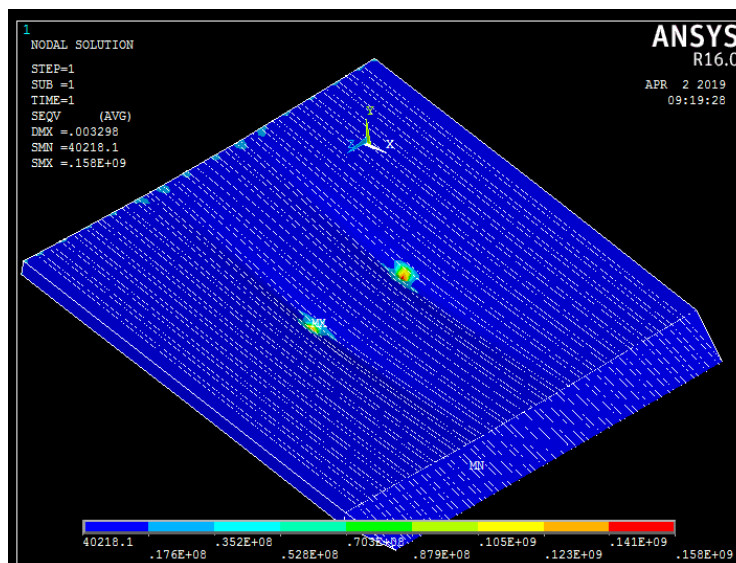


Gambar IV.28 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.01 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.28 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

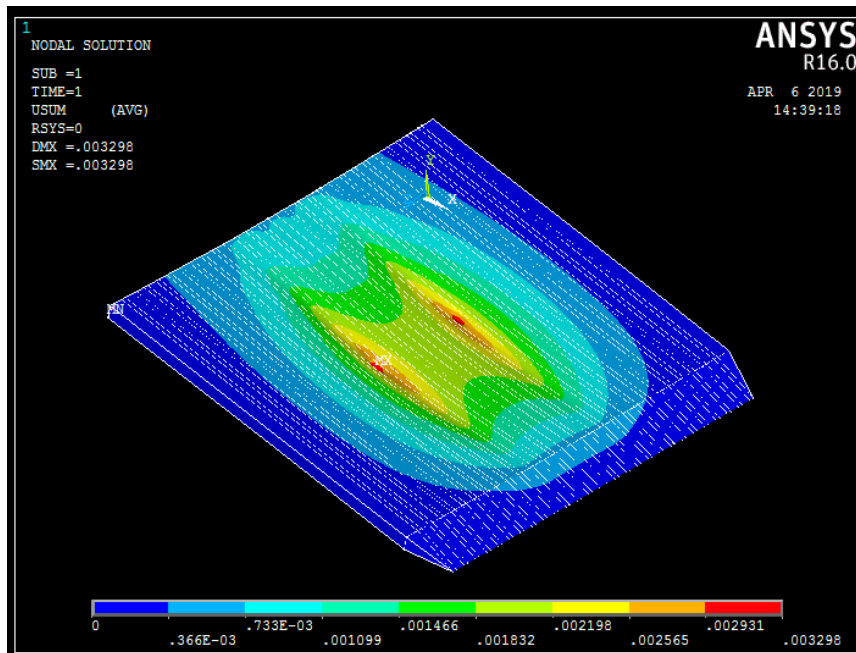
#### IV.3.2.2. Kondisi Ban Depan Di Tengah *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 19,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.29 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah



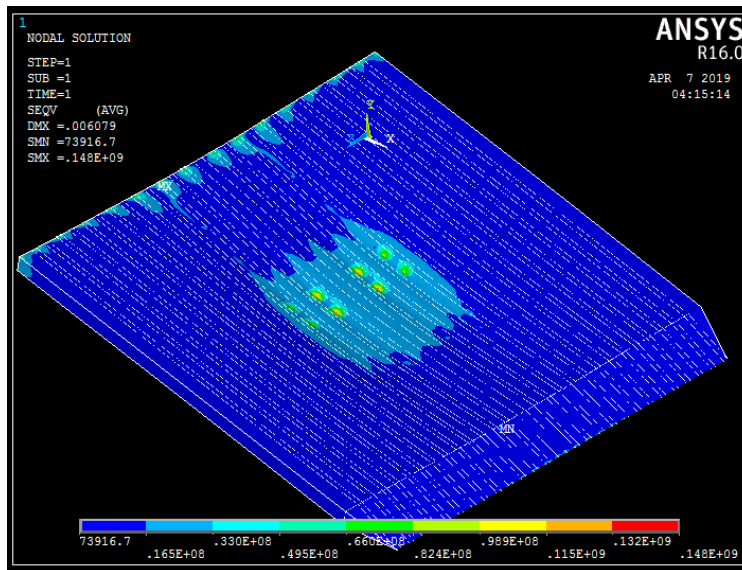


Gambar IV.30 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah

Gambar IV.29 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 160 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $4.02 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.29 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.298 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.30 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

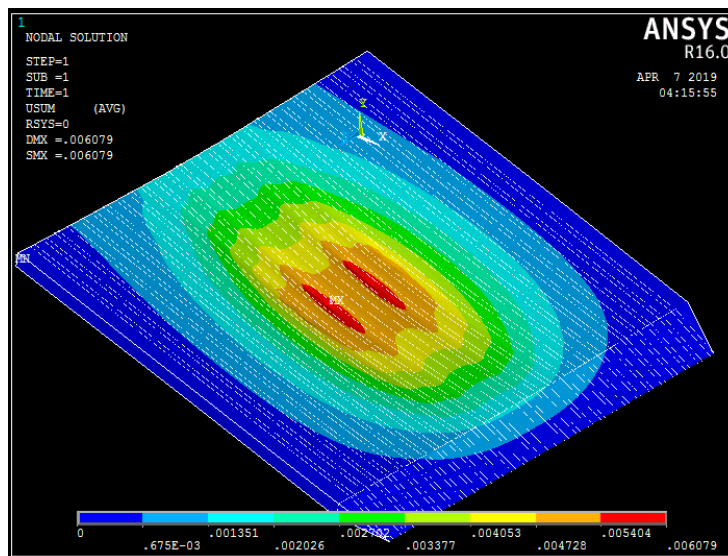
#### IV.3.2.3. Kondisi Ban Belakang Di Tengah *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.31 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

Gambar IV.31 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 148 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $7.39 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.31 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan.

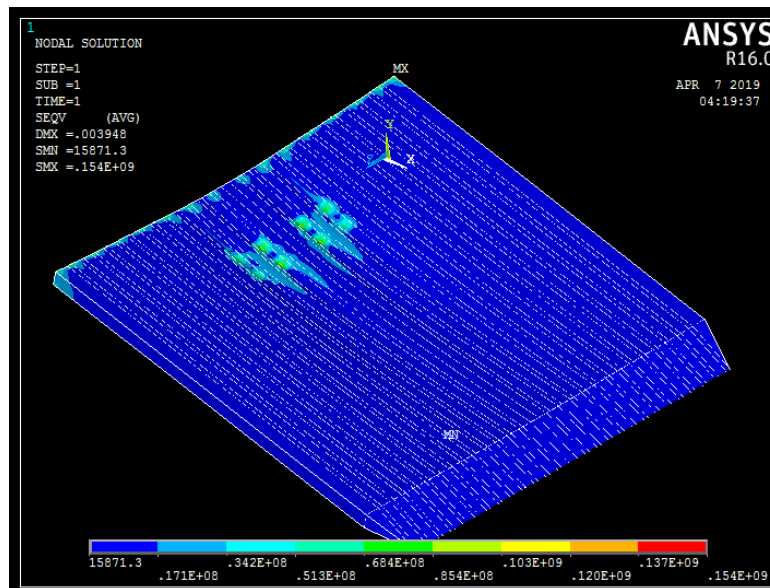


Gambar IV.32 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

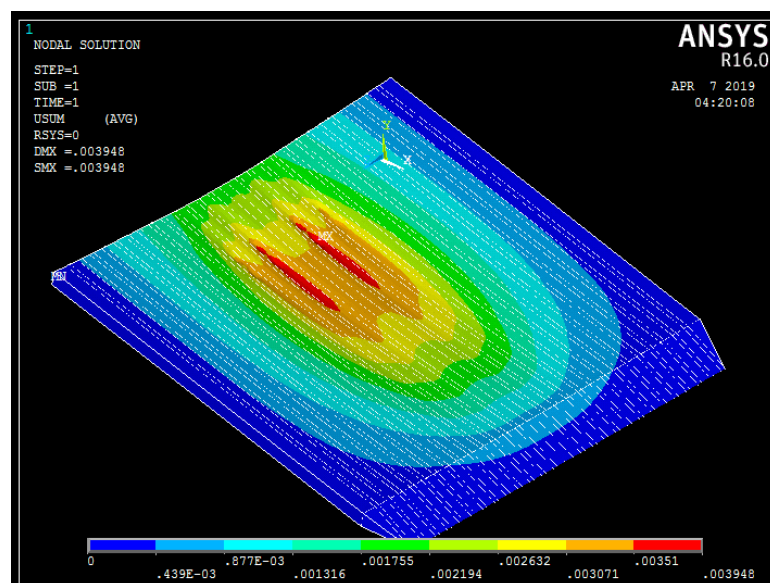
Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 6.079 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.32 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.3.2.4. Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang *Ramp Door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian belakang *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan mulai meninggalkan *ramp door*. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.33 Tegangan Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang

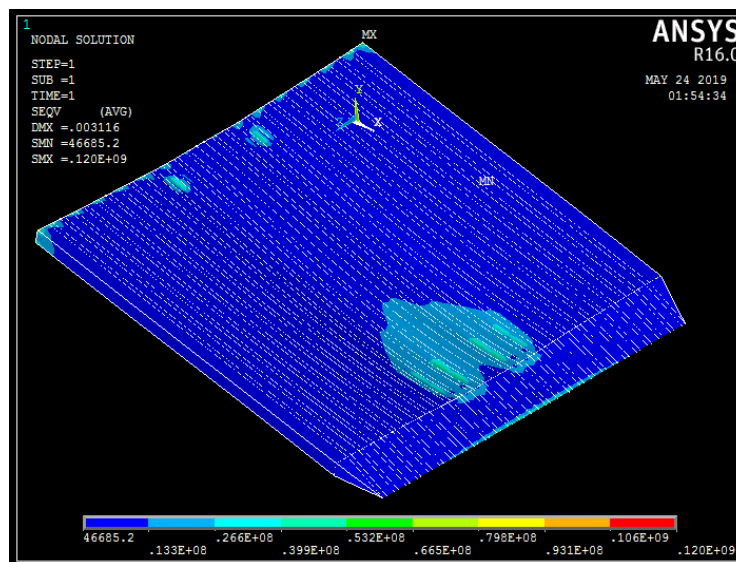


Gambar IV.34 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang

Gambar IV.33 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di belakang *ramp door* adalah 154 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.59 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.33 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.948 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.34 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.3.2.5. Kondisi Semua Ban Di Ramp Door

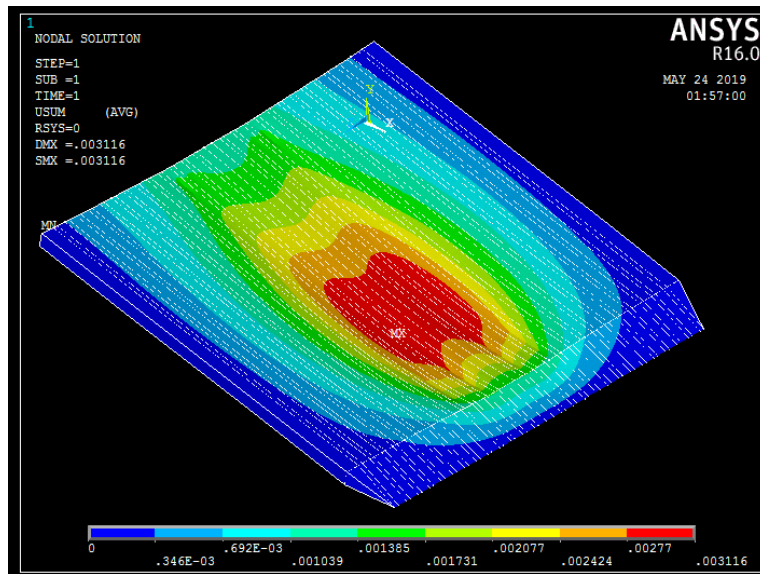
Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan dan ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban yang terjadi ketika ban depan dan ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444N/m<sup>2</sup> untuk ban depan dan 145,833 N/m<sup>2</sup> untuk ban belakang.



Gambar IV.35 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door

Gambar IV.35 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat semua beban berada di *ramp door* adalah 120 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh semua ban kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $4.669 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika

dilihat pada gambar IV.35 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan.



**Gambar IV.36 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door**

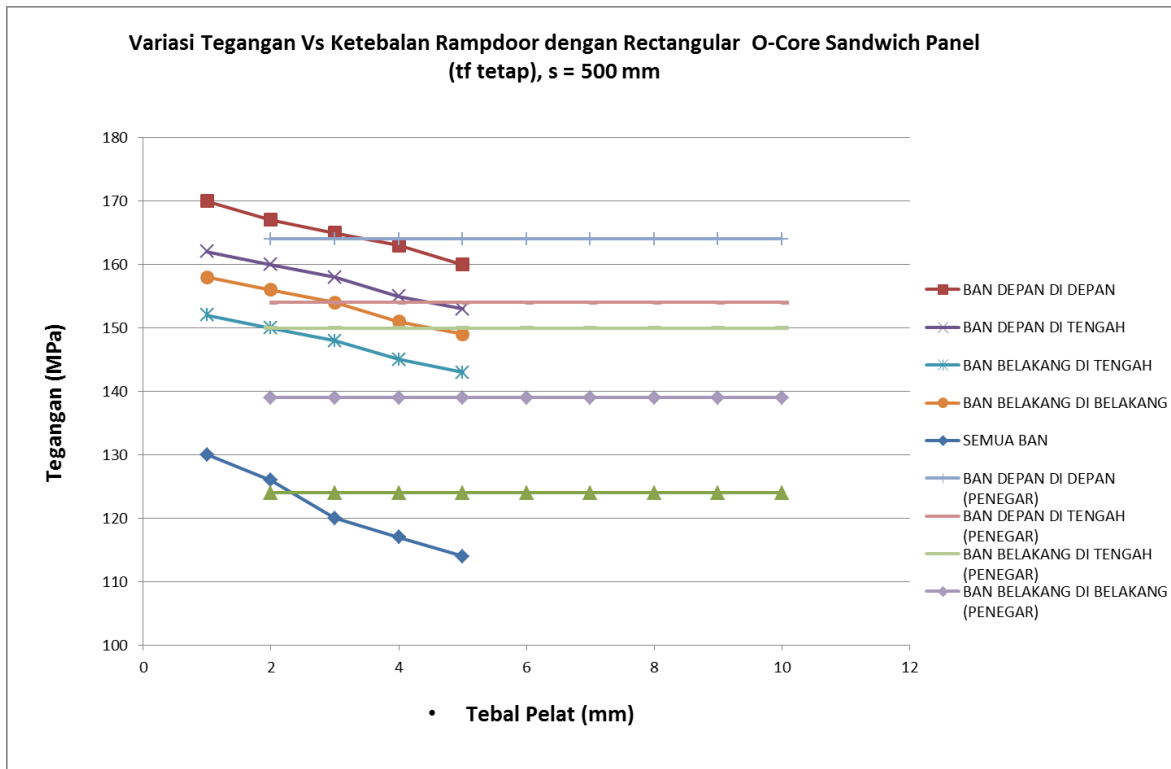
Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.116 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.36 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan. Nilai tegangan dan deformasi untuk variasi  $t_f$  dan  $t_c$  model 2 dapat dilihat pada Tabel IV.3 dan Tabel IV.4.

Tabel IV.3 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat  $t_f$  Sama (Sandwich Panel Model 2)

Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel $S = 300$ Mm $T_f = 8$ Mm															
Jenis Pelat	$T_f$	$T_c$	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	8	1	170	162	152	158	130	3.584	3.654	6.687	4.535	3.9	175	Memenuhi	12.105
	8	2	167	160	150	156	126	3.312	3.458	6.345	4.234	3.621	175	Memenuhi	13.587
	8	3	165	158	148	154	120	3.01	3.298	6.079	3.948	3.116	175	Memenuhi	15.069
	8	4	163	155	145	151	117	2.876	2.908	5.879	3.635	3.052	175	Memenuhi	16.551
	8	5	160	153	143	149	114	2.565	2.739	5.574	3.343	2.911	175	Memenuhi	18.034
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269

Tabel IV.4 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat  $t_c$  Sama (Sandwich Panel Model 2)

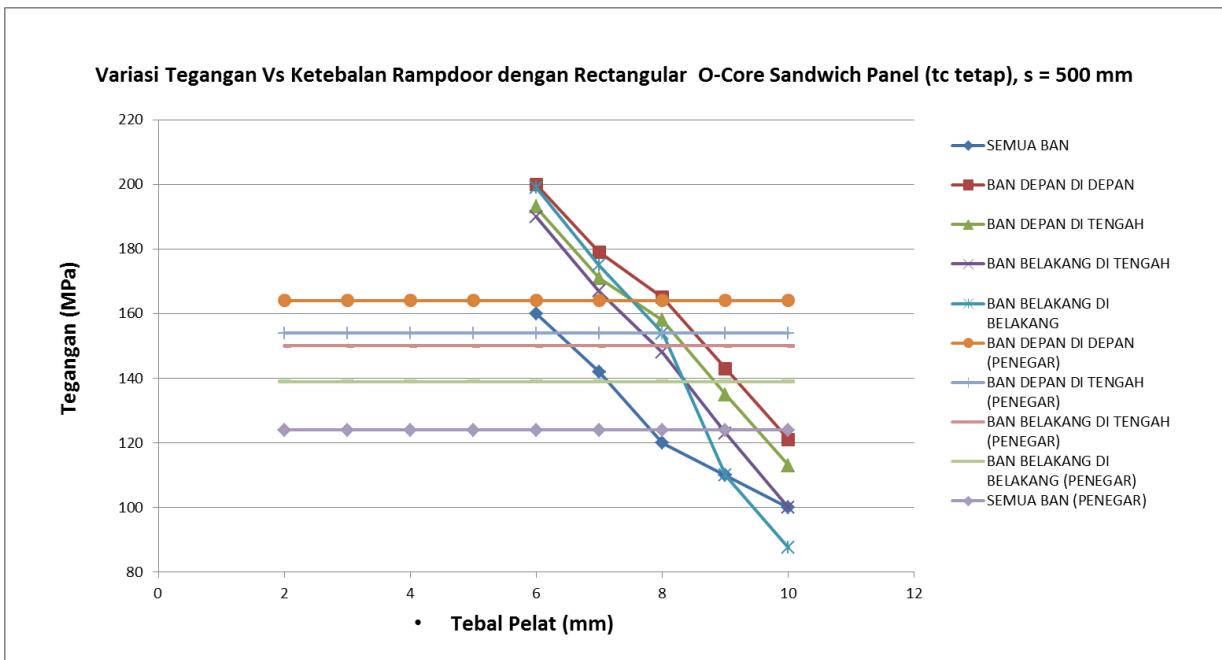
Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel $S = 300$ Mm $T_c = 3$ Mm															
Jenis Pelat	$T_f$	$T_c$	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	6	3	200	193	190	199	160	3.567	3.789	6.745	4.564	3.957	175	Tidak Memenuhi	12.648
	7	3	179	171	167	175	142	3.314	3.529	6.453	4.344	3.721	175	Tidak Memenuhi	13.859
	8	3	165	158	148	154	120	3.01	3.298	6.079	3.948	3.116	175	Memenuhi	15.069
	9	3	143	135	123	126	110	2.756	3.028	5.765	3.657	3.012	175	Memenuhi	16.280
	10	3	121	113	100	103	100	2.564	2.876	5.325	3.465	2.921	175	Memenuhi	17.490
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269



Gambar IV.37 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 1)

Keterangan Variasi pada Gambar merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *face* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *core* yang berbeda dari 1-5 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.3 dimana pada variasi ini tebal *face* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 8 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 2 kurang dari *ramp door* berpenegar pada ketebalan *core* yang berbeda di setiap posisi pembebanan. Posisi pembebanan yang terjadi pada variasi ini sama dengan posisi pembebanan pada *ramp door* dengan penegar yaitu ketika ban depan berada diujung depan, ban depan berada di tengah, ban belakang berada di tengah, ban belakang berada dibelakang, dan saat seluruh ban menyentuh *ramp door*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini tidak ada yang memiliki nilai lebih dari tegangan izin yang disyaratkan. Dari variasi ini dapat dikatakan bahwa semakin bertambahnya ketebalan pelat maka nilai tegangan akan semakin kecil. Pada variasi ini juga dapat dikatakan bahwa perubahan ketebalan *core* pada model tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan nilai tegangan. Bisa dilihat pada tabel IV.3 perubahan nilai

tegangan sangat kecil ketika terjadi perubahan ketebalan *core* tiap 1 mm. Pada variasi ini juga nilai ketebalan kedua *core* ( $t_c 1$  dan  $t_c 2$ ) dibuat selalu sama mengikuti variasi ketebalan *core* yang ada. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 8$  mm dan  $t_c = 1$  mm yaitu 170 Mpa. Nilai tegangan maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan *ramp door*.

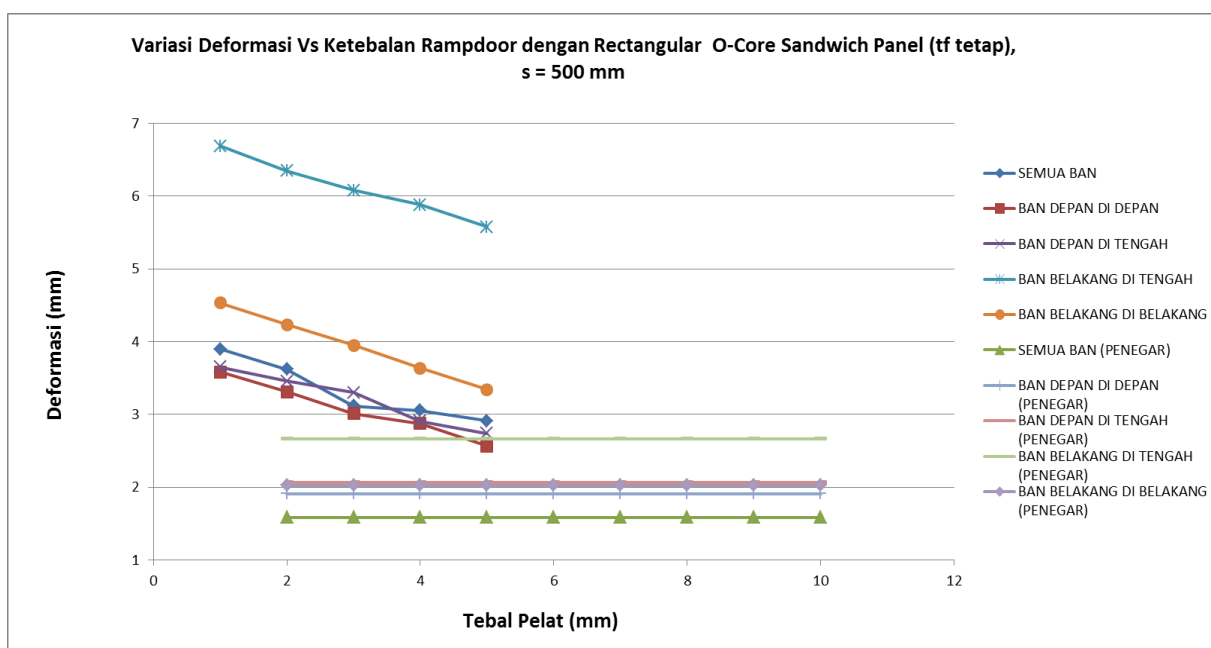


Gambar IV.38 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 2)

Keterangan Variasi pada Gambar IV.38 merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *core* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *face* yang berbeda dari 6-10 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.4 dimana pada variasi ini tebal *core* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 3 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 2 kurang dari geladak berpenegar pada ketebalan *face* 9-10 mm. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 2 pada semua ketebalan *face* memiliki nilai yang kurang dari tegangan izin yang disyaratkan. Dari variasi ini dapat disimpulkan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai tegangan pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Bisa dilihat pada tabel IV.4 perubahan nilai tegangan yang terjadi pada setiap pengurangan



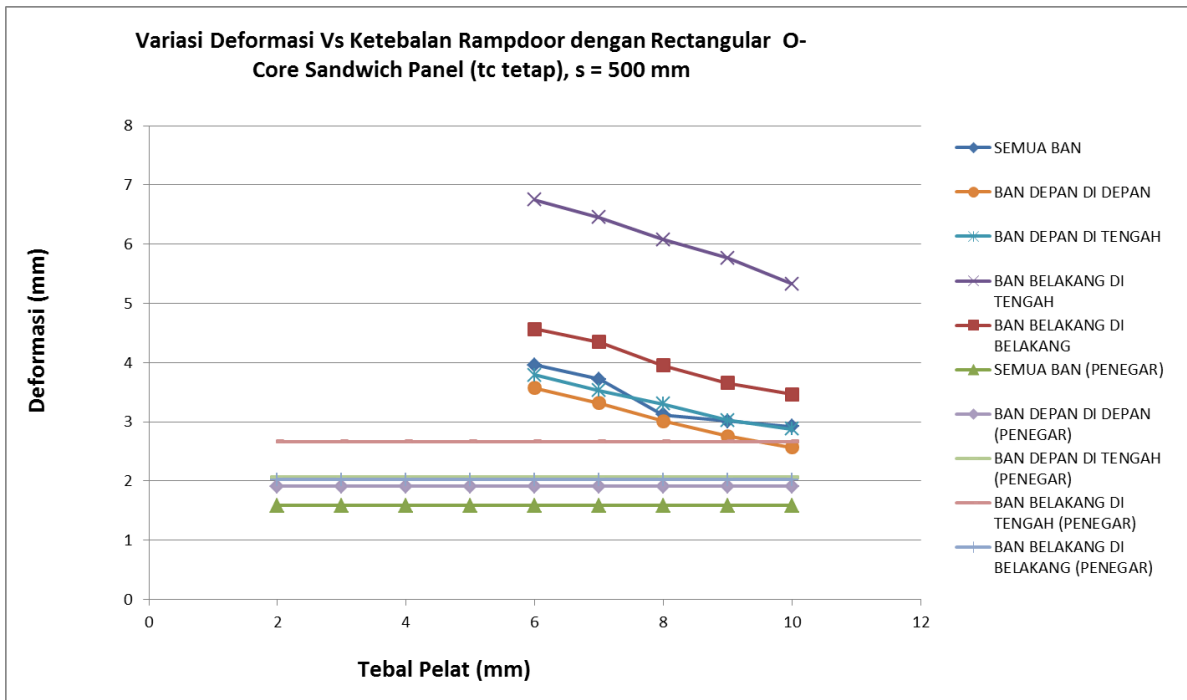
tebal *face* pada model tiap 1 mm berubah secara signifikan. Dan pada variasi ini juga ditemukan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* bagian atas akan sangat berpengaruh sekali terhadap perubahan nilai tegangan yang ada, sedangkan untuk perubahan tebal *face* bagian bawah tidak berpengaruh secara signifikan. Oleh karena itu pada variasi ini nilai ketebalan *face* atas ( $t_f 1$ ) dan bawah dibuat dengan ketebalan yang sama dimana ketebalan *face* bagian bawah ( $t_f 2$ ) mengikuti tebal *face* bagian atas. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 6$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 200 Mpa. Nilai tegangan maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan *ramp door*. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada variasi ini melebihi nilai tegangan izin.



Gambar IV.39 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 2)

Grafik pada Gambar IV.39 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada rectangular o-core sandwich panel saat tebal *face* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 1-5 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal core 4 mm dan 5 mm untuk variasi ini. Besar deformasi *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari *rampdoor* berpenegar. Dari grafik Gambar IV.37 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Dari variasi ini juga dapat dilihat bahwa perubahan ketebalan *face* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perubahan tegangan dan

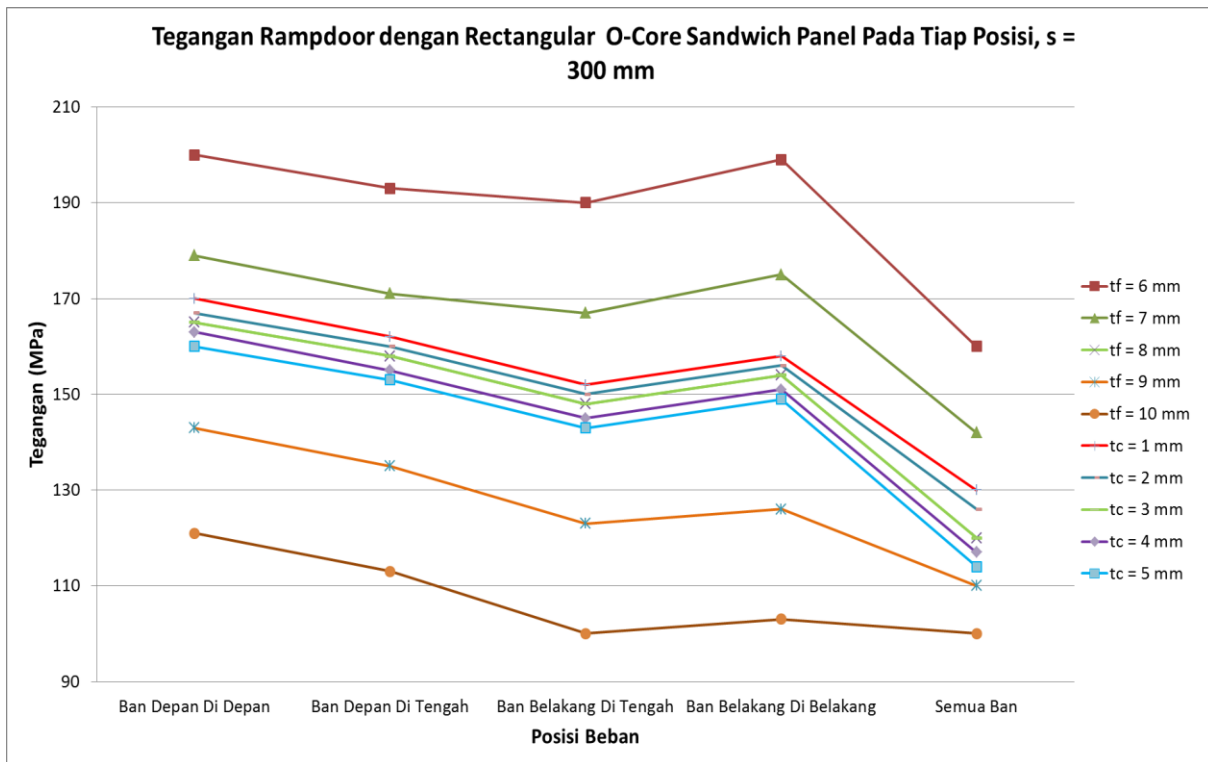
deformasi. Nilai tegangan akan berubah secara signifikan ketika ketebalan *face* berubah sedangkan untuk nilai deformasi tidak berubah terlalu signifikan. Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 8$  mm dan  $t_c = 1$  mm yaitu 6.687 mm. Nilai deformasi maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan ramp door.



Gambar IV.40 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 2)

Grafik pada Gambar IV.40 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada rectangular o-core sandwich panel saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal *face* 9 mm dan 10 mm untuk variasi ini. Besar deformasi rampdoor dengan rectangular o-core sandwich panel pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari rampdoor berpenegar. Dari grafik Gambar IV.38 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. Dari variasi ini juga dapat dilihat bahwa perubahan ketebalan *face* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perubahan tegangan dan deformasi. Nilai tegangan akan berubah secara signifikan ketika ketebalan *face* berubah sedangkan untuk nilai deformasi tidak berubah terlalu signifikan. Pada variasi ini nilai deformasi maksimum

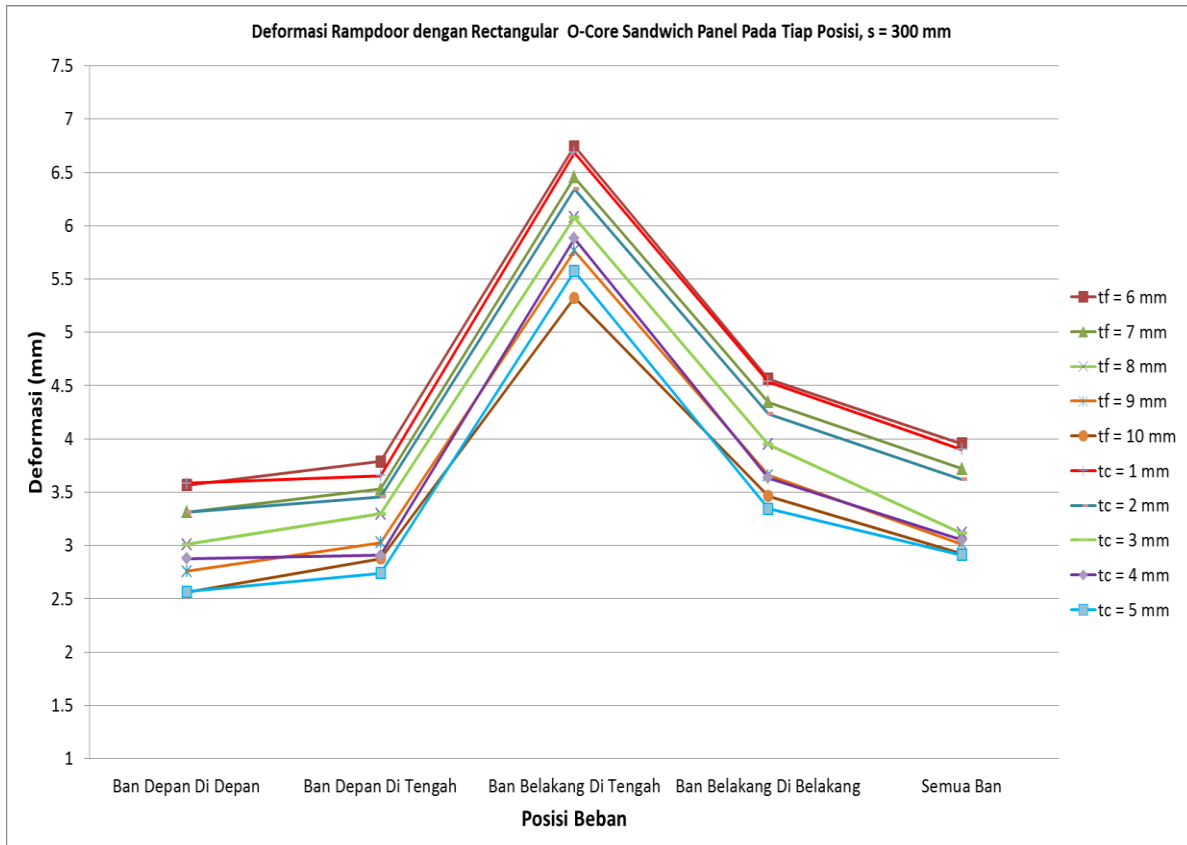
terdapat pada  $t_f = 6 \text{ mm}$  dan  $t_c = 3 \text{ mm}$  yaitu  $6.745 \text{ mm}$ . Nilai deformasi maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan ramp door.



**Gambar IV.41 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 2 Pada Tiap Posisi**

Grafik pada Gambar IV.41 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada *ramp door rectangular o-core sandwich panel* model 2 di setiap posisi pembebanan dengan semua variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 2 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban depan diujung depan *ramp door*. Pada model ini nilai tegangan maksimum terjadi saat variasi  $t_f = 6 \text{ mm}$  dan  $t_c = 3 \text{ mm}$  yaitu 200 Mpa. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada model ini melebihi nilai tegangan izin yang disyaratkan yaitu 175 MPa.

Grafik pada Gambar IV.42 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada ramp door rectangular o-core sandwich panel model 2 di setiap posisi pembebanan dengan semua variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*.



**Gambar IV.42 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 2 Pada Tiap Posisi**

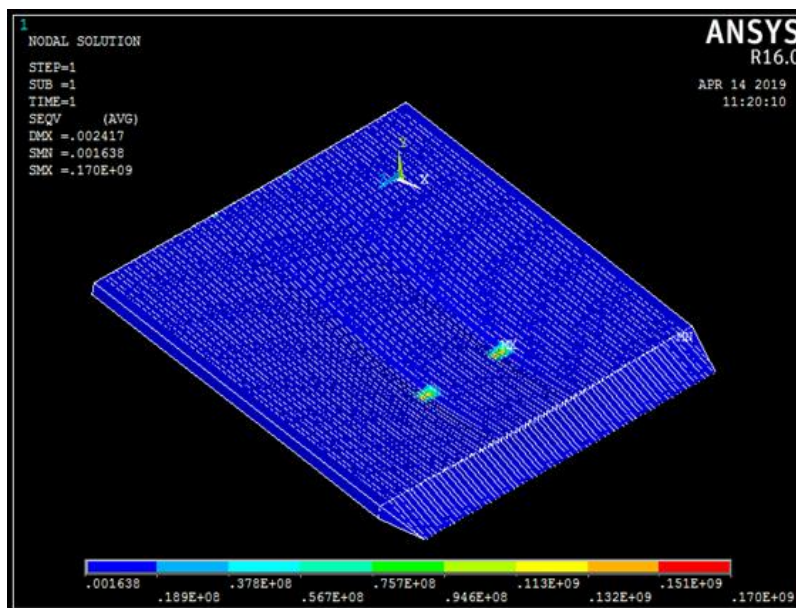
Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai deformasi maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 2 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban belakang di tengah *ramp door*. Hal tersebut terjadi karena jarak posisi pembebanan pada bagian tengah *ramp door* ini memiliki jarak paling jauh dari tumpuan yang ada pada model. Oleh karena itu nilai deformasi yang terjadi pada posisi tengah akan menjadi nilai deformasi maksimum. Pada model ini nilai tegangan maksimum terjadi saat variasi  $tf = 6 \text{ mm}$  dan  $tc = 3 \text{ mm}$  yaitu 6.745 mm.

### IV.3.3. Ramp door dengan sandwich structure Model 3

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Tegangan yang timbul adalah akibat beban lateral. Jenis tegangan yang digunakan pada struktur adalah normal. Berikut merupakan salah satu hasil tegangan dan deformasi pada ketebalan *face* 7 mm dan *core* 3 mm untuk *rectangular o-core sandwich panel* model 3 dengan variasi jarak antar core yaitu 250 mm. Pengaplikasian beban model ini adalah beban yang telah didistribusikan pada ban depan dan ban belakang kendaraan sesuai dengan aturan yang berlaku pada pembebanan merata ban kendaraan. Pada model ini juga akan dilakukan variasi pada perubahan ketebalan pelat *face* dan *core*.

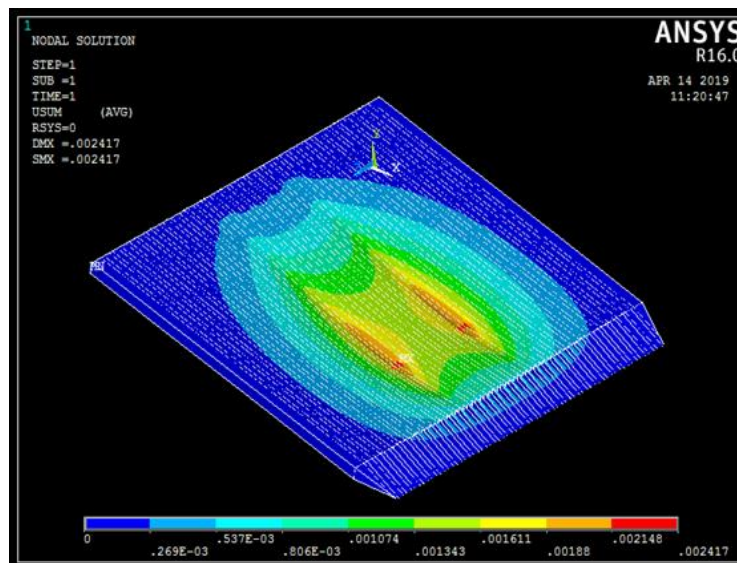
#### IV.3.3.1. Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan Ramp door

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan mulai memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.43 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

Gambar IV.43 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di depan *ramp door* adalah 170 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.64 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.43 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru.

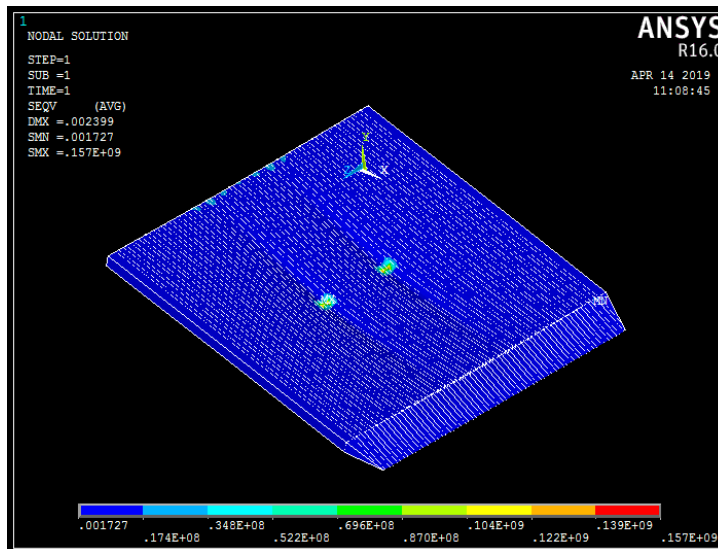


**Gambar IV.44 Deformasi Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan**

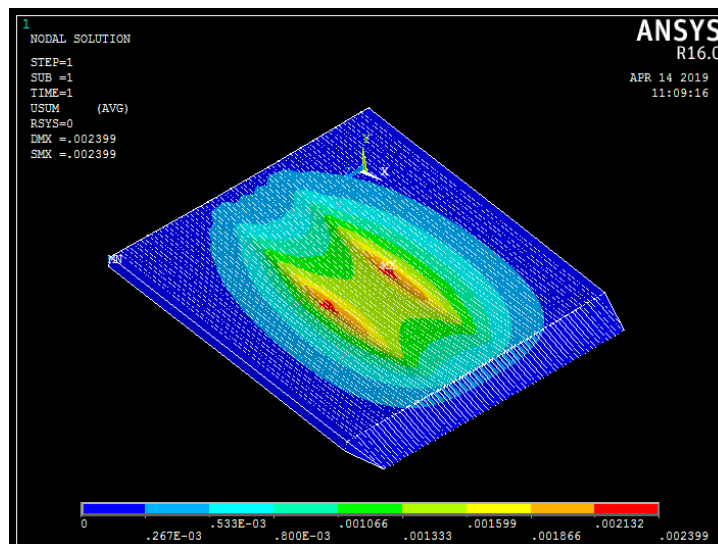
Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 2.417 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.44 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### **IV.3.3.2. Kondisi Ban Depan Di Tengah *Ramp door***

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.

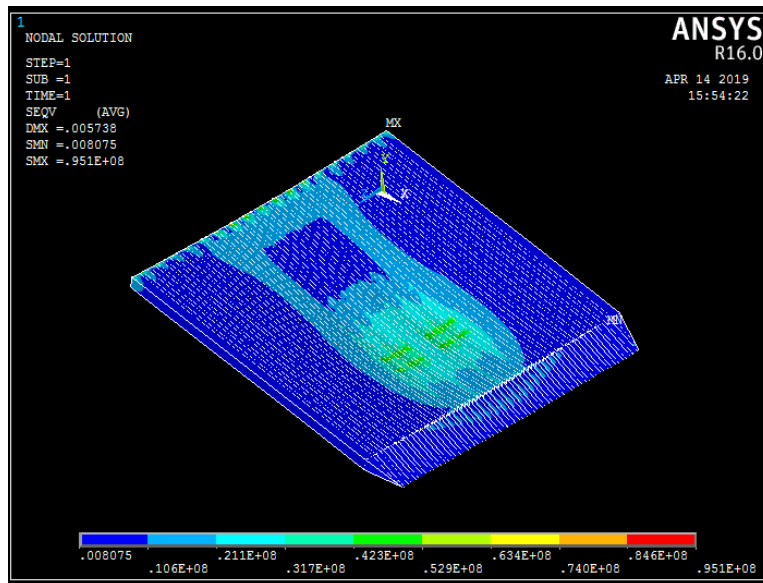


Gambar IV.45 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah

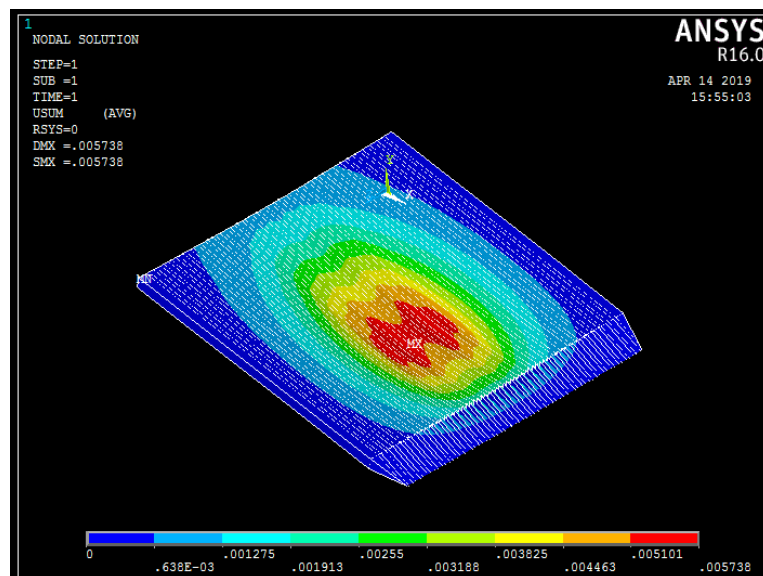


Gambar IV.46 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah

Gambar IV.45 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 157 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.73 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.45 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 2.399 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.46 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.



Gambar IV.47 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Depan



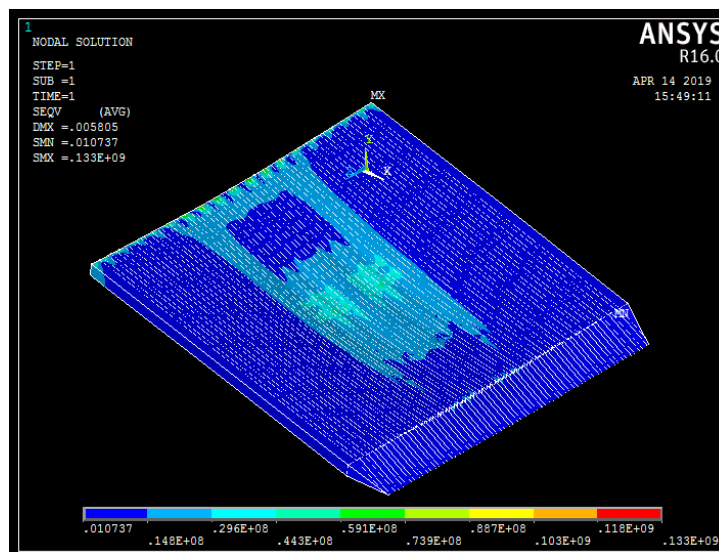
Gambar IV.48 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Depan

Gambar IV.47 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 95.1 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $8.08 \times 10^{-9}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.47 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 5.74 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.48 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

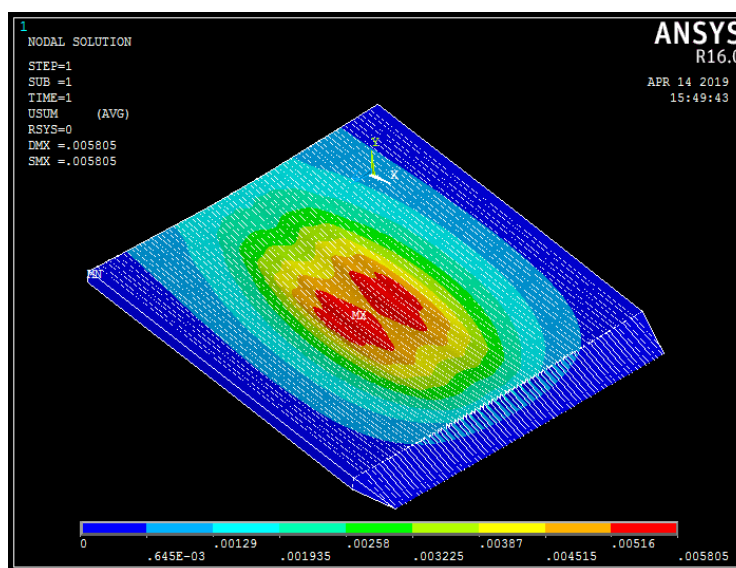


### IV.3.3.3. Kondisi Ban Belakang Di Tengah Ramp door

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.49 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

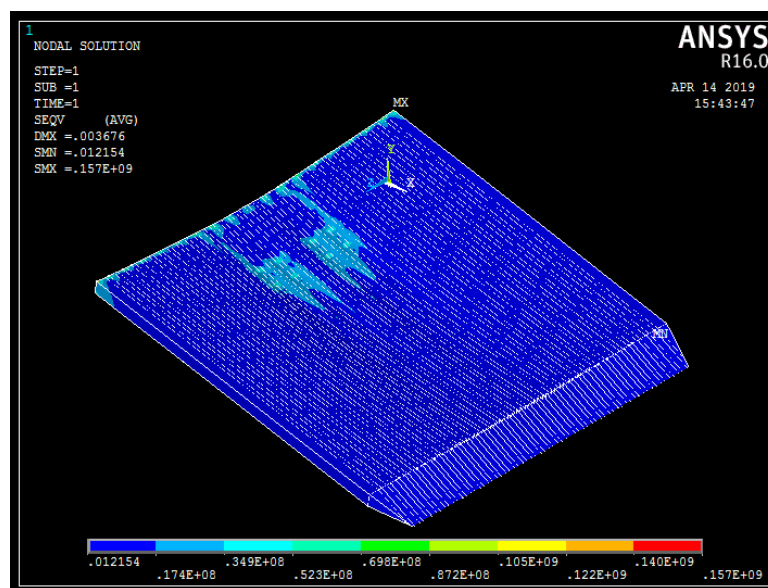


Gambar IV.50 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

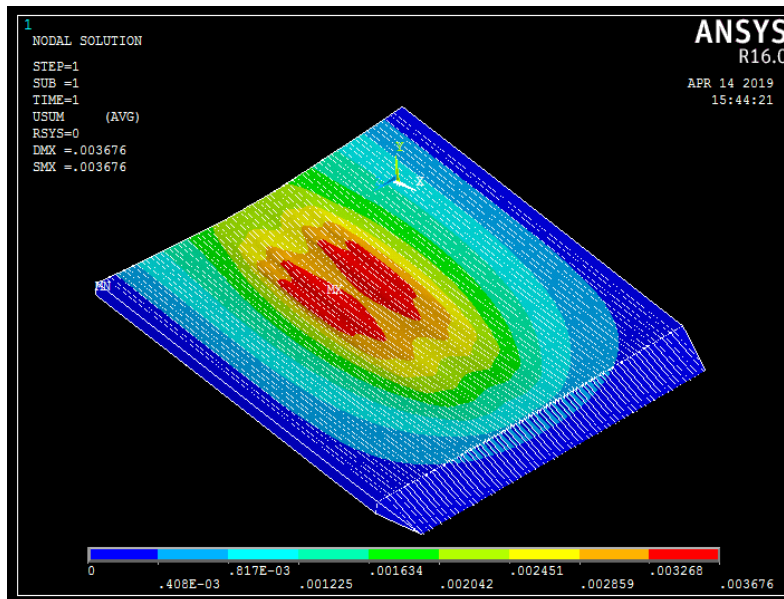
Gambar IV.49 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 133 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.07 \times 10^{-8}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.49 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 5.805 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.50 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.3.3.4. Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan mulai meninggalkan *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.51 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang

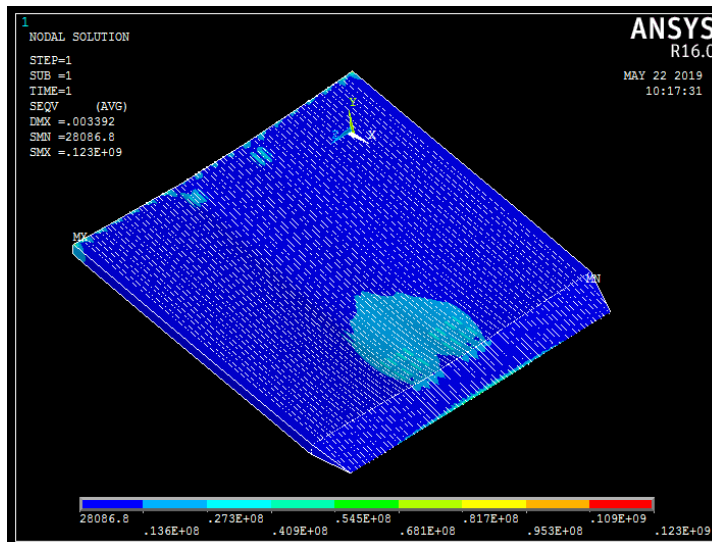


**Gambar IV.52 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang**

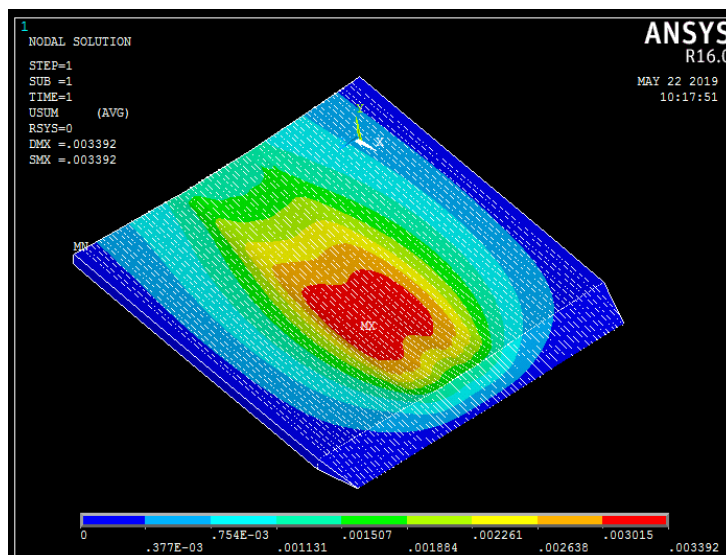
Gambar IV.51 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di belakang *ramp door* adalah 157 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.22 \times 10^{-8}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.51 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.676 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.52 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### **IV.3.3.5. Kondisi Semua Ban Di Ramp Door**

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Beban yang digunakan adalah beban kendaraan berat paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan dan ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Kondisi ini adalah kondisi dimana semua ban kendaraan berada di *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban yang terjadi ketika ban depan dan ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444N/m<sup>2</sup> untuk ban depan dan 145,833 N/m<sup>2</sup> untuk ban belakang.



Gambar IV.53 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door



Gambar IV.54 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door

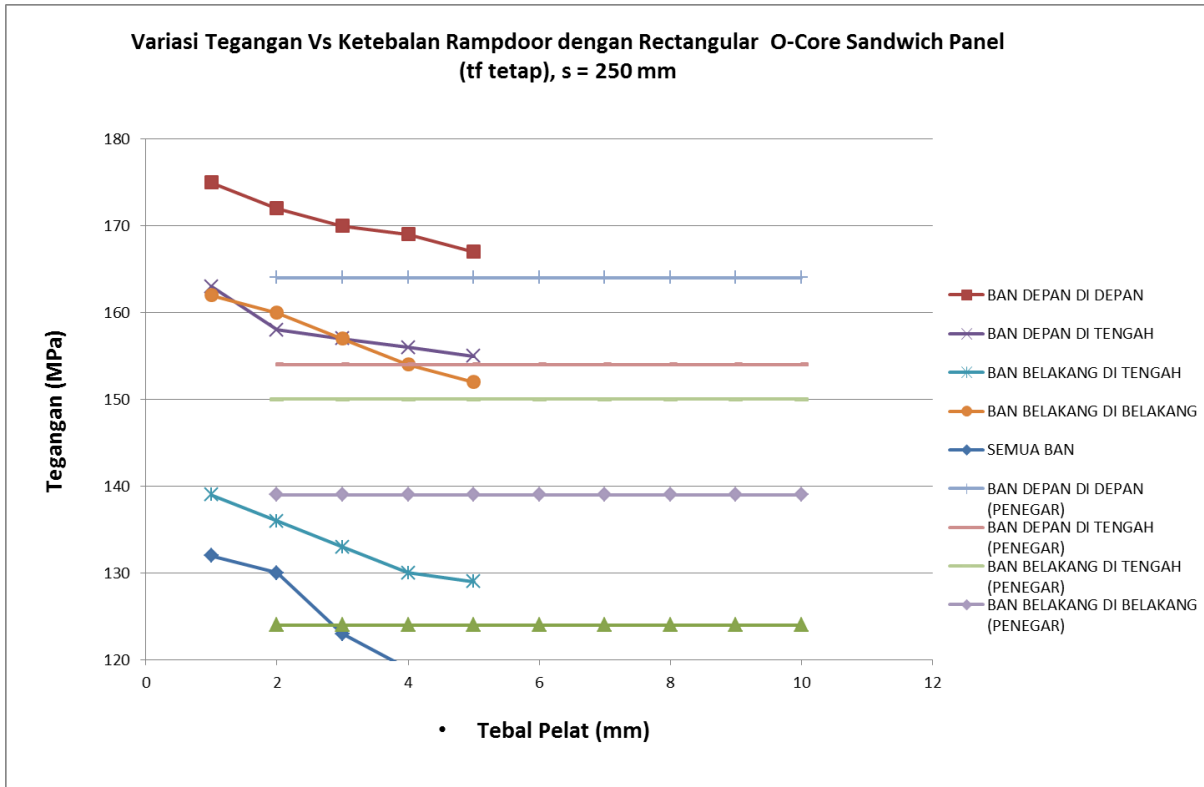
Gambar IV.53 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat semua beban berada di *ramp door* adalah 123 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh semua ban kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $2.81 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.53 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.392 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.54 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

**Tabel IV.5 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat  $t_f$  Sama (Sandwich Panel Model 3)**

<b>Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel S = 250 mm <math>T_f = 7</math> mm</b>															
Jenis Pelat	$T_f$	$T_c$	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	7	1	175	163	139	162	132	3.248	3.526	6.328	4.018	3.721	175	Memenuhi	9.952
	7	2	172	158	136	160	130	2.564	2.809	6.023	3.876	3.611	175	Memenuhi	10.491
	7	3	170	157	133	157	123	2.201	2.431	5.805	3.676	3.329	175	Memenuhi	11.030
	7	4	169	156	130	154	119	1.943	2.177	5.698	3.465	3.117	175	Memenuhi	11.569
	7	5	167	155	129	152	116	1.746	1.968	5.385	3.271	3.011	175	Memenuhi	12.108
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269

**Tabel IV.6 Tegangan dan Deformasi Saat  $t_c$  Sama (Sandwich Panel Model 3)**

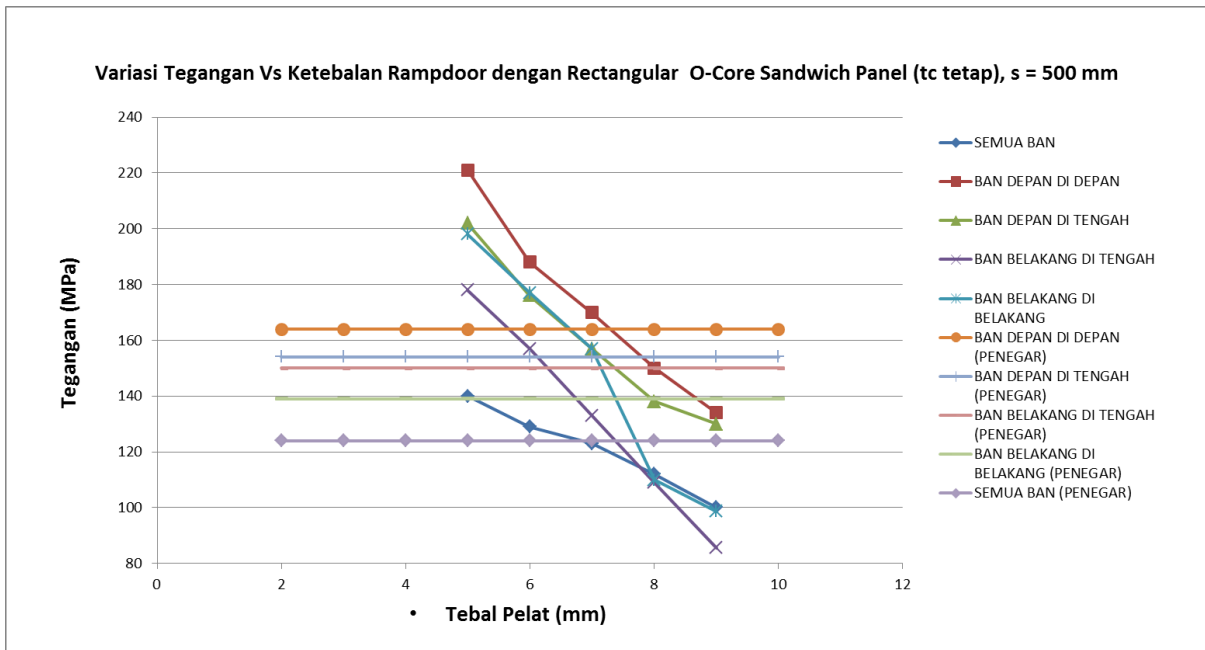
<b>Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel S = 250 mm <math>T_c = 3</math> mm</b>															
Jenis Pelat	$T_f$	$T_c$	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	5	3	221	202	178	198	140	2.934	3.032	6.435	4.231	4.121	175	Tidak Memenuhi	8.609
	6	3	188	176	157	177	129	2.654	2.865	6.186	3.928	3.721	175	Tidak Memenuhi	9.819
	7	3	170	157	133	157	123	2.201	2.431	5.805	3.676	3.329	175	Memenuhi	11.030
	8	3	150	138	109	110	112	2.012	2.265	5.574	3.375	3.001	175	Memenuhi	12.240
	9	3	134	130	85.5	98.7	100	1.754	2.008	5.201	3.092	2.871	175	Memenuhi	13.451
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269



Gambar IV.55 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3)

Keterangan Variasi pada Gambar merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *face* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *core* yang berbeda dari 1-5 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.5 dimana pada variasi ini tebal *face* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 7 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 3 kurang dari geladak berpenegar pada ketebalan *core* yang berbeda di setiap posisi pembebanan. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 3 dengan variasi ketebalan *core* memiliki nilai yang kurang dari tegangan izin yang disyaratkan. Dari variasi ini dapat dikatakan bahwa semakin bertambahnya ketebalan pelat maka nilai tegangan akan semakin kecil. Pada variasi ini juga dapat dikatakan bahwa perubahan ketebalan *core* pada model tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan nilai tegangan. Bisa dilihat pada tabel IV.5 perubahan nilai tegangan sangat kecil ketika terjadi perubahan ketebalan *core* tiap 1 mm. Pada variasi ini juga nilai ketebalan kedua

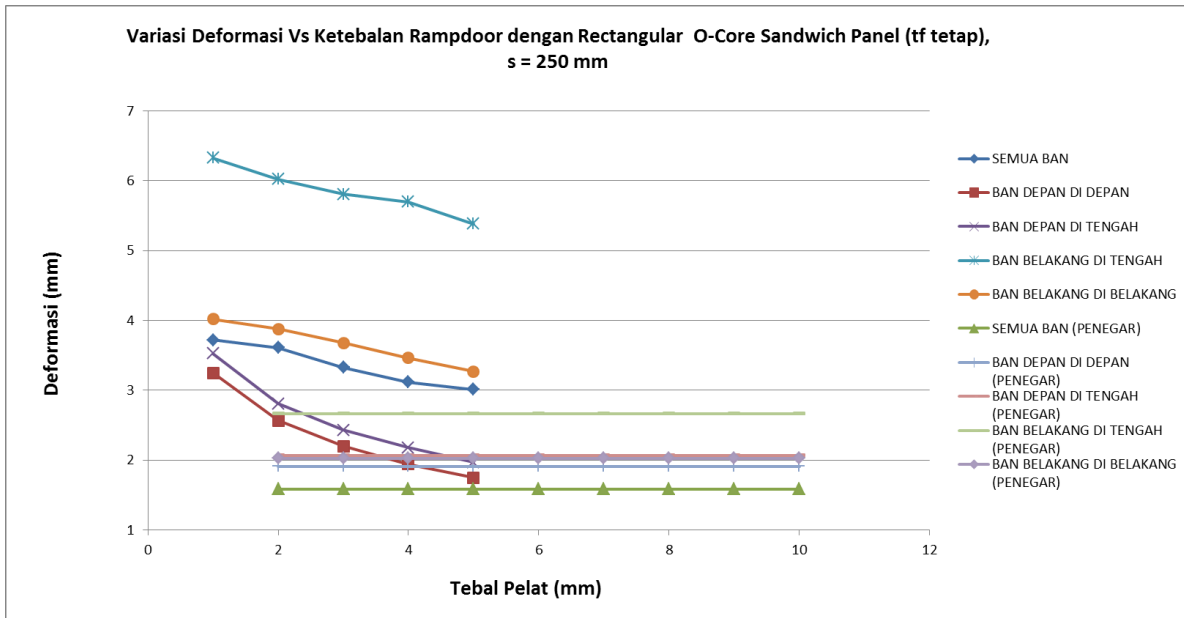
core (tc 1 dan tc 2) dibuat selalu sama mengikuti variasi ketebalan core yang ada. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 7$  mm dan  $t_c = 1$  mm yaitu 175 Mpa.



Gambar IV.56 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpeneagar dan Sandwich Panel Model 3)

Keterangan Variasi pada Gambar IV.56 merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *core* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *face* yang berbeda dari 5-9 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.6 dimana pada variasi ini tebal *core* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 3 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 3 kurang dari *ramp door* berpenegar pada ketebalan *face* 8-9 mm. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 3 dengan variasi ketebalan *face* 5-6 mm memiliki nilai yang lebih dari tegangan *ramp door* berpenegar. Dari variasi ini dapat disimpulkan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai tegangan pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Bisa dilihat pada tabel IV.6 perubahan nilai tegangan yang terjadi pada setiap pengurangan tebal *face* pada model tiap 1 mm berubah secara signifikan. Dan pada variasi ini juga ditemukan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* bagian atas akan sangat berpengaruh sekali terhadap perubahan nilai tegangan yang ada, sedangkan untuk perubahan tebal *face* bagian bawah tidak berpengaruh secara signifikan. Oleh karena itu pada variasi ini nilai

ketebalan *face* atas ( $t_f 1$ ) dan bawah dibuat dengan ketebalan yang sama dimana ketebalan *face* bagian bawah ( $t_f 2$ ) mengikuti tebal *face* bagian atas. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 5$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 221 Mpa.



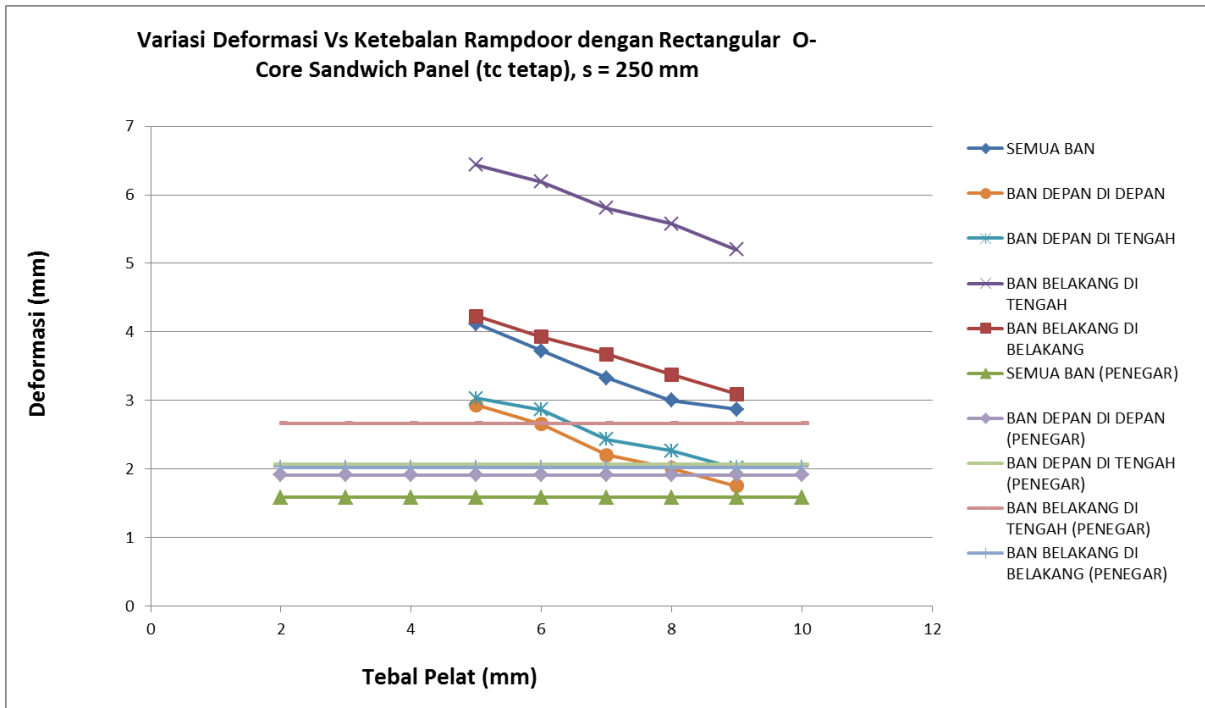
Gambar IV.57 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3)

Grafik pada Gambar IV.57 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada rectangular o-core sandwich panel saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 1-5 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal core 4 mm dan 5 mm untuk variasi ini. Besar deformasi *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari *rampdoor* berpenegar. Dari grafik Gambar IV.57 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 7$  mm dan  $t_c = 1$  mm yaitu 6.328 mm. Nilai deformasi maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan *ramp door*.

Grafik pada Gambar IV.58 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada rectangular o-core sandwich panel saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 5-9 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door*



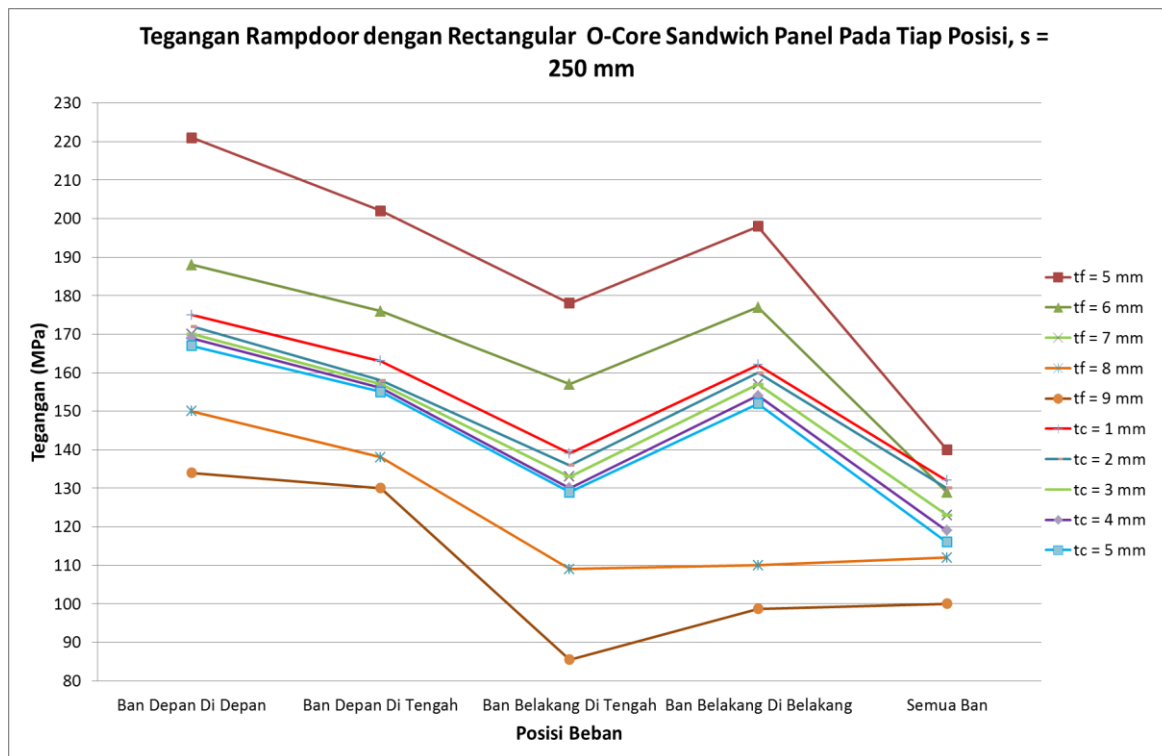
berpenegar saat tebal *face* 8 mm dan 9 mm untuk variasi ini. Besar deformasi rampdoor dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari rampdoor berpenegar.



Gambar IV.58 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 3)

Dari grafik Gambar IV.58 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. Dari variasi ini juga dapat dilihat bahwa perubahan ketebalan *face* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perubahan tegangan dan deformasi. Nilai tegangan akan berubah secara signifikan ketika ketebalan *face* berubah sedangkan untuk nilai deformasi tidak berubah terlalu signifikan. Pada variasi ini nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 5$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 6.435 mm. Nilai deformasi maksimum ini terjadi pada posisi ban depan berada di ujung depan *ramp door*.

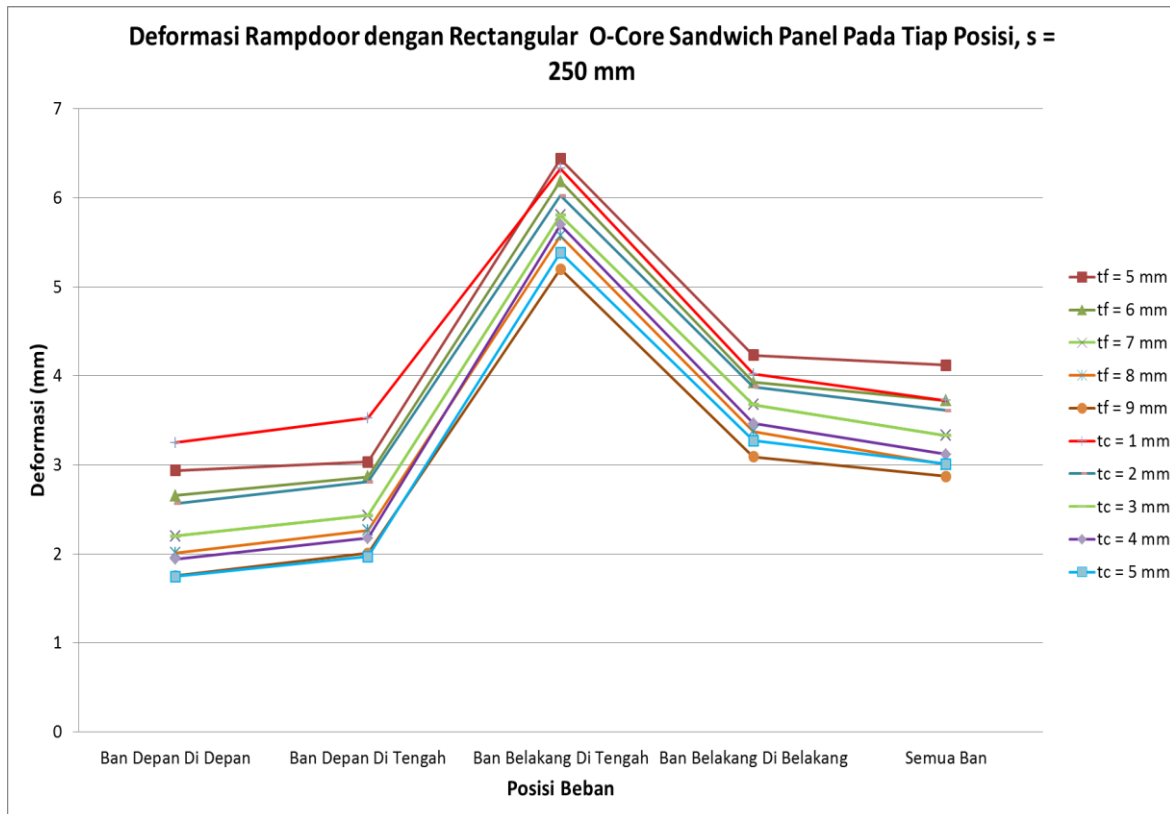
Grafik pada Gambar IV.59 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada *ramp door rectangular o-core sandwich panel* model 3 di setiap posisi pembebanan dengan semua variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton.



**Gambar IV.59 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 3 Pada Tiap Posisi**

Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 3 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban depan diujung depan *ramp door*. Pada model ini nilai tegangan maksimum terjadi saat variasi  $tf = 5$  mm dan  $tc = 3$  mm yaitu 221 Mpa. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada model ini melebihi nilai tegangan izin yang disyaratkan yaitu 175 MPa.

Grafik pada Gambar IV.60 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada ramp door rectangular o-core sandwich panel model 3 di setiap posisi pembebanan dengan semua variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm.



**Gambar IV.60 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 3 Pada Tiap Posisi**

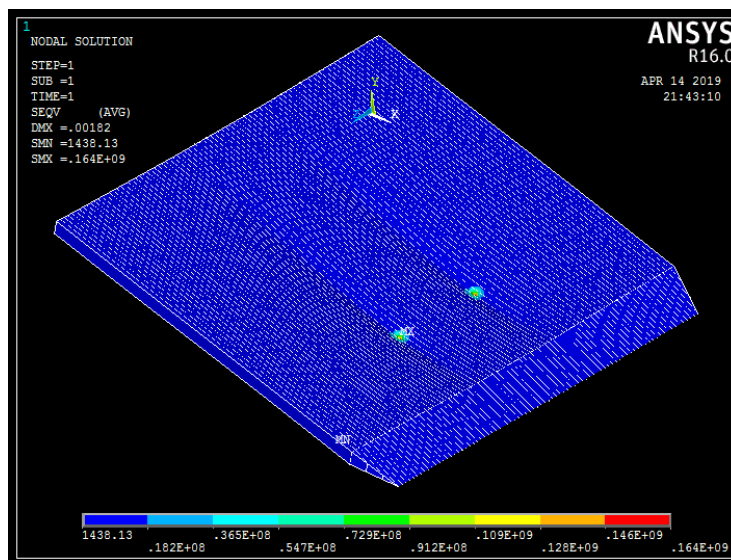
Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai deformasi maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 3 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban belakang di tengah *ramp door*. Hal tersebut terjadi karena jarak posisi pembebanan pada bagian tengah *ramp door* ini memiliki jarak paling jauh dari tumpuan yang ada pada model. Pada model ini nilai deformasi maksimum terjadi saat variasi  $tf = 5 \text{ mm}$  dan  $tc = 3 \text{ mm}$  yaitu  $6.435 \text{ mm}$ .

#### **IV.3.4. Ramp door dengan sandwich structure Model 4**

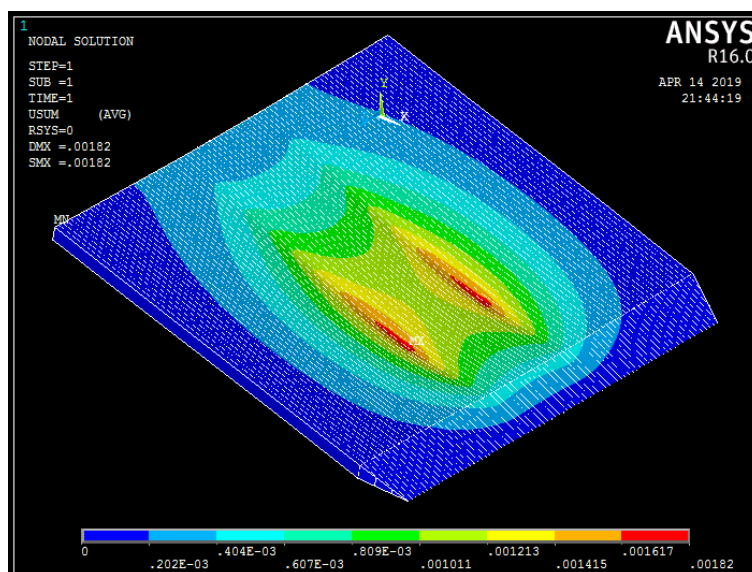
Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Tegangan yang timbul adalah akibat beban lateral. Jenis tegangan yang digunakan pada struktur adalah normal. Berikut merupakan salah satu hasil tegangan dan deformasi pada ketebalan *face*  $3 \text{ mm}$  dan *core*  $3 \text{ mm}$  untuk *rectangular o-core sandwich panel* model 4 dengan variasi jarak antar core yaitu  $200 \text{ mm}$ . Pengaplikasian beban model ini adalah beban yang telah didistribusikan pada ban depan dan ban belakang kendaraan sesuai dengan aturan yang berlaku pada pembebanan merata ban kendaraan. . Beban yang digunakan adalah beban kendaraan berat paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu  $25 \text{ ton}$ . Setelah mendapatkan nilai tegangan dan deformasi akan dilakukan variasi ketebalan *core* dan *face*.

#### IV.3.4.1. Kondisi Ban Depan Di Ujung Depan *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan mulai memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.61 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

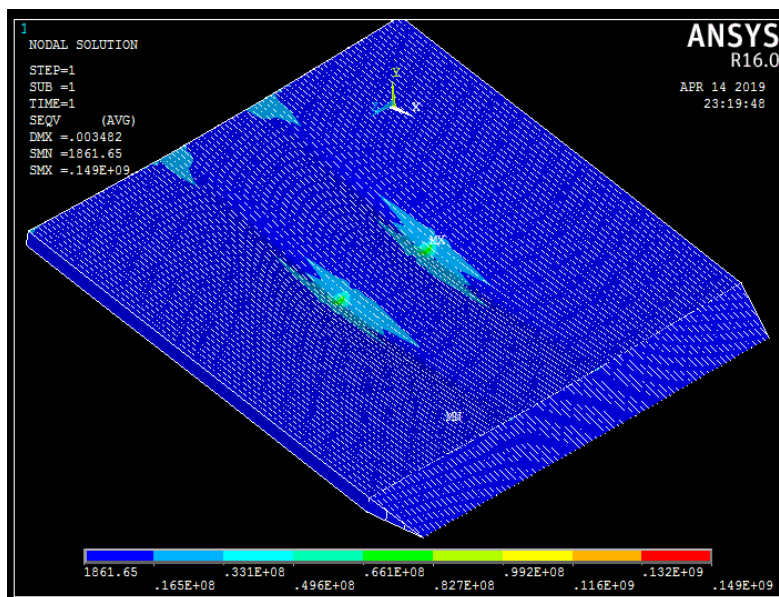


Gambar IV.62 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Depan

Gambar IV.61 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di depan *ramp door* adalah 164 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.44 \times 10^{-3}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.61 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 1.820 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.62 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

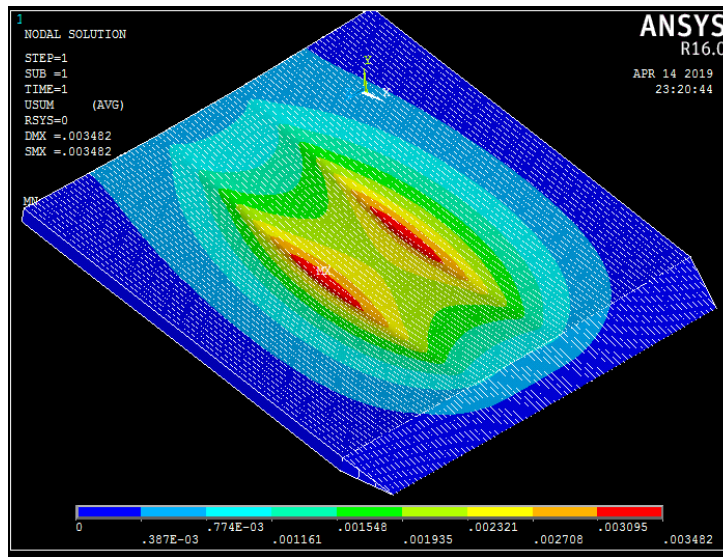
#### IV.3.4.2. Kondisi Ban Depan Di Tengah *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban depan kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban depan yang terjadi ketika ban depan menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.63 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah

Gambar IV.63 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 149 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban depan kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.86 \times 10^{-3}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.63 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru.

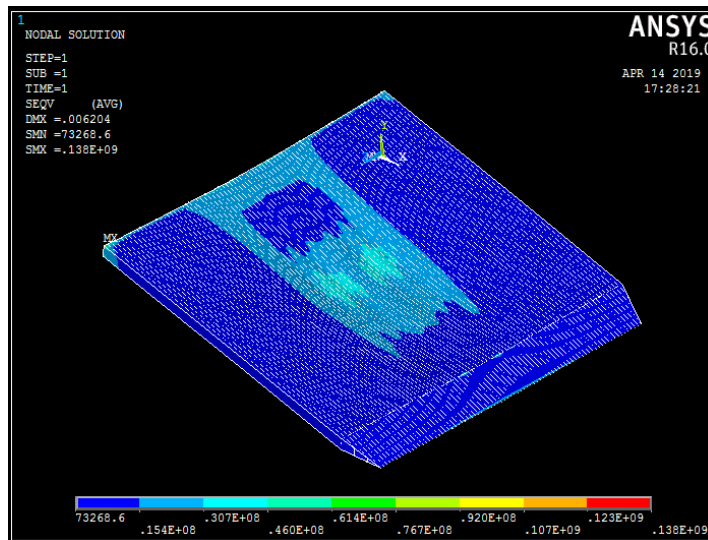


**Gambar IV.64 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Depan di Tengah**

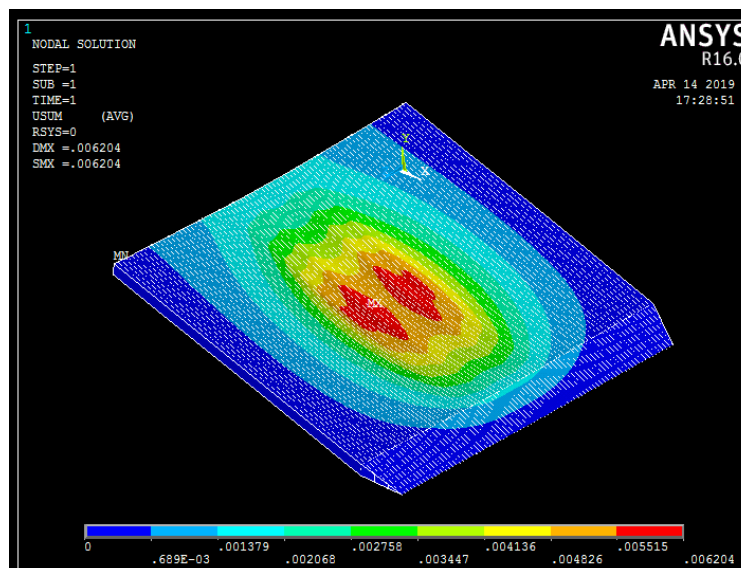
Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.482 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.64 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### **IV.3.4.3. Kondisi Ban Belakang Di Tengah *Ramp door***

Nilai tegangan dan deformasi *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian tengah *ramp door* (5 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan telah memasuki *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.65 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

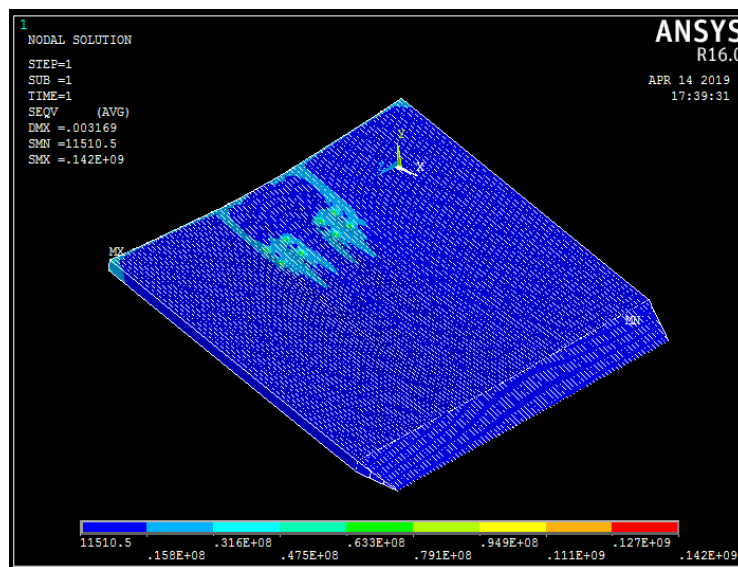


Gambar IV.66 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Tengah

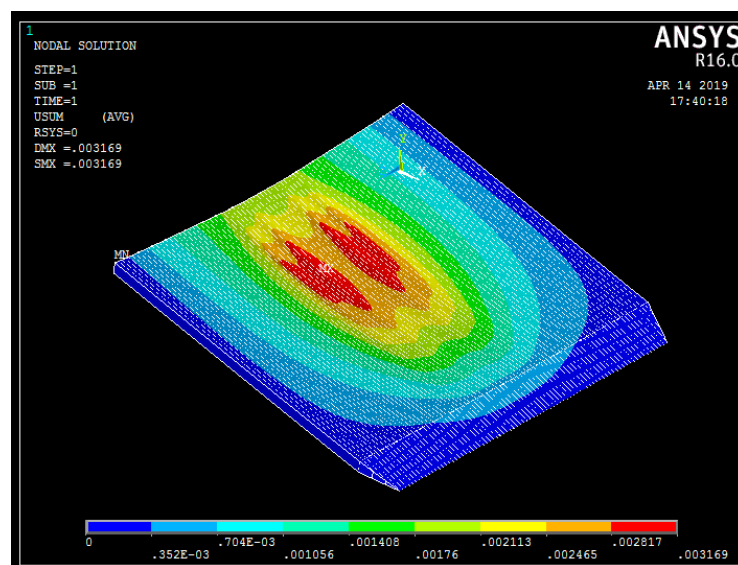
Gambar IV.65 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di tengah *ramp door* adalah 138 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $7.33 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.65 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 6.204 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.66 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.3.4.4. Kondisi Ban Belakang Di Ujung Belakang *Ramp door*

Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban yang diberikan oleh kendaraan terletak di bagian depan *ramp door* (3 m dari bagian ujung depan *ramp door*) dimana pada posisi ini saat ban belakang kendaraan mulai meninggalkan *ramp door*. Pada kondisi ini sama seperti pengaplikasian beban pada *ramp door* dengan penegar beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban belakang yang terjadi ketika ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 145,833 N/m<sup>2</sup>.



Gambar IV.67 Tegangan pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang



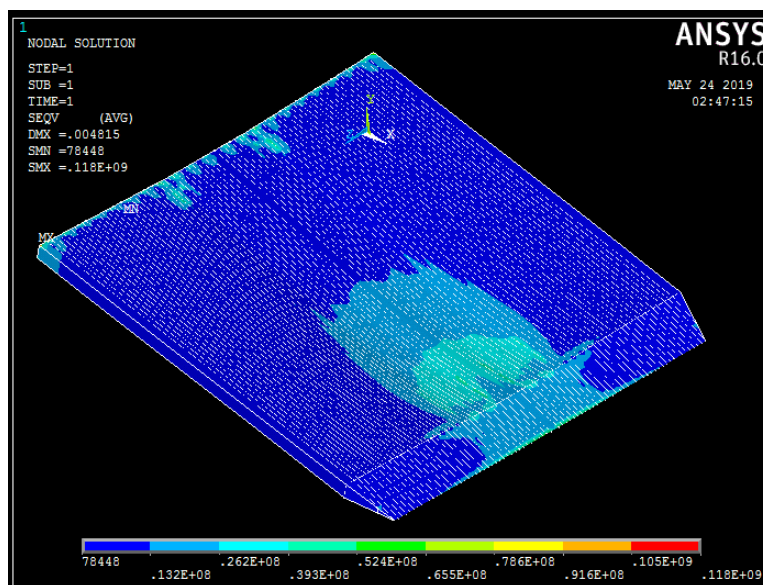
Gambar IV.68 Deformasi pada Sandwich Structure saat Beban Ban Belakang di Belakang



Gambar IV.67 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat beban berada di belakang *ramp door* adalah 142 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban belakang kendaraan dan untuk nilai tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $1.15 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.67 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru. Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 3.169 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.68 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

#### IV.3.4.5. Kondisi Semua Ban Di Ramp Door

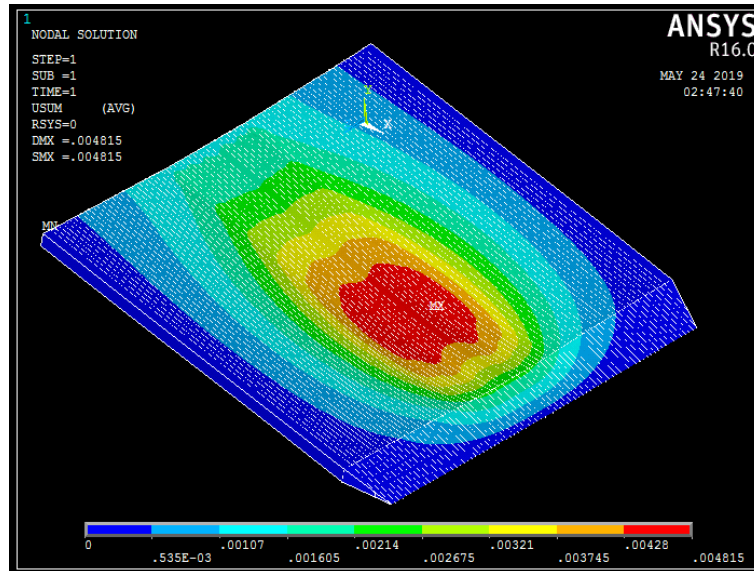
Nilai tegangan dan deformasi didapatkan setelah proses analisis oleh *software* elemen hingga selesai dilakukan. Pada kondisi ini beban kendaraan yang di aplikasikan pada model adalah beban pada ban depan dan ban belakang kendaraan saat menyentuh *ramp door*. Beban yang diaplikasikan pada kondisi ini adalah beban yang telah didistribusikan ke seluruh luas bidang sentuh ban yang terjadi ketika ban depan dan ban belakang menyentuh *ramp door* dengan nilai sebesar 194,444N/m<sup>2</sup> untuk ban depan dan 145,833 N/m<sup>2</sup> untuk ban belakang.



Gambar IV.69 Tegangan pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door

Gambar IV.69 menunjukkan bahwa besar tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat semua beban berada di *ramp door* adalah 118 MPa yang ditunjukkan dengan warna merah dimana beban maksimum terletak pada area sentuh ban kendaraan dan untuk nilai

tegangan minimum yang ditunjukkan dengan warna biru adalah  $7.84 \times 10^{-2}$  Mpa. Jika dilihat pada gambar IV.69 tegangan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah hanya terletak pada area pembebanan. Sedangkan daerah selain area pembebanan secara umum berwarna biru.



**Gambar IV.70 Deformasi pada Sandwich Structure saat Semua Ban di Ramp Door**

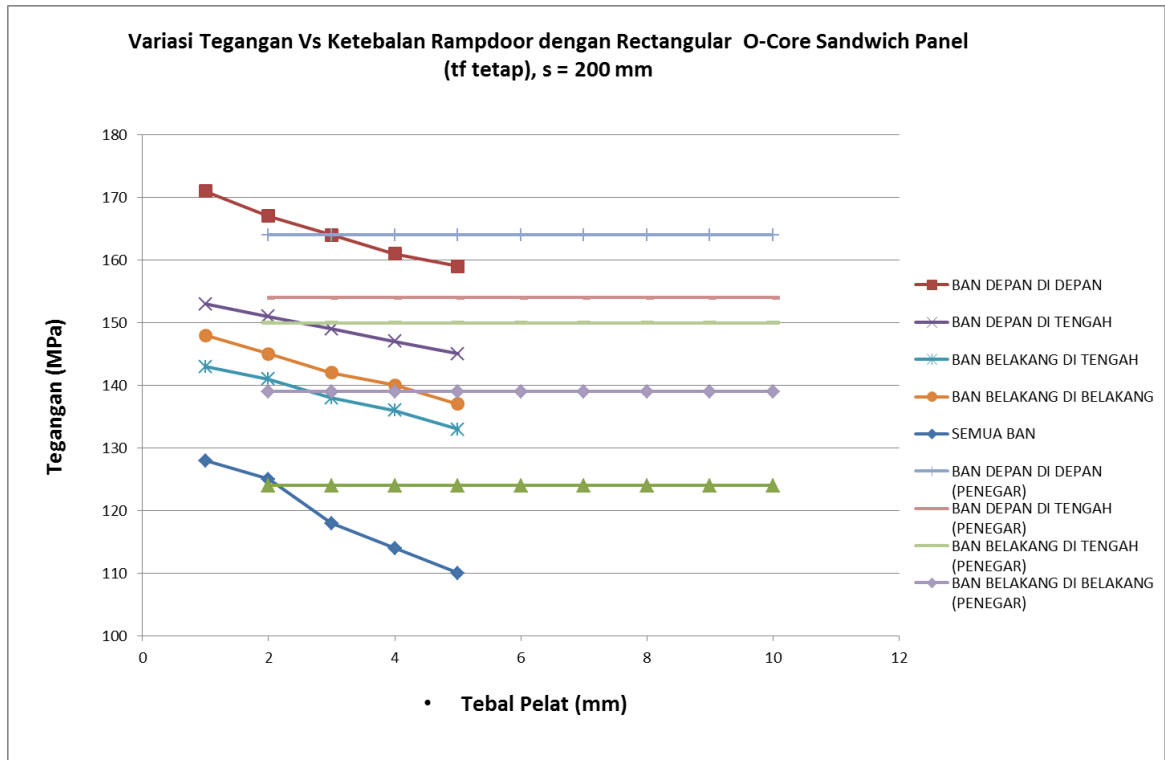
Besar deformasi pada model diambil dari penjumlahan deformasi tiga arah yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z didapatkan nilai deformasi maksimum sebesar 4.815 mm seperti yang terlihat pada Gambar IV.70 ditunjukkan dengan area berwarna merah yang terletak pada area pembebanan.

**Tabel IV.7 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat tf Sama (Sandwich Panel Model 4)**

<b>Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel S = 200 mm Tf = 3 mm</b>															
Jenis Pelat	Tf	Tc	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	3	1	171	153	143	148	128	2.356	3.852	6.685	3.654	5.372	175	Memenuhi	6.931
	3	2	167	151	141	145	125	2.034	3.746	6.463	3.357	5.187	175	Memenuhi	9.291
	3	3	164	149	138	142	118	1.82	3.482	6.204	3.169	4.815	175	Memenuhi	11.652
	3	4	161	147	136	140	114	1.649	3.27	6.028	2.876	4.522	175	Memenuhi	14.012
	3	5	159	145	133	137	110	1.583	3.075	5.985	2.654	4.124	175	Memenuhi	16.373
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269

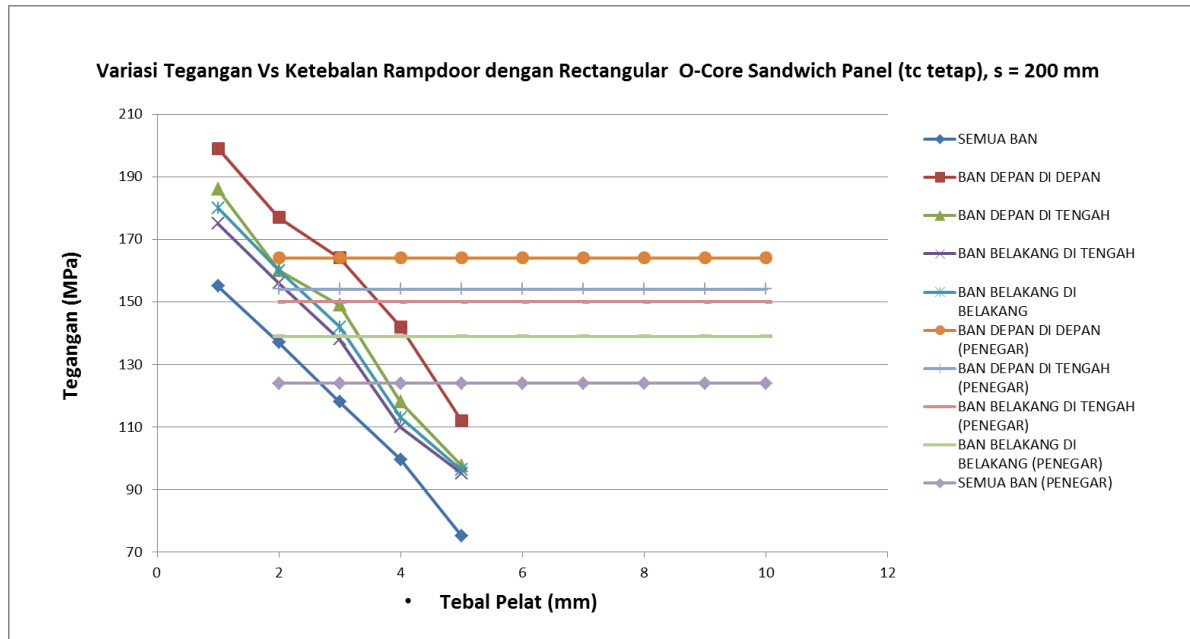
**Tabel IV.8 Nilai Tegangan dan Deformasi Saat tc Sama (Sandwich Panel Model 4)**

<b>Rampdoor Dengan Rectangular O-Core Sandwich Panel S = 200 Mm Tc = 3 Mm</b>															
Jenis Pelat	Tf	Tc	Tegangan Maks					Deformasi Maks					Tegangan Izin	Syarat	Berat
			Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban	Ban Depan Di Depan	Ban Depan Di Tengah	Ban Belakang Di Tengah	Ban Belakang Di Belakang	Semua Ban			
Sandwich Panel	1	3	199	186	175	180	155	2.434	3.981	6.976	3.764	5.412	175	Tidak Memenuhi	9.231
	2	3	177	160	156	160	137	2.103	3.726	6.509	3.456	5.014	175	Tidak Memenuhi	10.441
	3	3	164	149	138	142	118	1.82	3.482	6.204	3.169	4.815	175	Memenuhi	11.652
	4	3	142	118	110	113	99.6	1.534	3.128	5.973	2.981	4.573	175	Memenuhi	12.862
	5	3	112	97.6	95.2	96.3	75.2	1.493	2.916	5.754	2.645	4.071	175	Memenuhi	14.073
Berpenegar	-	-	164	154	133	139	124	1.911	2.067	2.665	2.026	1.587	175	Memenuhi	24.269



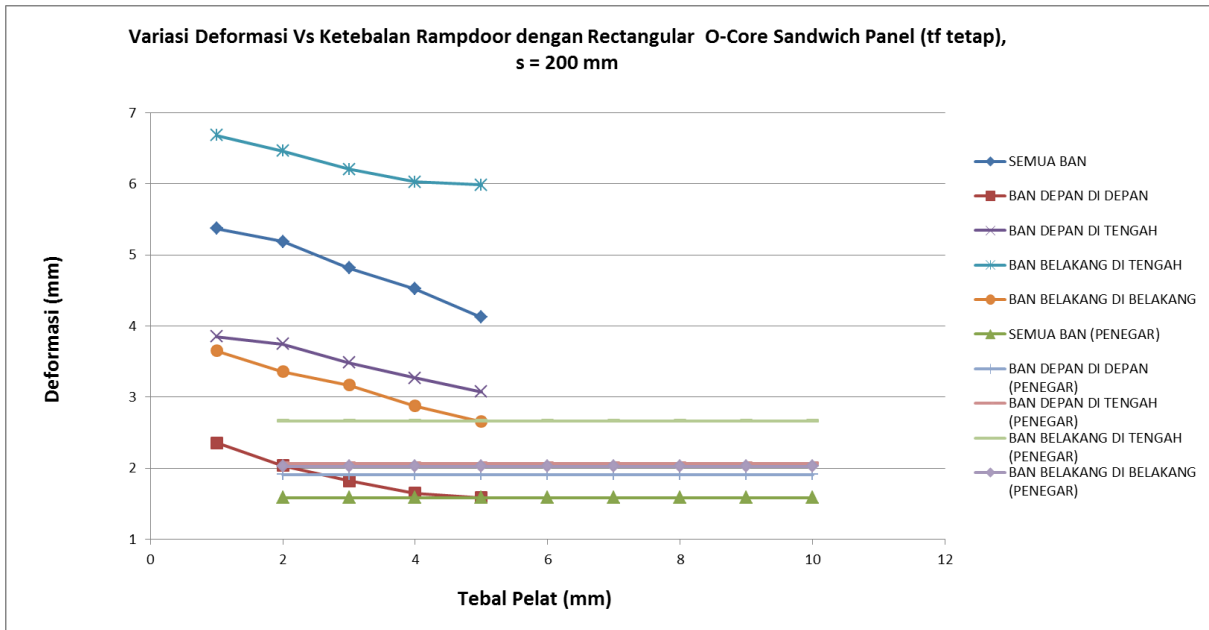
Gambar IV.71 Grafik Tegangan Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 4)

Keterangan Variasi pada Gambar IV.71 merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *face* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *core* yang berbeda dari 1-5 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.7 dimana pada variasi ini tebal *face* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 5 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 4 kurang dari geladak berpenegar pada ketebalan *core* yang berbeda di setiap posisi pembebanan. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 4 dengan variasi ketebalan *core* memiliki nilai yang kurang dari tegangan izin yang disyaratkan. Dari variasi ini dapat dikatakan bahwa semakin bertambahnya ketebalan pelat maka nilai tegangan akan semakin kecil. Pada variasi ini juga dapat dikatakan bahwa perubahan ketebalan *core* pada model tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan nilai tegangan. Bisa dilihat pada tabel IV.7 perubahan nilai tegangan sangat kecil ketika terjadi perubahan ketebalan *core* tiap 1 mm. Pada variasi ini juga nilai ketebalan kedua *core* ( $t_c 1$  dan  $t_c 2$ ) dibuat selalu sama mengikuti variasi ketebalan *core* yang ada. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 3$  mm dan  $t_c = 1$  mm yaitu 171 Mpa.



Gambar IV.72 Grafik Tegangan Vs Tebal Face (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 4)

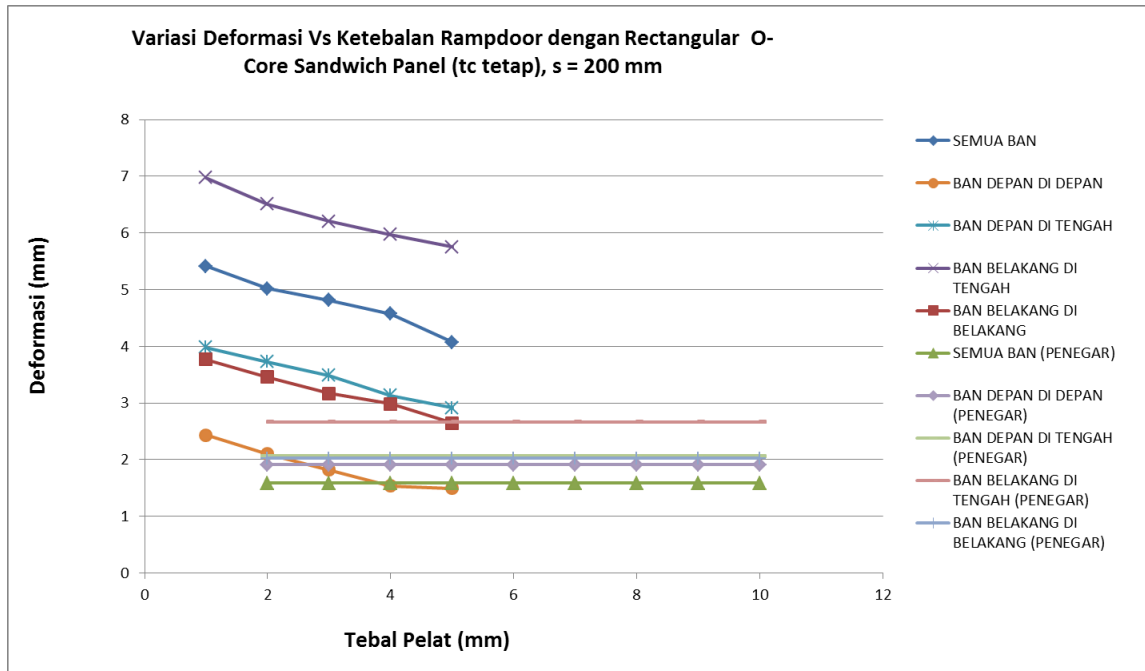
Keterangan Variasi pada Gambar IV.72 merupakan variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel* saat tebal *core* sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal *face* yang berbeda dari 1-5 mm yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.8 dimana pada variasi ini tebal *core* pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* adalah 3 mm. Tegangan izin ditunjukkan dengan grafik warna biru dan tegangan *rampdoor* berpenegar ditunjukkan dengan grafik dengan warna yang berbeda untuk setiap posisi pembebanan yang bisa dilihat pada grafik untuk dibandingkan dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 4 kurang dari geladak berpenegar pada ketebalan *face* 3-5 mm. Besar tegangan *rectangular o-core sandwich panel* model 4 pada semua variasi memiliki nilai tidak lebih dari tegangan izin yang disyaratkan. Dari variasi ini dapat disimpulkan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai tegangan pada *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Bisa dilihat pada tabel IV.8 perubahan nilai tegangan yang terjadi pada setiap pengurangan tebal *face* pada model tiap 1 mm berubah secara signifikan. Dan pada variasi ini juga ditemukan bahwa perubahan ketebalan pelat *face* bagian atas akan sangat berpengaruh sekali terhadap perubahan nilai tegangan yang ada, sedangkan untuk perubahan tebal *face* bagian bawah tidak berpengaruh secara signifikan. Oleh karena itu pada variasi ini nilai ketebalan *face* atas ( $t_f 1$ ) dan bawah dibuat dengan ketebalan yang sama dimana ketebalan *face* bagian bawah ( $t_f 2$ ) mengikuti tebal *face* bagian atas. Pada variasi ini nilai tegangan maksimum terdapat pada  $t_f = 6$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 199 Mpa.



**Gambar IV.73 Grafik Deformasi Vs Tebal Core (Berpenegar dan Sandwich Panel Model 4)**

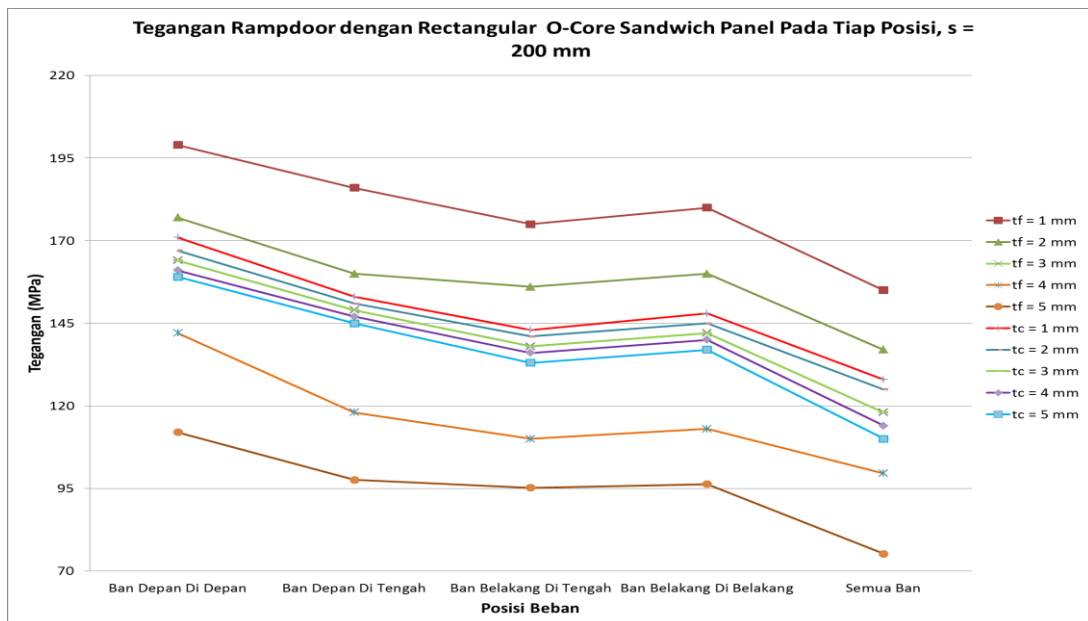
Grafik pada Gambar IV.73 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada rectangular o-core sandwich panel saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 1-5 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal *core* 4 mm dan 5 mm untuk variasi ini. Besar deformasi *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari *rampdoor* berpenegar. Dari grafik Gambar IV.73 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan. Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 3$  mm dan  $t_c = 1$  mm yaitu 6.685 mm.

Grafik pada Gambar IV.74 menunjukkan hubungan antara deformasi dan tebal pelat. Variasi ketebalan pada rectangular o-core sandwich panel saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 1-5 mm. Semakin besar tegangan maka deformasi juga akan semakin besar dan sebaliknya. Terlihat bahwa nilai deformasi *rectangular o-core sandwich panel* memiliki besar yang mendekati deformasi *ramp door* berpenegar saat tebal *face* 4 mm dan 5 mm untuk variasi ini. Besar deformasi *rampdoor* dengan *rectangular o-core sandwich panel* pada variasi ini seluruhnya memiliki nilai yang lebih besar dari *rampdoor* berpenegar. Dari grafik Gambar IV.68 juga dapat dikatakan bahwa besar deformasi berbanding lurus dengan tegangan.



**Gambar IV.74 Grafik Deformasi Vs Tebal Face (Berpenegar dan Panel Model 4)**

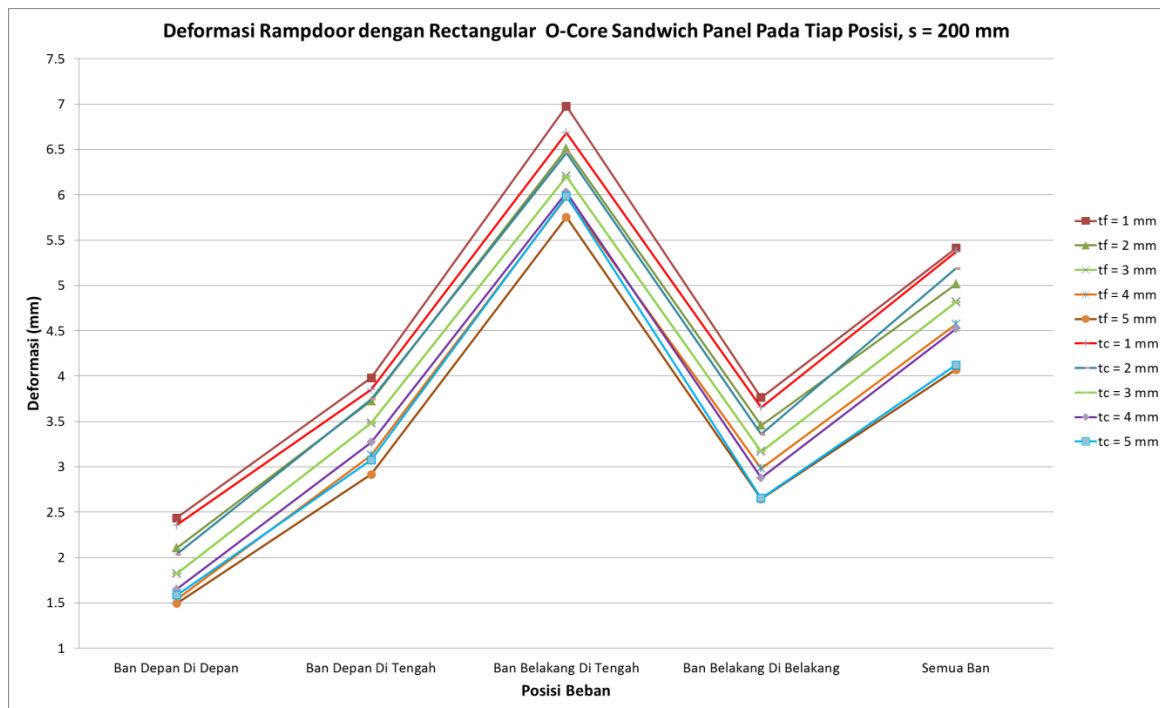
Semakin besar tegangan maka deformasinya juga akan semakin besar. Dari variasi ini juga dapat dilihat bahwa perubahan ketebalan *face* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perubahan tegangan dan deformasi. Nilai tegangan akan berubah secara signifikan ketika ketebalan *face* berubah sedangkan untuk nilai deformasi tidak berubah terlalu signifikan. Pada variasi ini nilai deformasi maksimum terdapat pada  $t_f = 6$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 6.976 mm.



**Gambar IV.75 Grafik Tegangan Ramp Door Sandwich Panel Model 4 Pada Tiap Posisi**

Grafik pada Gambar IV.75 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada *ramp door* rectangular o-core sandwich panel model 3 di setiap posisi pembebanan dengan semua

variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 3 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban depan diujung depan *ramp door*. Pada model ini nilai tegangan maksimum terjadi saat variasi  $t_f = 1$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 199 Mpa. Dimana nilai tegangan maksimum yang terjadi pada model ini melebihi nilai tegangan izin yang disyaratkan yaitu 175 MPa.



**Gambar IV.76 Grafik Deformasi Ramp Door Sandwich Panel Model 4 Pada Tiap Posisi**

Grafik pada Gambar IV.76 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada ramp door rectangular o-core sandwich panel model 3 di setiap posisi pembebanan dengan semua variasi. Posisi pembebanan yang terjadi terbagi menjadi 5 yaitu saat ban depan diujung depan *ramp door*, ban depan berada di tengah *ramp door*, ban belakang berada di tengah *ramp door*, ban belakang diujung belakang *ramp door* dan semua ban berada di *ramp door*. Beban yang



digunakan adalah beban pada roda kendaraan dengan berat kendaraan paling maksimal yang mampu diangkut oleh kapal yaitu 25 ton. Terdapat 2 variasi ketebalan pada *rectangular o-core sandwich panel*. Pertama, saat tebal face sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal core yang berbeda dari 2-6 mm. Kedua, saat tebal core sama untuk setiap variasi tetapi memiliki tebal face yang berbeda dari 6-10 mm. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai deformasi maksimum yang terjadi pada setiap variasi di model 3 selalu terjadi pada posisi pembebanan saat ban belakang di tengah *ramp door*. Hal tersebut terjadi karena jarak posisi pembebanan pada bagian tengah *ramp door* ini memiliki jarak paling jauh dari tumpuan yang ada pada model. Pada model ini nilai tegangan maksimum terjadi saat variasi  $t_f = 1$  mm dan  $t_c = 3$  mm yaitu 6.976 mm.

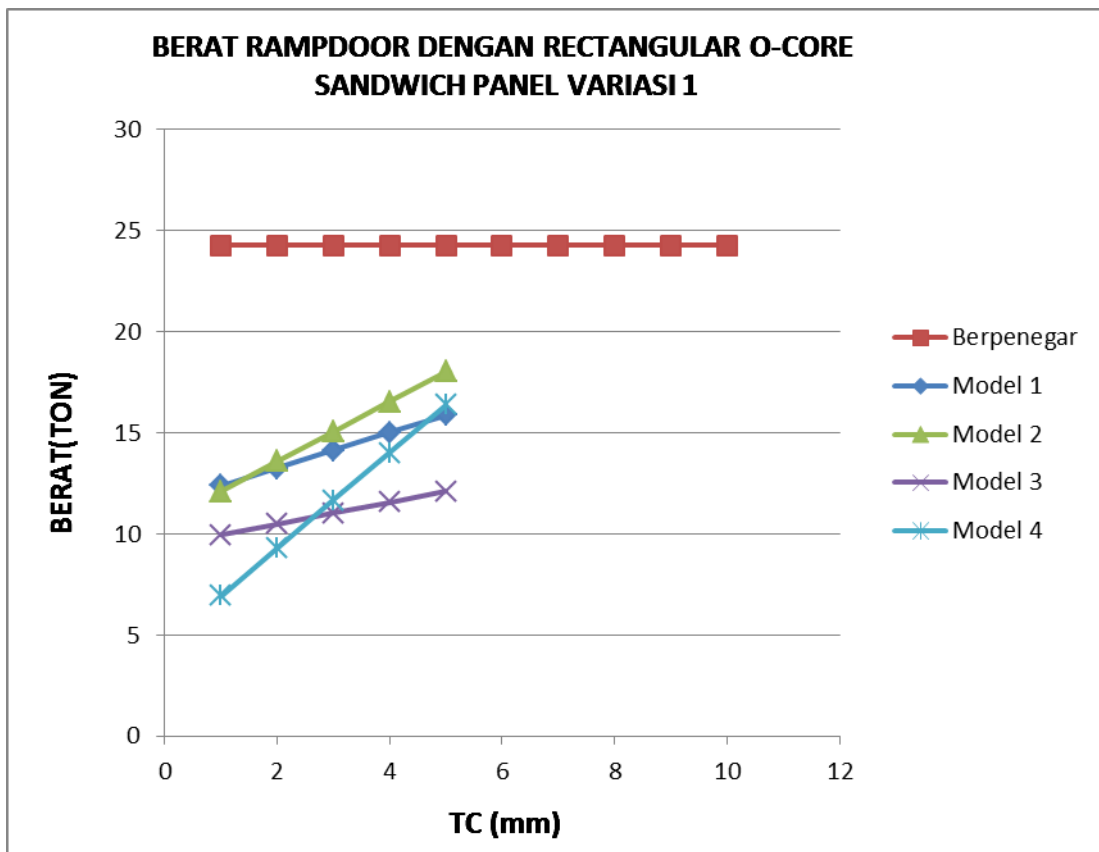
#### **IV.4. Berat Konstruksi**

Setelah melakukan proses analisis menggunakan *software* dengan elemen hingga untuk mendapat nilai tegangan dan deformasi dari semua model yang ada. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan berat konstruksi dari semua model dan variasinya. Berat konstruksi yang akan dihitung adalah berat konstruksi *ramp door* berpenegar dan *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel*. Berat konstruksi *ramp door* berpenegar akan dibandingkan dengan *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* dan akan dicari berat *ramp door rectangular o-core sandwich panel* yang lebih rendah dari *ramp door* berpenegar dengan tegangan yang lebih kecil. Adapun rekapitulasi perhitungan berat konstruksi dari *ramp door* berpenegar dan *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* dapat dilihat pada tabel IV.9.

Tabel IV.9 Rekapitulasi Berat Kosntruksi Model

JENIS	MODEL	TF	TC	VARIASI	BERAT (TON)	PERBEDAAN BERAT (%)	MODEL	TF	TC	VARIASI	BERAT (TON)	PERBEDAAN BERAT (%)
RAMP DOOR BERPENEGAR	-	-	-	-	24.26955	-	-	-	-	-	24.26955	-
RAMP DOOR SANDWICH	MODEL 1	8	2	VARIASI 1	12.38004032	48.98941134	MODEL 2	8	1	VARIASI 1	12.10557292	50.12032395
		8	3		13.258336	45.37049101		8	2		13.58769688	44.01339588
		8	4		14.13663168	41.75157067		8	3		15.06982084	37.90646782
		8	5		15.01492736	38.13265034		8	4		16.5519448	31.79953975
		8	6		15.89322304	34.51373		8	5		18.03406876	25.69261169
		6	4	VARIASI 2	11.71569168	51.72678653		6	3	VARIASI 2	12.64888084	47.88168367
		7	4		12.92616168	46.7391786		7	3		13.85935084	42.89407575
		8	4		14.13663168	41.75157067		8	3		15.06982084	37.90646782
		9	4		15.34710168	36.76396274		9	3		16.28029084	32.91885989
		10	4		16.55757168	31.77635481		10	3		17.49076084	27.93125196
	MODEL 3	7	1	VARIASI 1	9.9520102	58.99384125	MODEL 4	3	1	VARIASI 1	6.9315186	71.43944325
		7	2		10.49104144	56.77282257		3	2		9.29193824	61.71359485
		7	3		11.03007268	54.55180389		3	3		11.65235788	51.98774646
		7	4		11.56910392	52.3307852		3	4		14.01277752	42.26189806
		7	5		12.10813516	50.10976652		3	5		16.37319716	32.53604966
		5	3	VARIASI 2	8.60913268	64.52701974		1	3	VARIASI 2	9.23141788	61.96296231
		6	3		9.81960268	59.53941181		2	3		10.44188788	56.97535438
		7	3		11.03007268	54.55180389		3	3		11.65235788	51.98774646
		8	3		12.24054268	49.56419596		4	3		12.86282788	47.00013853
		9	3		13.45101268	44.57658803		5	3		14.07329788	42.0125306

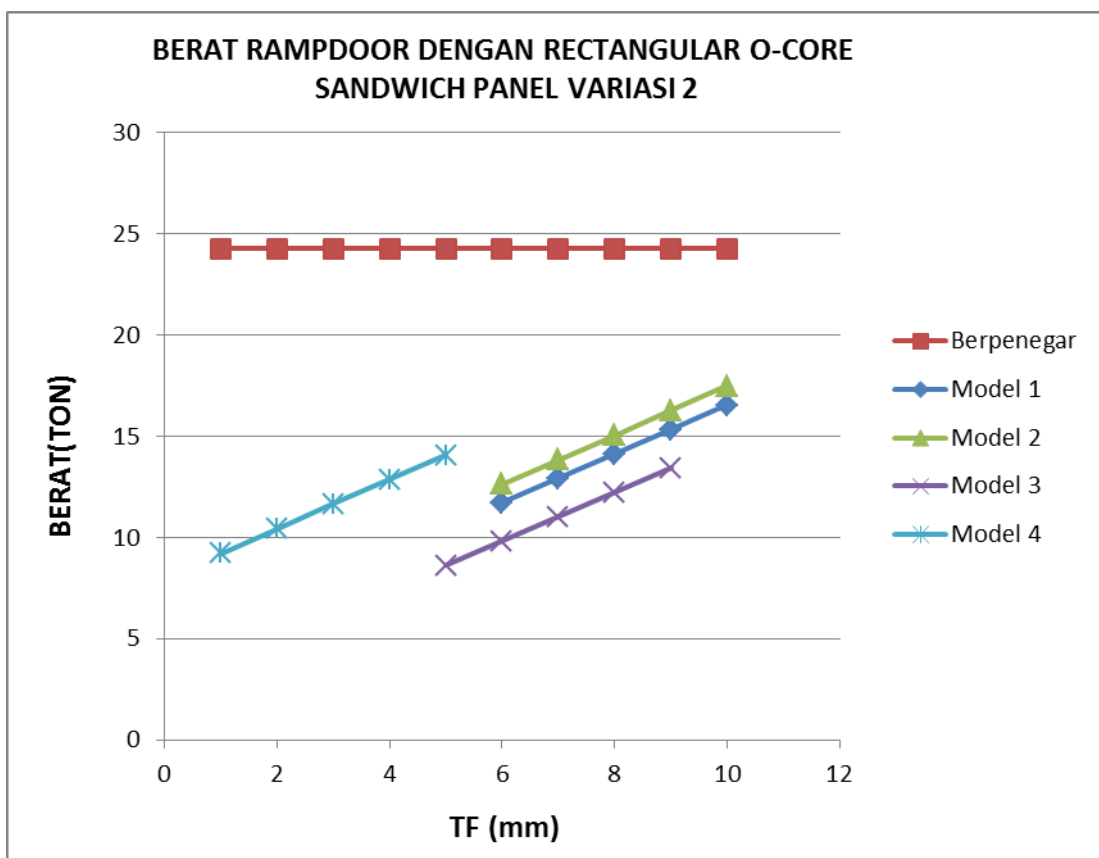
Pada tabel IV.9 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan berat konstruksi dari *ramp door* berpenegar dengan *ramp door rectangular o-core sandwich panel*. *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* dibagi lagi menjadi variasi 1 dan variasi 2. Pembagian ini berdasarkan perbedaan ketebalan disetiap variasi. Jika dilihat dari table untuk *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* semua model memiliki berat yang lebih ringan dibanding *ramp door* berpenegar. Berdasarkan Tabel IV.9 akan disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar IV.77 dan Gambar IV.78.



Gambar IV.77 Grafik Berat Konstruksi Rectangular O-Core Variasi 1 (tc Berubah)

Gambar IV.77 menunjukkan grafik berat terhadap tebal *core* antara *ramp door* berpenegar dengan *ramp door rectangular o-core sandwich panel* pada semua model dimana semakin tebal pelat maka semakin bertambah berat konstruksi. Variasi 1 merupakan variasi ketebalan *core* pada *ramp door rectangular o-core sandwich panel* yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.9. Berat dari *ramp door* berpenegar adalah 24.27 ton yang merupakan berat batasan untuk *ramp door sandwich* pada penelitian ini dimana nilainya harus kurang dari berat *ramp door* berpenegar yang ditunjukkan dengan grafik berwarna merah. Seperti yang dijelaskan sebelumnya berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* tidak ada yang melebihi berat *ramp door* dengan berpenegar. Jika dilihat pada Tabel IV.9 pada

model 1 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 8 mm dan *tc* 2 mm dengan berat konstruksi 12.38 ton. Pada model 2 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 8 mm dan *tc* 1 mm dengan berat konstruksi 12.105 ton. Pada model 3 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 7 mm dan *tc* 1 mm dengan berat konstruksi 9.95 ton. Pada model 4 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 3 mm dan *tc* 1 mm dengan berat konstruksi 6.93 ton. Dimana pada variasi ini untuk berat yang paling ringan berada pada model 4 dengan tebal *face* 3 mm, tebal *core* 1 mm, dan jarak antar *core* 200 mm.



Gambar IV.78 Grafik Berat Konstruksi Rectangular O-Core Variasi 2 (tf Berubah)

Gambar IV.78 menunjukkan grafik berat terhadap tebal *face* antara *ramp door* berpenegar dengan *ramp door rectangular o-core sandwich panel* pada semua model dimana semakin tebal pelat maka semakin bertambah berat konstruksi. Variasi 2 merupakan variasi ketebalan *core* pada *ramp door rectangular o-core sandwich panel* yang detailnya dapat dilihat pada Tabel IV.9. Berat dari *ramp door* berpenegar adalah 24.27 ton yang merupakan berat batasan untuk *ramp door sandwich* pada penelitian ini dimana nilainya harus kurang

dari berat *ramp door* berpenegar yang ditunjukkan dengan grafik berwarna merah. Seperti yang dijelaskan sebelumnya berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* tidak ada yang melebihi berat *ramp door* dengan berpenegar. Jika dilihat pada Tabel IV.9 pada model 1 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 6 mm dan *tc* 4 mm dengan berat konstruksi 11.72 ton. Pada model 2 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 6 mm dan *tc* 3 mm dengan berat konstruksi 12.65 ton. Pada model 3 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 5 mm dan *tc* 3 mm dengan berat konstruksi 8.61 ton. Pada model 4 berat *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* yang paling ringan berada pada tebal *tf* 1 mm dan *tc* 3 mm dengan berat konstruksi 9.23 ton. Dimana pada variasi ini untuk berat yang paling ringan berada pada model 3 dengan tebal *face* 5 mm, tebal *core* 3 mm, dan jarak antar *core* 250 mm.

#### **IV.5. Tegangan Maksimum dan Deformasi Maksimum**

Tegangan maksimum dan deformasi maksimum yang terjadi pada pelat *sandwich* tergantung oleh susunan ketebalan *face* dan *core* pelat *sandwich* dimana semakin tipis tebal pelat *face* maupun *core* nilai tegangan dan deformasi akan semakin besar. Untuk letak tegangan maksimum dan deformasi maksimum dari setiap model dan variasi serta setiap posisi pembebanan selalu berada pada area sentuh ban kendaraan. Sedangkan jika lebih diteliti lagi posisi tegangan maksimum untuk semua model akan selalu terjadi saat ban kendaraan berada di ujung depan *ramp door* dimana posisi ini adalah saat ban kendaraan mulai memasuki *ramp door* untuk masuk ke kapal. Sedangkan untuk deformasi maksimum semua model akan selalu terjadi saat ban kendaraan berada di tengah *ramp door* dimana posisi ini adalah saat ban kendaraan sudah ada di *ramp door* bagian tengah. Dalam analisis ini dapat dilihat jika pada kondisi semua roda menyentuh roda memiliki nilai tegangan maksimum yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi salah satu roda menyentuh *ramp door*, hal tersebut dikarenakan letak beban yang dekat dengan tumpuan sehingga membuat nilai tegangan yang terjadi lebih kecil, walaupun secara input beban yang masuk lebih besar nilainya. Tegangan maksimum pada semua model di setiap variasi yang ada terjadi pada kondisi ketebalan pelat yang paling tipis. Dari hasil diatas dapat dikatakan bahwa perubahan pada variabel *tf* terutama pada *tf* bagian atas (*tf* 1) akan memiliki pengaruh yang besar terhadap perubahan tegangan. Hal tersebut diakibatkan karena *tf* 1 atau pelat atas dari *ramp door* ini yang langsung terkena beban. Jadi ketika ada perubahan ukuran akan berpengaruh

besar terhadap perubahan tegangan. Sedangkan untuk variabel  $t_c$  tidak terlalu berpengaruh besar, walaupun ada perubahan nilai tegangan namun tidak terlalu besar. Hasil *running* setiap model akan dibandingkan tegangan maksimum antar model terhadap tegangan izin. Analisis dilakukan pada tegangan maksimum karena tegangan ini dianggap yang paling berpengaruh terhadap penentuan apakah konstruksi memenuhi aturan atau tidak. Nilai tegangan harus dibandingkan dengan harga tegangan yang diizinkan oleh regulasi. Nilai tegangan yang diperbolehkan yaitu 175 N/mm<sup>2</sup>. Setelah didapatkan model dengan tegangan yang memenuhi syarat lalu akan dicari model dengan berat yang paling ringan yang nantinya akan didapatkan model yang optimal dengan nilai tegangan yang memenuhi syarat dan memiliki berat paling ringan.

#### **IV.6. Model Optimal**

Model *ramp door* kapal yang optimal antara *ramp door* berpenegar dan *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* diambil dari hasil analisis antara model 1 sampai model 4. Pengambilan model yang optimal didasarkan pada hasil tegangan maksimum, deformasi maksimum, dan berat minimum. Apabila dilihat dari segi tegangan *ramp door* dengan *rectangular o-core sandwich panel* harus memiliki tegangan kurang dari tegangan yang diijinkan dan memiliki nilai tegangan yang sama dengan tegangan *ramp door* berpenegar. Tegangan yang diijinkan adalah 175 N/mm<sup>3</sup> sedangkan tegangan *ramp door* berpenegar adalah 164 Mpa. Jarak antar *core* juga mempengaruhi nilai tegangan selain dari ketebalan pelat.

Jika dilihat dari hasil nilai tegangan maksimum pada model yang paling rendah terdapat pada model 4 dengan variasi tebal *face* 5 mm, tebal *core* 3 mm, dan jarak antar *core* 200 mm dengan nilai tegangan maksimum 75.2 Mpa. Setelah tegangan ditentukan selanjutnya mencari berat yang paling ringan dari model *rectangular o-core sandwich panel* yang memiliki tegangan kurang dari tegangan izin yaitu 175 Mpa dan memiliki nilai tegangan maksimum yang sama dengan *ramp door* dengan penegar. Berdasarkan berat tersebut selanjutnya dibandingkan dengan berat *ramp door* berpenegar. Berat *rectangular o-core sandwich panel* harus kurang dari berat geladak berpenegar dengan batasan yang digunakan adalah 24.27 ton.

Jika dilihat dari hasil yang ada model yang paling ringan pasti model dengan tebal pelat yang paling tipis di setiap variasi yang ada, namun dalam beberapa kondisi ada model

dengan tebal pelat yang tipis dan berat yang sangat ringan nilai tegangannya melebihi nilai tegangan pada *ramp door* berpenegar. Pengurangan berat yang optimum perlu juga ditinjau dari tegangan dan deformasi pada *rectangular o-core sandwich panel*. Berdasarkan penjelasan tersebut didapatkan beberapa model yang memungkinkan menjadi model paling optimal dibanding yang lain.

Dari hasil yang didapatkan setelah *running* pada *software* elemen hingga dan setelah dilakukan analisis maka dapat disimpulkan model yang optimal terdapat pada model 1 dengan variasi tebal *face* 3 mm dan tebal *core* 3 mm serta jarak antar *core* 200 mm dengan berat 11.652 ton dan memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 164 MPa. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa model *ramp door rectangular o-core sandwich panel* yang paling optimal adalah model dengan jarak antar *core* 200 mm dengan tebal *face* 3 mm dan tebal *core* 3 mm. Dimana berat konstruksi model ini adalah 11.652 ton dengan besar tegangan maksimum 164 MPa dimana nilai tegangan ini masih memenuhi syarat yang ada dengan nilai tegangannya yang sama dengan nilai tegangan *ramp door* dengan penegar.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain *rectangular o-core sandwich panel*

Dari hasil percobaan didapatkan desain *rectangular o-core sandwich panel* yang paling optimal dengan tinggi *core* 312 mm, ketebalan *face* 3 mm, ketebalan *core* 3 mm jarak antar *core* 200 mm dan lebar *core* 100 mm.

2. Hasil running pada model didapatkan besar tegangan yaitu 164 Mpa dimana nilai ini kurang dari nilai tegangan izin yang ada yaitu 175 Mpa. Besar tegangan maksimum ini memiliki nilai yang sama dengan tegangan pelat berpenegar yaitu 164 Mpa namun memiliki berat yang lebih ringan yaitu 11.652 ton. Besar deformasi maksimum pada model didapatkan nilai sebesar 1.820 mm.

3. Letak tegangan maksimum dan deformasi maksimum pada model terletak pada area pembebanan *ramp door*. Area pembebanan pada model adalah area yang diaplikasikan beban pada model yang akan dianalisis. Area pembebanan pada model ini adalah luas bidang sentuh ban kendaraan yang terjadi ketika ban menyentuh *ramp door*.

4. Pada variasi pengurangan ketebalan pelat, perubahan nilai tegangan maksimum akan sangat berpengaruh ketika tebal pelat *face* atas (tf 1) dikurangi. Namun ketika variabel lain dikurangi seperti tebal pelat *face* bawah (tf 2), tebal *core* horizontal (tc 1), dan tebal *core* vertikal (tc 2) perubahan nilai tegangan maksimum yang terjadi tidak terlalu signifikan.

#### V.2. Saran

1. Perlu dilakukan analisis secara ekonomis dalam penelitian selanjutnya, sehingga model yang dipilih dapat ditentukan dan layak dalam hal teknis maupun ekonomi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia. (2017). *Rules For Hull*. Jakarta: BKI.
- C, B. (2010). *Design of Lightweight Web Core Sandwich Panels and Application to Residential Roofs*. USA: THE UNIVERSITY OF MINNESOTA.
- Hoque, K. (2016). *Analysis of Structural Discontinuities in Ship Hull Using Finite Element Method*. Bangladesh.
- Janis A., Janis J., Kaspars K., and Agrita K. (2010). *Optimization and Metamodeling of Metal Sandwich Panel Structures*. Riga Technical University.
- Karlsson, Ulf. (2004). Structural Safety Analysis of Bow-Doors". *Chalmers University Of, Göteborg, Sweden, 166*.
- Kujala, P., and Klanac, A. (2005). *Steel Sandwich Panels in Marine Application. Ship Laboratory*. Espoo, Finland: Helsinki University of Technology.
- Logan, D. (2007). *A First Course in the Finite Element Method*. Platteville:: University of Wisconsin.
- Sandcore. (2013). *Best Practice Guide for Sandwich Structure in Marine Applications*. UK: University of Newcastle upon Tyne.
- van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
- Sebastian, Jajang.(2011). *Analisis Fatigue Kekuatan Setrn Ramp Door Akibat Beban Dinamis Pada KM. Kirana Dengan Metode Elemen Hingga Diskrit Elemen Segitiga Plane Stress* Semarang: Universitas Diponegoro
- Rao, S. S. (2011). *The Finite Element Method in Engineering* (5th ed.). Burlington, Massachusetts: Elsevier.

## LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Berat *Ramp Door* Berpenegar

Lampiran B Perhitungan Berat *Ramp Door Sandwich Structure*

Lampiran C Perhitungan Pembebanan Merata Ban Depan

Lampiran D Perhitungan Pembebanan Merata Ban Belakang

## Lampiran A Perhitungan Berat *Ramp Door* Berpenegar

Perhitungan Rampdoor umum							
p1	=	8		sisi 1 trapesium		8.6	
l1		8.6		sisi 2 trapesium		8	
t1		0.01		t alas		1	
v1		0.688		t prisma		0.01	
				v trapesium		0.083	
p2		8		sisi 1 trapesium		8.6	
l2		8.6		sisi 2 trapesium		8	
t2		0.012		t alas		1	
v2		0.8256		t prisma		0.012	
				v trapesium		0.0996	
profil t				profil t			
melintang				MELINTANG			
web				web			
p		8.6		p		8.3	
l		0.014		l		0.014	
t		0.3		t		0.3	
v		0.03612		v		0.01743	
face				face			
p		8.6		p		8.3	
l		0.1		l		0.1	
t		0.012		t		0.012	
v		0.01032		v		0.00996	
TOTAL		0.74304		TOTAL		0.02739	
face				face			
p		8.6		p		8.3	
l		0.1		l		0.1	
t		0.012		t		0.012	
v		0.01032		v		0.00996	
TOTAL		0.74304		TOTAL		0.02739	
memanjang				memanjang			
web				web			
p		8		alas segitiga		1	
l		0.014		t segitiga		0.334	
t		0.3		t		0.014	
v		0.0336		v		0.002338	
face				face			
p		8		p		0.334	
l		0.1		l		0.1	
t		0.012		t		0.012	
v		0.0096		v		0.000401	
TOTAL		0.4752		TOTAL		0.030127	
TOTAL VOL		2.73184		TOTAL VOL		0.240117	
VOLUME KESELURUHAN		3.091662					
BERAT		24269.55		KG			
		24.26955		TON			

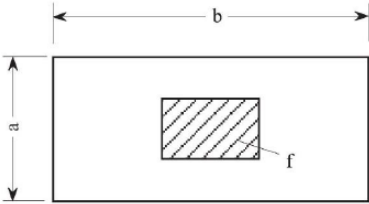
Lampiran B Perhitungan Berat *Ramp Door Sandwich Structure*

BERAT SANDWICH SANDWICH					
FACE 1			CORE 1		
p1	=	8	p1	=	8
l1		8.6	l1		0.1
t1		0.009	t1		0.003
v1		0.6192	v1		0.0024
			TOTAL		0.1584
FACE 2			CORE 2		
p2		8	p1	=	8
l2		8.6	l1		0.005
t2		0.009	t1		0.003
v2		0.6192	v1		0.00012
			TOTAL		0.00792

FACE 1			CORE 1		
sisi 1 trapesium	=	8.6	p1	=	0.334
sisi 2 trapesium		8	l1		0.1
t alas		1	t1		0.003
t prisma		0.009	v1		0.0001
v trapesium		0.0747	TOTAL		0.006613
FACE 2			CORE 2		
sisi 1 trapesium		8.6	alas segitiga		0.334
sisi 2 trapesium		8	t segitiga		1
t alas		1	t		0.003
t prisma		0.009	v		0.000501
v trapesium		0.0747	TOTAL		0.033066
TOTAL		0.189079			

TOTAL		1.40472			
TOTAL VOLUME		1.713505			
BERAT		13451.01			
		13.45101			

## Lampiran C Perhitungan Pembebanan Merata Ban Depan

Pembebanan Pada roda Depan			
Muatan maksimal truk	=	25 ton	
Konfigurasi sumbu	=	0.25	
P	=	load [kN] of one wheel or group of wheels on a plate panel $a \cdot b^1$ considering the aceleration factor $a_v$ .	
	=	$\frac{Q}{n} (1 + a_v)$	
Q	=	axle load [kN] For fork lift trucks Q is generally to be taken as the total weight of the fork lift truck.	
n	=	number of wheels or group of wheels per axle	
$a_v$	=	according to Section 4, C.1.1 for general	
	=	0 for harbour conditions	
n	=	2	
$a_v$	=	0	
Beban sumbu pada roda depan	=	61.25 KN	
Beban roda (P)	=	30.625 KN	30625
Luas Bidang Sentuh Roda			
			
<b>Fig. 7.4 Footprint of wheel</b>			
2.2	Where the wheel print area is not known, it may approximately be determined as follows:		
	$f$	=	$\frac{P}{p} \cdot 10^2 \text{ [cm}^2\text{]}$
p	=	specific wheel pressure according to Table 7.1.	
<b>Table 7.1 Specific wheel pressure</b>			
Type of vehicle	Specific wheel pressure p [bar]		
	Pneumatic tyres	Solid rubber tyres	
private cars	2	-	
trucks	8	-	
trailers	8	15	
fork lift trucks	6	15	
Luas bidang sentuh roda (f)	=	1575 cm2	
Beban merata	=	194444.4 N/m2	

## Lampiran D Perhitungan Pembebanan Merata Ban Belakang

Pembebanan Pada Roda Belakang					
Muatan maksimal truk	=		25 ton		
Konfigurasi sumbu	=		0.75		
P	=	load [kN] of one wheel or group of wheels on a plate panel $a \cdot b^1$ considering the aceler factor $a_v$ .			
	=	$\frac{Q}{n} (1 + a_v)$			
Q	=	axle load [kN]			
		For fork lift trucks Q is generally to be taken as the total weight of the fork lift truck.			
n	=	number of wheels or group of wheels per axle			
$a_v$	=	according to Section 4, C.1.1 for general			
	=	0 for harbour conditions			
n	=		8		
$a_v$	=		0		
Beban sumbu pada roda (Q)	=		183.75		
Beban roda (P)	=		22.96875		

### Luas Bidang Sentuh Roda

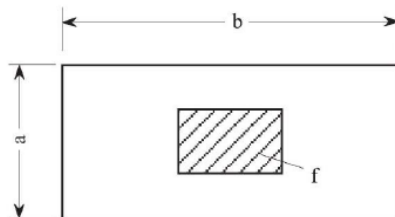


Fig. 7.4 Footprint of wheel

2.2 Where the wheel print area is not known, it may approximately be determined as follows:

$$f = \frac{P}{p} \cdot 10^2 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Table 7.1 Specific wheel pressure

Type of vehicle	Specific wheel pressure p [bar]	
	Pneumatic tyres	Solid rubber tyres
private cars	2	-
trucks	8	-
trailers	8	15
fork lift trucks	6	15

Luas bidang sentuh roda (f)	=	1575 cm <sup>2</sup>		
Beban merata	=	145833.3 N/m <sup>2</sup>		



## BIODATA PENULIS



Haidar Diwantara itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 23 Mei 1996 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Tunas Indah, kemudian melanjutkan ke SDN Klender 01, SMPN 139 Jakarta dan SMAN 12 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Konstruksi dan Kekuatan Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Dalam Negeri Himatekpal ITS 2015/2016, *staff* Komisi Aspirasi DPM ITS 2015/2016, Kepala Departemen Kajian Strategis BEM FTK ITS 2016/2017, Ketua Sub Event LOKARINA SAMPAN 10 ITS, serta Menteri Inkubator Kajian BEM ITS 2018/2019. Selain itu, Penulis juga pernah menjadi Pemandu Samudera 8 FTK ITS dan Pemandu LKMM TM ITS 2018.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk praktikum Autocad dalam mata kuliah Menggambar Teknik.

Email: [haidardiwantara83@gmail.com](mailto:haidardiwantara83@gmail.com)