



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**OPTIMASI KONSTRUKSI PILAR PENYANGGA *HELIDECK*  
KP YUDISTIRA 73 METER**

**Albert Caesario  
NRP 0411154000012**

**Dosen Pembimbing  
Dony Setyawan, S.T., M.Eng**

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



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**OPTIMASI KONSTRUKSI PILAR PENYANGGA *HELIDECK*  
KP YUDISTIRA 73 METER**

**Albert Caesario  
NRP 0411154000012**

**Dosen Pembimbing  
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

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



---

**FINAL PROJECT - MN 141581**

**PILLAR OPTIMIZATION OF *HELIDECK* CONSTRUCTION  
ON KP YUDISTIRA 73 METRES**

**Albert Caesario  
NRP 04111540000012**

**Supervisor  
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

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

**LEMBAR PENGESAHAN  
OPTIMASI KONSTRUKSI PILAR PENYANGGA HELIDECK  
KP YUDISTIRA 73 METER**

**TUGAS AKHIR**

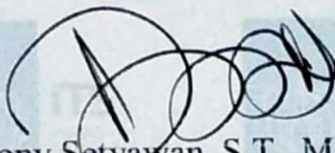
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
8 Juli 2019  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ALBERT CAESARIO**  
NRP 0411154000012

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

  
Dony Setyawan, S.T., M. Eng.  
NIP 197503201999031001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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

SURABAYA, 8 JULI 2019



# LEMBAR REVISI

## OPTIMASI KONSTRUKSI PILAR PENYANGGA *HELIDECK* KP YUDISTIRA 73 METER

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 8 Juli 2019

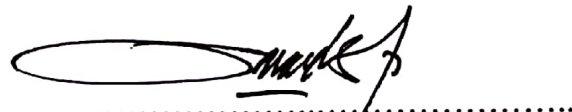
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ALBERT CAESARIO**  
NRP 0411154000012

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



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

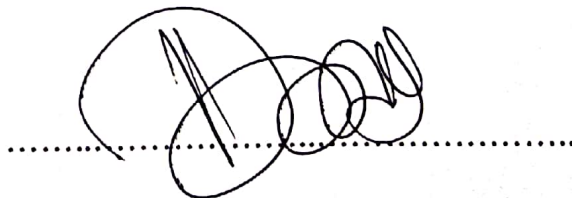


3. M. Nurul Misbah, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, 8 JULI 2019

Dipersembahkan kepada seisi semesta atas segala dukungan dan doanya



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Semesta Alam 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. Linda Threesia Dewi, S.E., M.M. selaku orang tua, inspirator, motivator dan sumber daya finansial penulis selama masa perkuliahan;
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.; Totok Yulianto, S.T., M.T.; dan M. Nurul Misbah, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
5. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas kampus;
6. Ir. I Ketut Suastika selaku Dosen Wali penulis atas bantuan dan bimbingannya selama masa perkuliahan;
7. Arya Javendra, S.T. selaku kolaborator dan rekan diskusi dalam penyelesaian masalah-masalah yang terkait dengan objek penelitian pada Tugas Akhir ini.
8. Saudari dan saudara kandung yang telah berkontribusi dalam pengembangan pola pikir dan semangat penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini;
9. Ainun Kunti Zahra selaku rekan akademik dan kemahasiswaan yang telah setia menyemangati penulis dalam dinamika perkuliahan serta pengerjaan Tugas Akhir ini;
10. Mia, Ipe, Dzikron, Fajar, Arum dan rekan-rekan pejuang Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal yang tanpa lelah menemani, mengkritisi dan peduli pada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir;
11. Dan pihak-pihak lain yang luput untuk 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, 5 Juli 2019

Albert Caesario





# OPTIMASI KONSTRUKSI PILAR PENYANGGA *HELIDECK* KP YUDISTIRA 73 METER

Nama Mahasiswa : Albert Caesario  
NRP : 0411154000012  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Dony Setyawan, S.T., M. Eng.

## ABSTRAK

Produk teknologi pada dasarnya harus bisa mempermudah kehidupan manusia dalam memenuhi kebutuhan-kebutuhannya secara umum ataupun khusus. Kapal patroli Yudistira 8003 adalah salah satu produk teknologi perkapalan dalam negeri yang didesain khusus untuk penjagaan ketertiban dan keamanan negara dengan fitur utama kecepatan jelajah 18 Knot, kemampuan angkut 62 personel, sebuah *helideck* dan dilengkapi oleh meriam tempur haluan. Setiap fitur yang disematkan harusnya dapat memuaskan kebutuhan dan keinginan bagi penggunaannya, memenuhi standar teknis dan legal serta memperhatikan nilai ekonomis KP. Yudistira 8003 didefinisikan *overdesign* dan tidak memuaskan kebutuhan bagi pengguna ataupun pemilik kapal berdasarkan konfigurasi konstruksi pilar penyangga *helideck* pada bagian buritan yang dianggap terlalu banyak. Area tersebut seharusnya difungsikan untuk area apel personel. Untuk memverifikasi sekaligus mencari solusi akan permasalahan tersebut peneliti melakukan pengujian dan optimasi konstruksi dengan cara mengurangi jumlah pilar penyangga. Penelitian diawali dengan pengujian kondisi tegangan struktur dengan konfigurasi pilar *existing*, pengurangan jumlah pilar satu-persatu dengan sejumlah skenario konfigurasi pilar, pengujian setiap skenario, penentuan skenario dan pengujian ulang dengan berbagai variasi pembebanan. Pengujian dilakukan dengan metode elemen hingga secara numerik dan hasil pengujian akan dibandingkan dengan standar teknis klas. Hasil pengujian menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi dengan konstruksi *existing* adalah sebesar 42,83 MPa untuk tegangan Von Mises dan tegangan kompresi maksimum pada pilar sebesar 9,38 MPa. Struktur *existing* terdapat 20 pilar penyangga. Setelah dilakukan optimasi didapatkan jumlah pilar penyangga sebanyak 4 buah pilar dengan dimensi pilar yang sama. Tegangan Von Mises yang terjadi sebesar 95,83 MPa dan tegangan kompresi pilar maksimum sebesar 22,58 MPa dengan batasan tegangan izin maksimum sebesar 175 MPa untuk tegangan Von Mises dan 165 MPa untuk tegangan kompresi.

Kata kunci: *helideck*, optimasi, pilar, tegangan,



# **OPTIMIZATION OF HELIDECK PILLARS CONSTRUCTION ON KP YUDISTIRA 73 METRES**

Author : Albert Caesario  
Student Number : 0411154000012  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Dony Setyawan, S.T., M. Eng.

## **ABSTRACT**

Technology product must be able to facilitate human life in meeting their needs in general or specifically. Patrol Boat KP. Yudistira is a domestic naval engineering product which specifically designed to uphold national orderliness and security. The boat's main features are the 18 Knots for cruising speed, 62 personnel capacity, a helideck facility and equipped with a bow naval canon. Each embedded features must be able to satisfy the user and owners, technical standarts, legals and economic value must also be considered. KP. Yudistira 8003 was defined by owner as a overdesign product and it doesn't satisfy the user needs based on pillars construction configurations under helideck which is assumed to much pillars are installed on stern deck area. Those area is designed to personel rally. To find clarity and solutions for the problem, the researcher did several testing and optimization for the helideck construction by reducing the number of pillar. Research began with structure stress testing on simulated existing construction model, one by one pillar reducing with several pillar configuration scenarios, scenarios testing, set up a scenario and did a re-simulation with several additional load conditions. Tests are held with numerical finite element method and the results are compared with class engineering standarts. The results showed the maximum stress occur in exisiting pillar configuration model was 42,83 MPa for global Von Misses stress and 9,38 MPa for maximum compressive stress on pillar. Existing configuration have 20 pillars. After the model was optimized, the number of pillar is changed from 20 to 6 pillars with same structural dimension. The Von Misses stress was 95,83 MPa and compressive stress was 22,58 MPa with the maksimum permissible are 175 MPa for Von Misses stress and 165 MPa for compressive stress.

Keywords: helideck, optimization, pillar, stress





# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xv
Bab I PENDAHULUAN .....	1
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
BAB II STUDI LITERATUR .....	5
II.1. Dasar Teori .....	5
II.1.1. Kapal Patroli.....	5
II.1.2. <i>Shipboard Heliport</i> .....	5
II.1.3. Pembebanan <i>Helideck</i> .....	7
II.1.4. Pilar.....	8
II.1.5. Tegangan dan Regangan.....	9
II.1.6. Tegangan Von Misses .....	10
II.1.7. Tegangan Izin Maksimum.....	10
II.1.8. Tegangan Kompresi.....	10
II.1.9. Tegangan Kompresi Izin .....	11
II.1.10. <i>Bukling Stress</i> .....	12
II.1.11. Metode Elemen Hingga (MEH) .....	12
II.1.12. Optimasi .....	13
II.1.13. Batasan, Fungsi Objektif dan Klasifikasi Masalah Optimasi.....	14
II.2. Tinjauan Pustaka .....	14
II.2.1. Kapal Patroli (KP) Yudistira 8003 .....	14
II.2.2. Helikopter Dauphin AS365 – Kepolisian Republik Indonesia.....	17
II.2.3. Konstruksi <i>Shipboard Heliport</i> .....	19
II.2.4. Kekuatan Konstruksi .....	22
II.2.5. Baja AH-36.....	24
BAB III METODOLOGI .....	27
III.1. Bagan Alir .....	27
III.1.1. Studi Literatur.....	29
III.2. Pengumpulan Data .....	30
III.2.1. Ukuran Utama Kapal.....	30
III.2.2. Rencana Umum .....	30
III.2.3. <i>Construction Profile</i> .....	31
III.2.4. <i>Helideck Construction Drawing</i> .....	33

III.2.5. <i>After Contruction Drawing</i> .....	34
III.2.6. Spesifikasi Helikopter.....	35
III.3. Penggambaran Ulang <i>Helideck</i> .....	37
III.4. Penentuan Variasi.....	38
III.5. Skenario Konfigurasi Pilar – SK.....	39
III.6. Skenario Pendaratan – (LP).....	44
III.7. Pemodelan <i>Helideck</i> .....	46
III.8. Analisis Numerik.....	46
III.9. Pengujian Konvergensi.....	55
III.10. Optimasi <i>Helideck</i> .....	57
BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
IV.1. Batas Tegangan Izin Maksimum.....	61
IV.1.1. Tegangan Von Misses Struktur.....	61
IV.1.2. Tegangan Kompresi.....	62
IV.1.3. Tegangan Von Misses Pelat Geladak.....	62
IV.1.4. Beban Kritis <i>Buckling</i> Pilar <i>Existing</i> .....	63
IV.2. Simulasi Model <i>Existing</i> .....	64
IV.2.1. SK 1 - LC 1.....	65
IV.2.2. SK 1 - LC 2.....	66
IV.2.3. SK 1 - LC 3.....	67
IV.2.4. SK 1 - LC 4.....	69
IV.2.5. Pemilihan Kondisi Beban.....	70
IV.3. Simulasi Optimasi.....	71
IV.3.1. SK 2 – LC 4.....	71
IV.3.2. SK 3 – LC 4.....	73
IV.3.3. SK 4 – LC 4.....	74
IV.3.4. SK 5 – LC 4.....	76
IV.3.5. SK 6 – LC 4.....	78
IV.3.6. SK 7 – LC 4.....	79
IV.3.7. SK 8 – LC 4.....	81
IV.3.8. SK 9 – LC 4.....	82
IV.3.9. SK 10 – LC 4.....	83
IV.3.10. SK 11 – LC 4.....	85
IV.3.11. Tegangan Terhadap Skenario Model.....	86
IV.4. Titik Pendaratan (LP).....	88
IV.4.1. Pengujian SK 10 – LC 4 – LP1.....	89
IV.4.2. Pengujian SK 11 – LC 4 – LP2.....	91
IV.4.3. Pengujian SK 11 – LC 4 – LP3.....	94
IV.4.4. Pengujian SK 10 – LC 4 – LP4.....	96
IV.4.5. Rekapitulasi.....	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
V.1. Kesimpulan.....	103
V.2. Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN.....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Area Pendaratan pada <i>Heliport</i> , IMO 1999 .....	6
Gambar II. 2 Ilustrasi tegangan dan regangan normal pada sebuah potongan material .....	9
Gambar II. 3 Ilustrasi Tegangan Normal pada Batang .....	11
Gambar II. 4 KP YUDISTIRA 8003 .....	15
Gambar II. 5 Rencana Umum KP Yudistira 8003 .....	16
Gambar II. 6 Dauphin AS365 .....	17
Gambar II. 7 Spesifikasi Helikopter Dauphin AS 365N3 .....	18
Gambar II. 8 Konstruksi <i>Helideck</i> KP Yudistira .....	20
Gambar II. 9 <i>After Construction</i> KP Yudistira 8003 .....	21
Gambar III. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	28
Gambar III. 2 Rencana Umum KP Yudistira 8003 .....	31
Gambar III. 3 <i>Construction Profile</i> KP Yudistira 8003 .....	32
Gambar III. 4 <i>Helideck Construction</i> KP Yudistira 8003 .....	33
Gambar III. 5 <i>After Construction</i> KP Yudistira 8003 .....	34
Gambar III. 6 Spesifikasi Dimensi Helikopter AS 365 Dauphin .....	36
Gambar III. 7 Hasil Penggambaran Ulang <i>Helideck</i> .....	37
Gambar III. 8 SK 1 - <i>Existing Condition</i> .....	39
Gambar III. 9 SK 2 .....	39
Gambar III. 10 SK 3 .....	40
Gambar III. 11 SK 4 .....	40
Gambar III. 12 SK 5 .....	40
Gambar III. 13 SK 6 .....	41
Gambar III. 14 SK 7 .....	41
Gambar III. 15 SK 8 .....	41
Gambar III. 16 SK 9 .....	42
Gambar III. 17 SK 10 .....	42
Gambar III. 18 SK 11 .....	42
Gambar III. 19 Skenario Pendaratan 1 (LP 1) .....	44
Gambar III. 20 Skenario Pendaratan 2 (LP 2) .....	44
Gambar III. 21 Skenario Pendaratan 3 (LP 3) .....	45
Gambar III. 22 Skenario Pendaratan 4 (LP 4) .....	45
Gambar III. 23 Model <i>Helideck</i> Tiga Dimensi .....	46
Gambar III. 24 Contoh Kotak Dialog Metode <i>Meshing</i> .....	47
Gambar III. 25 Hasil <i>Meshing</i> pada Model .....	48
Gambar III. 26 Kotak Dialog Konfigurasi <i>Displacement</i> .....	50
Gambar III. 27 Kotak Dialog Konfigurasi <i>Force</i> .....	52
Gambar III. 28 Kotak Dialog <i>Stress Definition</i> .....	53
Gambar III. 29 Kotak Perintah <i>Solver</i> .....	53
Gambar III. 30 Contoh citra Tegangan Von Mises pada <i>Helideck</i> .....	54
Gambar III. 31 Contoh citra deformasi global pada <i>Helideck</i> .....	54
Gambar III. 32 Contoh Hasil deformasi lokal pada sistem pilar .....	55
Gambar III. 33 Pengujian Konvergensi Struktur Pilar .....	56
Gambar III. 34 Pengujian Konvergensi Struktur <i>Helideck</i> .....	56
Gambar IV. 1 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 1 - LP 1 .....	65



Gambar IV. 2 Perbesaran Gambar IV.1 pada Area Tegangan Maksimum.....	65
Gambar IV. 3 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 1 - LP 1 .....	66
Gambar IV. 4 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 2 - LP 1 .....	66
Gambar IV. 5 Perbesaran Gambar IV.4 pada Area Tegangan Maksimum.....	67
Gambar IV. 6 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 1 - LP 1 .....	67
Gambar IV. 7 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 3 - LP 1 .....	68
Gambar IV. 8 Perbesaran Gambar IV.7 pada Area Tegangan Maksimum.....	68
Gambar IV. 9 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 3 - LP 1 .....	68
Gambar IV. 10 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 4 - LP 1 .....	69
Gambar IV. 11 Perbesaran Gambar IV.10 pada Area Tegangan Maksimum.....	69
Gambar IV. 12 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 4 - LP 1 .....	70
Gambar IV. 13 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 2 - LC4 - LP1 .....	72
Gambar IV. 14 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 2 - LC4 - LP1 .....	72
Gambar IV. 15 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 2 - LC4 - LP1 .....	72
Gambar IV. 16 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 3 - LC4 - LP1 .....	73
Gambar IV. 17 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 3 - LC4 - LP1 .....	74
Gambar IV. 18 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 3 - LC4 - LP1 .....	74
Gambar IV. 19 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 4 - LC4 - LP1 .....	75
Gambar IV. 20 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 4 - LC4 - LP1 .....	75
Gambar IV. 21 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 4 - LC4 - LP1 .....	76
Gambar IV. 22 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 5 - LC4 - LP1 .....	77
Gambar IV. 23 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 5 - LC4 - LP1 .....	77
Gambar IV. 24 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 5 - LC4 - LP1 .....	77
Gambar IV. 25 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 6 - LC4 - LP1 .....	78
Gambar IV. 26 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 6 - LC4 - LP1 .....	79
Gambar IV. 27 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 6 - LC4 - LP1 .....	79
Gambar IV. 28 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 7 - LC4 - LP1 .....	80
Gambar IV. 29 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 7 - LC4 - LP1 .....	80
Gambar IV. 30 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 7 - LC4 - LP1 .....	80
Gambar IV. 31 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 8 - LC4 - LP1 .....	81
Gambar IV. 32 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 8 - LC4 - LP1 .....	81
Gambar IV. 33 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 8 - LC4 - LP1 .....	82
Gambar IV. 34 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 9 - LC4 - LP1 .....	82
Gambar IV. 35 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 9 - LC4 - LP1 .....	83
Gambar IV. 36 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 9 - LC4 - LP1 .....	83
Gambar IV. 37 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 10 - LC4 - LP1 .....	84
Gambar IV. 38 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 10 - LC4 - LP1 .....	84
Gambar IV. 39 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 10 - LC4 - LP1 .....	84
Gambar IV. 40 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 11 - LC4 - LP1 .....	85
Gambar IV. 41 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 11 - LC4 - LP1 .....	85
Gambar IV. 42 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 11 - LC4 - LP1 .....	86
Gambar IV. 43 Grafik Tegangan Von Misses Terhadap Skenario .....	87
Gambar IV. 44 Grafik Tegangan Kompresi Pilar Terhadap Skenario.....	88
Gambar IV. 45 Variasi Skenario Pendaratan (LP).....	89
Gambar IV. 46 Hasil Simulasi Tegangan SK 10 - LC4 - LP1 .....	89
Gambar IV. 47 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 - LP1 .....	90
Gambar IV. 48 Tegangan Terjadi <i>Girder</i> dan <i>Strong Beam</i> SK 10 - LC4 - LP1 .....	90
Gambar IV. 49 Tegangan Terjadi pada <i>Deck Beam</i> SK 10 - LC4 - LP1 .....	90
Gambar IV. 50 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 10 - LC4 - LP1.....	91

Gambar IV. 51 Hasil Simulasi Tegangan SK 11 - LC4 – LP2.....	92
Gambar IV. 52 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 – LP2.....	92
Gambar IV. 53 Tegangan Terjadi pada <i>Girder</i> dan <i>Strong Beam</i> SK 11 - LC4 – LP2.....	92
Gambar IV. 54 Tegangan Terjadi pada <i>Deck Beam</i> SK 11 - LC4 – LP2.....	93
Gambar IV. 55 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 11 - LC4 – LP2 .....	93
Gambar IV. 56 Hasil Simulasi Tegangan SK 11 - LC4 – LP3.....	94
Gambar IV. 57 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 – LP3.....	94
Gambar IV. 58 Tegangan Terjadi <i>Girder</i> dan <i>Strong Beam</i> SK 11 - LC4 – LP3 .....	95
Gambar IV. 59 Tegangan Terjadi pada <i>Deck Beam</i> SK 11 - LC4 – LP3.....	95
Gambar IV. 60 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 11 - LC4 – LP3 .....	95
Gambar IV. 61 Hasil Simulasi Tegangan SK 11 - LC4 – LP4.....	96
Gambar IV. 62 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 – LP4.....	97
Gambar IV. 63 Tegangan Terjadi pada <i>Girder</i> dan <i>Strong Beam</i> SK 11 - LC4 – LP4.....	97
Gambar IV. 64 Tegangan Terjadi pada <i>Deck Beam</i> SK 11 - LC4 – LP4.....	97
Gambar IV. 65 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 11 - LC4 – LP4 .....	98



## DAFTAR TABEL

Tabel III. 1 Rekapitulasi Ukuran Konstruksi <i>Helideck</i> .....	35
Tabel III. 2 Rekapitulasi Data Helikopter .....	36
Tabel III. 3 Komponen Pembebanan pada Variasi Kondisi Beban .....	38
Tabel III. 4 Rekapitulasi Skenario dan Jumlah Pilar pada Tiap Skenario .....	43
Tabel III. 5 Konfigurasi <i>Meshing</i> pada Model .....	48
Tabel III. 6 Kondisi Batas Model .....	49
Tabel III. 7 Kondisi Pembebanan Geladak .....	50
Tabel III. 8 Hasil Konvergensi Struktur Pilar .....	57
Tabel III. 9 Hasil Konvergensi Struktur <i>Helideck</i> .....	57
Tabel IV. 1 Perhitungan Tegangan Izin Maksimum (Von Misses) .....	61
Tabel IV. 2 Perhitungan Tegangan Izin Kompresi Pilar .....	62
Tabel IV. 3 Rekapitulasi Batas Tegangan Struktur <i>Helideck</i> .....	63
Tabel IV. 4 Perhitungan Buckling Pilar .....	63
Tabel IV. 5 Rekapitulasi Tegangan pada <i>Helideck</i> Existing terhadap Kondisi Beban .....	70
Tabel IV. 6 Rekapitulasi Hasil Simulasi SK 1 Sampai SK 10 Terhadap LC4 – LP1 .....	86
Tabel IV. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian SK 11 - LC4 .....	99
Tabel IV. 8 Keterangan Kondisi Kekuatan Struktur SK 11 – LC4 .....	99
Tabel IV. 9 Margin Nilai Tegangan pada Sub Struktur Akibat Variasi LP .....	100





## DAFTAR SIMBOL

$V_s$	= Kecepatan dinas (knot)
$v_w$	= kecepatan angin (m/s)
$M_e$	= Berat konstruksi geladak (kN)
$G$	= Berat maksimum lepas landas helikopter (kN)
$P$	= Beban yang bekerja pada konstruksi (kN)
$P_s$	= Beban yang bekerja pada pilar (kN)
$W$	= Beban akibat angin (kN)
$W_{St}$	= beban angin heliDeck (kN)
$\rho$	= Massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )
$A$	= Luas area <i>helideck</i> ( $\text{m}^2$ )
$A_s$	= Luas area penampang pilar ( $\text{cm}^2$ )
$I_s$	= Momen Inersia pilar ( $\text{cm}^4$ )
$i_s$	= Radius girasi pilar ( $\text{cm}^2$ )
$R_{eH}$	= Nilai titik luluh ( $\text{N/mm}^2$ )
$\sigma_{perm}$	= tegangan izin ( $\text{N/mm}^2$ )
$\sigma_{VM}$	= tegangan Von Mises ( $\text{N/mm}^2$ )
$\sigma_n$	= tegangan normal ( $\text{N/mm}^2$ )
$E$	= Modulus elastisitas ( $\text{kg.m/s}^2$ )
$E_{geser}$	= Modulus elastisitas geser ( $\text{kg.m/s}^2$ )
$K$	= Faktor bahan
$\mathbf{K}$	= Faktor Reduksi
$a_v$	= Faktor percepatan
$\gamma_f$	= Faktor <i>Structural member</i>
$n_p$	= Faktor jenis pilar



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

*Engineering* bisa didefinisikan secara umum sebagai suatu aplikasi atau penerapan ilmu yang bertujuan untuk memecahkan masalah dalam kehidupan manusia. Insinyur sebagai penerapnya merancang berbagai macam produk untuk memudahkan kehidupan manusia dalam wujud teknologi. Perancangan sebuah teknologi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor meliputi kegunaan, kepraktisan, kekuatan, estetika, nilai ekonomis dan faktor terhadap lingkungan. Kapal adalah sebuah produk *engineering*. Kapal dibangun untuk memecahkan masalah atau membantu pekerjaan pemiliknya. Percancangan dan pembangunan sebuah kapal didasari pada kebutuhan si pemilik dengan memperhatikan faktor-faktor yang telah disebut atas. Kapal pada prinsipnya harus dibangun sekuat dan sebaik mungkin, namun di sisi lain pembangunan kapal tidak bisa terlepas dari faktor ekonomi. Maka dari itu, pada praktisnya pembangunan sebuah kapal harus bisa menghasilkan produk kapal yang sesuai dengan permintaan pemilik dengan usaha dan biaya pembangunan seminimal mungkin.

Kekuatan sebuah kapal ditentukan oleh strukturnya. Kekuatan struktur sebuah kapal dipengaruhi oleh faktor material, desain, beban dan kondisi lingkungan. Semakin baik materialnya, maka akan semakin kuat pula. Sebuah struktur harus didesain sesuai dengan kondisi beban yang akan diterima sebuah struktur. Kondisi lingkungan mempunyai korelasi dengan material, dimana jika sebuah material diperlakukan dengan tepat pada kondisi lingkungan yang sesuai, maka kekuatan material tersebut akan terjaga lebih baik dibanding ditempatkan pada lingkungan yang korosif. Kapal disebut efisien jika kapal tersebut dapat melakukan fungsinya dengan semaksimal mungkin dengan sumber daya minimum, atau dengan kata lain sebuah kapal dituntut untuk bisa memenuhi semua permintaan dengan biaya semurah mungkin.

Kapal Patroli Yudhisitira 8003 adalah salah satu produk *engineering* yang saat ini dimiliki oleh Kepolisian Republik Indonesia. Kapal tersebut dituntut untuk bisa melaksanakan tugas patroli di perairan Indonesia dengan kecepatan jelajah 18 knot. Kapal tersebut dilengkapi dengan senjata meriam tembak pada bagian haluan, fasilitas pendaratan helikopter dan area apel pada bagian haluan yang cukup untuk menampung sedikitnya 68 personel kepolisian. Kapal

tersebut dibangun di salah satu galangan kapal swasta di daerah Jakarta dengan *class* BKI. Saat ini kapal tersebut telah memenuhi standar kekuatan konstruksinya oleh BKI namun belum memenuhi persyaratan pemilik pada poin kecepatan jelajah dan fasilitas apel personel. Hal tersebut terindikasi pada *Sea Trial* KP. Yudhistira pada tanggal 18 juli 2018. Selain itu juga secara subjektif ditambahkan oleh pemilik kapal bahwa fasilitas apel personel terlalu sempit oleh banyaknya konstruksi pilar yang mengganggu. Dari kedua hal di atas, bisa disimpulkan bahwa kapal tersebut belum memenuhi kebutuhan pemilik. Berdasarkan pernyataan insinyur, diakui bahwa terjadi kesalahan pembenanan saat merencanakan konstruksi kapal dibagian buritan, yaitu pada konstruksi *Helideck* yang mengakibatkan ruang apel (yang tepat berada dibawahnya) terisi oleh banyak konstruksi pilar. Kesalahan pembebanan yang dimaksud adalah beban maksimal lepas landas jenis Helikopter Sikorksy UH-60. Sedangkan pemilik (Polri) tidak mensyaratkan jenis helikopter UH-60, melainkan Dauphin AS365 N3. Pertimbangan yang muncul dari kondisi-kondisi di atas yaitu bagaimanakah kondisi teknis sebenarnya pada konstruksi *Helideck* tersebut dan konfigurasi pengurangan konstruksi pilar yang memenuhi persyaratan teknis BKI untuk menyangga beban *Helideck* tersebut. Berdasarkan pertimbangan di atas maka perlu dilakukan optimasi konstruksi pilar pada ruang apel dan Analisis tegangannya pada *Helideck*.

## **I.2. Perumusan Masalah**

Sehubungan dengan masalah di atas, maka permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah,

1. Bagaimana konfigurasi Pilar penyangga *Helideck* yang optimal?
2. Bagaimana tegangan yang terjadi pada struktur geladak setelah dilakukan pengurangan modulus pilar?
3. Bagaimana pengaruh tegangan yang terjadi pada struktur *Helideck* tersebut.

## **I.3. Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah,

1. Mendapatkan konfigurasi pilar penyangga *Helideck* yang optimal.
2. Mengetahui tegangan yang terjadi pada struktur *Helideck* KP YUDHISTIRA,
3. Memahami karakteristik tegangan yang terjadi pada struktur *HeliDeck* yang dioptimasi.

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

Batasan masalah pada penelitian ini adalah,

1. Standar dalam pengurangan ukuran mengacu pada Rule Biro Klasifikasi Indonesia
2. Pemodelan dibatasi dari *Helideck* dan *Raised Deck*
3. Analisis menggunakan metode elemen hingga dengan simulasi melalui *finite element software*
4. Perhitungan beban dilakukan pada kondisi *evenkeel* dan tidak memerhatikan kondisi *trim* kapal,
5. Perhitungan dilakukan pada kondisi sarat penuh
6. Variasi dilakukan pada kondisi pembebanan,
7. Analisis dilakukan pada keadaan kapal diam, sehingga beban gelombang diabaikan
8. Besar tegangan dibatasi tidak boleh melebihi tegangan Buckling dan tegangan luluh sesuai dengan persyaratan Biro Klasifikasi Indonesia.

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

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah,

1. Sebagai pemenuh kewajiban SKS Sarjana Penulis dalam menempuh Pendidikan di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS
2. Sebagai penambah wawasan bagi penulis ataupun pembaca dalam lingkup penelitian bidang Kekuatan dan Konstruksi kapal, khususnya konstruksi *Helideck*
3. Secara umum sebagai referensi bagi pengguna atau pembaca penelitian dalam lingkup bidang Teknologi Kelautan

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

Variasi pembebanan dan kondisi pendaratan akan berpengaruh pada besar tegangan izin maksimal yang dapat dipikul oleh struktur.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

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

Penelitian Tugas Akhir harus didasari pada teori-teori yang relevan demi menciptakan hasil yang logis dan tidak menyimpang dari tujuan utama penelitian. Dasar teori juga berperan sebagai dasaran berpikir dalam melakukan Analisis dan pemrosesan data yang terkait dalam penelitian Tugas Akhir ini.

##### **II.1.1. Kapal Patroli**

Kapal menurut peraturan PP. No 82 tahun 1999, yaitu : Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis apa pun yang digerakan dengan tenaga mekanik, tenaga mesin, atau tunda, termasuk kendaraan berdaya dukung dinamis, kendaraan dibawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang berpindah-pindah. Kapal patroli adalah kapal angkatan laut kecil, penjaga pantai atau kapal polisi, berukuran lebih kecil daripada korvet, umumnya terlibat dalam berbagai peran perlindungan perbatasan, termasuk anti-penyelundupan, antiteroris, anti-pembajakan, perikanan (GL, 2010).

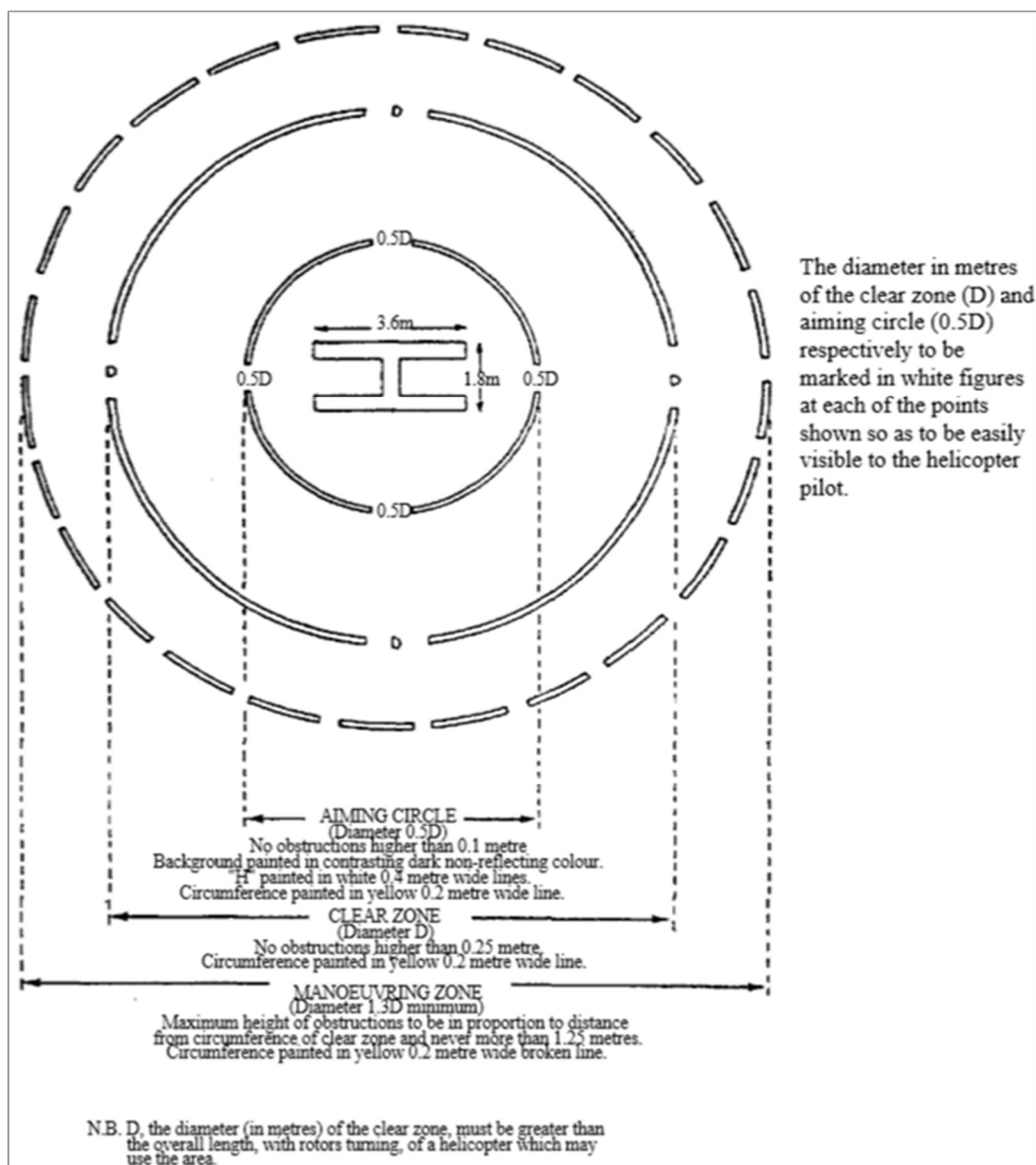
##### **II.1.2. *Shipboard Heliport***

*Shipboard Heliport* adalah area yang diperuntukan untuk pengoperasian helikopter yang berada pada haluan kapal atau buritan kapal atau struktur bangunan di atas Kapal.(Kemenhub, 2015). *Final Approach And Take-Off Area* (FATO) dapat bermacam-macam bentuk, sepanjang luasnya dapat menampung sebuah lingkaran yang mempunyai garis tengah minimal 1 (satu) kali panjang keseluruhan helikopter terbesar beserta rotornya yang akan dioperasikan pada *Helideck* (1D). *Heliport* harus memiliki daya dukung yang cukup menampung bagi helikopter *performance class 1* pada saat melakukan *rejected take-off* dengan aman dan memiliki daya dukung yang cukup menampung beban statis bagi *helikopter performance class 2 & 3*. *Shipboard Heliport* wajib memiliki minimal 1 (satu) buah *Touchdown And Lift-Off Area* (TLOF) dimana TLOF tersebut dapat berhimpitan/menjadi satu dengan FATO. Daya dukung konstruksi TLOF harus mampu menampung beban dinamis helikopter sebesar 2.5 (dua koma lima) kali *Maximum Take-Off Mass* (MTOM) helikopter terbesar yang dilayani. Menurut pada konvensi IMO tahun 1999, fasilitas *Heliport* harus memerhatikan hubungan antara tiga



pembagian area yaitu zona pendaratan (Aiming Circle), zona bebas (Clear Zone), dan zona manuver (*Maneuvering Zone*) yang dapat dilihat pada gambar II.1.

Zona pendaratan helikopter berada di tengah zona bebas dengan diameter setengah dari diameter zona bebas. Permukaan harus anti slip agar memudahkan saat pendaratan helikopter. Zona bebas memiliki diameter tergantung dari area pendaratan yang tersedia atau harus lebih besar sama dengan panjang keseluruhan dari helikopter yang akan mendarat. Di daerah zona bebas tidak ada benda yang tingginya lebih dari 0.25 meter. Zona manuver merupakan daerah pendaratan yang luas dimana helikopter dapat melakukan manuver dengan diameter minimal 1.3 kali diameter zona bebas. Ketinggian benda daerah manuver berkisar 0.25-1.25 meter.



Gambar II. 1 Area Pendaratan pada *Heliport*, IMO 1999

### II.1.3. Pembebanan *Helideck*

*Helideck* menerima beberapa gaya berbeda yang diambil sebagai pembebanan pada *Helideck*. Gaya-gaya tersebut adalah gaya yang disebabkan oleh pendaratan helikopter (*landing force*), beban angin yang disebabkan oleh perputaran baling-baling helikopter (*wind load*), dan lain-lain. Dalam perhitungan beban dibagi menjadi 4 kasus beban (LC) sesuai dengan kondisi pendaratannya (BKI, 2017).

#### 1. LC 1

Kondisi dimana helikopter sudah mendarat diatas *Helideck*, dapat dihitung menggunakan persamaan II.1:

$$P = 0,5 \times G(1+av) \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.1})$$

- P adalah gaya yang didistribusikan secara merata pada luas sentuh (f) seluas  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  untuk roda tunggal atau sesuai data yang diberikan pabrik helikopter. Untuk roda ganda atau kaki ditentukan secara tersendiri sesuai dengan ukuran yang diberikan
- Penambahan gaya sebesar  $2.0 \text{ kN/m}^2$  yang didistribusikan keseluruhan area *helipad* untuk beban lingkungan.
- Berat Geladak (Me) dengan besar:

$$Me \times (1 + av) \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.2})$$

#### 2. LC 2

Kondisi dimana helikopter sudah mendarat diatas *Helideck* yang memperhitungkan nilai gaya horizontal pada pengikat (*lashing*), dapat dihitung menggunakan persamaan II.3.,

$$P = 0,5 \times G \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.3})$$

- Gaya horizontal di daerah pengikat helikopter (*lashing point*)

$$H = 0,6 \times (G + Me) + W \quad [\text{kN}] \quad (V_w = 50 \text{ m/s}) \quad (\text{II.4})$$

- Gaya yang bekerja secara vertical (V)

$$V = G + Me \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.5})$$

- Penambahan gaya sebesar  $2.0 \text{ kN/m}^2$  yang didistribusikan keseluruhan area *helipad* untuk beban lingkungan.
- Perhitungan beban angin (W) sesuai dengan persamaan II.6 (BKI, 2018)

$$W = 0,5 \cdot \rho \cdot V_w^2 \cdot A \cdot 10^{-3} \quad [\text{kN}], \quad (A \text{ is Deck area in } \text{m}^2) \quad (\text{II.6})$$

### 3. LC 3

Gaya benturan pendaratan normal, dengan gaya berikut yang bekerja secara bersamaan.

- a. Beban roda dan/atau beban kaki P pada 2 titik secara bersamaan, pada titik manapun

$$P = 0,75 G \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.7})$$

- b. Beban  $p = 0,5 \text{ kN/m}^2$  terdistribusi secara merata.
- c. Berat geladak helikopter (Me).
- d. Beban angin sesuai dengan kecepatan angin yang dibolehkan untuk pengoperasian helikopter (vw), jika tidak ada data,  $vw = 25 \text{ m/det}$  dapat digunakan.

### 4. LC 4

Kondisi darurat dalam pendaratan helikopter, dan dapat dihitung menggunakan persamaan II. 8

$$P = 1,25 G \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.8})$$

Dalam Analisis tugas akhir ini, kasus pembebanan yang diambil adalah yang terbesar dari LC1, LC2 dan LC 3. Pemilihan tersebut didasari karena *Heliport* tidak dirancang untuk menerima pendaratan darurat.

#### II.1.4. Pilar

Pilar adalah *vertical support member* pada sebuah struktur bangunan dan dapat dibuat sebagai sepotong kayu, beton atau baja, atau dibangun dari batu bata, balok dan sebagainya. Pilar memiliki fungsi sebagai pemikul beban atau penyalur beban tekan dari struktur yang dipikulnya menuju ke struktur yang ada di bawah pilar itu sendiri. Pilar pada kapal diaplikasikan sebagai pemikul beban geladak yang ada di atasnya. Pada umumnya, Pipa pada kapal baja berbentuk silindris (pipa) dengan diameter dan ketebalan tertentu. Beban yang dialami oleh pilar didominasi oleh beban vertikal.

Penggunaan kontruksi pilar pada kapal diatur dalam BKI sebagai penumpu dan penguat kontruksi geladak. Penentuan penggunaan pilar pada kapal pada umumnya dilihat dari dua

parameter yaitu tebal dinding pilar ( $t_w$ ) dan diameter luar pilar ( $d_a$ ). Ketebalan minimum dinding pipa dapat dilihat pada persamaan II.9 dan II.10

$$t_w = 4,5 + (0,015)d_a \text{ [mm]}, \text{ (untuk } d_a < 300 \text{ mm)} \quad (\text{II.9})$$

$$t_w = (0,03)d_a \text{ [mm]}, \text{ (untuk } d_a > 300 \text{ mm)} \quad (\text{II.10})$$

Luas penampang minimum pilar secara langsung dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu beban yang dipikul oleh pilar itu sendiri ( $P_s$ ) dan besarnya tegangan izin yang mampu dialami oleh pilar tersebut ( $\sigma_p$ ). berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia dapat dilihat pada persamaan II.11

$$A_{req} = 10 \frac{P_s}{\sigma_p} \quad [\text{cm}^2] \quad (\text{II.11})$$

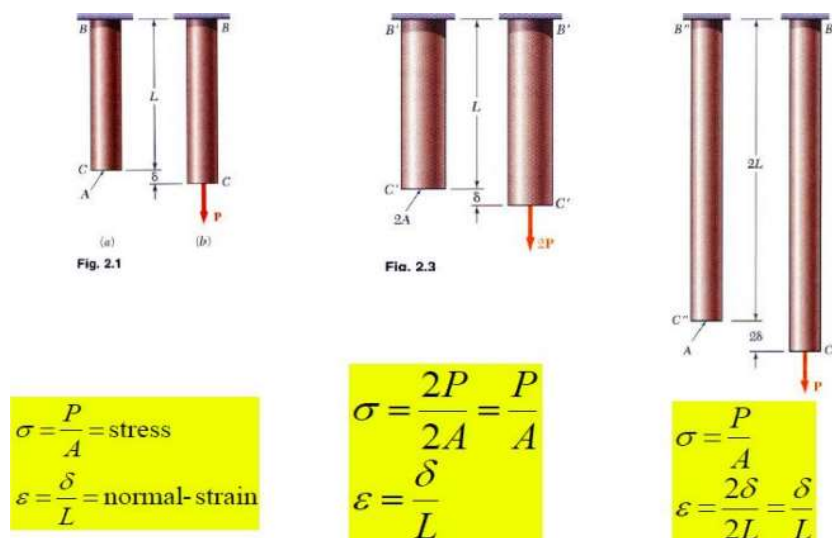
Pembebanan pada pilar dirumuskan oleh BKI dalam persamaan II.12

$$P_s = P \times A + P_i \quad [\text{kN}] \quad (\text{II.12})$$

### II.1.5. Tegangan dan Regangan

Tegangan (stress) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda (Haryadi, 2008). Dalam konteks ini benda yang dimaksud adalah potongan sebuah material yang diasumsikan sebagai suatu balok, pipa atau potongan lain yang bentuknya lebih sederhana. Tegangan pada suatu material akan menyebabkan perubahan bentuk struktur material secara keseluruhan yang bisa disebut deformasi (regangan).

Regangan merupakan ukuran mengenai seberapa jauh batang tersebut berubah bentuk (Haryadi, 2008). Perubahan bentuk bergantung tidak hanya pada besar dan arah tegangan, namun juga oleh karakteristik material tersebut.



Gambar II. 2 Ilustasi tegangan dan regangan normal pada sebuah potongan material

Gambar II.2 Menjelaskan bagaimana sebuah potongan mengalami tegangan dan regangan normal. Dimana  $\sigma$  dinotasikan sebagai tegangan dan  $\epsilon$  dinotasikan sebagai regangan pada batang. P adalah gaya yang bekerja, L sebagai panjang potongan dan A sebagai luas penampang melintang potongan.

### II.1.6. Tegangan Von Misses

Tegangan Von Misses adalah kombinasi geometris dari semua jenis tegangan yaitu tegangan normal pada tiga sumbu dan tegangan geser yang bereaksi pada area tertentu. Tegangan Von Misses cocok digunakan untuk material yang bersifat ulet. Jika nilai Tegangan Von Misses pada suatu lokasi melampaui nilai *yield strength* sebuah material maka material tersebut akan meluluh pada lokasi tersebut. Apabila nilai tegangan Von Misses pada suatu titik melampaui nilai *ultimate strength* material, maka material tersebut akan pecah (Hoque, 2016).

Tegangan Von Misses  $\sigma_{VM}$  dinyatakan pada persamaan II.13

$$\sigma_{VM} = \sqrt{I_1^2 - 3I_2} \quad (II.13)$$

Dimana:

$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \quad (II.14)$$

$$I_2 = \sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x - \tau_{yz}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{xy}^2 \quad (II.15)$$

### II.1.7. Tegangan Izin Maksimum

Tegangan maksimum material pada dasarnya dibatasi oleh titik luluh dan titik pecah material itu sendiri. Namun pada praktisnya, terdapat beberapa faktor yang mungkin tidak terdefinisi sehingga diperlukan perhitungan batas tegangan tertentu yang bisa dianggap aman sekalipun sebuah struktur mengalami kondisi yang ekstrem. Berdasarkan Rules Biro Klasifikasi Indoneisa, tegangan izin sebuah material dirumuskan sebagai berikut,

$$\sigma_{perm} = \frac{235}{k \times \gamma_f} \quad (II.16)$$

Dimana **K** adalah faktor material, dan  $\gamma_f$  ada faktor keamanan untuk tegangan struktur.

### II.1.8. Tegangan Kompresi

Apabila sebuah batang ditarik dengan gaya P, maka tegangannya adalah tegangan tarik (*tensile stress*); apabila gayanya mempunyai arah sebaliknya, sehingga menyebabkan batang tersebut mengalami tekan, maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*). Karena tegangan ini mempunyai arah yang tegak lurus permukaan potongan, maka tegangan ini disebut tegangan

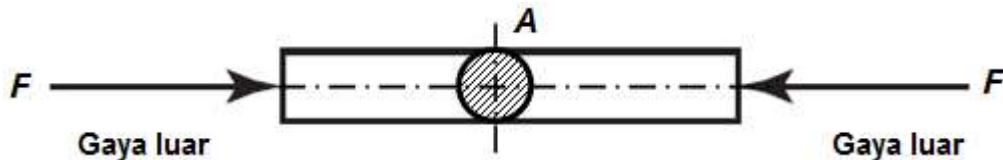
normal (*normal stress*). Jadi, tegangan normal dapat berupa tarik atau tekan. (Gere & Timoshenko, 1997).

Penjelasan di atas menyatakan bahwa tegangan kompresi adalah bagian dari tegangan normal, yang berarti tegangan kompresi dapat di formulasikan dengan persamaan sebagai berikut,

$$\sigma_n = \frac{P}{A} \quad (\text{II.17})$$

Dimana, ( $\sigma$ ) adalah tegangan normal dalam satuan ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),  $P$  adalah besar gaya aksial dalam satuan Newton (N) dan  $A$  adalah luas penampang benda ( $\text{mm}^2$ )

Pada gambar II.3 diilustrasikan sebuah silindris pejal dengan luas penampang  $A$  diberi gaya aksial berlawanan yang arahnya ke pusat batang. Dalam kondisi ini, batang tersebut mengalami tegangan kompresi, yang diformulasikan oleh persamaan II.17.



Gambar II. 3 Ilustrasi Tegangan Normal pada Batang

### II.1.9. Tegangan Kompresi Izin

Tegangan Kompresi Izin adalah besar tegangan tekan maksimum yang jika terjadi pada suatu struktur maka struktur tersebut masih aman dan kuat untuk mempertahankan kondisinya. Tegangan kompresi izin dalam hal ini diatur dalam Rules Biro Klasifikasi Indonesia dengan persamaan sebagai berikut,

$$\sigma_p = \frac{K \cdot R_{eH}}{S} \quad (\text{II.18})$$

Dimana,

$\sigma_p$  = permissible compressive stress ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$K$  = Faktor reduksi

$R_{eH}$  = Batas atas tegangan luluh ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$S$  = Faktor keamanan

= 2,00 (pada umumnya)

Persamaan II.18 memformulasikan besar tegangan kompresi izin sebuah struktur dipengaruhi oleh faktor keamanan yang besarnya ditentukan oleh Biro Klasifikasi Indonesia.

Nilai dari persamaan ini secara spesifik dapat dijadikan sebuah acuan untuk menerima atau menolak sebuah desain struktur terhadap.

#### II.1.10. *Bukling Stress*

*Buckling stress* atau Tegangan Tekuk adalah ketidakstabilan yang mengarah ke modus kegagalan. Tegangan tekuk terjadi pada struktur yang mengalami gaya kompresi yang searah dengan kekuatan memanjangnya. *Buckling stress* pada dasarnya mengakibatkan deformasi geometris terhadap suatu kontruksi. Besar gaya yang dapat mengakibatkan Buckling dapat diprediksi dengan persamaan Euler, pada persamaan (II.19)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (II.19)$$

Dimana  $P_{cr}$  adalah besar beban kritis yang dimaksud sebagai penyebab Bukcling pada struktur. E adalah modulus elastsitas, I adalah momen Inersia dan L adalah panjang struktur (searah dengan gaya komrpesi). Kasus *buckling* pada kapal biasanya ditemui pada kontruksi pilar.

#### II.1.11. Metode Elemen Hingga (MEH)

Metode Elemen Hingga (MEH) merupakan prosedur numerik untuk menyelesaikan permasalahan fisik yang diatur dengan persamaan diferensial. (Prasetyo, 2010). Metode ini merupakan salah satu metode populer dalam penyelesaian masalah-masalah di bidang teknik dan konstruksi. Secara garis besar, Metode elemen hingga diaplikasikan untuk analisis kekuatan suatu material perbagian secara merinci. Dengan ini, para peneliti dapat lebih mudah mengidentifikasi besar tegangan pada suatu struktur dengan lebih spesifik.

Karakteristik MEH yang membedakan dengan prosedur numerik yang lain adalah:

- a) MEH menggunakan penyelesaian integral untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.
- b) MEH menggunakan fungsi-fungsi kontinyu sebagian untuk mendeteksi kuantitas atau beberapa kuantitas yang tidak diketahui

Menurut Hoque (2016). Analisis elemen hingga dapat dilakukan oleh *software* melalui tiga tahapan utama, yaitu *pre-processor*, *solver* dan *post-processor*. Dimana tahap *pre-processor* meliputi penentuan material, pemodelan, pengaturan geometri, pengaturan *meshing*, dan penentuan kondisi batas. Penentuan material dilakukan untuk mengatur karakteristik entitas yang akan diAnalisis. Pemodelan dilakukan untuk menentukan model representatif yang akan

Analisis. Model perlu dibuat semirip mungkin dengan aslinya agar luaran Analisis yang dihasilkan semakin akurat. Pengaturan geomteri meliputi pengecekan model, sambungan pada komponen-komponen model, jenis geomteri (*surface* dan *solid*). *Meshing* pada hal ini adalah membagi atau mendiskritkan suatu model menjadi beberapa elemen hingga jumlah tertentu. Pengaturan *meshing* secara umum meliputi pengaturan ukuran, metode diskritasi bentuk elemen dan penentuan karakter elemen. Pengaturan elemen yang tepat dapat memeberikan hasil pendekatan yang lebih akurat dan lebih baik. Kondisi batas secara garis besar adalah penentuan batsan-batasan yang akan diAnalisis oleh *solver*. Penentuan kondisi batas meliputi letak dan jenis tumpuan, jenis, titik dan arah gaya luar yang bekerja.

Tahap selanjutnya adalah proses *Solver*. Pada tahap ini berlangsung perhitungan penyelesaian melalui persamaan-persamaan elemen hingga. Proses ini bertujuan untuk mendefinisikan nilai nilai pada tiap elemen atau *nodal*.(Hoque, 2016). Hasil penyelesaian bergantung pada permasalahan dan kondisi batas yang ditentukan pada kondisi sebelumnya.

Tahap akhir adalah penyajian hasil Analisis dalam bentuk citra atau visualisasi nilai-nilai yang didefinisikan di tahap sebelumnya oleh *solver*. Tahap ini disebut dengan *post-processor*.

### **II.1.12. Optimasi**

Optimasi adalah proses memaksimalkan atau meminimalkan fungsi tujuan yang diinginkan sambil memenuhi kendala yang ada. Sampai saat ini, optimasi telah digunakan lebih banyak sebagai desain atau bantuan keputusan, bukan untuk pembuatan konsep atau desain rinci. (Belegundu & Chandrupalta, 2011). Optimasi adalah tindakan memperoleh hasil terbaik dalam kondisi tertentu. Dalam desain, konstruksi, dan sistem pemeliharaan teknik apa pun, insinyur harus mengambil banyak keputusan teknologi dan manajerial pada beberapa tahap. Tujuan akhir dari semua keputusan tersebut adalah untuk meminimalkan upaya yang diperlukan atau untuk memaksimalkan manfaat yang diinginkan. (Rao, 2009) Masalah optimasi struktural selalu ada beberapa batasan yang tidak memungkinkan penurunan berat lebih lanjut, seperti nilai tegangan harus di bawah level tertentu atau defleksi maksimum harus di bawah nilai tertentu. (Ekren, 2008).

Setiap sistem atau komponen teknik ditentukan oleh sejumlah kuantitas yang beberapa di antaranya dipandang sebagai variabel selama proses desain. Secara umum, jumlah tertentu biasanya ditetapkan pada awal dan ini disebut parameter yang ‘ditugaskan sebelumnya’.



### II.1.13. Batasan, Fungsi Objektif dan Klasifikasi Masalah Optimasi

Setiap sistem atau komponen teknik ditentukan oleh sejumlah kuantitas yang beberapa di antaranya dipandang sebagai variabel selama proses desain. Secara umum, jumlah tertentu biasanya ditetapkan pada awal dan ini disebut parameter yang ‘ditugaskan sebelumnya’. Dalam banyak masalah praktis, variabel desain tidak dapat dipilih secara sewenang-wenang; melainkan, mereka harus memenuhi persyaratan fungsional dan persyaratan tertentu. Pembatasan yang harus dipenuhi untuk menghasilkan desain yang dapat diterima secara kolektif disebut kendala desain atau *design constraint*. Kendala yang mewakili keterbatasan perilaku atau kinerja sistem disebut perilaku atau kendala fungsional (*functional constraint*). Kendala yang mewakili keterbatasan fisik pada variabel desain, seperti ketersediaan, keterkaitan, dan kemampuan pengangkutan, dikenal sebagai batasan geometris. (Rao, 2009)

Prosedur desain konvensional bertujuan untuk menemukan desain yang dapat diterima atau memadai yang hanya memenuhi persyaratan fungsional dan persyaratan lain dari masalah tersebut. Secara umum, akan ada lebih dari satu desain yang dapat diterima, dan tujuan optimasi adalah memilih yang terbaik dari banyak desain yang dapat diterima yang tersedia. Jadi kriteria harus dipilih untuk membandingkan berbagai desain alternatif yang dapat diterima dan untuk memilih yang terbaik. Kriteria sehubungan dengan mana desain dioptimalkan, ketika dinyatakan sebagai fungsi dari variabel desain, dikenal sebagai kriteria atau prestasi atau fungsi tujuan (*Objective Function*). Dalam keteknikan struktur konstruksi, tujuannya adalah meminimalisasi biaya, berat dan memaksimalkan efisiensi mekanik. (Rao, 2009)

Masalah-masalah optimasi klasifikasikan dalam beberapa kategori bergantung dari aspek yang ditinjau, dalam penelitian ini peninjauan dilakukan berdasarkan,

1. Nilai yang diizinkan dari variabel desain
2. Banyaknya fungsi objektif

## II.2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka diperlukan dalam penulisan Tugas Akhir sebagai referensi penelitian. Tinjauan pustaka ini dijadikan sebagai bahan pertimbangan penulis dalam mengolah data, mengaplikasikan dasar teori serta memperkuat hipotesis dengan tujuan akhir untuk menghasilkan simpulan penelitian yang relevan dan logis.

### II.2.1. Kapal Patroli (KP) Yudhistira 8003

KP. Yudhistira adalah sebuah kapal patroli *class* A2 yang dimiliki oleh Kepolisian Republik Indonesia (lihat Gambar II.3). Kapal ini didesain memiliki dimensi sebagai berikut:

Loa	= 73	m,
Lpp	= 68	m,
T (desain)	= 3	m,
D	= 5.5	m,
B	= 11.35	m,
V <sub>maks</sub>	= 18	kn,
Crew	= 68	persons.

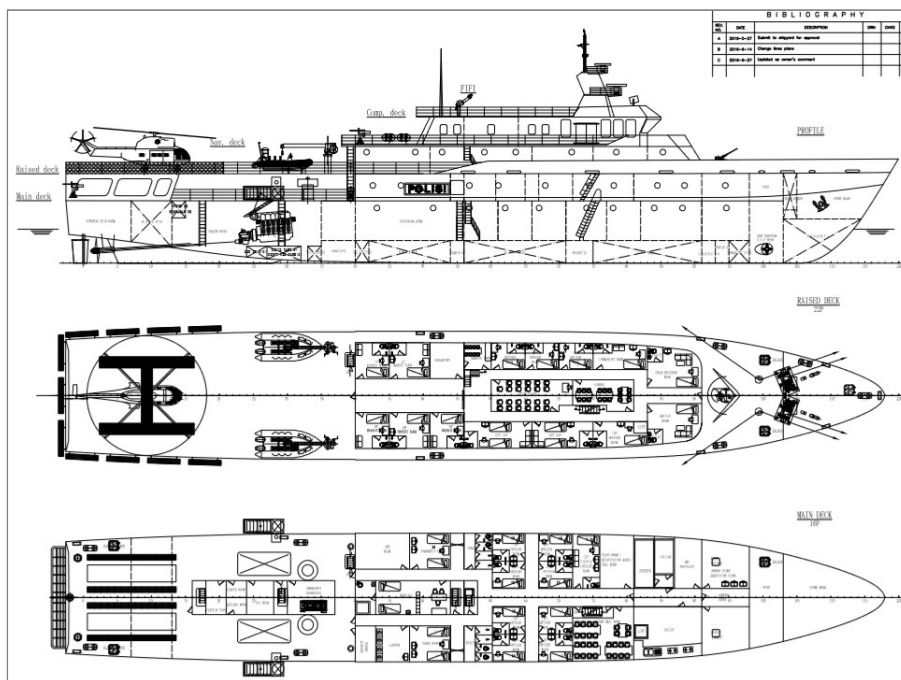
KP. Yudistira memiliki fasilitas *Heliport* yang didedikasikan untuk helikopter jenis UH-60L (Sikorsy) dengan beban take-off maksimum seberat 10.7 ton. Material utama KP. Yudistira yaitu baja jenis AH-36 untuk lambung dan geladak menerus, dan aluminium untuk bangunan atasnya. KP. Yudistira diregistrasikan di Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). . Kapal tersebut dilengkapi dengan senjata meriam tembak pada bagian haluan, fasilitas pendaratan helikopter dan area apel pada bagian haluan yang cukup untuk menampung sedikitnya 68 personel kepolisian. Rencana umum KP. Yudistira dapat dilihat pada Gambar II.4



Gambar II. 4 KP YUDISTIRA 8003

Pada Gambar II.4 terlihat bahwa KP. Yudistira 8003 ketika sedang dibangun dan siap diluncurkan di salah satu galangan swasta di Jakarta. Kapal tersebut terdiri memiliki *Raised Deck* yang menerus secara penuh dari buritan hingga haluan. *Raised Deck* bagian belakang berfungsi sebagai tempat pendaratan Helikopter, dan bagian tengah digunakan sebagai ruang akomodasi, bagian haluan digunakan sebagai tempat peralatan jangkar dan tambat serta senjata. KP. Yudistira 8003 dibangun dengan campuran material Baja dan Aluminium. Material baja digunakan pada bagian lambung utama hingga *Raised Deck*. Lambung utama mencakup pelat lunas, linggih haluan, gading-gading utama, struktur penumpu, pelat geladak, sekat-sekat dan struktur pendukung lainnya. Sedangkan penggunaan aluminiu terdapat pada bagian bangunan

atas, tepatnya segala struktur di atas *Raised Deck* seperti rumah kemudi, anjungan, dan geladak atas atau *Top Deck*. Perbedaan penggunaan material baja dan aluminium dapat dilihat pada gambar II.4 yang ditunjukkan oleh perbedaan warna cat permukaan. Warna abu-abu menunjukkan struktur lambung utama, warna merah menunjukkan struktur lambung utama yang tercelup di bawah permukaan air. Warna cat putih menunjukkan bagian kapal yang menggunakan material utama aluminium. Baja yang digunakan pada KP. Yudistira 8003 adalah jenis baja *High Tensile*. Dengan kode baja A131 AH 36. Ini menunjukkan bahwa kekuatan baja kapal itu memiliki perbedaan karakteristik dibanding baja kapal pada umumnya.



(sumber: PT. xxx)

Gambar II. 5 Rencana Umum KP Yudistira 8003

Pada Gambar II. 5 terlihat bahwa KP Yudistira 8003 adalah Kapal Patroli *Twin Screw* dengan dua mesin induk yang berada 12 s.d 18 meter dari poros belakang kemudi. *Helideck* terletak di *Raised Deck* memanjang sejauh 11,4 meter dari poros kemudi belakang. KP. Yudistira 8003 mempunyai dua buah perahu karet yang diletakan satu geladak dengan helikopter pada sisi *portside* dan sisi *starboardside* kapal. Daerah *midship* kapal pada *Raised Deck* diisi penuh oleh ruang-ruang akomodasi bagi para personel pasukan. Sedangkan pada bagian *Main Deck* sebagian diisi sebagai ruang akomodasi pasukan, sedangkan bagian lainnya digunakan sebagai ruang kendali atau ruang monitor komponen kapal

## II.2.2. Helikopter Dauphin AS365 – Kepolisian Republik Indonesia

Dauphin AS365 N3 merupakan salah satu jenis helikopter yang dimiliki oleh Kepolisian Indonesia. Dauphin AS365 N3 dibuat oleh Airbus, salah satu produsen helikopter asal Prancis dengan misi utama sebagai helikopter *Search and Rescue* (SAR). Secara teknis Dauphin tergolong helikopter angkut sedang *multirole* yang punya angkut maksimum 4.300 kg. Untuk menunjang berbagai misi, Dauphin dapat membawa maksimum beban tambahan internal hingga 1.345 kg. Namun bila harus membawa muatan, bisa dilakukan dengan *sling* (sejenis tali pengikat) hingga bobot 1.600 kg. Kecepatan maksimum Dauphin 269 km per jam. Sementara jarak jangkauan maksimum Dauphin hingga radius 792 km. Dalam menjalankan misi SAR di lautan, helikopter dapat mengudara sampai 4 jam. Secara global, helikopter Dauphin AS365 N3 saat ini digunakan oleh lebih dari 60 negara dengan 200 lebih jumlah operator.



(sumber : POLAIRUD Metro)

Gambar II. 6 Dauphin AS365

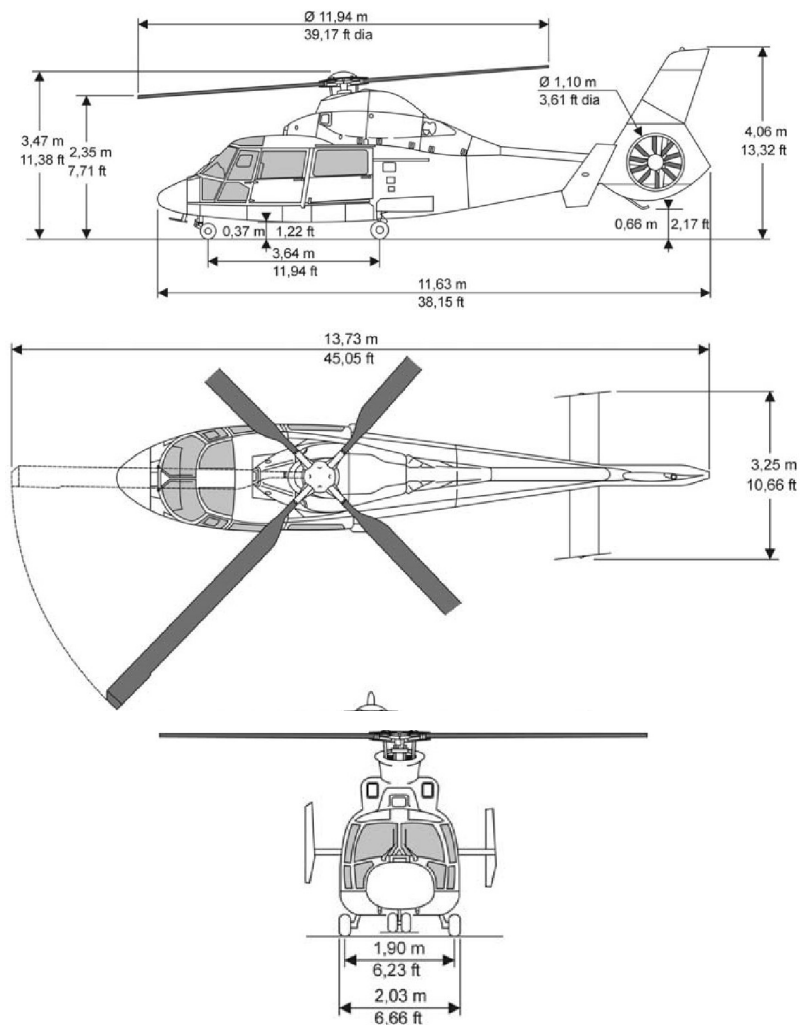
Gambar II.6 menampilkan salah satu Helikopter Dauphin AS365 N3 milik Kepolisian Republik Indonesia. Saat ini Kepolisian Indonesia telah memiliki tiga buah jenis ini dan telah melalui berbagai macam misi seperti,

1. Operasi Kepolisian Puri Agung I Polda Bali,
2. Operasi Kepolisian Bunaken Samprat I & II di Polda Sulut,
3. Operasi Kepolisian Illegal Logging Polda Kaltim
4. Operasi Kepolisian Hutan Lestari 2010 di Polda Papua,
5. Lat IMAR Bersinar Polda Sumut,
6. LATMA Indonesia Philipina (MARLEX) di Polda Sulut,

Selain digunakan oleh Kepolisian Republik Indonesia Helikopter Dauphin AS365 N3 juga digunakan institusi lain di dalam negeri maupun dalam negeri yaitu seperti

1. BASARNAS (Badan SAR Nasional)
2. Lithuanian Air Force (Angkatan Laut Negara Lithuania)
3. United States Coast Guard – USCG (Penjaga Pantai Amerika Serikat)

Saat ini, Helikopter Dauphin AS365 N3 sudah bisa diproduksi oleh perusahaan manufatkur dirgantara domestic, yaitu PT. Dirgantara Indonesia atau lebih sering disebut PTDI. BASARNAS adalah satu pengguna produk Dauphin AS365 N3.



(sumber : Airbus)

Gambar II. 7 Spesifikasi Helikopter Dauphin AS 365N3

Pada Gambar II.7 terlihat spesifikasi geometri Helikopter Dauphin AS365N3. Dauphin AS 365 N3 memiliki dimensi panjang tubuh 11,63 meter, lebar tubuh maksimum 3,25 meter, dengan diameter rotor maksimum 11,94 meter. Panjang keseluruhan termasuk rotor 13,73 meter, dengan jarak antar roda utama dengan roda depan sejauh 3,64 meter dan jarak melintang

antar roda utama sebesar 1,90 meter. Spesifikasi lebih lengkap mengenai AS 365 N3 dapat dilihat dibawah ini:

**At a glance**

Max weight	: 9,480 lbs.
Capacity	: 1/2pilot(s) + 11 passengers
Powerplant	: 2 Turbomeca Arriel 2C
Fast cruise speed	: 145 kts.

**General data**

Empty weight of standard aircraft	: 5,315 lbs.
Maximum <i>take off</i> weight	: 9,480 lbs.
Useful load	: 4,165 lbs.
Usable fuel capacity (standard tank)	: 300 gal.
Powerplant	: 2 Turbomeca Arriel 2C
Cabin volume	: 180.10 (cu.ft.)
Baggage compartment volume	: 38.8 (cu.ft.)
Standard seating capacity	: 1+12 or 2+11

**External dimensions**

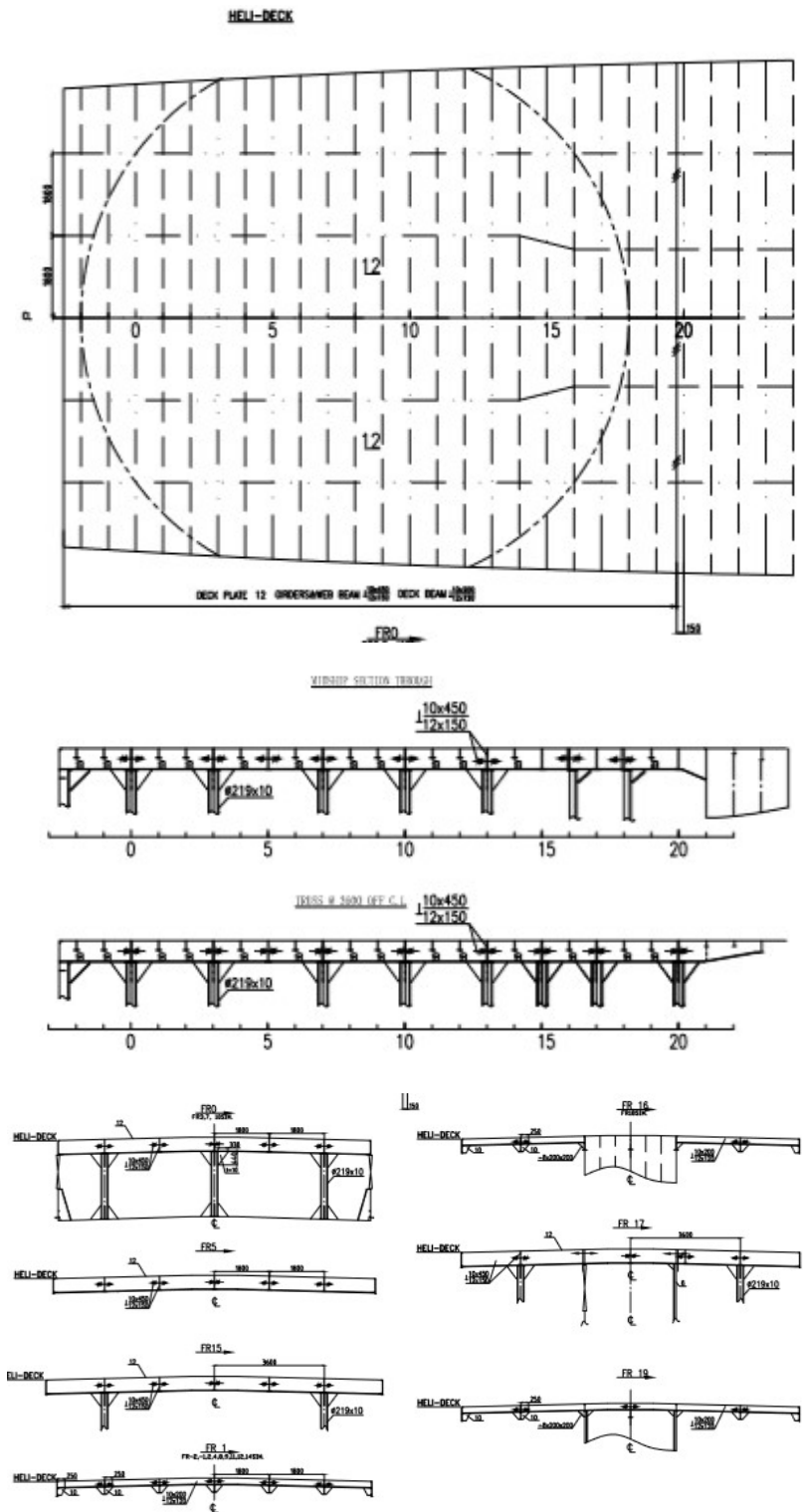
Overall length with blade in front	: 42.65 ft
Minimum width with all blades	: 39.17 ft

**II.2.3. Konstruksi *Shipboard Heliport***

Berdasarkan *rules* yang diterbitkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia, *Heliport* kategorikan sebagai kontruksi geladak pada sebuah kapal. Perhitungan kontruksi geladak menurut BKI harus mengaci pada hal berikut (BKI Vol.II Sek.7) :

1. Zona lepas landas / pendaratan didasarkan pada tipe helikopter terbesar yang diharapkan akan memakai geladak helikopter.
2. Untuk perhitungan ukuran konstruksi, beban lain (muatan, salju/es, dll) harus diperhitungkan secara bersamaan atau secara terpisah, tergantung pada kondisi operasi yang diharapkan. Bila kondisi ini tidak diketahui, data yang ada pada butir 2. dibawah ini dapat dijadikan dasar.
3. Ketentuan berikut pada dasarnya berlaku untuk zona lepas landas / zona pendaratan pada geladak pendaratan khusus yang ditumpu pilar atau pada geladak bangunan atas dan rumah geladak.

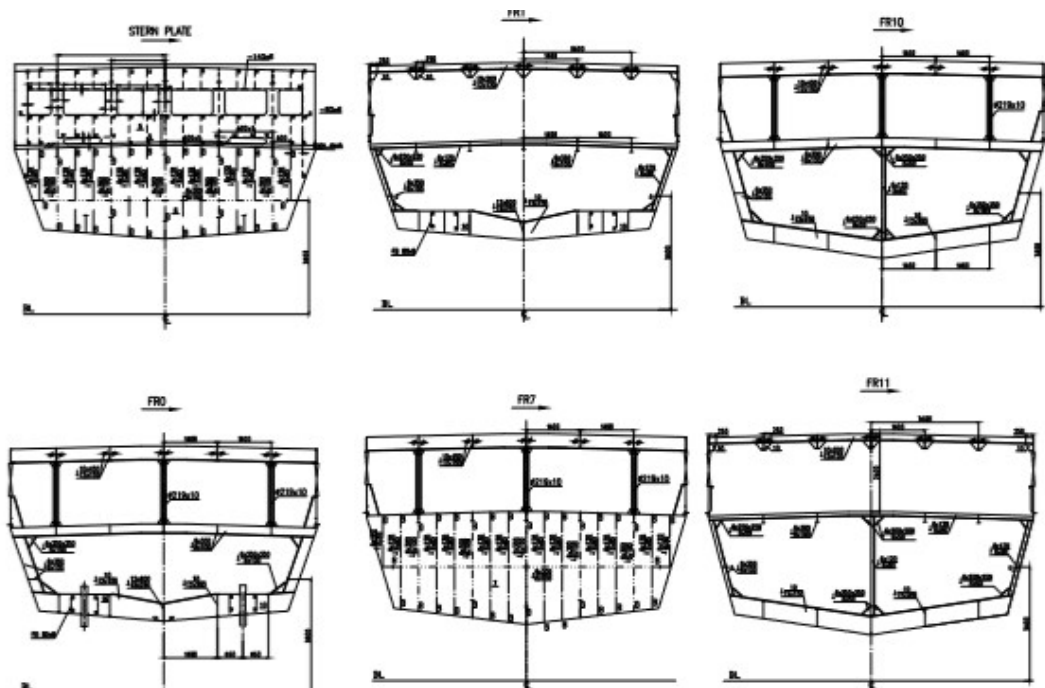
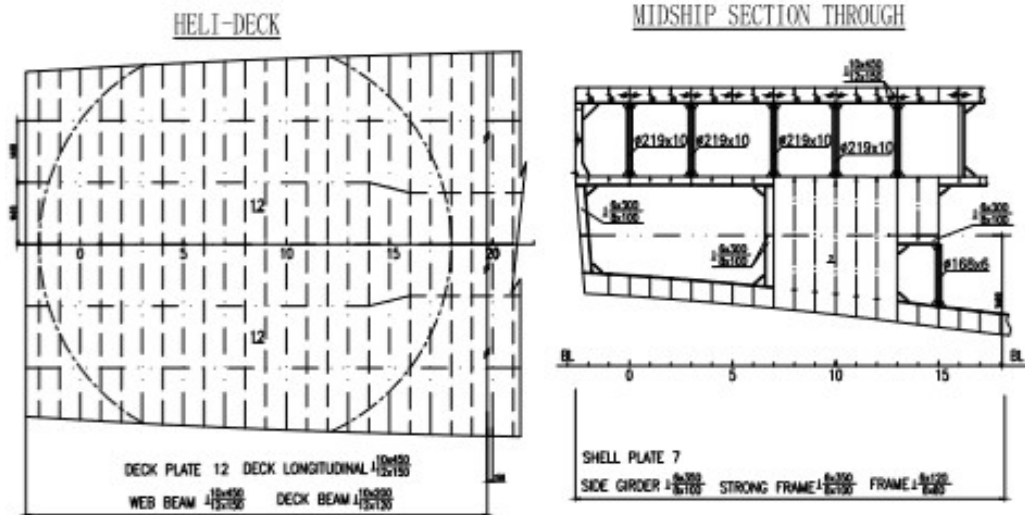
Dari tiga poin di atas dapat disimpulkan bahwa sebuah geladak helikopter harus dihitung berdasarkan berat helikopter terbesar yang direncanakan, pembebanan dihitung dalam berbagai kondisi yang direncanakan dan mungkin terjadi serta daerah pendaratan khusus harus ditumpu oleh pilar atau pada geladak bangunan atas dan rumah geladak.



(sumber: PT. xxx)

Gambar II. 8 Konstruksi *Helideck* KP Yudistira

Gambar II.7 menampilkan desain konstruksi struktur *Helideck* KP. Yudistira 8003 yang terdiri dari pelat geladak helikopter, *girder* geladak, balok geladak helikopter, balok besar geladak, struktur pendukung lain serta area pendaratan helikopter.



(sumber : PT. xxx)

Gambar II. 9 After Construction KP Yudistira 8003

Gambar II.8 menampilkan desain konstruksi struktur buritan KP. Yudistira 8003 secara keseluruhan yang terdiri dari konstruksi geladak helikopter, geladak utama, konstruksi alas sekat-sekat melintang, sekat-sekat memanjang, sekat akhir buritan, konstruksi pilar dan konstruksi sisi kapal.



#### II.2.4. Kekuatan Konstruksi

Penelitian mengenai kekuatan konstruksi telah dilakukan oleh berbagai pihak dengan topik-topik masalahnya sendiri. Penelitian-penelitian tersebut perlu dipelajari guna mempermudah penulis untuk mengembangkan topik penelitiannya agar lebih relevan. Secara konseptual, penelitian Analisis kekuatan suatu konstruksi dapat disusun seperti penelitian-penelitian tersebut.

1. Analisis Kekuatan Struktur *Helideck* pada *Kapal Landing Ship Tank* (LPT) KRI. Teluk Bintuni 7000 DWT dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Penelitian secara umum berisi tentang Analisis tegangan pada geladak helikopter KRI Teluk Bintuni 7000 DWT dengan metode elemen hingga menggunakan *Software* Msc. Patran. Skenario pembebanan dilakukan dengan menggunakan dua buah Helikopter Airbus H225M dan Airbus 565 MBE dengan konfigurasi pembebanan statis, kondisi pendaratan dan kondisi pendaratan darurat. Batas tegangan maksimum pada penelitian ini mengacu pada *rules* Lloyd's Register yaitu sebesar  $175 \text{ N/mm}^2$ . Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *Helideck* KRI Teluk Bintuni mengalami *tegangan* Von Mises maksimum sebesar  $130 \text{ N/mm}^2$  pada konfigurasi pembebanan terbesar, maka struktur *Helideck* KRI Teluk Bintuni dinyatakan kuat dan aman (mengacu pada standar Lloyd's Register). (Hidayatolloh, 2017)

2. Analisis Kekuatan Struktur *Helideck* pada Kapal Patroli Lepas Pantai

Penelitian ini berisi tentang Analisis kekuatan *Helideck* pada kapal patroli lepas pantai Bakamla 101 milik Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (BAKAMLA RI) dengan metode elemen hingga menggunakan *Software* ANSYS. Penelitian dilakukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada *Helideck* ketika diberi beban kerja helikopter. Pembebanan yang dikonfigurasi pada Analisis mengacu pada beban helikopter Airbus H175 dengan berat total 7,8 ton dan variasi dilakukan pada titik *landing* pada kondisi pendaratan darurat Helikopter. Batas tegangan pada penelitian ini mengacu pada *rules* Biro Klasifikasi Indonesia dan memperhatikan faktor keamanan struktur. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *Helideck* kapal Bakamla 101 mampu untuk menunjang pendaratan helikopter dalam keadaan pendaratan darurat sekalipun dengan besar tegangan 223 MPa dan kondisi yang paling optimum untuk

pendaratan yaitu pada kondisi ketika *landing* dilakukan dengan semua roda masuk dalam area *helipad*. (Refdi, 2018)

3. Analisis Tegangan pada Geladak Penumpang Akibat Modifikasi Kapal Penumpang Menjadi Kapal Penumpang Kendaraan.

Penelitian ini menganalisis kekuatan sebuah geladak penumpang yang modifikasi menjadi geladak kendaraan akibat perubahan muatan. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *finite element software*. Pembenangan dilakukan dengan menggunakan tiga jenis beban kendaraan (sepeda motor, mobil dan truk) dengan tiga konfigurasi susunan beban kendaraan secara memanjang. Hasil Analisis menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum lebih kecil daripada tegangan ijin klas Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebesar  $175 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan luluh atau yield strength material 235 sebesar  $\text{N/mm}^2$ . Sehingga disimpulkan bahwa struktur geladak penumpang mampu menerima pembebanan kendaraan sesuai dengan ketiga konfigurasi susunan kendaraan (Haryanto et al, 2017).

4. Analisis Kekuatan Struktur Tank *Deck* Pada Kapal (LPT) *Landing Ship Tank* KRI.Teluk Bintuni 7000 DWT Menggunakan Metode Elemen Hingga

Penelitian ini menganalisis kekuatan struktur geladak pengangkut tank pada kapal KRI Teluk Bintuni dengan metode elemen hingga menggunakan *software* NASTRAN-PATRAN. Pembebanan pada geladak tank terdiri dari beban konstruksi di atasnya (geladak kendaraan, geladak penumpang dan geladak bangunan atas), beban hidrostatis dan beban muatan berupa dua unit tank Panzer 2A VBL dan dua belas unit tank Leopard. Analisis memperhatikan kondisi *sagging* dan *hogging*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menyimpulkan bahwa tegangan Von Mises terbesar pada keseluruhan ring konstruksi terjadi pada Loading Condition 1, yaitu  $174 \text{ N/mm}^2$ . Tegangan maksimal tersebut masih berada dibawah  $\sigma_{ijin}$  sebesar  $175 \text{ N/mm}^2$ , oleh karna itu dapat dikatakan struktur konstruksi tank *Deck* kapal LPT KRI.Teluk Bintuni berada pada kondisi aman. (Nurayoga, 2016)

5. Analisis Kekuatan Konstruksi Sekat Melintang Kapal Tanker dengan Metode Elemen Hingga

Pada penelitian ini dilakukan analisis kekuatan konstruksi sekat melintang ruang muat sebuah kapal tanker dengan metode elemen hingga.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengonversian konstruksi sekat bergelombang menjadi sekat melintang berpenegar yang didesain dengan modulus serupa. Variasi diaplikasikan pada sudut untuk sekat bergelombang dan variasi penambahan penumpu horizontal pada sekat berpenegar. Dari hasil analisis didapatkan bahwa sekat bergelombang mempunyai kekuatan lebih besar serta berat konstruksi yang lebih ringan daripada sekat melintang berpenegar. Tegangan terkecil terjadi pada sekat bergelombang dengan sudut 45° yaitu sebesar 76.6 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan terbesar pada trasekat melintang berpenegar tanpa penumpu yaitu 145 N/mm<sup>2</sup> (Ardianus et al, 2017)

### II.2.5. Baja AH-36

Penggunaan baja dalam industri dan pembangunan kapal merupakan hal yang umum. Baja diklasifikasikan dalam berbagai macam jenis, menurut kandungan, serta sifat-sifat mekanisnya. Salah satunya yaitu Baja *High Steel Low Alloy* (HSLA). Baja HSLA (High Steel Low Alloy) adalah jenis baja paduan rendah yang memiliki kekuatan tinggi dan mudah untuk dibentuk dan biasanya digunakan pada kapal. Baja HSLA ini juga memiliki unsur-unsur paduan yang konsentrasinya hanya sebesar 0.1%. dan tembaga, nikel, niobium, nitrogen, vanadium, kromium, molibdenum, titanium, kalPium, unsur tanah jarang, atau zirconium. Secara umum, karakteristik dari baja HSLA ini adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai keuletan dan juga kekuatan yang tinggi daripada baja biasanya
2. Mempunyai struktur mikro ferit sebagai fasa penyusun utamanya
3. Mempunyai ketahanan terhadap patah getas
4. Mempunyai kekuatan luluh sekitar >250 Mpa
5. Mengandung kadar karbon yang rendah sekitar <0.2% yang mana baik untuk sifat mampu las dan juga mudah dibentuk.

Sifat mekanis baja ASTM 131, AH 36 :

Massa Jenis	: 7,8	Ton/m <sup>3</sup>
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	: 490 – 620	MPa
<i>Yield Tensile Strength</i>	: 350	MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	: 200	GPa
<i>Bulk Modulus</i>	: 160	Gpa
<i>Poissons Ratio</i>	: 0.29	
<i>Shear Modulus</i>	: 80.0	Gpa
<i>Elongation at Break</i>	: 19/22	% in 200/50 mm

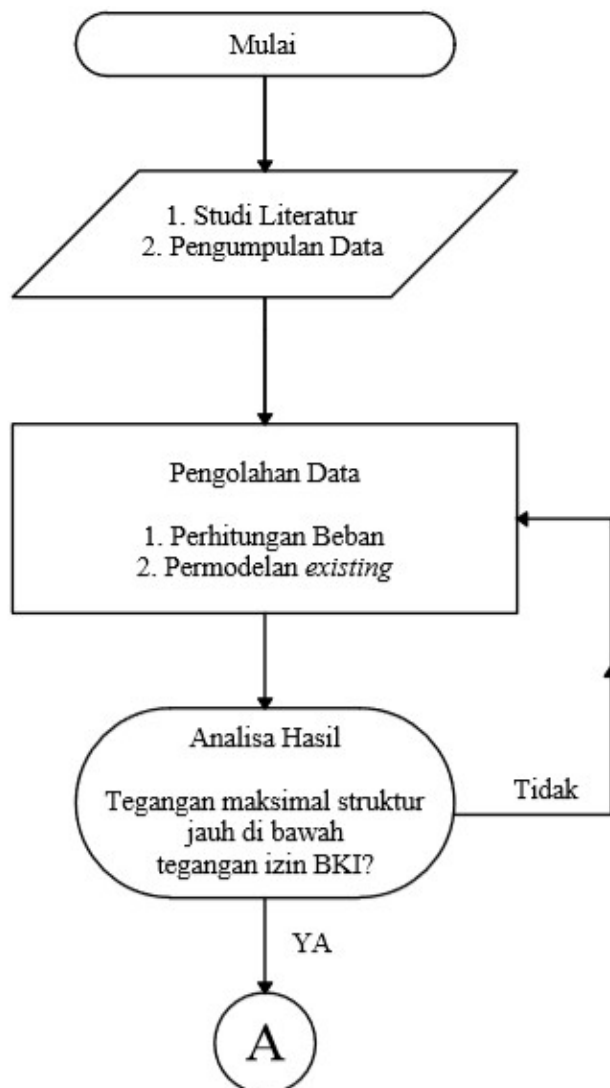
Halaman ini sengaja dikosongkan

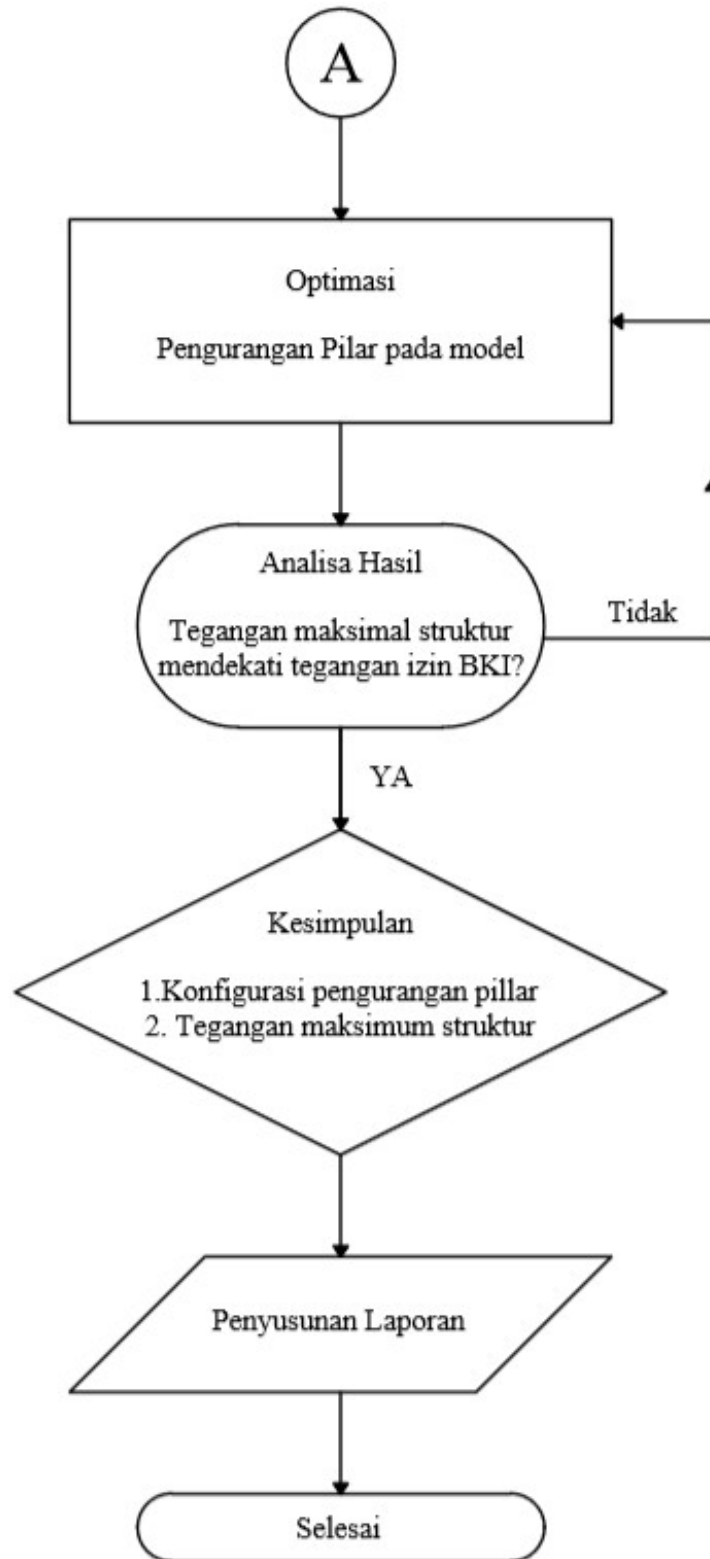
Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB III METODOLOGI

## III.1. Bagan Alir

Bagan alir dalam metodologi penelitian ini berisikan penggambaran secara umum proses pengerjaan penelitian. Penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai ilmu dan teknologi terkait konstruksi, kekuatan dan *Helideck*. Pengumpulan data yang menyangkut kapal, material dan helikopter. Pengolahan data berupa perhitungan data mentah menjadi parameter-parameter penelitian. Analisis hasil dilakukan untuk mencari luaran pra-optimasi. Jika luaran yang diperoleh sesuai yang diharapkan, maka data dapat diproses lebih lanjut untuk dioptimasi. Pada akhirnya hasil optimasi akan diuji terhadap aturan klas lalu disimpulkan kemudian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir berikut,





Gambar III. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Metodologi pada penelitian ini berisikan tahap-tahap yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Pemilihan metode didasari pada kaidah-kaidah penelitian ilmiah, standar prosedur

yang ditetapkan oleh institusi keilmuan, referensi ilmiah serta hasil literasi penulis dalam memilih metodologi yang relevan, logis dan sesuai dengan kesanggupan penulis. Dalam hal ini metodologi pengerjaan tugas akhir terdiri dari:

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Perhitungan kondisi beban dan penentuan variasi
4. Penentuan Kondisi Batas
5. Pemodelan Konstruksi *Existing*
6. Analisis konstruksi *existing*
7. Pemodelan konstruksi optimasi
8. Analisis konstruksi optimasi
9. Pembahasan dan penarikan kesimpulan
10. Penyusunan Laporan Ilmiah

### **III.1.1. Studi Literatur**

Penyusunan kerangka berpikir dalam meneliti suatu masalah perlu didasari pada studi-studi sebelumnya agar penelitian tidak menyimpang dari kaidah-kaidah keilmiahan, serta fokus untuk memaksimalkan pemahaman terhadap topik yang tercakup dalam penelitian itu sendiri, oleh karena itu diperlukan studi literatur sebagai awal penyusunan kerangka berpikir yang relevan. Studi Literatur berisikan teori-teori yang berkaitan dengan judul Tugas Akhir. Selain itu, studi literatur juga berisikan berbagai macam tinjauan hasil penelitian dengan tema dan topik sejenis. Teori-teori beserta pustaka-pustaka ini nantinya akan dijadikan dasaran berpikir dalam menganalisis, memproses, menganalisis dan menyimpulkan masalah yang terjadi pada Tugas Akhir ini. Studi literatur terdiri dari

1. Dasar Teori

Dasar Teori adalah teori-teori dasar yang mendefinisikan suatu masalah atau hal-hal yang terkait dengan penelitian ini. Dasar teori didapatkan dari literasi pada buku-buku Teknik dan Keilmuan fisika, situs-situs keilmuan di internet, serta peraturan-peraturan klas Biro Klasifikasi Indonesia, dan DNV.

2. Tinjauan Pustaka:

Tinjauan pustaka dilakukan untuk memahami pengaplikasian dasar-dasar teori pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Tinjauan pustaka adalah meninjau penelitian yang ada, dan merelevansikannya kepada ide penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir. Peninauan dilakukan



pada jurnal-jurnal kelimuan terkait, skripsi, tugas akhir, thesis ataupun disertasi yang telah terbit. Selain itu, tinjauan pustaka juga dilakukan untuk mengidentifikasi objek-objek yang akan diolah dalam penelitian ini. Objek yang dimaksud meliputi karakteristik objek kapal, helikopter dan material kapal.

### III.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data-data terkait dengan Tugas Akhir yang terdiri dari Ukuran Utama Kapal KP Yudistira 8003, Rencana Umum, *Helideck Construction Drawing*, *After Construction Drawing* dan Spesifikasi Helikopter. Data tersebut didapatkan untuk diolah dalam tahap selanjutnya.

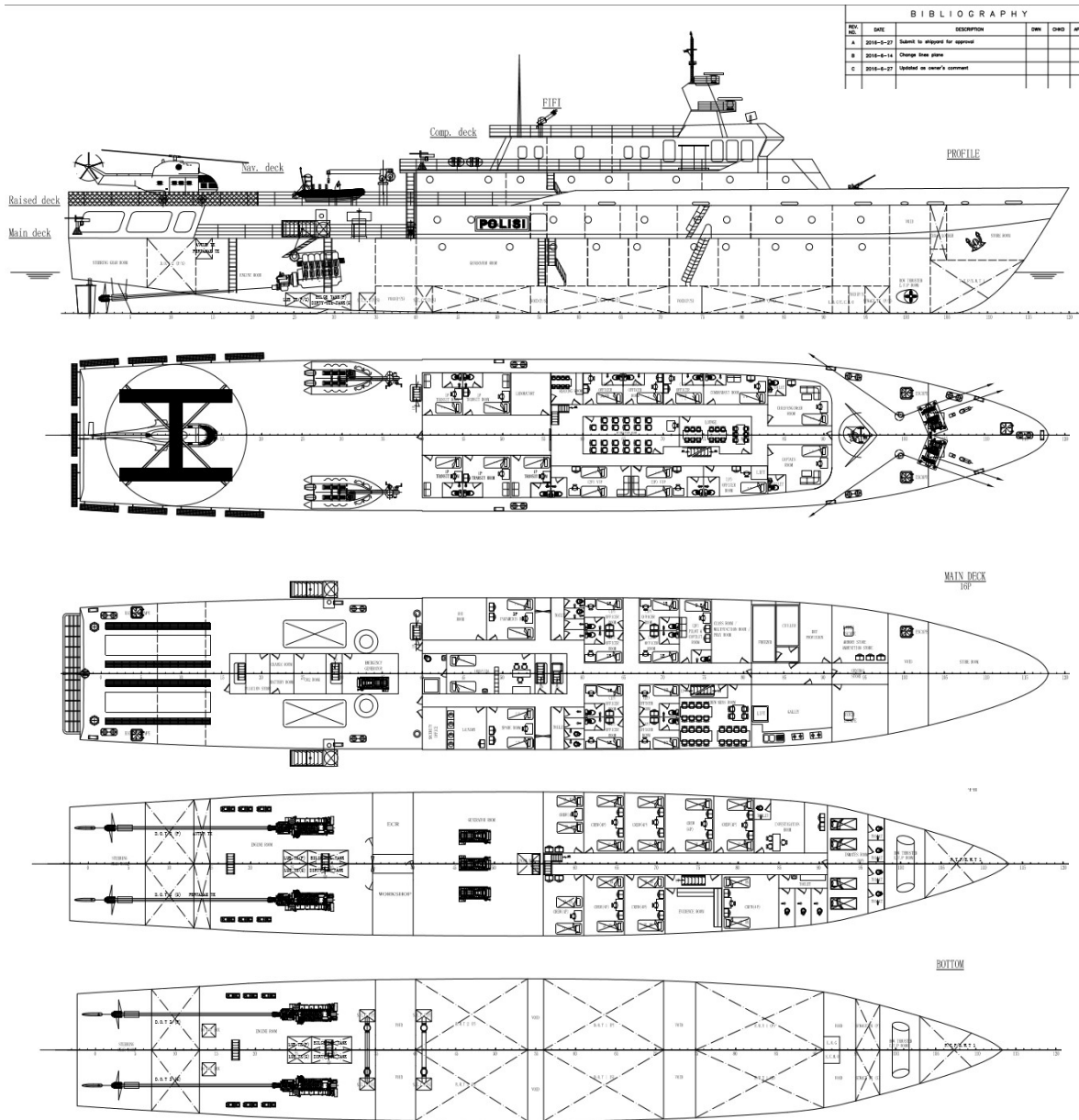
#### III.2.1. Ukuran Utama Kapal

Kapal yang diAnalisis pada penelitian Tugas Akhir ini adalah KP. Yudistira 8003 milik Kepolisian Republik Indonesia. Data kapal didapat dari salah satu galangan kapal swasta dalam negeri. Kapal Yudistira 8003 memiliki ukuran sebagai berikut,

1. *Length Overall* (LoA) = 73 m,
2. *Length beetwen Perpendicular* (Lpp) = 68 m,
3. Sarat (*moudled*) (T) = 3 m,
4. Tinggi (*moudled*) (D) = 5.5 m,
5. Lebar (*moudled*) (B) = 11.35m,
6. Kecepatan Dinas ( $V_s$ ) = 18 kn,
7. Kru dinas = 68 persons.

#### III.2.2. Rencana Umum

Rencana Umum KP Yudistira 8003 menampilkan desain KP Yudistira secara keseluruhan termasuk bagian lambung secara keseluruhan, tampak samping kapal secara utuh, tampak atas, *superstructure*, rumah geladak dan kompartemen-kompartemen lain yang terpasang pada kapal. Pada Gambar III.2 terlihat juga bagian *Helideck* yang akan dianalisis, dimensi *Helideck* dan struktur lain yang terkait dengan *Helideck*. Struktur lain yang dimaksud adalah *raised Deck* sekoci, dan geladak utama yang terdapat tepat di bawah *helideck*.

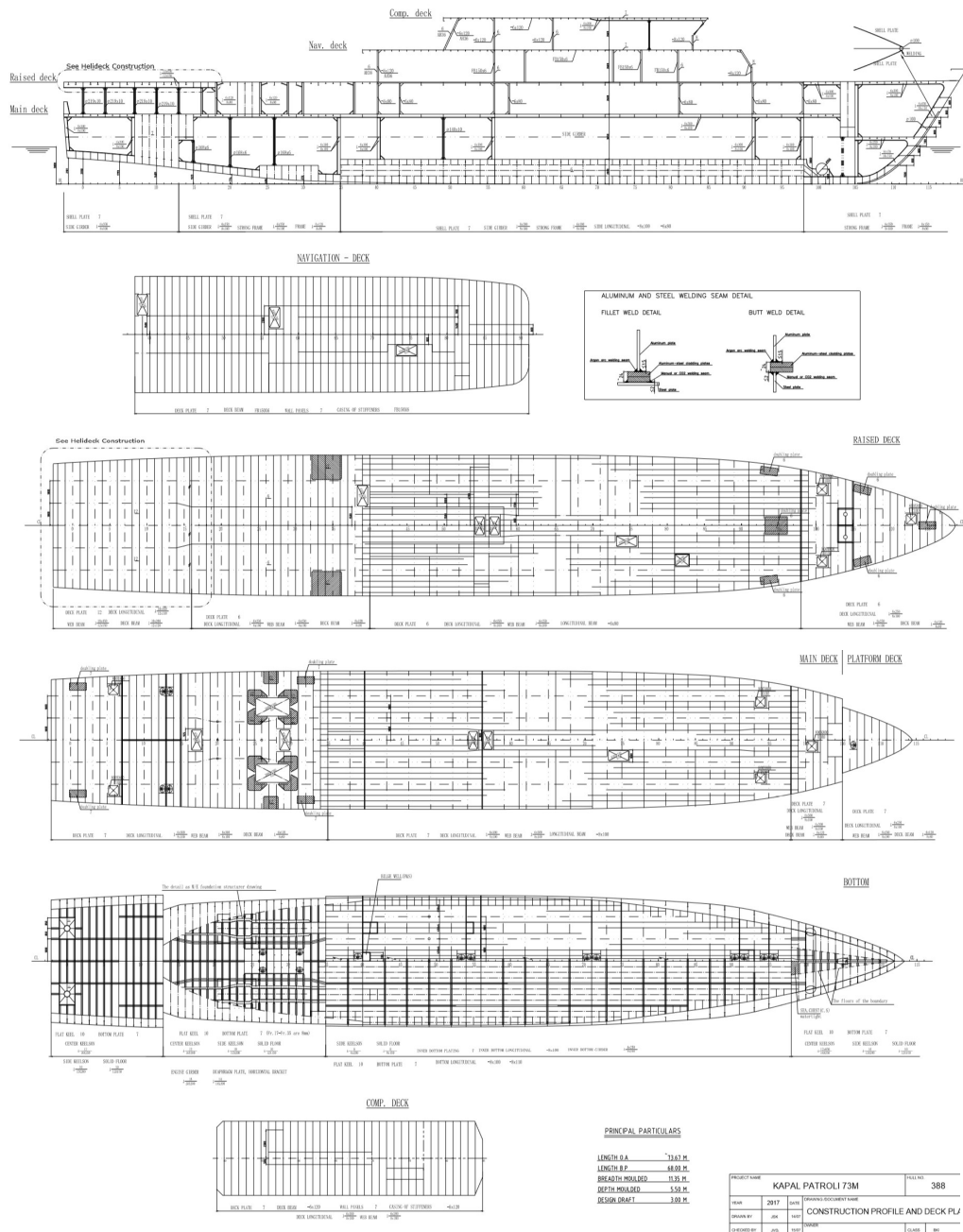


(sumber : PT. xxx)

Gambar III. 2 Rencana Umum KP Yudistira 8003

### III.2.3. Construction Profile

*Construction Profile* adalah data gambar yang menampilkan keseluruhan konstruksi kapal KP Yudistira 8003. Dari data *Construction Profile* dapat dilihat sistem konstruksi kapal, pada bagian lambung, geladak utama, sisi, dan bangunan atas. Lengkap jarak gading-gading utama, sekat-sekat yang terdapat pada kapal. *Construction profile* juga menampilkan konfigurasi atau susunan elemen konstruksi memanjang kapal.



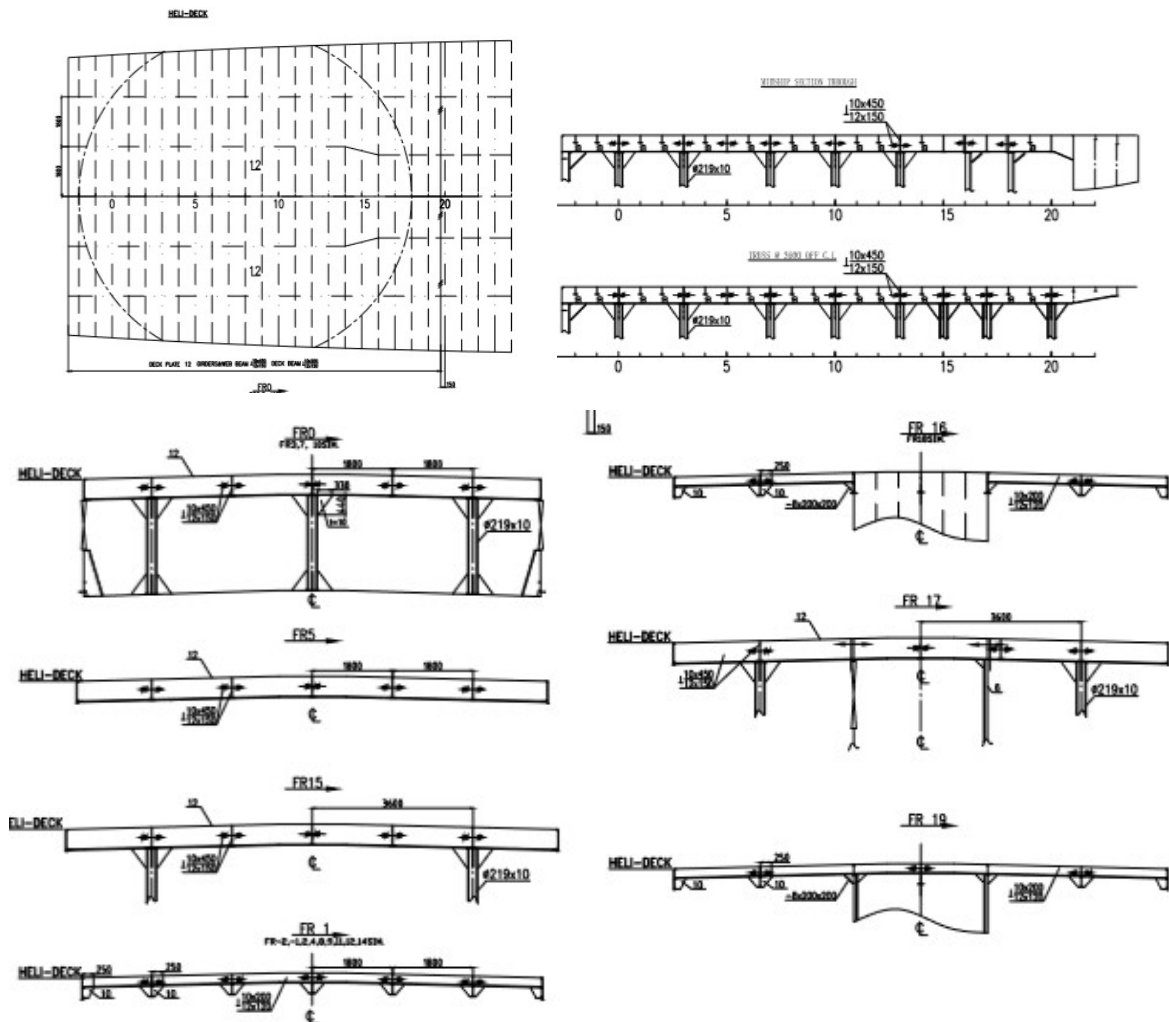
(sumber : PT. xxx)

Gambar III. 3 Construction Profile KP Yudistira 8003

Pada Gambar III.3 terlihat bagian konstruksi *Helideck* pada area buritan kapal KP. Yudistira 8003 yang meliputi konfigurasi balok-balok geladak, konfigurasi pilar pada bagian *Center Line* dan *girder* yang menumpu bagian konstruksi serta bagian-bagian lain yang berhubungan dengan *Helideck*.

### III.2.4. Helideck Construction Drawing

*Helideck Construction Drawing* adalah gambar rinci yang menampilkan rancangan konstruksi *Helideck* KP. Yuidstira 8003. Gambar III. 4 menampilkan konfigurasi *Helideck* secara spesifik. Area *Helideck* terbentang sepanjang dua puluh dua jarak gading dari sekat belakang kapal dengan area landas sepanjang dua puluh jarak gading (sekitar 12 meter) dan lebar sekitar 10 meter. *Helideck* ditumpu oleh lima buah *girder* dari profil jenis T berukuran 450 mm x 10 mm (*web*) dan 150 mm x 12 mm untuk ukuran *face*. Balok besar *Helideck* berukuran yang sama dengan *girder*, dipasang pada nomor gading 0, 3, 5, 7, 10, 13, 15, 17 dan 20. Balok utama merupakan profil T dengan ukuran 200 mm x 10 mm (*web*) dan 150 mm x 12 mm (*face*).

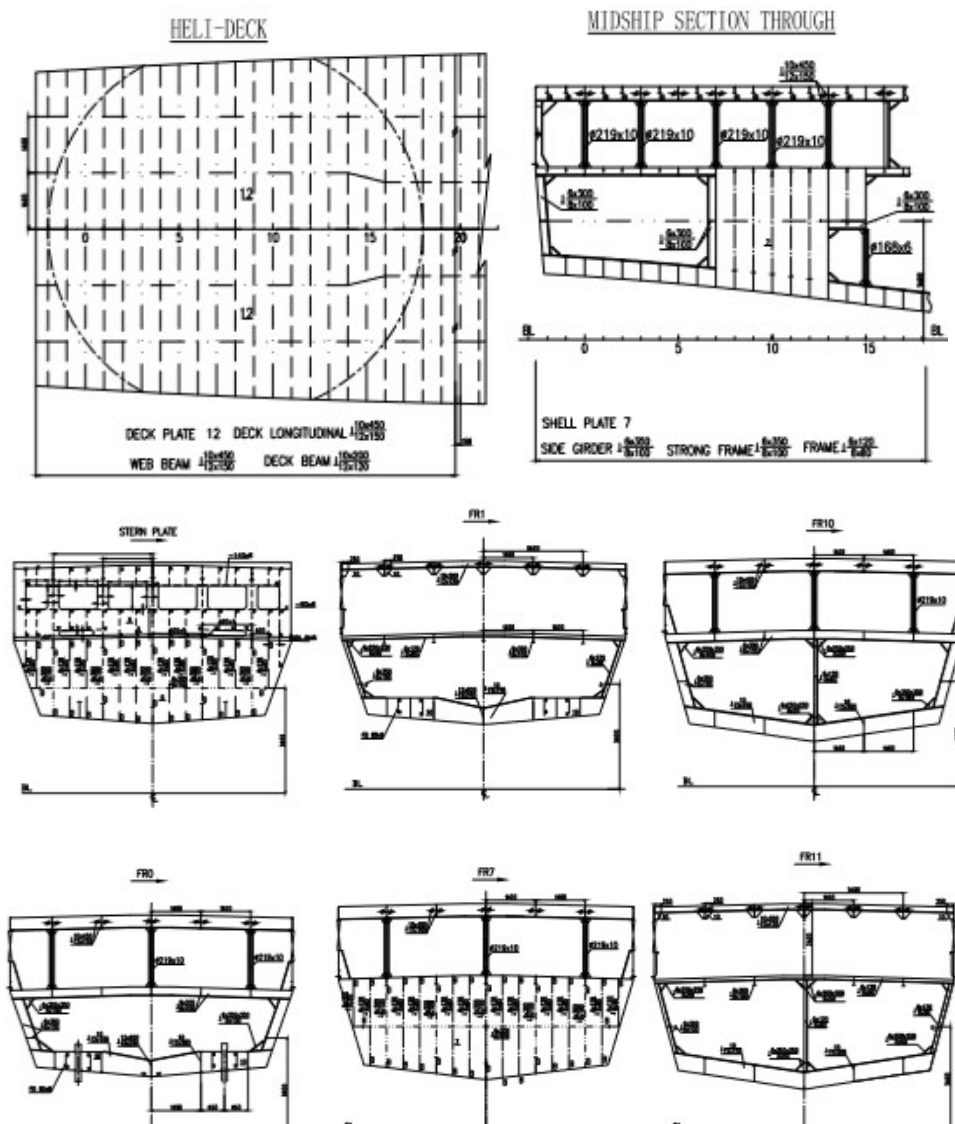


(sumber : PT. xxx)

Gambar III. 4 *Helideck Construction* KP Yuidstira 8003

### III.2.5. After Construction Drawing

*After Construction Drawing* adalah data gambar yang menampilkan keseluruhan konstruksi pada buritan kapal KP Yudistira 8003. Dari data *After Construction Drawing* dapat dilihat sistem konstruksi pada buritan kapal, khususnya di bagian *Helideck*, geladak utama, sisi, dan bangunan atas. Lengkap jarak gading-gading utama, sekat-sekat yang terdapat pada kapal. *After Construction Drawing* juga menampilkan konfigurasi atau susunan elemen konstruksi memanjang kapal. Pada Gambar III. 5 terlihat penampang melintang kapal pada nomor gading 0, 1, 7, 10, 11 dan *Stern Plate* atau pelat buritan. Konfigurasi pilar pada *Centre Line* terletak pada gading 0, 3, 7, 10, dan 13.



(sumber : PT. xxx)

Gambar III. 5 *After Construction* KP Yudistira 8003

Berdasarkan data-data di atas, maka dapat disusun rekapitulasi konstruksi *Helideck* KP. Yudistira 8003 untuk memudahkan penulis dalam proses Analisis sebelumnya. Rekapitulasi konstruksi meliputi bagian-bagian yang direncanakan akan di Analisis. Batasan pada koordinat memanjang dibatasi hingga gading ke tujuh belas, secara vertikal dibatasi dari pelat geladak utama hingga pelat *Helideck* dan secara melintang dibatasi hingga pelat sisi. Rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel III.1.

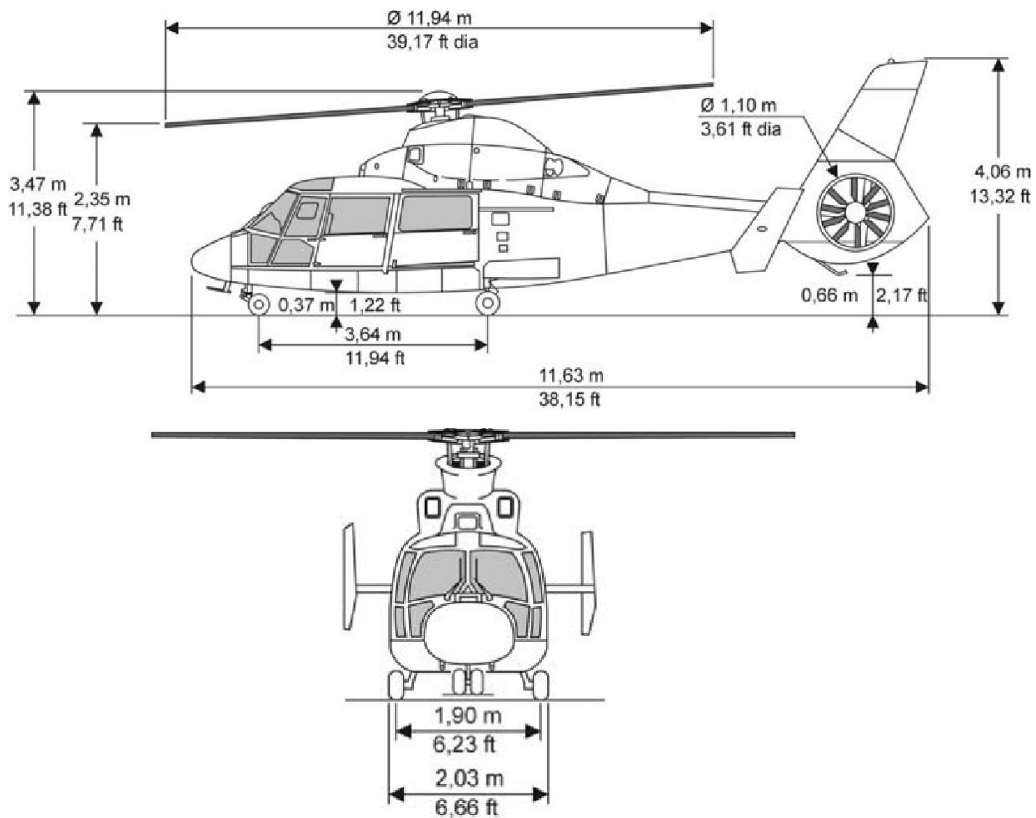
Tabel III. 1 Rekapitulasi Ukuran Konstruksi *Helideck*

No	Nama Konstruksi	Ukuran
1	Pelat <i>Helideck</i>	12 mm
2	Penumpu <i>Helideck</i>	T 450 x 10 (W) - 150 x 12 (F)
3	Balok Besar <i>Helideck</i>	T 450 x 10 (W) - 150 x 12 (F)
4	Balok <i>Helideck</i>	T 200 x 10 (W) - 120 x 12 (F)
5	Pelat Buritan	5 mm
6	Penumpu Pelat Buritan	T 300 x 6 (W) - 100 x 8 (F)
7	Penegar Pelat Buritan	80 x 6
8	Penumpu Horizontal Pelat Buritan	140 x 6
9	Pelat Sisi	7 mm
10	Penumpu Pelat Sisi	T 350 x 6 (W) - 100 x 8 (F)
11	Penegar Pelat Sisi	80 x 6
12	Penumpu Memanjang Pelat Sisi	L 140 x 6 (W) - 120 x 6 (W)
13	Penumpu Memanjang Sekunder Sisi	50 x 6
14	Sekat Ruangan	6 mm
15	Penumpu Sekat Ruangan	T 120 x 6 (W) - 80 x 8 (F)
16	Penegar Sekat Ruangan	80 x 6
17	Ukuran Pilar	D 219 - t 10
	Diameter Luar	219
	Diameter Dalam	209

### III.2.6. Spesifikasi Helikopter

Spesifikasi helikopter sangat dibutuhkan dalam penelitian Tugas Akhir sebagai salah satu sumber pembebanan. Pembebanan menjadi penting karena pembebanan berperan sebagai suatu input utama dalam perencanaan sebuah desain atau konstruksi. Dalam hal ini berat

helikopter dijadikan sebagai salah satu representasi dari beban yang akan diampu. Pemilihan helikopter dilakukan berdasarkan data kepemilikan helikopter Kepolisian Republik Indonesia dan diperkuat dengan adanya pengujian geladak dengan helikopter serupa. Spesifikasi helikopter dapat dilihat pada Gambar III. 6



(sumber : Airbus)

Gambar III. 6 Spesifikasi Dimensi Helikopter AS 365 Dauphin

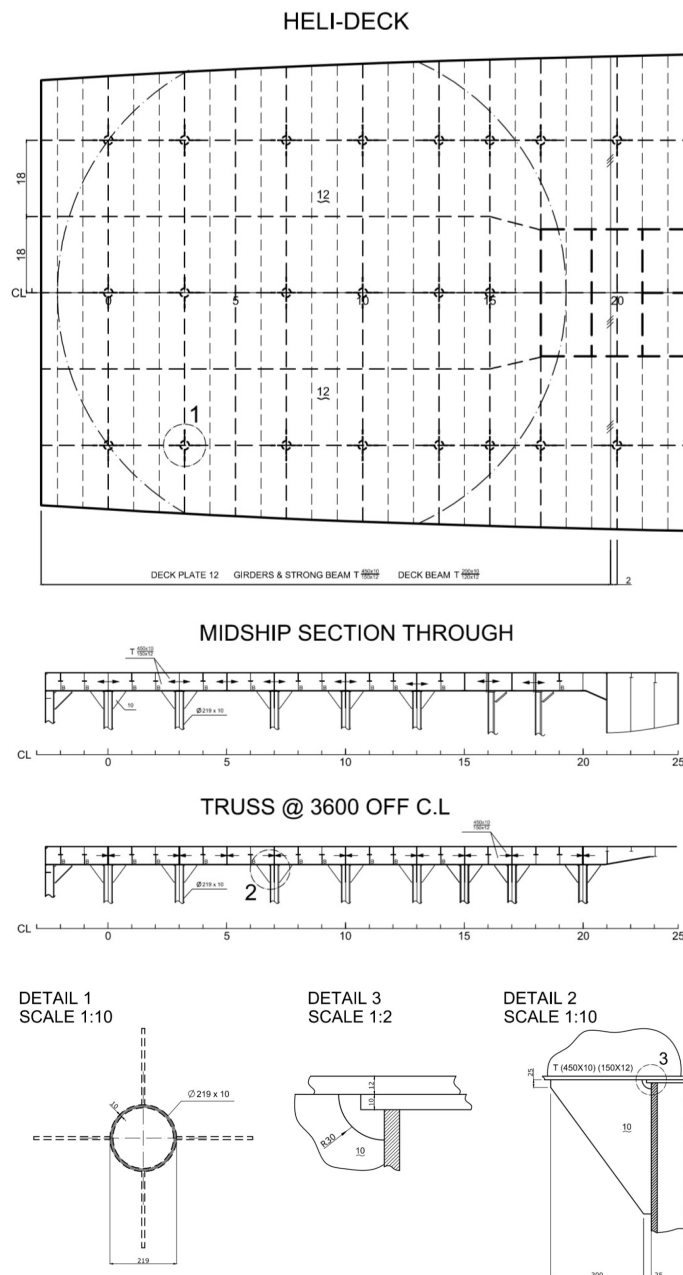
Data helikopter direkapitulasi sesuai dengan kebutuhan penelitian dalam Tugas Akhir ini. Rekapitulasi dilakukan untuk menyederhanakan data untuk selanjutnya diolah pada proses Analisis. Rekapitulasi dibatasi pada beberapa parameter yaitu berat angkut maksimum, diameter rotor utama, jarak antar roda-roda yang lebih lengkapnya tersaji pada Tabel III.2

Tabel III. 2 Rekapitulasi Data Helikopter

No	Spesifikasi	Nilai	Unit
1	<i>Maximum Take Off Weight (MTOW)</i>	4300	kgs
2	Diameter rotor utama	11940	mm
3	Jarak melintang antar roda utama	1900	mm
4	Jarak memanjang antar roda	3640	mm

### III.3. Penggambaran Ulang *Helideck*

Data yang didapat tidak menyajikan kondisi *Helideck* secara utuh dalam satu gambar. Oleh karena itu dilakukan penggambaran ulang untuk menyederhanakan gambar-gambar yang ada menjadi suatu gambar acuan yang bisa memenuhi kebutuhan penelitian. Penggambaran ulang dilakukan tanpa mengurangi atau merubah konstruksi yang ada, namun melengkapi gambar *Helideck* dan mendetailkan beberapa konstruksi agar lebih jelas dan terdefinisi. Hasil Penggambaran ulang dapat dilihat pada Gambar III.7 yang merincikan letak pilar-pilar yang menyangga helikopter, serta detail konstruksi pilar penyangga.



Gambar III. 7 Hasil Penggambaran Ulang *Helideck*



### III.4. Penentuan Variasi

Penentuan variasi dalam penelitian ini meliputi variasi kondisi pembebanan yang diasumsikan biasa terjadi pada *Helideck*. Kondisi Pembebanan pada penelitian ini mengacu pada *Rules* Biro Klasifikasi Indonesia, Volume II 2018 – Section 7 mengenai *Helideck*. Variasi pada kondisi pembebanan yang dimaksud meliputi jenis-jenis gaya yang bekerja pada geladak, besar gaya yang bekerja pada geladak, dan titik kontak gaya yang bekerja pada geladak. Untuk lebih jelasnya, penjelasan kondisi pembebanan bisa dilihat pada Tabel III.3.

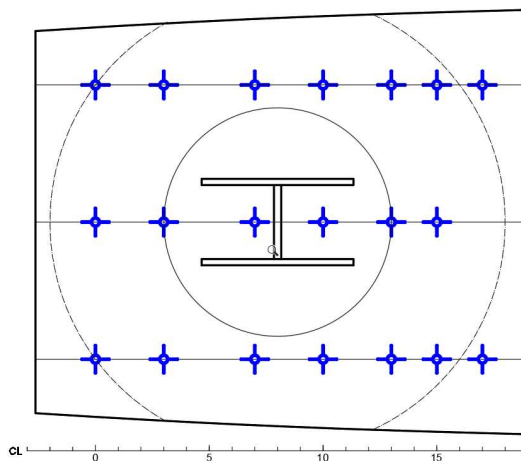
Tabel III. 3 Komponen Pembebanan pada Variasi Kondisi Beban

LC	Jenis Beban	Titik Kontak
1	a. Berat Kontruksi <i>Helideck</i> b. Beban Helikopter c. Kondisi <i>take off</i>	Terdistribusi Roda Belakang kiri Roda belakang kanan Terdistribusi
2	a. Berat Kontruksi <i>Helideck</i> b. Beban Statis Helikopter c. Beban Geladak	Terdistribusi Roda Belakang kiri Roda Belakang Kanan Roda Depan Terdistribusi
3	a. Berat Kontruksi <i>Helideck</i> b. Gaya <i>Landing</i> c. Kondisi <i>landing</i> d. Beban Angin	Terdistribusi Roda Belakang kiri Roda Belakang Kanan Terdistribusi Terdistribusi
4	a. Berat Kontruksi <i>Helideck</i> b. Gaya <i>crash Landing</i> c. Kondisi <i>landing</i> d. Beban Angin	Terdistribusi Roda Belakang kiri Roda Belakang Kanan Terdistribusi Terdistribusi

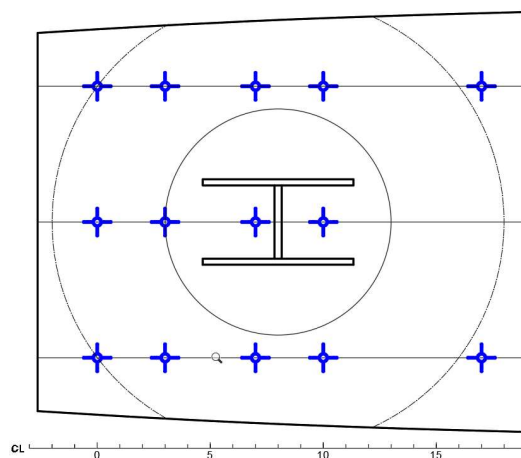
Tabel III.3 mendefinisikan gaya-gaya yang bekerja pada *Helideck* yang akan di Analisis. Semua gaya yang terdefinisi merupakan besaran vektor yang diasumsikan bekerja sepanjang sumbu vertikal (z). Terdistribusi menjelaskan bahwa gaya tersebut akan bekerja pada seluruh kontak atau permukaan yang terdampak oleh sumber gaya tersebut. Sedangkan titik kontak yang telah disebutkan secara spesifik mengartikan bahwa gaya tersebut hanya akan didefinisikan pada suatu titik yang telah ditentukan berdasarkan data dan asumsi ilmiah.

### III.5. Skenario Konfigurasi Pilar – SK

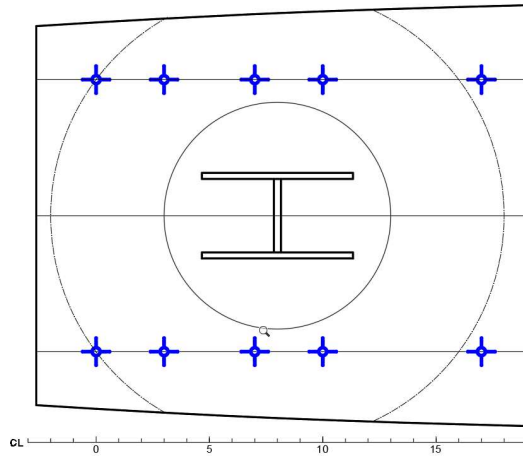
Skenario konfigurasi pilar dilakukan untuk menemukan variasi dan kombinasi pengurangan struktur pilar untuk diAnalisis pada tahap selanjutnya. Konfigurasi dilakukan dengan cara mendesain rencana pengurangan pilar penyangga *Helideck*. Pengurangan dilakukan secara bertahap, mempertimbangkan kesimetrisan konstruksi dan peran konstruksi pilar itu sendiri. Setiap skenario konfigurasi pilar akan diAnalisis secara numerik hingga menghasilkan suatu nilai tertentu dengan luaran akhir pemilihan skenario konfigurasi pilar yang paling optimal. Optimal yang dimaksud adalah konfigurasi dengan jumlah pilar yang paling sedikit dan mampu memikul geladak pada setiap kondisi beban sesuai dengan standar BKI. Skenario konfigurasi pilar selanjutnya akan disebut (SK) dan dapat dilihat pada Gambar III.8 sampai dengan Gambar III.17



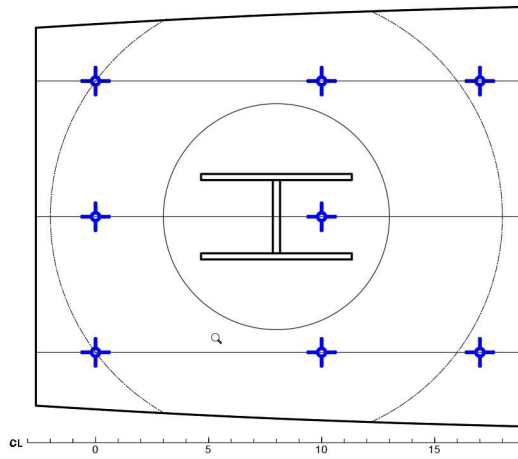
Gambar III. 8 SK 1 - *Existing Condition*



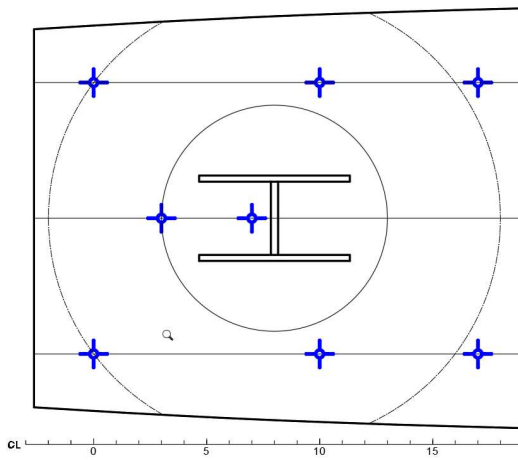
Gambar III. 9 SK 2



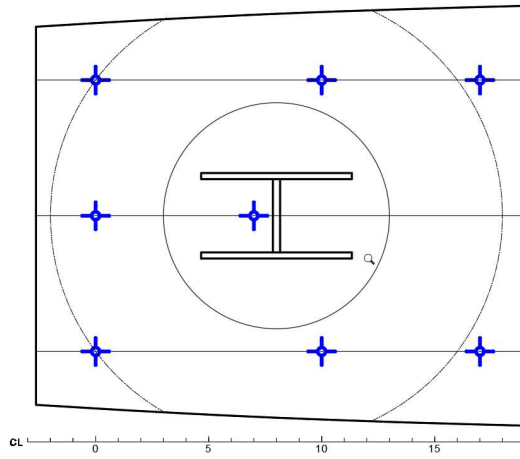
Gambar III. 10 SK 3



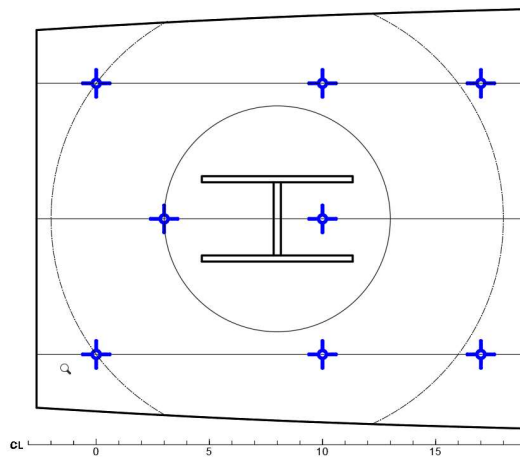
Gambar III. 11 SK 4



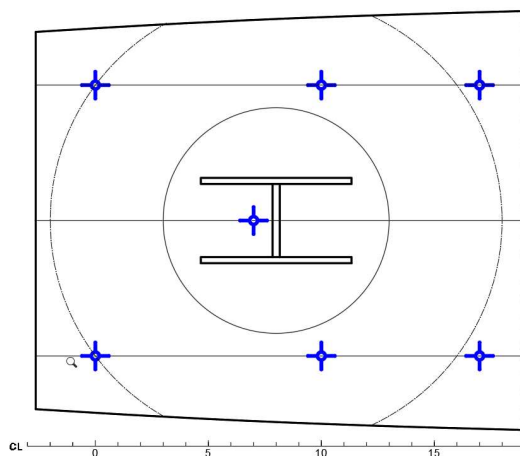
Gambar III. 12 SK 5



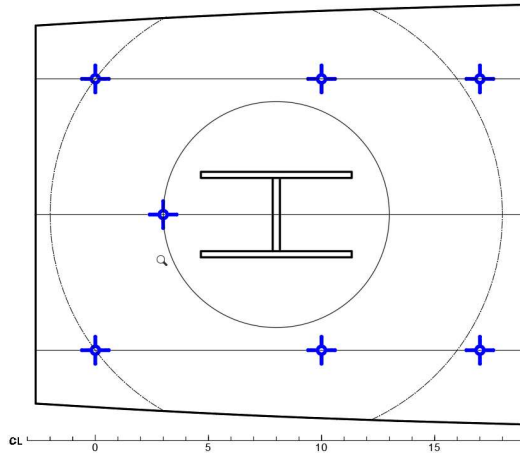
Gambar III. 13 SK 6



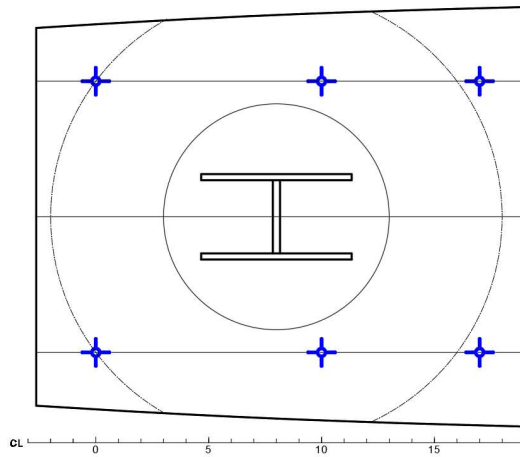
Gambar III. 14 SK 7



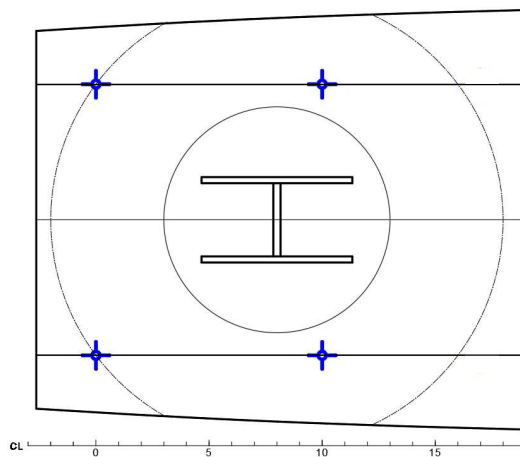
Gambar III. 15 SK 8



Gambar III. 16 SK 9



Gambar III. 17 SK 10



Gambar III. 18 SK 11

Dari Gambar III.8 sampai dengan Gambar III.18 konfigurasi pilar terdiri dari sepuluh skenario dengan mempertahankan pilar-pilar pada gading nomor 0 dan nomor 5 karena pilar

tersebut selain berperan menjadi penyangga, pilar tersebut juga memiliki fungsi sebagai penumpu utama pada kontruksi melintang kapal.

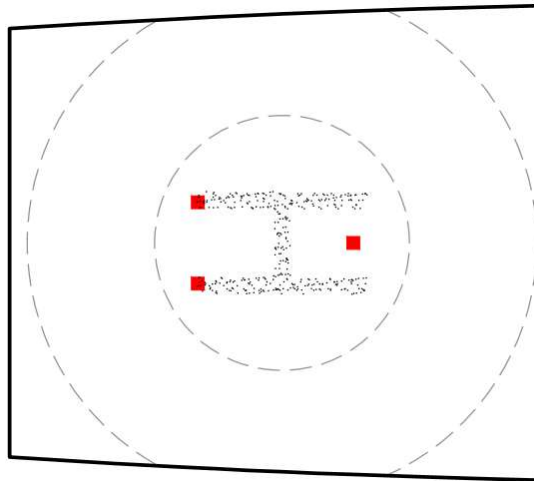
Rangkuman skenario dan konfigurasi pilar dapat dilihat pada Tabel III.4 yang berisikan tentang titik-titik lokasi pilar yang terpasang pada tiap skenario dengan mengacu pada letak gading dan posisi memanjang pilar. Selain itu, pada Tabel III.4 juga berisikan mengenai jumlah pilar terpasang pada tiap skenario. Hal ini diharapkan akan mempermudah penulis untuk menarik kesimpulan akan penelitian Tugas Akhir ini.

Tabel III. 4 Rekapitulasi Skeanario dan Jumlah Pilar pada Tiap Skenario

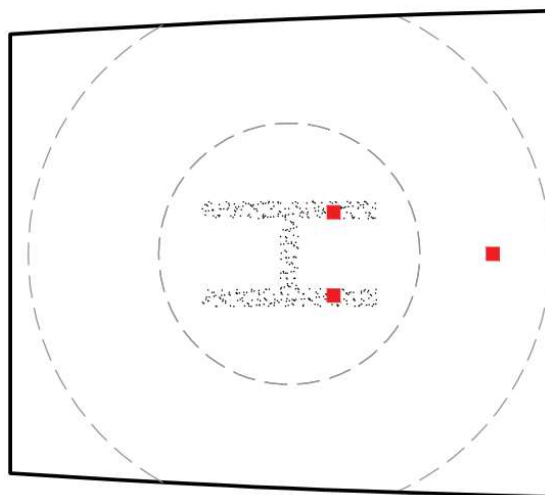
No. SK	Long Pos.	Frame Number								No. SK	Long Pos.	Frame Number							
		0	3	7	10	13	15	17				0	3	7	10	13	15	17	
1	P	+	+	+	+	+	+	+		7	P	+			+				+
	CL	+	+	+	+	+	+				CL		+		+				
	S	+	+	+	+	+	+	+			S	+			+				+
Jumlah Pilar		20								Jumlah Pilar		8							
2	P	+	+	+	+				+	8	P	+			+				+
	CL	+	+	+	+						CL			+					
	S	+	+	+	+				+		S	+			+				+
Jumlah Pilar		14								Jumlah Pilar		7							
3	P	+	+	+	+				+	9	P	+			+				+
	CL										CL		+						
	S	+	+	+	+				+		S	+			+				+
Jumlah Pilar		10								Jumlah Pilar		7							
4	P	+				+			+	10	P	+			+				+
	CL	+				+					CL								
	S	+				+			+		S	+			+				+
Jumlah Pilar		8								Jumlah Pilar		6							
5	P	+				+			+	11	P	+			+				
	CL			+	+						CL								
	S	+				+			+		S	+			+				
Jumlah Pilar		8								Jumlah Pilar		6							
6	P	+				+			+										
	CL	+			+						CL								
	S	+				+			+		S				+				+
Jumlah Pilar		8																	

### III.6. Skenario Pendaratan – (LP)

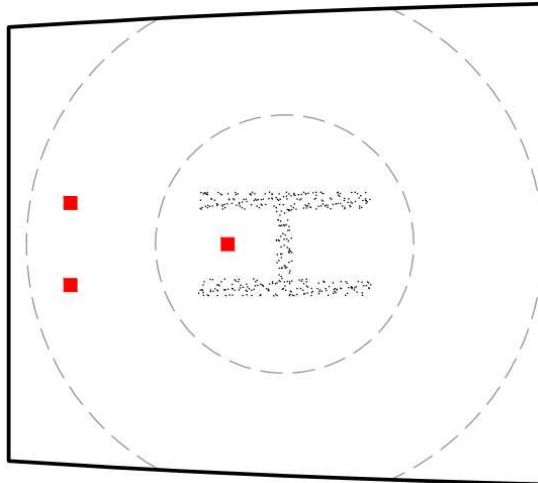
Skenario pendaratan dilakukan untuk memastikan bahwa geladak yang telah dioptimasi mampu menunjang pendaratan helikopter dalam beberapa skenario yang mungkin saja terjadi. Secara ideal, sebuah helikopter akan mendaratkan helikopternya tepat ditengah *Helipad* dan titik kontak roda helikopter berada di dalam lingkaran *helipad*, namun pada beberapa kondisi pendarat sebuah helikopter tidak berjalan lurus atau mendarat dengan sempurna. Ketidaktercapaian dalam pendaratan dalam penelitian ini diasumsikan helikopter mendarat pada titik yang jaraknya sejauh 0,5 diameter *helipad* ke arah haluan, sejauh 0,5 diameter *helipad* ke arah buritan, sejauh 0,5 diameter *helipad*. Dimana 0,5 diameter *helipad* setara dengan 5,97 meter. Skenario jelasnya dapat dilihat pada Gambar III.19 sampai dengan Gambar III.22.



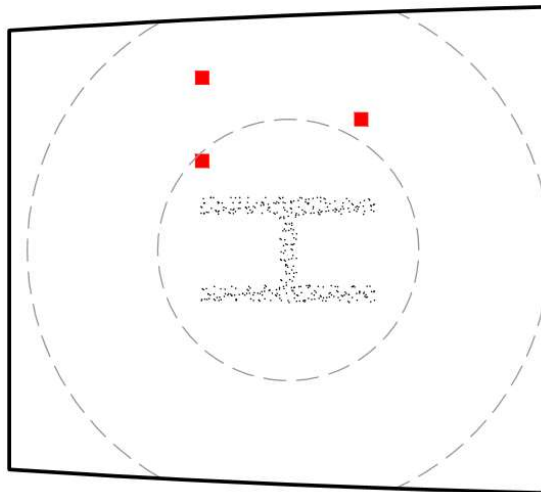
Gambar III. 19 Skenario Pendaratan 1 (LP 1)



Gambar III. 20 Skenario Pendaratan 2 (LP 2)



Gambar III. 21 Skenario Pendaratan 3 (LP 3)



Gambar III. 22 Skenario Pendaratan 4 (LP 4)

Gambar III.19 merupakan penggambaran mengenai kondisi pendarat ideal, dimana semua titik kontak roda helikopter berada di dalam area *Helipad*. Kondisi tersebut seterusnya akan disebut LP 1. Gambar III.20 menggambarkan kondisi pendaratan dimana kontak pendaratan berada sejauh 5,97 meter ke arah haluan, *nose wheel* berada di luar area *helipad*, kedua roda utama berada di dalam area *helipad* (LP 2). Gambar III.21 menggambarkan kondisi pendaratan dimana kontak pendaratan berada sejauh 5,97 meter ke arah buritan, kedua roda utama berada di luar area *helipad* dan *nosewheel* berada di dalam *helipad* (LP 3). Gambar III.22 menggambarkan kondisi pendaratan dimana kontak pendaratan berada sejauh 5,97 meter ke arah sisi, salah satu roda utama berada di luar area *helipad* bersamaan dengan *nosewheel* dan roda utama lainnya berada di dalam *helipad* (LP 3).

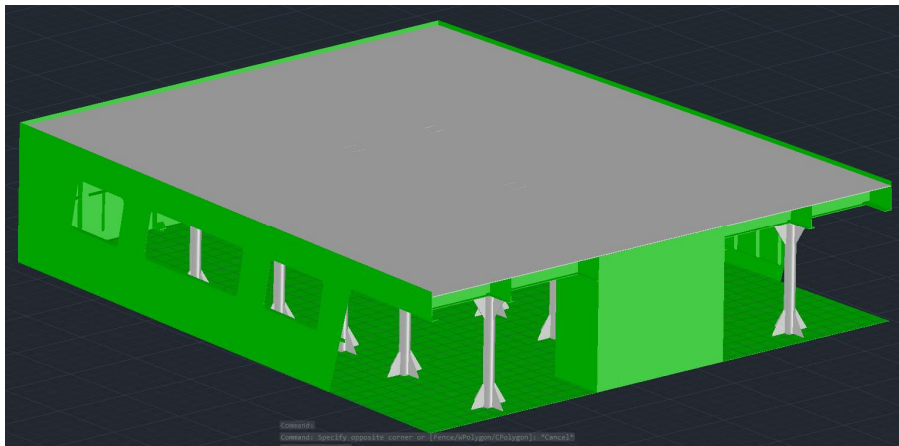


### III.7. Pemodelan *Helideck*

Pemodelan *Helideck* adalah tahap pengonversian data-data gambar yang telah ada menjadi sebuah model tiga dimensi yang nantinya akan dianalisis. Pemodelan dilakukan menggunakan *software Computer Aided Design (CAD)* dengan fitur tiga dimensi. Data yang dijadikan acuan dalam pemodelan tiga dimensi terdiri dari,

1. Rencana Umum KP. Yudistira 8003
2. *Construction Profile* KP. Yudistira 8003
3. *After Construction* KP Yudistira 8003
4. *Helideck Construction* KP Yudistira 8003

Adapun dari data tersebut dapat diperoleh ukuran-ukuran profil, tebal pelat, titik potong, letak sekat, konfigurasi balok, penega sisi, penegar sekat, konfigurasi pilar, dan *bracket* yang semuanya direpresentasikan sepresisi mungkin pada pemodelan tiga dimensi. Pemodelan tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar III.23



Gambar III. 23 Model *Helideck* Tiga Dimensi

### III.8. Analisis Numerik

Analisis numerik adalah tahap dimana model representative diuji dan diAnalisis menggunakan metode elemen hingga berbasis *Software*. Luaran proses ini yaitu meliputi tegangan Von Misses maksimal pada struktur dan sub-struktur pada tiap skenario konfigurasi struktur pilar dan skenario pendaratan akibat beban-beban yang bekerja pada geladak tersebut.

Analisis numerik terdiri dari tiga tahap utama yaitu *Pre-Processor*, *Solver* dan *Post-Processor*. Tahap *Pre-processor* meliputi proses-proses berikut,

1. *Input Material*

*Input material* pada penelitian ini yaitu pemilihan dan pengaturan karakteristik material yang dipakai dalam model yang akan diuji. Material yang digunakan dalam

penelitian ini yaitu *Structural Steel* atau baja struktur *grade* ASTM A131 - AH36. Gambar III.22 terlihat bagaimana pengonfigurasian karakteristik material dilakukan berdasarkan katalog baja AH36 terdaftar. Pengonfigurasian dilakukan pada nilai massa jenis, Modulus Elastisitas (Young), *Poisson's Ratio*, *Tensile Yield Strength*, dan *Tensile Ultimate Strength*.

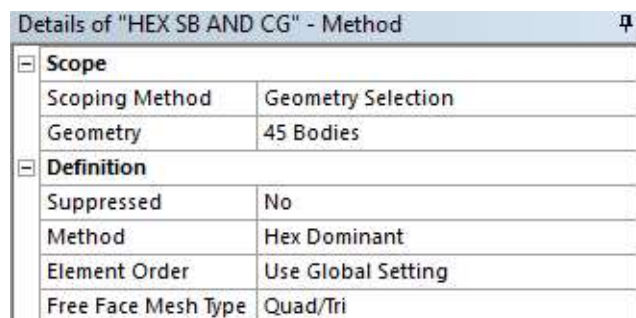
## 2. *Input* Geometri

*Input* Geometri pada penelitian ini dilakukan dengan mengimpor model yang sebelumnya dilakukan pada tahap pemodelan oleh *Software CAD*.

## 3. Konfigurasi Model – *Meshing*

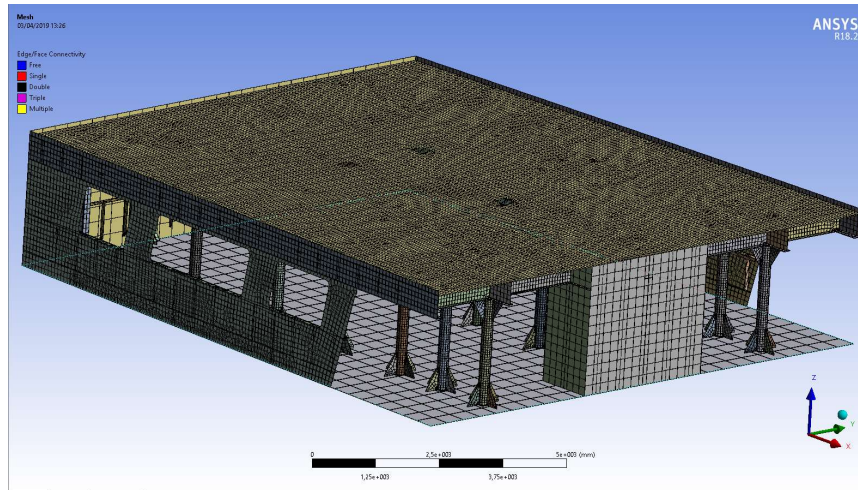
Konfigurasi model meliputi pengecekan bagian-bagian pada model, beserta sambungan-sambungan yang terdapat pada model. Setiap bagian pada model dipastikan terdefinisi sebagai sebuah materi pejal atau pada perangkat ini dikenal dengan sebutan *Body*. Pengecekan sambungan dalam hal ini yaitu untuk memastikan tiap kontak yang terdapat diantara komponen terdefinisi sesuai dengan kondisi model yang diwakilkannya. Dalam penelitian ini dipastikan tiap kontak yang terjadi antara *Body* bersifat jepit dan merupakan sambungan las penuh. Tipe kontak yang relevan dengan kondisi sambungan tersebut adalah tipe *Bonded* yang berarti sambungan terikat atau menempel kuat. Setelah memastikan bahwa model terdefinisi sebagai benda *solid* dan tiap kontak telah terdefinisi sesuai dengan kondisi aslinya, maka tahap selanjutnya adalah tahap distritisasi atau *meshing*.

*Meshing* adalah bagian integral dari proses simulasi rekayasa komputer. Mesh memengaruhi keakuratan, konvergensi, dan kecepatan *solving*. Konfigurasi *meshing* yang tepat berpengaruh pada keakuratan dan kecepatan *solving*. Konfigurasi dilakukan pada besar elemen, bentuk elemen, dan keseragaman elemen. Dalam penelitian ini, besar elemen ditemukan setelah melalui proses konvergensi model.



Gambar III. 24 Contoh Kotak Dialog Metode *Meshing*

Gambar III.24 menjelaskan mengenai konfigurasi *meshing* pada model. bentuk elemen diatur dengan mode elemen hexagonal kuadratikal dan besar elemen dibuat seragam pada tiap bagian model. Mode heksagonal (*Hex Dominant*) mempunyai karakteristik *meshing* dengan jumlah elemen yang lebih sedikit dan sederhana, sehingga memungkinkan proses *solving* yang relatif lebih singkat dan akurasi hasil yang lebih baik. (Ansys.Inc, 2017)



Gambar III. 25 Hasil *Meshing* pada Model

Gambar III.25 terlihat hasil *meshing* pada model yang akan diAnalisis secara keseluruhan. Ukuran *meshing* dibedakan berdasarkan peran dan fungsi struktur ketika menerima beban. Dalam penelitian ini, konfigurasi diskritisasi dibagi pada Struktur *Helideck* yang terdiri dari pelat geladak, balok besar, dan balok utama geladak beserta penumpu memanjang (*girder*) geladak. Selanjutnya adalah bagian Pilar, tiap pilar mempunyai konfigurasi yang identik. Struktur sekat ruang depan, kulit sisi dan pelat buritan mempunyai ukuran elemen yang identik dan pelat geladak utama mempunyai ukuran elemen tersendiri. Ukuran elemen dapat dilihat pada Tabel III.5

Tabel III. 5 Konfigurasi *Meshing* pada Model

Bagian	Jenis Elemen	Ukuran Elemen (m)
Struktur <i>Helideck</i>	<i>Hex Dominant - Quadratic</i>	0,076
Pilar	<i>Hex Dominant - Quadratic</i>	0,050
Sekat Ruang depan	<i>Hex Dominant - Quadratic</i>	0,100
Struktur sisi	<i>Hex Dominant - Quadratic</i>	0,100
Struktur Sekat Buritan	<i>Hex Dominant - Quadratic</i>	0,100
Pelat Geladak Utama	<i>Hex Dominant - Quadratic</i>	0,200

Proses-proses di atas adalah bagian dari tahap *Pre-Processor*. Setelah melalui tahap-tahap tersebut, pengerjaan berlanjut ke tahap *Solver* dimana pada tahap ini dilakukan pensimulasian model, atau Analisis numerik terhadap model. Tahap *Solver* meliputi proses-proses berikut,

#### 1. Aplikasi Kondisi Batas

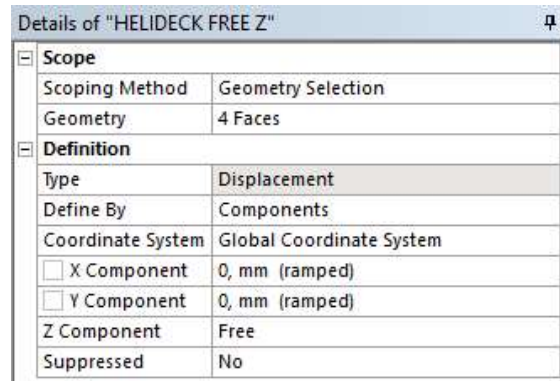
Kondisi batas diaplikasikan agar kondisi sebenarnya yang dialami struktur dapat disimulasikan pada model. Kondisi batas yang diaplikasikan berupa tumpuan pada ujung model yang membatasi derajat kebebasan model (*degree of freedom*) Terdapat 6 jenis derajat kebebasan model, yaitu displamen pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z; serta rotasi pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z. (Refdi, 2017).

Tabel III. 6 Kondisi Batas Model

Bagian	Jenis	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
Global	Translasi	-	-	Bebas
	Rotasi	-	-	-
Pilar	Translasi	-	-	Bebas
	Rotasi	-	-	-
GeomteriGeladak Utama	Translasi	-	-	-
	Rotasi	-	-	-

Tabel III.6 menjelaskan aplikasi kondisi batas yang diterapkan pada penelitian ini. Pengaturan kondisi batas memberikan kebebasan translasi global sepanjang sumbu Z atau sumbu vertikal model dan kondisi batas kebebasan 0 (nol) pada tiap sumbu translasi ataupun rotasi di permukaan atas pelat geladak.

Kondisi batas diaplikasikan melalui tahapan perintah **Project > Model (A4) > Static Structural > Klik Kanan > Insert > Displacement**. Selanjutnya dilakukan pemilihan kondisi batas berupa titik (*Vertex*), garis (*Edge*), atau luasan (*Surface*), Klik area yang dipilih, **Select Geometry > Apply**. Pemilihan derajat kebebasan pada kotak dialog **definition**. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar III. 26 yang mencitrakan kotak dialog konfigurasi *displacement* sebagai pengatur kondisi batas.



Gambar III. 26 Kotak Dialog Konfigurasi *Displacement*

## 2. Aplikasi Pembebanan

Aplikasi pembebanan dilakukan untuk mensimulasikan kondisi operasional model geladak yang di Analisis. Pembebanan dilakukan diusahakan sesuai dengan kondisi aslinya, berdasarkan perhitungan teknis yang disyaratkan dan dirumuskan oleh Rules Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) menjadi beberapa kondisi beban (*Load Condition*) atau LC. Yaitu LC 1, LC 2, LC 3 dan LC 4. Pada tabel III.7 dijelaskan mengenai kondisi pembebanan yang terjadi pada tiap kondisi. Dimana pada LC 1 merepresentasikan kondisi beban ketika *Take off*, dengan rincian beban yang terdiri dari Beban *Take Off*, Beban Helikopter dan berat struktur itu sendiri. LC 2 adalah kondisi statis helikopter di atas geladak dimana komponen beban terdiri dari berat geladak itu sendiri, beserta berat helikopter keseluruhan. LC 3 merepresentasikan kondisi *landing* yang terdiri dari komponen gaya berat helikopter, berat geladak, gaya distribusi kondisi *landing* helikopter beserta beban angin akibat baling-baling helikopter. Dan yang terakhir adalah LC 4 yang merepresentasikan kondisi pendaratan darurat dengan komponen gaya berat berat helikopter dengan faktor pendaratan darurat, beban angin, kondisi *landing* dan berat geladak itu sendiri

Tabel III. 7 Kondisi Pembebanan Geladak

LC		Jenis Beban	Titik Kontak	Besar (kN)
1	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27,648
	b	Beban Helikopter	Roda Belakang kiri	13,500
			Roda belakang kanan	13,500
c	Kondisi <i>take off</i>	Terdistribusi	249,240	
2	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27,648
	b	Gaya Vertikal Helikopter	Roda Belakang kiri	16,130

			Roda Belakang Kanan	16,130
			Roda Depan	10,750
	c	Beban Geladak (Me)	Terdistribusi	22,018
3	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27,648
	b	Gaya <i>Landing</i>	Roda Belakang kiri	16,130
			Roda Belakang Kanan	16,130
	c	Kondisi <i>landing</i>	Terdistribusi	62,310
d	Bebann Angin	Terdistribusi	186,930	
4	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27,647
	b	Gaya <i>Landing</i>	Roda Belakang kiri	26,870
			Roda Belakang Kanan	26,870
	c	Kondisi <i>landing</i>	Terdistribusi	62,31
d	Bebann Angin	Terdistribusi	186,93	

Beban diaplikasikan ke model dalam bentuk gaya pada daerah kontak antara roda helikopter ke permukaan pelat *Helideck*. Pembebanan yang terjadi akibat kontak roda helikopter didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada area seluas 30 cm x 30 cm pada tiap satuan roda helikopter. Pembebanan *Landing Force*, *Take Off Force* dan Beban angin didistribusikan pada seluruh luasan *Helideck*. Sedangkan berat geladak direpresentasikan terjadi pada permukaan pelat puka profil blok geladak dan penumpu memanjang geladak searah negatif sumbu z. Gaya-gaya yang bekerja pada struktur bekerja searah negatif sumbu-z atau searah dengan percepatan gravitasi.

Pengaplikasian Beban dilakukan melalui tahapan perintah **Project > Model (A4) > Static Structural > Klik Kanan > Insert > Force**. Selanjutnya dilakukan pemilihan area kerja beban berupa titik (*Vertex*), garis (*Edge*), atau luasan (*Surface*), Klik area yang dipilih, **Select Geometry > Apply**. Pemilihan karakteristik beban pada kotak dialog **definition**. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar III. 27 yang mencitrakan kotak dialog konfigurasi gaya sebagai pengatur pembebanan. Konfigurasi meliputi besar beban, area kerja beban, dan arah kerja beban.

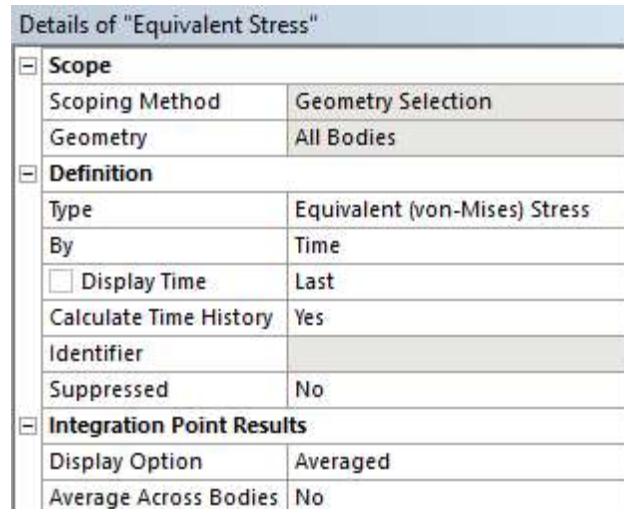
Details of "LC 1 AND LC 3 MAIN WHEEL"	
[-] <b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Faces
[-] <b>Definition</b>	
Type	Force
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input checked="" type="checkbox"/> X Component	0, N (ramped)
<input checked="" type="checkbox"/> Y Component	0, N (ramped)
<input type="checkbox"/> Z Component	-2700, N (ramped)
Suppressed	No

Gambar III. 27 Kotak Dialog Konfigurasi *Force*

### 3. Pengaturan Luaran

Pengaturan Luaran adalah penentuan jenis luaran yang diinginkan untuk dicitrakan pada tahap post-processor. Berdasarkan Sub-bab II.1.6, pada penelitian ini jenis luaran yang diinginkan adalah hasil Analisis tegangan Von Misses pada struktur global, deformasi pada struktur global, tegangan normal pada Pilar dan deformasi total pada pilar. Pengaturan luaran dilakukan melalui tahapan perintah **Project > Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Klik Kanan > Insert > [Stress > Equivalent Stress (Von Misses)]** atau **[Deformation > Total Deformation]**. Tahap ini berlaku untuk satu model utuh secara keseluruhan. Sedangkan untuk mengatur luaran secara spesifik memerlukan perintah **Project > Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Klik Kanan > Insert > [Stress > Normal Stress]**. Selanjutnya dilakukan cara yang sama dengan penspesifikasian geometri yang ingin diAnalisis lebih lanjut. Penspesifikasian dimulai pemilihan area kerja beban berupa titik (*Vertex*), garis (*Edge*), luasan (*Surface*) atau *Body*, Klik area yang dipilih, **Select Geometry > Apply**. Pemilihan karakteristik beban pada kotak dialog **definition**. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar III. 28 yang mencitrakan kotak dialog luaran atau solusi. Konfigurasi meliputi jenis luaran dan jumlah geomteri yang diteliti.

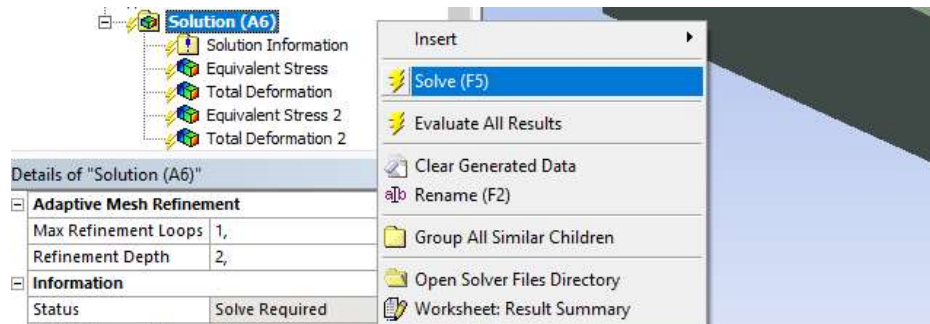




Gambar III. 28 Kotak Dialog Stress *Definition*

#### 4. Analisis Numerik

Proses akhir dari tahap *solver* adalah proses Analisis Numerik. Pada tahap ini, model, diskritisasi, kondisi batas dan konfigurasi pembebanan akan diolah secara numerik oleh *software* elemen hingga. Analisis numerik akan berjalan dengan perintah berikut klik Kanan pada **Solution (A6)** > **Solve**. Gambar III. 29 menampilkan kotak perintah pada proses Analisis Numerik yang dimaksud.



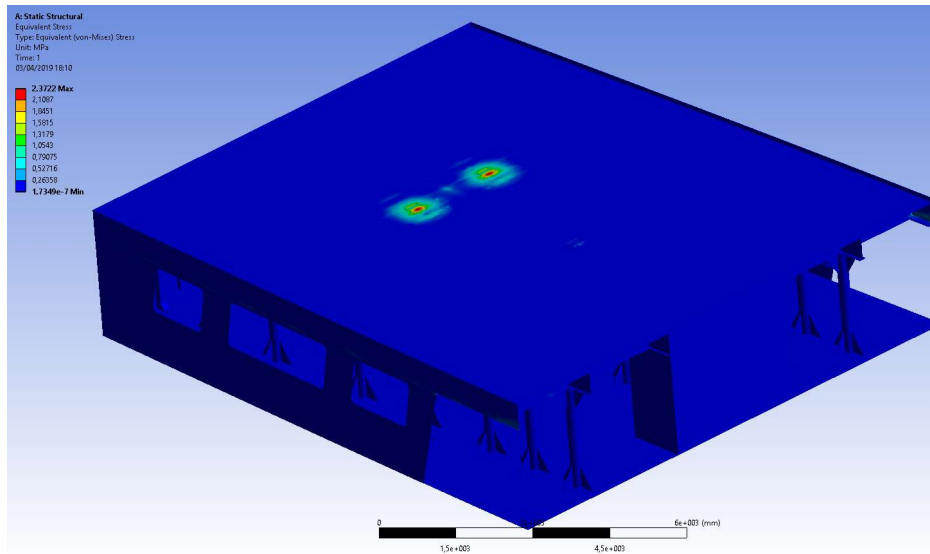
Gambar III. 29 Kotak Perintah *Solver*

Tahap akhir dari Analisis Numerik adalah tahap *post-processor*. Pada tahap ini muncul citra yang merepresentasikan respon model terhadap pembebanan dan kondisi batas yang disimulasikan pada tahap-tahap sebelumnya. Hasil citra tersebut dapat dilihat pada Gambar III.30 sampai dengan gambar III. 32

##### 1. Global Von Misses Stress

Gambar III.30 menampilkan citra tegangan von misses secara global pada kondisi pembebanan LC 2, dimana pendaratan dilakukan tepat di dalam area *helipad* dan model geladak mengacu pada kondisi *exsiting*.

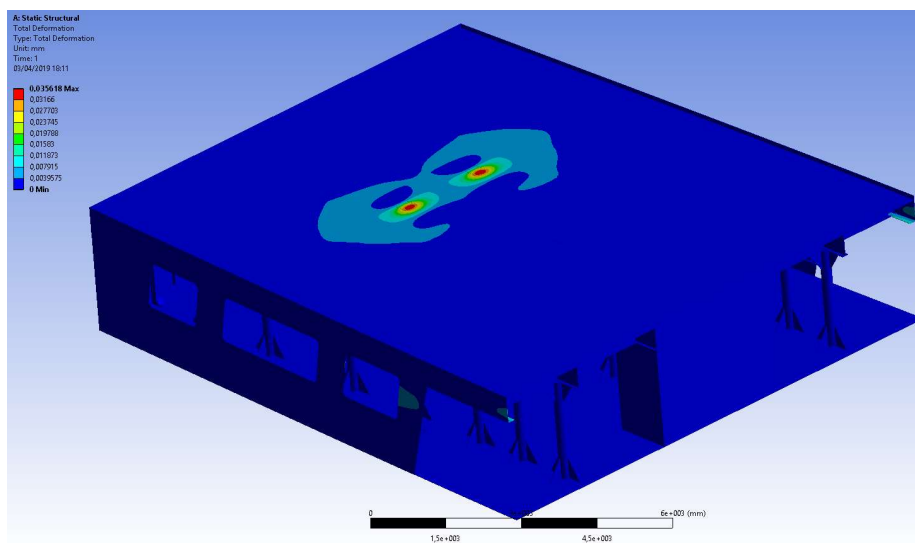




Gambar III. 30 Contoh citra Tegangan Von Misses pada *Helideck*

## 2. *Global Deformation*

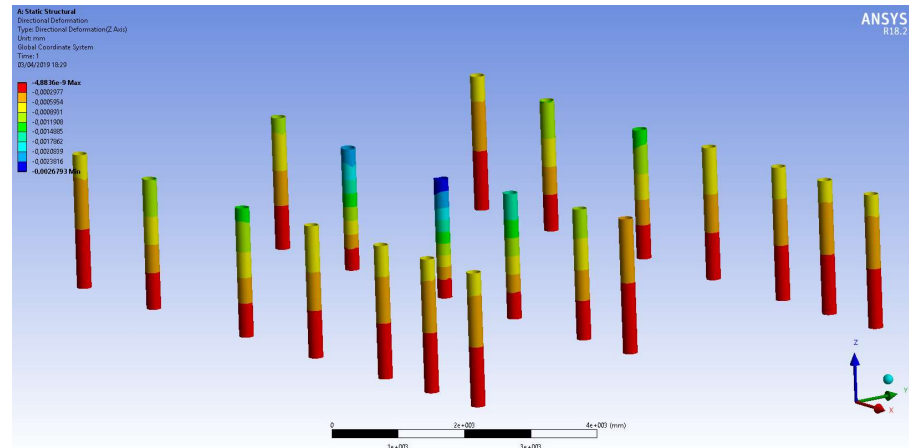
Gambar III.31 menampilkan citra deformasi struktur secara global pada kondisi pembebanan LC 2, dimana pendaratan dilakukan tepat di dalam area *helipad* dan model geladak mengacu pada kondisi *existing*.



Gambar III. 31 Contoh citra deformasi global pada *Helideck*

## 3. *Local Normal Stress*

Gambar III.32 menampilkan citra deformasi struktur local pada pilar-pilar dalam kondisi pembebanan LC 2, dimana pendaratan dilakukan tepat di dalam area *helipad* dan model geladak mengacu pada kondisi *existing*.



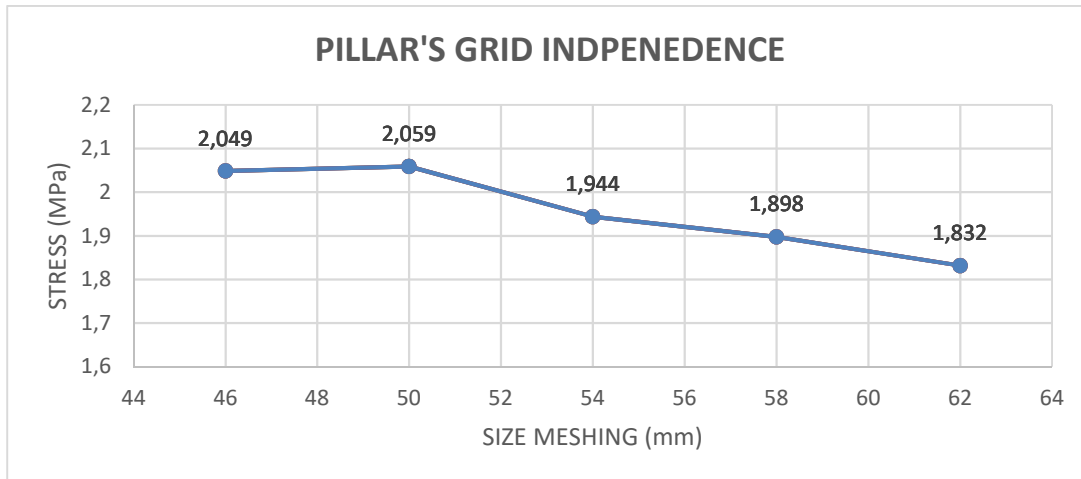
Gambar III. 32 Contoh Hasil deformasi lokal pada sistem pilar

### III.9. Pengujian Konvergensi

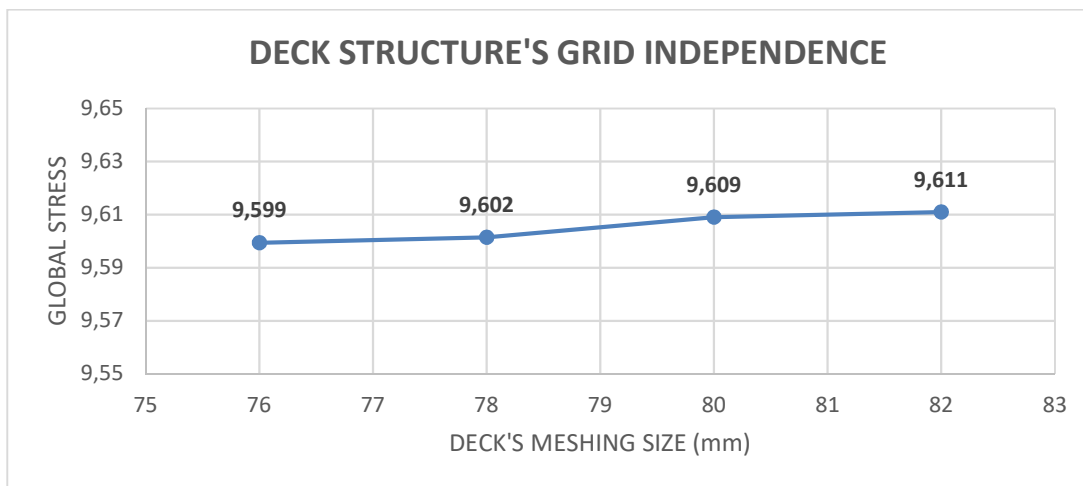
Hasil Analisis yang ditampilkan oleh *software* belum bisa dianggap mewakili kondisi sebenarnya karena tingkat keakurasian yang rendah. Hal itu ditunjukkan oleh adanya fluktuatif luaran ketika adanya perubahan jumlah elemen diskrit pada model. Pada penelitian sebelumnya dijelaskan bahwa hal tersebut disebabkan oleh sebuah galat yang disebut *Discretization error*. *Discretization error* merupakan galat yang diakibatkan kurangnya jumlah elemen yang digunakan untuk merepresentasikan komponen atau sistem yang dianalisis (Shah, 2002). Besar galat yang dianggap mendekati adalah sebesar 1,6% diantara dua luaran terakhir. Pencarian nilai galat dilakukan dengan Pengujian Konvergensi atau *Convergence Test* yaitu pengujian model secara berulang dengan ukuran atau jumlah elemen bervariasi. Luaran pengujian harus diverifikasi secara grafis. Kesalahan 10,8% membandingkan iterasi terakhir dari skenario satu ke iterasi sebelumnya dinilai dapat diterima, meskipun solusi masih berbeda 21% dari sebenarnya. (Pointer, 2004).

Pengujian Konvergensi pada penelitian ini dilakukan secara berulang (bersifat iteratif) hingga besar margin luaran pada dua pengujian terakhir kurang dari 1%. Nilai tersebut ditetapkan dengan tujuan agar galat yang terjadi dapat dibuat seminimal mungkin.

Pada Gambar III.33 dan Gambar III.34 Terlihat bahwa luaran direpresentasikan oleh sumbu-y dan ukuran elemen diskrit direpresentasikan oleh sumbu-x. Luaran dalam hal ini menunjukkan hasil tegangan maksimum global pada struktur. Dan sumbu x adalah ukuran elemen dari struktur yang terdefinisi spesifik.



Gambar III. 33 Pengujian Konvergensi Struktur Pilar



Gambar III. 34 Pengujian Konvergensi Struktur *Helideck*

Pada Gambar III.31 memvisualisasikan tren tegangan Von Misses yang terjadi terhadap variasi ukuran elemen diskrit pada struktur pilar secara spesifik. Terlihat secara visual bahwa konvergensi terjadi pada konfigurasi ukuran elemen diskrit 50 milimeter dan 46 milimeter dengan perbedaan nilai tegangan sebesar 0,01 Mpa. Sedangkan pada Gambar III. 32 memvisualisasikan tren tegangan Von Misses yang terjadi terhadap variasi ukuran elemen diskrit pada struktur *Helideck*. Terlihat secara visual bahwa konvergensi terjadi pada konfigurasi ukuran elemen diskrit sebesar 78 milimeter dan 76 milimeter dengan perbedaan nilai tegangan sebesar 0,003 Mpa.

Tabel III. Menjelaskan besar tegangan Von Misses yang terjadi terhadap variasi ukuran elemen diskrit pada pilar. Margin atau *Discretization Error* yang terjadi adalah 0,49% pada dua konfigurasi ukuran elemen diskrit 50 dan 46 milimeter. Tabel III. Menjelaskan besar tegangan Von Misses yang terjadi terhadap variasi ukuran elemen diskrit pada struktur *Helideck*.

*Discretization Error* yang terjadi adalah 0,22% pada dua konfigurasi ukuran elemen diskrit 76 dan 74 milimeter.

Tabel III. 8 Hasil Konvergensi Struktur Pilar

PILLAR'S CONVERGENCE TEST		
MESHING NO	ELEMENT SIZE	STRESS (Mpa)
1	62	1,832
2	58	1,898
3	54	1,944
4	50	2,059
5	46	2,049
MARGIN		0,49%

Tabel III. 9 Hasil Konvergensi Struktur *Helideck*

DECK STRUCTURE'S GRID INDEPENDENCE		
MESHING NO	ELEMENT SIZE	STRESS (Mpa)
1	82	9,611
2	80	9,609
3	78	9,602
4	76	9,599
MARGIN		0,02%

### III.10. Optimasi *Helideck*

Optimasi *Helideck* adalah tahap dimana model diuji dengan tujuan atau fungsi objektif utama yaitu meminimumkan jumlah pilar penyangg yang terpasang pada struktur *Helideck* KP Yudistira 8003. Berdasarkan Sub-bab II.1.12, Fungsi obyektif pada optimasi ini adalah nilai minimum pilar yang terpasang, dengan Batasan-batasan sebagai berikut,

1. Pilar sisi pada gading nomor 0 (AP) dan nomor 5 harus tetap ada
2. Tegangan Von Misses global tidak boleh lebih dari tegangan izin BKI yang akan dijelaskan pada bab Analisis
3. Tegangan Von Misses lokal tidak boleh lebih dari tegangan izin BKI yang akan dijelaskan pada bab Analisis

Optimasi dilakukan dengan cara mengurangi satu persatu atau beberapa pasang pilar secara bertahap dan setiap model akan diuji dengan tiap kondisi beban (LC 1, LC 2, LC 3 dab LC4).

Jika model tegangan yang terjadi pada *Helideck* masih dibawah tegangan izin yang disyaratkan, maka iterasi akan dilakukan dengan cara mengurangi pilar pada model, lalu memberi kondisi beban yang sama dan seterusnya hingga salah satu kendala atau batasan tercapai. Model hasil optimasi kan diuji kembali dengan variasi pembebann tambahan, untuk memastikan bahwa model tersebut cukup aman dan memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan BKI. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan pendaratan darurat (LC 4) pada tiga skenario kontak pendaratan yang berbeda (LP 1, LP 2 dan LP 3)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1. Batas Tegangan Izin Maksimum

Berdasarkan tinjauan pustaka yang sebelumnya telah dijelaskan pada BAB II, maka diperlukan suatu nilai tegangan maksimum yang dapat dicari melalui persamaan II. 12 dan tegangan kompresi izin dapat dicari menggunakan persamaan II. 14 . Luaran Sub-bab ini yaitu besar nilai tegangan yang nantinya akan digunakan sebagai batasan nilai tegangan pada hasil-hasil optimasi.

#### IV.1.1. Tegangan Von Misses Struktur

Berikut adalah perhitungan tegangan izin (Von Misses) maksimum secara umum,

Tabel IV. 1 Perhitungan Tegangan Izin Maksimum (Von Misses)

$\sigma_{perm} = \frac{235}{k \times yf}$	$k = \frac{295}{R_{eH} + 60} \quad (material\ factor)$
	$k = 0.710843$
Structural Element	Yf (Safety Factor)
	LC 1, 2      LC 3      LC 4
Stiffeners	1.25      1.1      1
<i>Girder</i>	1.45      1.45      1.1
Pillar System	1.7      2      1.2
Structural Element	$\sigma_{perm}$ (Mpa)
	LC 1, 2      LC 3      LC 4
Stiffeners	264      301      331
<i>Girder</i>	228      228      301
Pillar System	194      165      275

Tabel IV.1 menjelaskan perhitungan tegangan melalui pendekatan Rules BKI Volume II Section 10. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan izin maksimum akibat LC 4 berbeda-beda pada tiap struktur. Tegangan izin maksimum pada *Stiffeners* atau pada geladak diwakilkan oleh *Deck Beam* berada di angka 331 MPa, pada *Girder* sebesar 301 MPa dan pada Pilar sebesar 275 MPa. Untuk mengasumsikan tingkat keamanan struktur secara maksimal, maka sementara diambil nilai tegangan izin terkecil sebagai acuan utama sebesar 165 MPa untuk pilar, 228 MPa untuk *Girder* dan 264 MPa untuk *Deck Beam*.



### IV.1.2. Tegangan Kompresi

Berikut adalah perhitungan tegangan kompresi izin pada pilar melalui pendekatan Rules BKI Volume II Section 10.

Tabel IV. 2 Perhitungan Tegangan Izin Kompresi Pilar

$\sigma_p =$	$\frac{\mathbf{K} \cdot R_{eH}}{S}$	
$\sigma_p =$	190.348 N/mm <sup>2</sup>	
$S =$	2	( <i>safety factor, in general</i> )
$\mathbf{K} =$	1.072	( <i>reduction factor</i> )
$R_{eH} =$	355 N/mm <sup>2</sup>	
	$\phi =$	0.466252
	Koefisien jenis pilar $n_p =$	0.34 for tubular pillar
	Derajat kelangsingan pilar $\lambda_s =$	0.0015
	Panjang pilar $l_s =$	212 cm
	Momen Inersia Pilar $I_s =$	1924.367 Cm <sup>4</sup>
	Radius girasi pilar $i_s =$	7.568
	$E =$	2.00E+05 N/mm <sup>2</sup>
	$\pi =$	3.14

Tabel IV.2 menunjukkan besar tegangan izin normal pada pilar tidak terpengaruh oleh kondisi beban helikopter secara langsung, melainkan dipengaruhi oleh karakteristik pilar itu sendiri yang meliputi sifat material, luas penampang dan panjang pilar. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan izin kompresi maksimum pilar sebesar 190 MPa.

### IV.1.3. Tegangan Von Misses Pelat Geladak

Besar tegangan Von Misses izin maksimum secara universal dapat ditemukan pada pendekatan Lloyd's Register pada *Rules and Regulations for the Classification of Ship, Part 3: Ship Structures*. Besar tegangan izin maksimum sebesar 175 MPa atau 175 N/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada sub-bab ini, maka dapat diambil nilai batas tegangan maksimal sebagai berikut,

Tabel IV. 3 Rekapitulasi Batas Tegangan Struktur *Helideck*

No	Area	Tegangan Izin	Tipe Tegangan
1	<i>Deck Beam</i>	175 MPa	Von Misses
2	<i>Strong Beam</i>	175 MPa	Von Misses
3	<i>Deck Girder</i>	175 MPa	Von Misses
4	<i>Deck Plate</i>	175 MPa	Von Misses
5	<i>Pilar</i>	165 MPa	Von Misses/Kompresi

Tabel IV.3 menunjukkan besar tegangan Von Misses izin pada struktur *Helideck* secara umum adalah sebesar 175 MPa yang berlaku pada bagian struktur Pelat *Helideck*, *Girder*, dan *Deck Beam*. Sedangkan terkhusus pada struktur pilar, batas besar tegangan adalah 165 MPa untuk batas tegangan Von Misses ataupun batas tegangan Kompresi.

Hasil perhitungan dan nilai tegangan batas pada tabel IV. 3 dijadikan acuan dalam pembatasan optimasi struktur. Jika ditemukan pada suatu scenario terdapat nilai tegangan yang melebihi batas-batas di atas, maka scenario tersebut tidak dapat dijadikan sebagai scenario optimal.

#### IV.1.4. Beban Kritis *Buckling* Pilar *Existing*

Besar kritis *Buckling* Pilar *Existing* dapat dihitung menggunakan persamaan Euler pada persamaan (II.19) yang rinciannya dapat dilihat pada tabel IV.1

Tabel IV. 4 Perhitungan *Buckling* Pilar

PERHITUNGAN EULER BUCKLING PADA PILLAR																
<b>1 RUMUS EULER BUCKLING</b>																
$F_{crit} = n \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$	$\sigma_{crit} = \frac{F_{crit}}{A} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$															
$\sigma_{crit} = 335 - 0,62\lambda$	$\lambda = 10 - 90$															
$\sigma_{crit} = 222,1 \times \lambda^2$	$\lambda > 90$															
$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{I}{A}}}$																
$\lambda = 27,98586068 < 100$	Formula Tetmejer															
Dimana,																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ujung Bawah</th> <th>Ujung Atas</th> <th>n value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Engsel</td> <td>Engsel</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Jepit</td> <td>Jepit</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Jepit</td> <td>Engsel</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Jepit</td> <td>Bebas</td> <td>0.25</td> </tr> </tbody> </table>	Ujung Bawah	Ujung Atas	n value	Engsel	Engsel	1	Jepit	Jepit	4	Jepit	Engsel	2	Jepit	Bebas	0.25	
Ujung Bawah	Ujung Atas	n value														
Engsel	Engsel	1														
Jepit	Jepit	4														
Jepit	Engsel	2														
Jepit	Bebas	0.25														

2 MOMEN INERSIA BENDA SILINDRIS HOLLOW	
$I_x = I_y = \frac{1}{64} \pi (d_o^4 - d_i^4)$	
do : diameter luar	mm
di : diameter dalam	mm
3 DATA PILAR	
1 Diameter Pilar	Luar : 219 mm Dalam : 209 mm
2 Tebal Pilar	: 10 mm
3 Panjang Pilar	: 2118 mm
4 Modulus Elastisitas	: 2.E+08 Mpa
5 Momen Inersia Pilar	: 1924.367 cm <sup>4</sup>
6 Luasan Penampang	: 33.598 cm <sup>2</sup>
4 PERHITUNGAN BUCKLING	
1. Euler Buckling	2 Tegangan Kritis
$F_{crit} = n \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$	
n =	4
E =	2.E+08 Mpa
L =	2118 mm
I =	19243674.475 mm <sup>4</sup>
F <sub>crit</sub> =	3383650 N
$\sigma_{crit} = 335 - 0,62\lambda \quad \lambda = 10 - 90$	
$\sigma_{crit} = 317.6487664 \text{ N/mm}^2$	
$I_x = I_y = \frac{1}{64} \pi (d_o^4 - d_i^4)$	
π =	3.14
do =	21.9 cm
di =	20.9 cm
I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub> =	1924.367 cm <sup>4</sup>
5 Hasil Perhitungan Analitis	
F <sub>crit</sub> =	3383650 N
σ <sub>crit</sub> =	317.6487664 N/mm <sup>2</sup>
6 Perbandingan F beban : F crit	
F Beban =	330.637886 kN
F <sub>crit</sub> =	3383.649529 kN
Ratio =	0.098
Persentase =	9.8%

Beban kerja pada penampang pilar diasumsikan dari jumlah total besar gaya seluruh geladak ditambah berat helikopter. Sehingga menghasilkan beban ekstrim sebesar 330,637 kN. Tabel IV.4 terlihat bahwa besar beban kritis *Buckling* berada pada nilai 3383,649 kN atau sekitar 338,3 Ton. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pilar tidak akan mengalami *Buckling* ketika menerima beban desain.

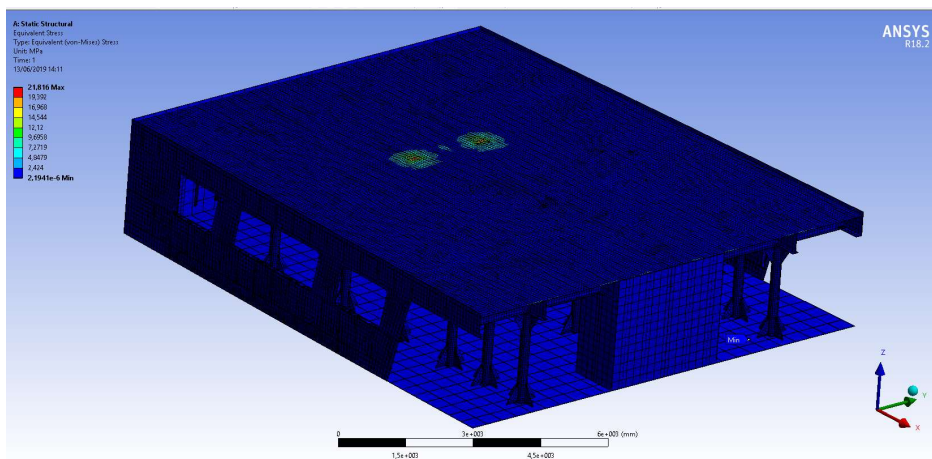
## IV.2. Simulasi Model *Existing*

Simulasi Model dilakukan berdasarkan desain *existing* dan pembebanan yang sebelumnya telah dijelaskan pada BAB III mengenai Metodologi. Simulasi Model menggambarkan hasil pengonversian desain dua dimensi *Helideck* menjadi desain tiga dimensi beserta luaran simulasi skenario-skenario pembebanan dalam bentuk tegangan Von Mises

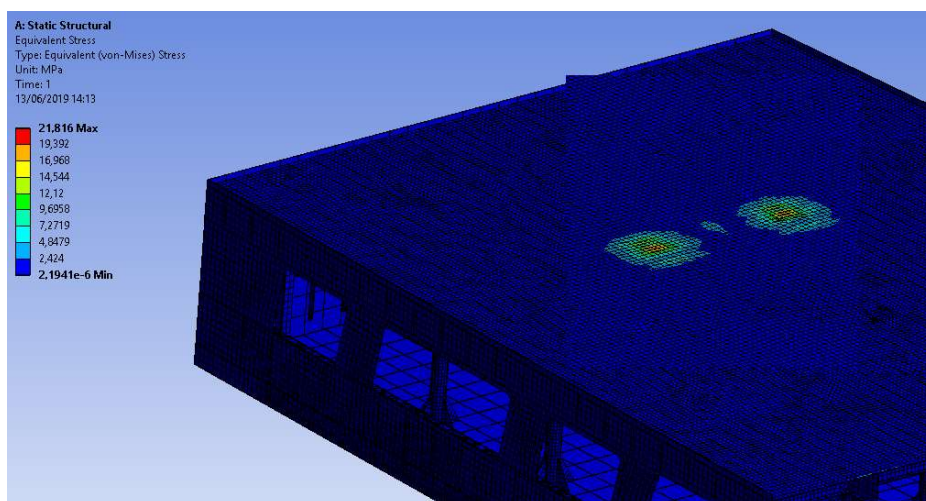
maksimum pada struktur dan tegangan kompresi pada pilar. Berdasarkan BAB III, desain *existing* diuji oleh skenario pembebanan LC 1, LC 2, LC 3 dan LC 4. Titik pendaratan diasumsikan normal atau tepat pada *helipad* ( LP1). Skenario model dinyatakan mampu jika tegangan yang terjadi akibat simulasi ini tidak melebihi batas tegangan maksimum yang telah ditetapkan pada Sub-bab IV.1.

#### IV.2.1.SK 1 - LC 1

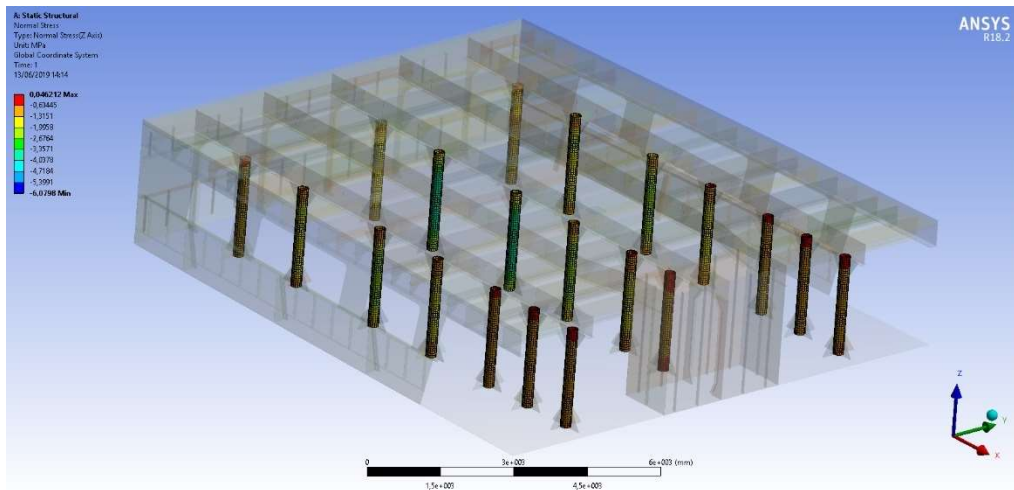
SK 1 adalah skenario pilar *existing* pada konstruksi KP. Yudistira 8003 dengan jumlah pilar total sebanyak 20 yang terpasang pada gading nomor 0, 3, 7, 10, 13, 15, dan 17 sebanyak tiga buah dan dua buah pada gading nomor 20. Simulasi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC1 atau kondisi beban *Take Off* dapat dilihat di gambar IV.1 yang dirincikan pada gambar IV.2 serta pada gambar IV.3 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 1 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 1 - LP 1



Gambar IV. 2 Perbesaran Gambar IV.1 pada Area Tegangan Maksimum

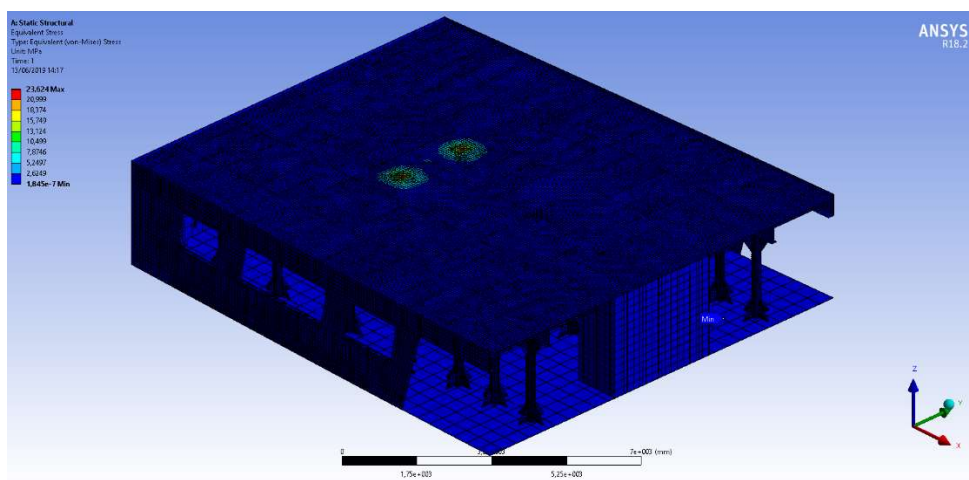


Gambar IV. 3 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 1 - LP 1

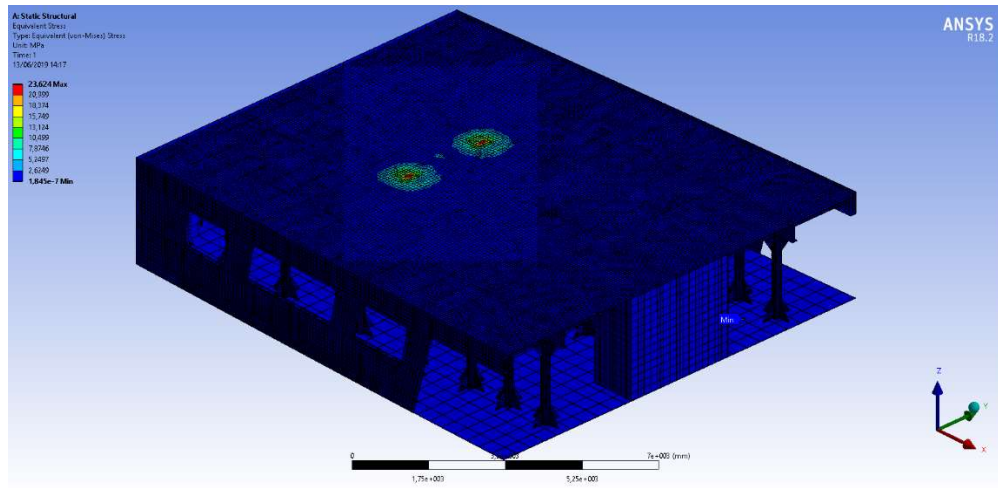
Gambar IV.1 dan Gambar IV.2 menjelaskan bahwa tegangan maksimum global terjadi di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak dengan besar tegangan Von Mises sebesar 21,8 MPa dan Gambar IV.3 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan kompresi sebesar 6,07MPa.

#### IV.2.2. SK 1 - LC 2

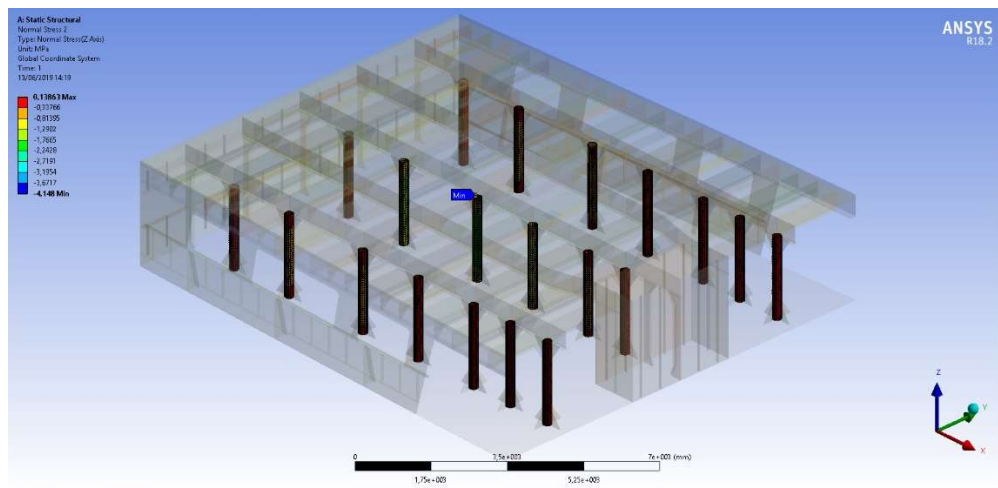
Simulasi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC2 atau kondisi beban statis Helikopter (Helikopter dalam kondisi diam diatas *helipad*) dapat dilihat di gambar IV.4 dan dirincikan pada gambar IV.5. serta pada gambar IV.6 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 4 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 2 - LP 1



Gambar IV. 5 Perbesaran Gambar IV.4 pada Area Tegangan Maksimum



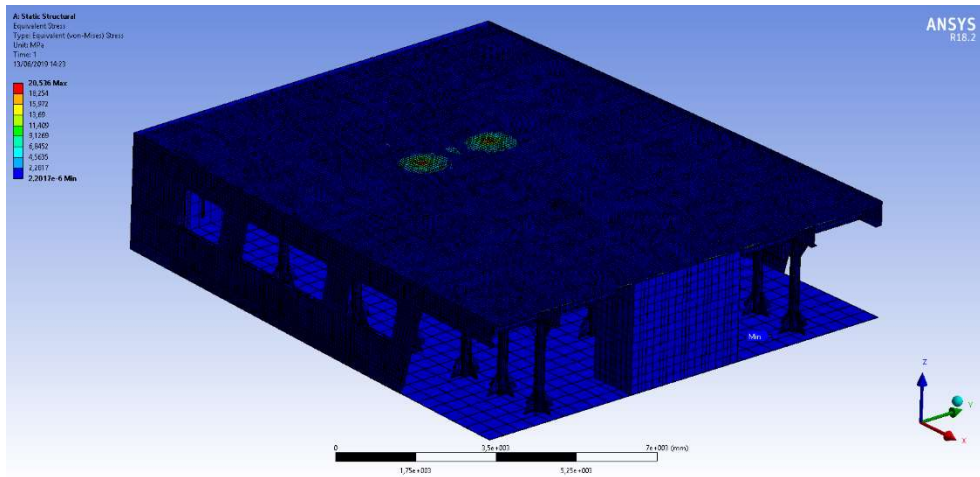
Gambar IV. 6 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 1 - LP 1

Gambar IV.4 dan Gambar IV.5 menjelaskan bahwa tegangan maksimum global terjadi di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak dengan besar tegangan Von Mises sebesar 22,62 MPa dan Gambar IV.6 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan kompresi sebesar 4,14 MPa di pilar tengah nomor gading 7.

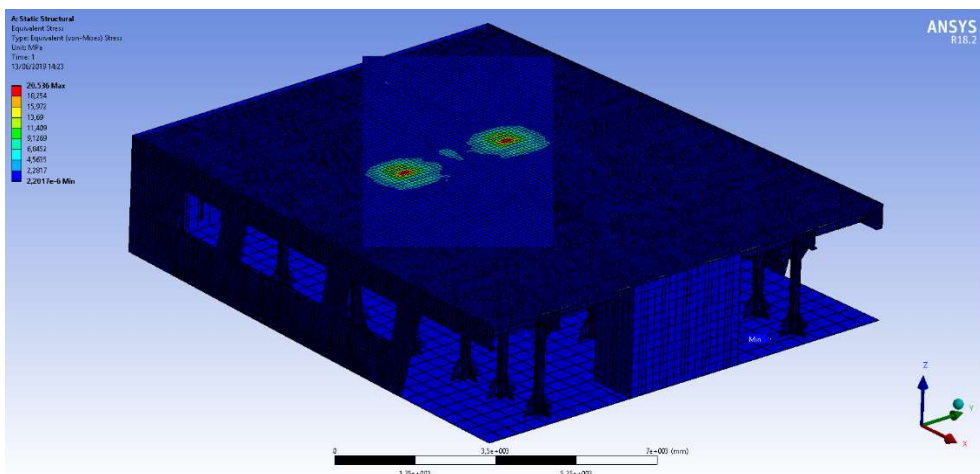
### IV.2.3.SK 1 - LC 3

Simulasi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC3 atau kondisi beban *landing* Helikopter dapat dilihat di gambar IV.7 dan dirincikan pada gambar IV.8. serta pada gambar IV.9 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.

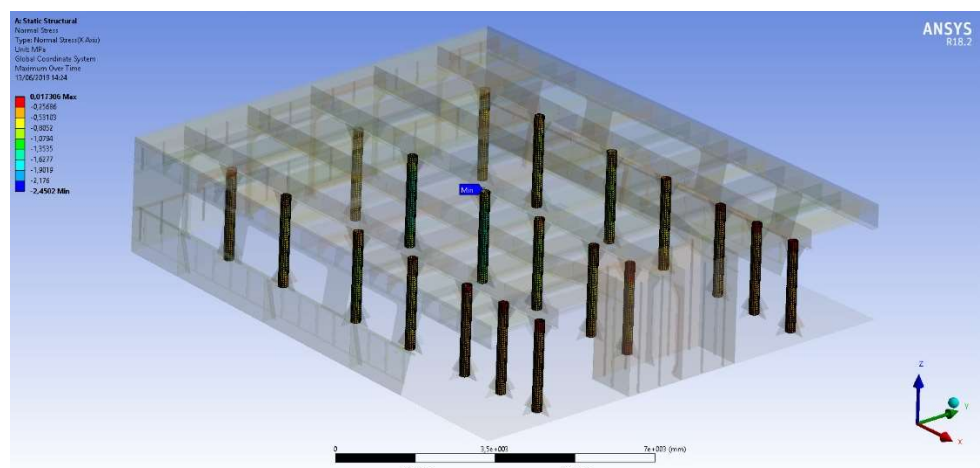




Gambar IV. 7 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 3 - LP 1



Gambar IV. 8 Perbesaran Gambar IV.7 pada Area Tegangan Maksimum



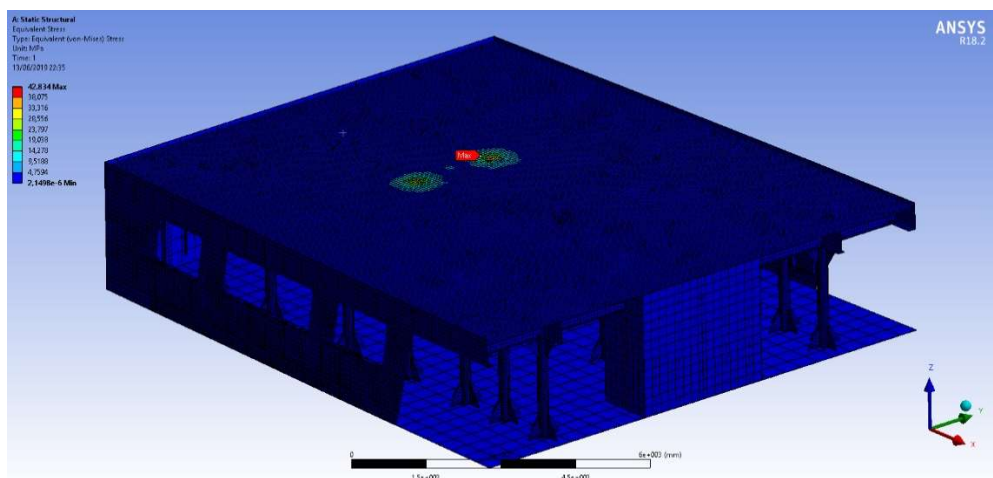
Gambar IV. 9 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 3 - LP 1

Gambar IV.7 dan Gambar IV.8 menjelaskan bahwa tegangan maksimum global terjadi di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak dengan

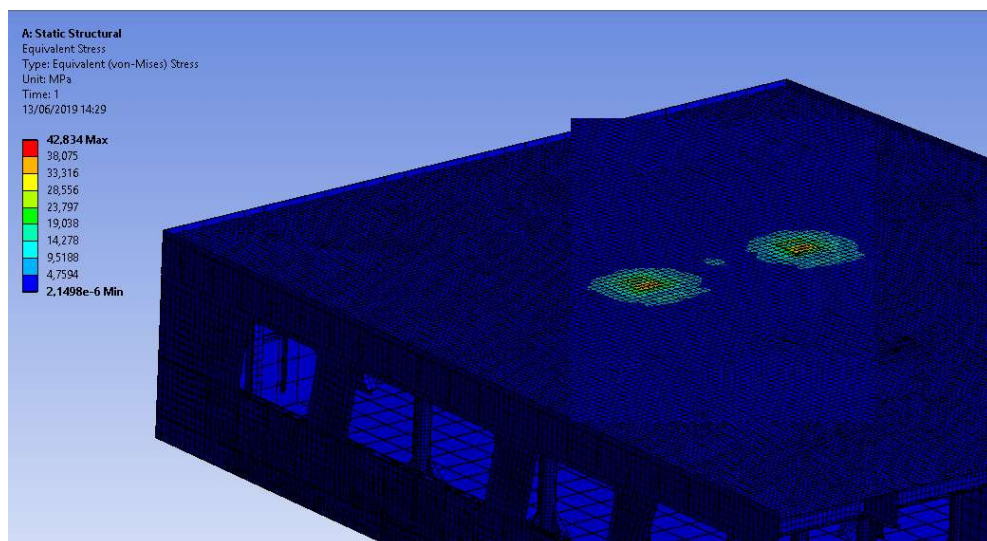
besar tegangan Von Misses sebesar 9,39 MPa dan Gambar IV.6 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan kompresi sebesar 1.25 MPa di pilar tengah nomor gading 3.

#### IV.2.4. SK 1 - LC 4

Simulasi tegangan Von Misses maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC4 atau kondisi beban *emergency/crash landing* Helikopter dapat dilihat di gambar IV.10 dan dirincikan pada gambar IV.11. serta pada gambar IV.12 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.

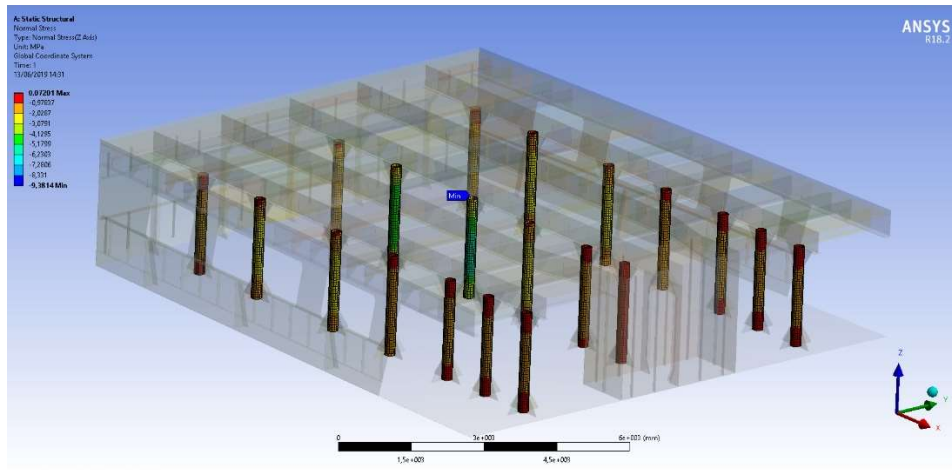


Gambar IV. 10 Simulasi Tegangan SK 1 - LC 4 - LP 1



Gambar IV. 11 Perbesaran Gambar IV.10 pada Area Tegangan Maksimum





Gambar IV. 12 Simulasi Tegangan Kompresi pada Pilar SK 1 - LC 4 - LP 1

Gambar IV.10 dan Gambar IV.11 menjelaskan bahwa tegangan maksimum global terjadi di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak dengan besar tegangan Von Mises sebesar 42,83 MPa dan Gambar IV.12 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 9,38 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah, tepatnya di nomor gading 7.

#### IV.2.5. Pemilihan Kondisi Beban

Keempat simulasi beban pada sub-bab sebelumnya menunjukkan bahwa tiap konfigurasi kondisi beban berpengaruh pada luaran tegangan dalam bentuk nilai tegangan maksimum maupun titik lokasi tegangan maksimum terjadi. Pengondisian beban dalam simulasi di atas ditinjau hanya dari besar nilai beban, dengan asumsi titik kontak beban sama.

Tabel IV. 5 Rekapitulasi Tegangan pada *Helideck* Existing terhadap Kondisi Beban

LC	Tegangan Von Mises Maksimum (MPa)	Tegangan Von Mises Izin (MPa)	Tegangan Kompresi Maksimum (MPa)	Tegangan Von Mises Izin (MPa)	Ket.
1	21.80	175	6.07	165	OK
2	23.62	175	4.14	165	OK
3	20.56	175	2.45	165	OK
4	42.83	175	9.38	165	OK

Tabel IV.1 menjelaskan bahwa tegangan yang terjadi akibat beban LC1, LC2, LC3 dan LC 4 jauh di bawah tegangan izin maksimum. Tegangan Von Mises terkecil terjadi pada kondisi beban LC 2 atau dalam kondisi statis, begitupun dengan tegangan kompresi pilar, sedangkan tegangan Von Mises terbesar terjadi pada kondisi beban LC 4 atau dalam kondisi *crash/emergency landing* begitupun dengan tegangan normal. Tegangan struktur jika diurutkan dari yang tertinggi ke yang terendah terjadi ketika *emergency landing, Take Off, Landing* dan Statis. Begitupun dengan tegangan pada Pilar.

Berdasarkan Tabel IV.1 pengondisian beban LC 4 (*emergency/crash landing*) dipakai sebagai beban uji struktur optimasi yang digunakan pada pengujian-pengujian skenario selanjutnya.

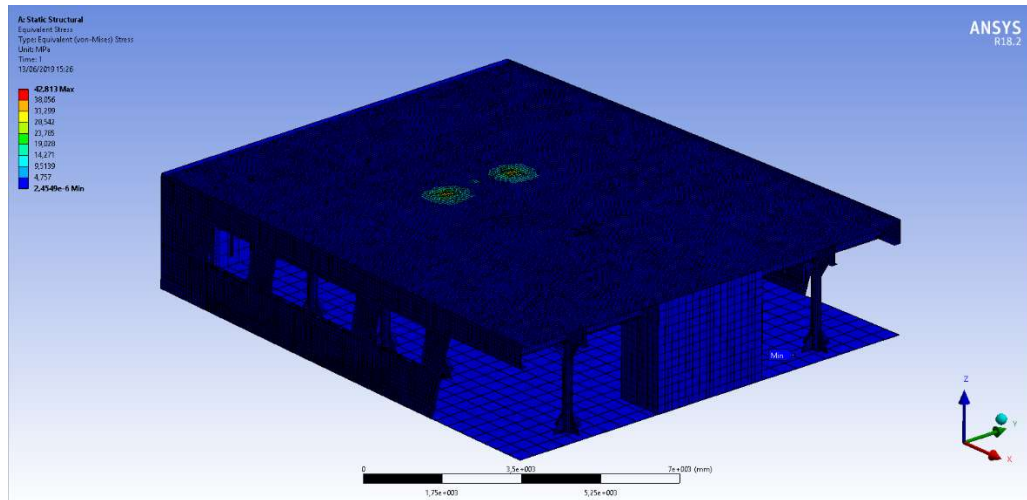
### **IV.3. Simulasi Optimasi**

Simulasi Optimasi dilakukan berdasarkan rencana desain optimasi yang sebelumnya telah dijelaskan pada BAB III mengenai Metodologi. Simulasi Model menggambarkan hasil pengonversian rancangan dua dimensi model menjadi model tiga dimensi yang selanjutnya diuji dengan salah satu pengondisian beban terberat berdasarkan simulasi pada model existing di Sub-bab IV.1. Luaran dari pengujian ini yaitu besar tegangan yang terjadi pada tiap skenario model.

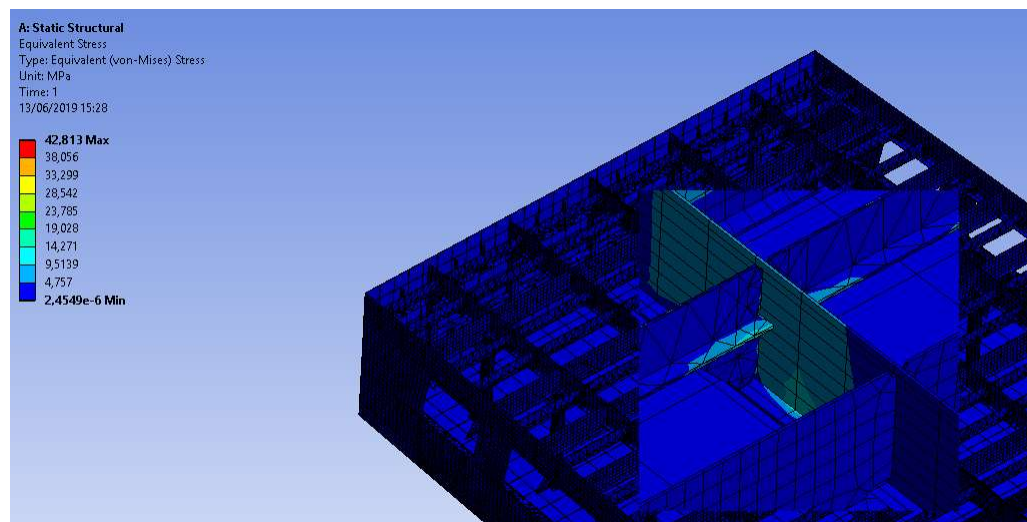
Skenario model terdiri dari sembilan konfigurasi optimasi yang dibedakan berdasarkan letak susunan pilar sesuai dengan penjelasan di BAB III. Tidak ada perbedaan ukuran kontruksi maupun susunan konstruksi lain yang diubah diluar pilar-pilar tersebut. Pilar-pilar yang dipertahankan tidak diubah ukurannya.

#### **IV.3.1.SK 2 – LC 4**

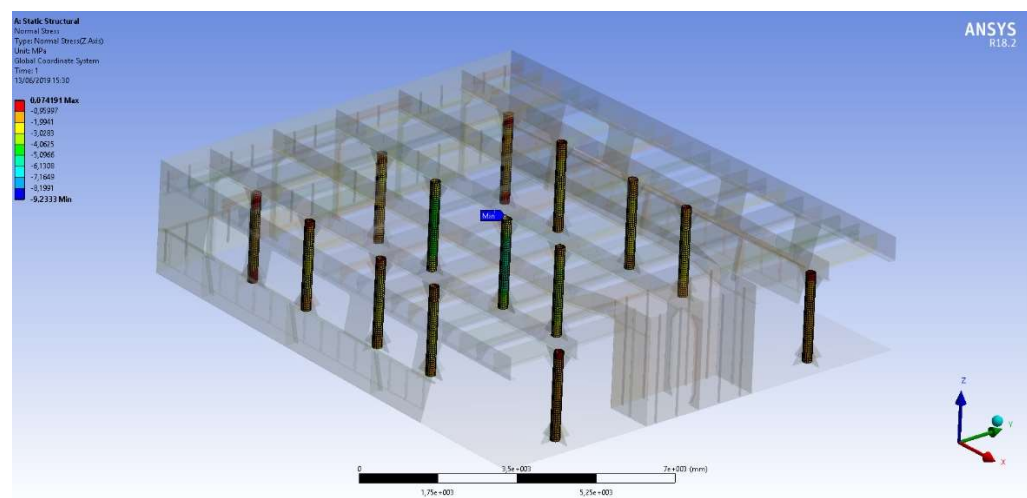
Simulasi SK 2 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 14 yang terpasang pada gading nomor 0, 3, 7, dan 10, sebanyak tiga buah serta dua buah pada gading nomor 17. Luaran pada simulasi ini meliputi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC4 atau kondisi beban *emergency/crash landing* Helikopter yang hasilnya dapat dilihat di gambar IV.13 dan dirincikan pada gambar IV.14, serta pada gambar IV.15 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 13 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 2 - LC4 - LP1



Gambar IV. 14 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 2 - LC4 - LP1

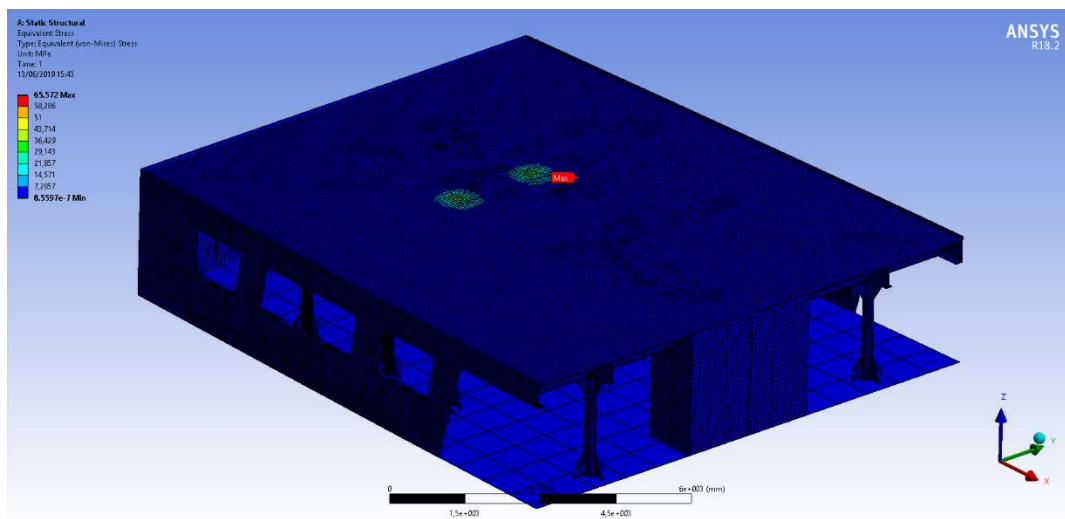


Gambar IV. 15 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 2 - LC4 - LP1

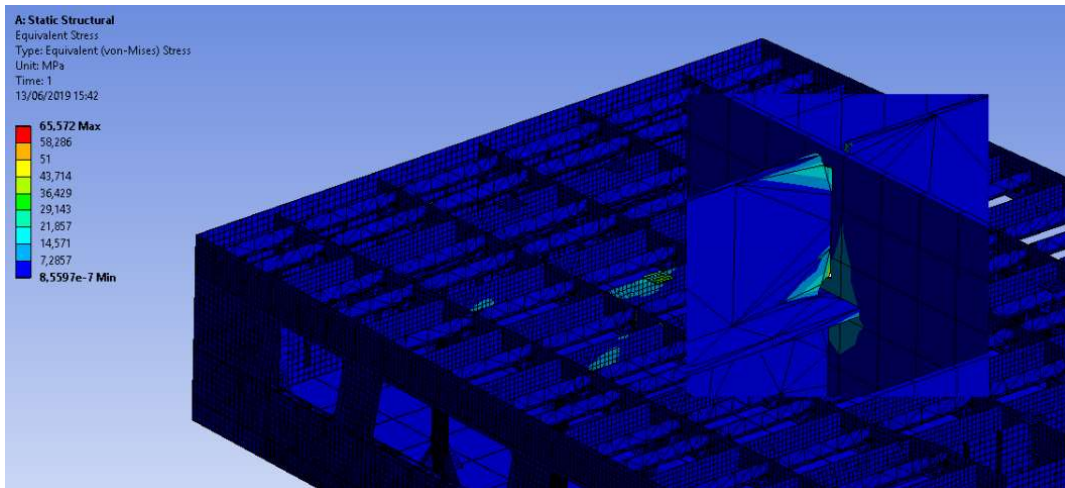
Terlihat pada Gambar IV.13 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV.14 bahwa tegangan maksimum terjadi pada penumpu memanjang *Helideck (Deck girder)* dengan titik tegangan berada antara gading nomor enam dan tujuh. Besar tegangan Von Mises global yang terjadi sebesar 42,81 MPa. Gambar IV.15 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 9,23 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading 7.

#### IV.3.2.SK 3 – LC 4

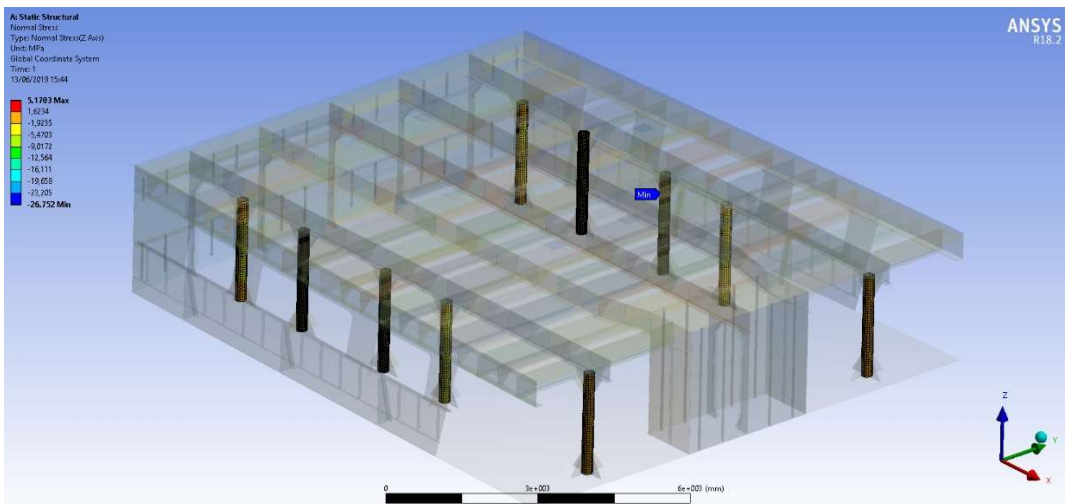
Simulasi SK 3 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 10 yang terpasang pada gading nomor 0, 3, 7, 10, dan 17 sebanyak dua buah di masing-masing nomor gading. Luaran pada simulasi ini meliputi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC4 atau kondisi beban *emergency/crash landing* Helikopter yang hasilnya dapat dilihat di gambar IV.16 dan dirincikan pada gambar IV.17, serta pada gambar IV.18 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 16 Hasil Simulasi Tegangan Von Mises Global SK 3 - LC4 - LP1



Gambar IV. 17 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 3 - LC4 - LP1



Gambar IV. 18 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 3 - LC4 - LP1

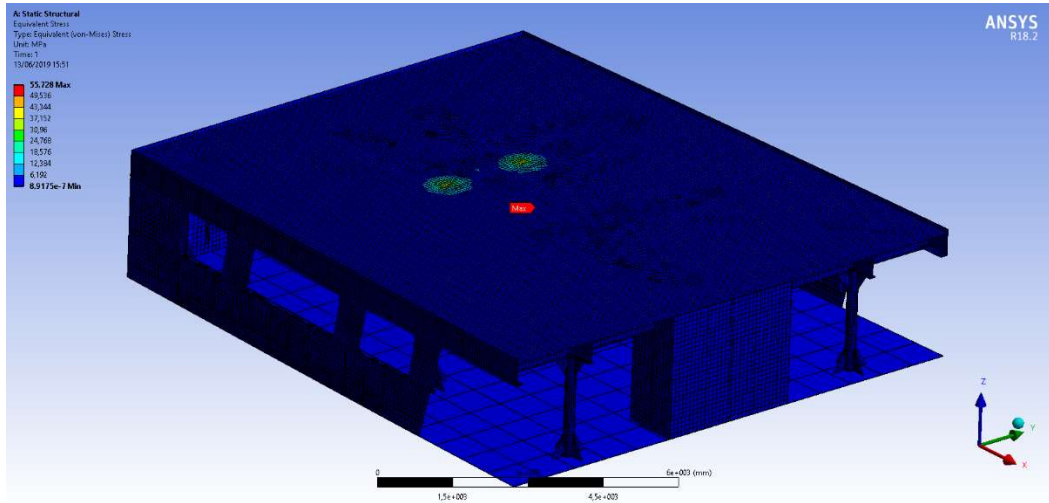
Terlihat pada Gambar IV.16 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV.17 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara penumpu memanjang *Helideck (portside Deck girder)* dengan balok geladak (*Deck Beam*) nomor enam. Besar tegangan Von Misses global yang terjadi sebesar 65,57 MPa. Gambar IV.18 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 26,75 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar sisi kiri (*portside*), tepatnya di nomor gading 7.

#### IV.3.3. SK 4 – LC 4

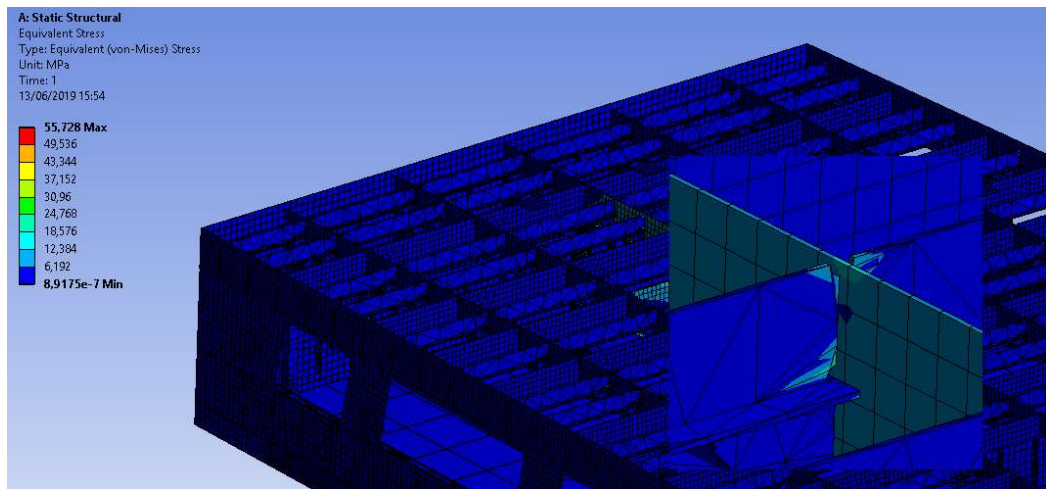
Simulasi SK 4 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 8 buah yang terpasang pada gading nomor 0 dan 10 sebanyak tiga buah serta pada gading nomor 17 dua



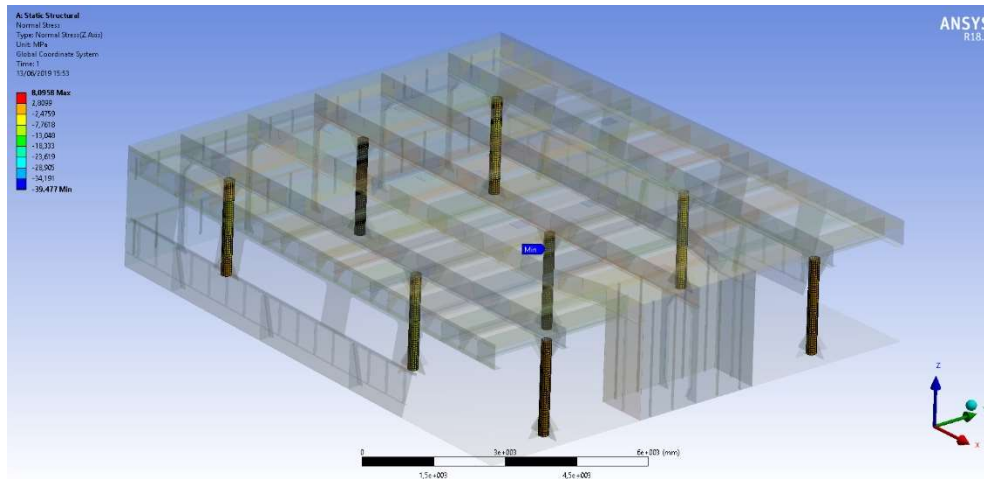
buah di tiap sisi. Luaran pada simulasi ini meliputi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC4 atau kondisi beban *emergency/crash landing* Helikopter yang hasilnya dapat dilihat di gambar IV. 19 dan dirincikan pada gambar IV. 20, serta pada gambar IV. 21 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 19 Hasil Simulasi Tegangan Von Mises Global SK 4 - LC4 - LP1



Gambar IV. 20 Perbesaran Tegangan Von Mises Global SK 4 - LC4 - LP1

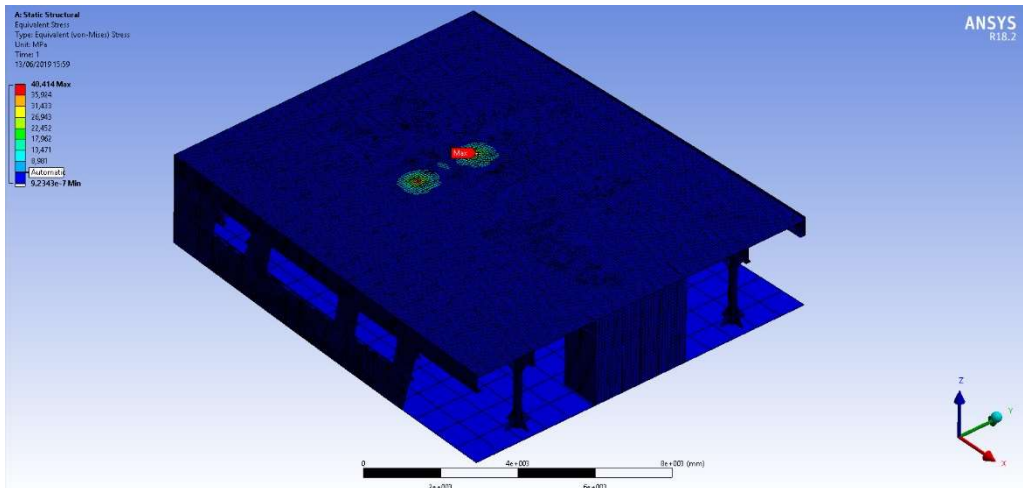


Gambar IV. 21 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 4 - LC4 - LP1

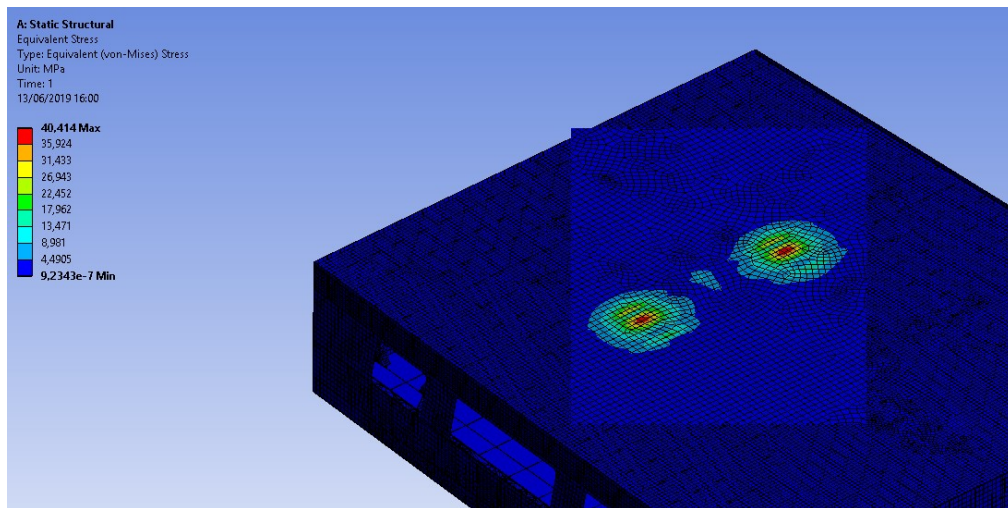
Terlihat pada Gambar IV.19 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV.20 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara penumpu memanjang *Helideck* (*Deck centre girder*) dengan balok geladak (*Deck Beam*) nomor delapan. Besar tegangan Von Mises global yang terjadi sebesar 55,72 MPa. Gambar IV.21 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 39,44 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading 10.

#### IV.3.4. SK 5 – LC 4

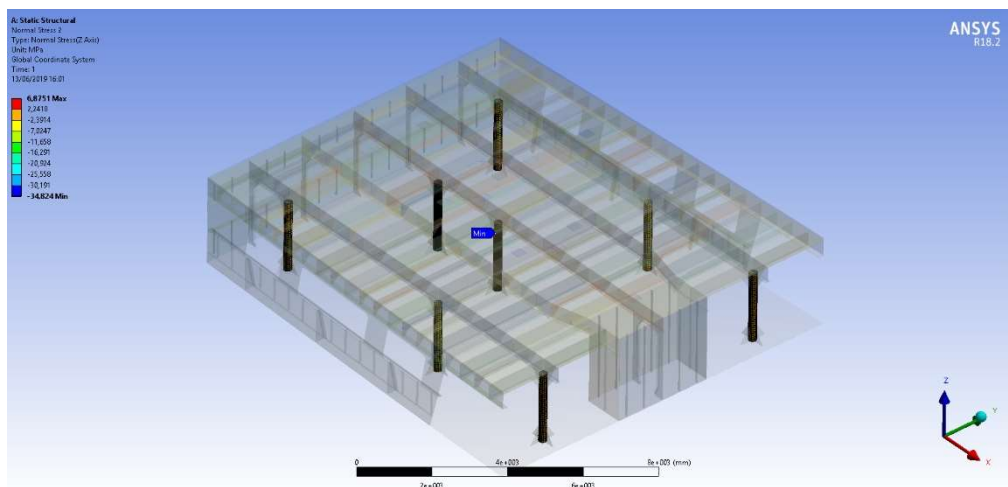
Simulasi SK 5 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 8 buah yang terpasang pada gading nomor 0, 10 dan 17 sebanyak dua buah di tiap sisi; terpasang satu buah di nomor gading 3 dan satu buah di nomor gading 7, keduanya terpasang di garis tengah geladak. Luaran pada simulasi ini meliputi tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC4 atau kondisi beban *emergency/crash landing* Helikopter yang hasilnya dapat dilihat di gambar IV. 22 dan dirincikan pada gambar IV. 23, serta pada gambar IV. 24 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 22 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 5 - LC4 - LP1



Gambar IV. 23 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 5 - LC4 - LP1



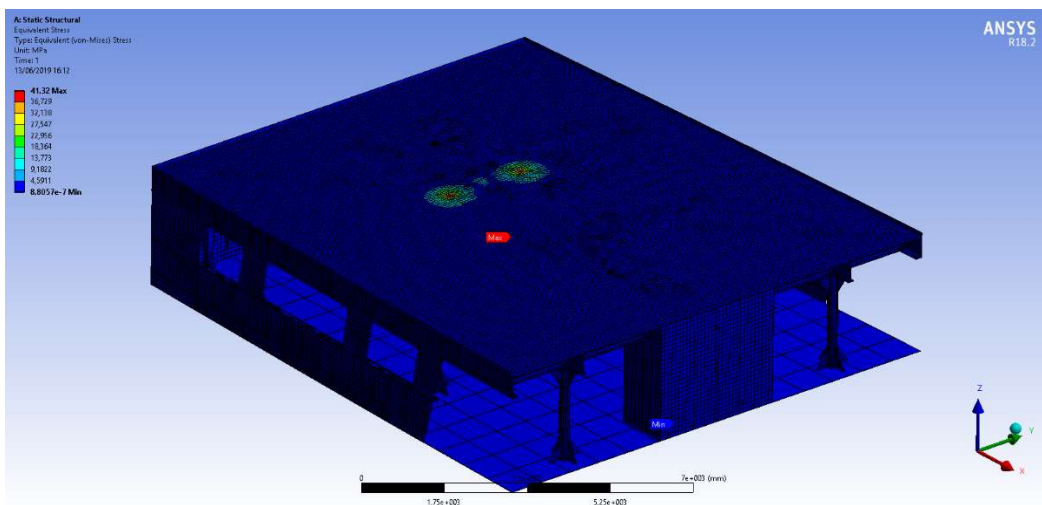
Gambar IV. 24 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 5 - LC4 - LP1



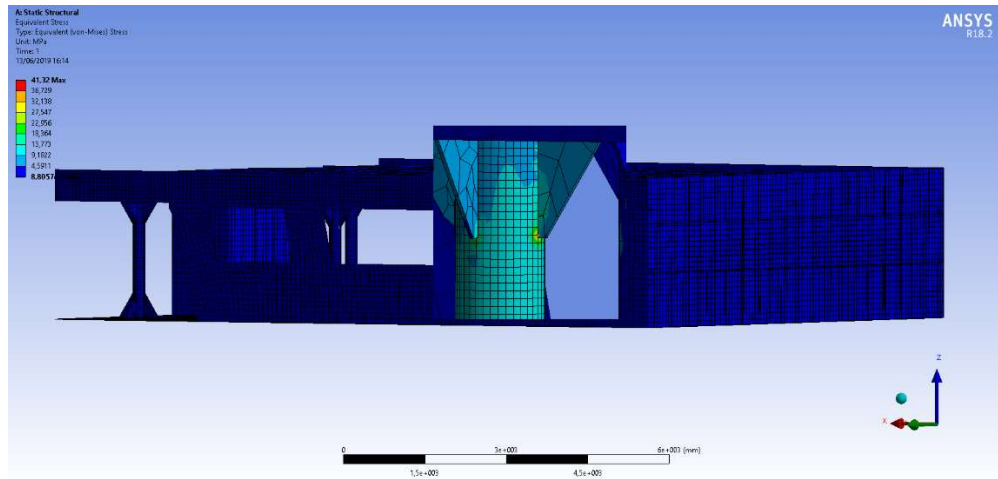
Terlihat pada Gambar IV.22 bahwa tegangan muncul di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang kiri helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV.23 bahwa tegangan maksimum Von Misses global yang terjadi sebesar 40.41 MPa. Gambar IV. 24 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 34.84 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading tujuh.

#### IV.3.5. SK 6 – LC 4

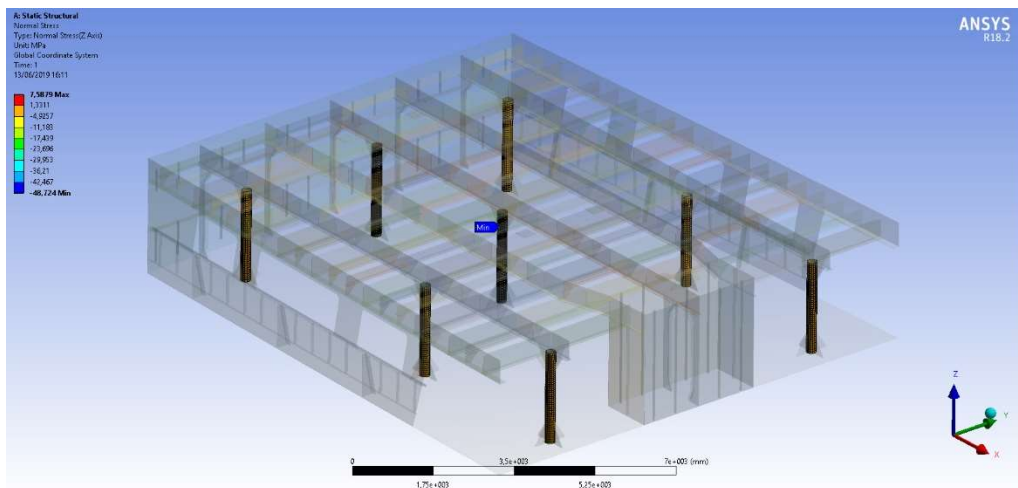
Simulasi SK 6 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 8 buah yang terpasang pada gading nomor 0 tiga buah, gading nomor 10 dan 17 sebanyak dua buah di sisi serta terpasang satu buah pilar tengah di nomor gading 7. Luaran pada simulasi ini meliputi tegangan Von Misses maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC4 atau kondisi beban *emergency/crash landing* Helikopter yang hasilnya dapat dilihat di gambar IV. 25 dan dirincikan pada gambar IV. 26, serta pada gambar IV. 27 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 25 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 6 - LC4 - LP1



Gambar IV. 26 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 6 - LC4 - LP1



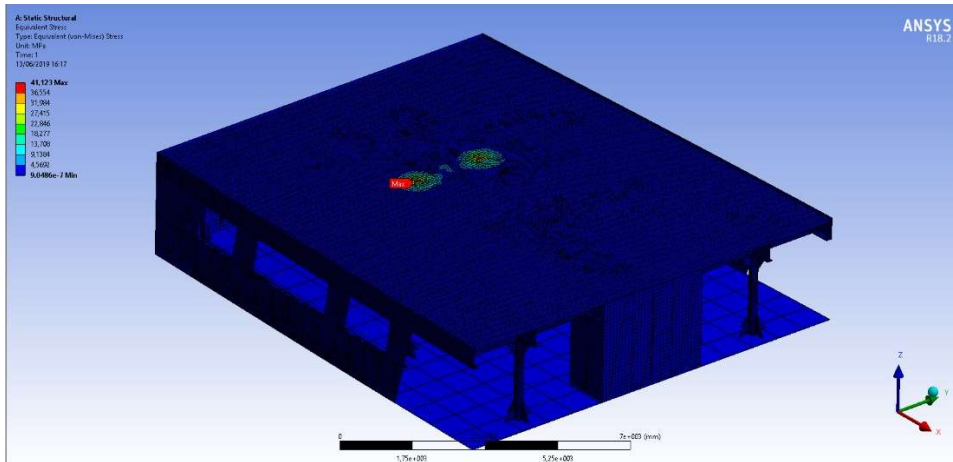
Gambar IV. 27 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 6 - LC4 - LP1

Terlihat pada Gambar IV.25 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV.26 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara pilar tengah, gading nomor 7 dan *bracketnya*. Besar tegangan Von Misses global yang terjadi sebesar 41,32 MPa. Gambar IV.27 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 48,72 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading 7.

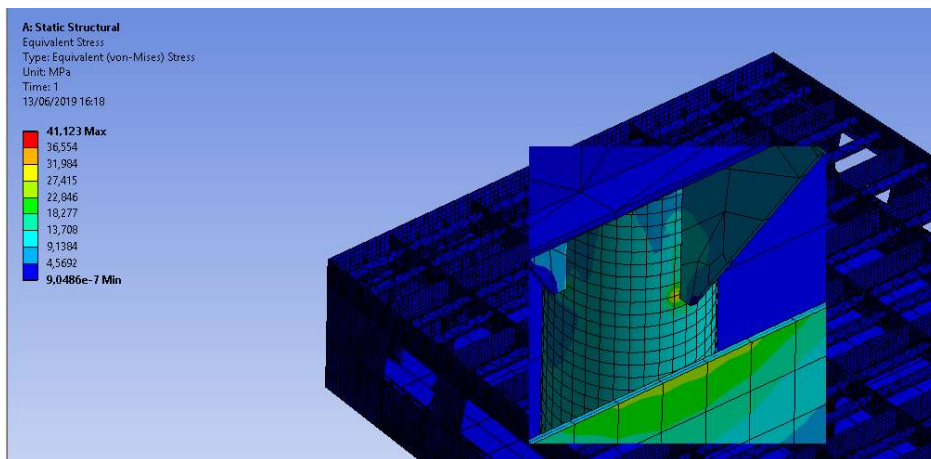
#### IV.3.6. SK 7 – LC 4

Simulasi SK 7 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 8 buah. Pada gading nomor 0 dan 17 terdapat dua buah pilar sisi, gading nomor 10 tiga buah serta terpasang satu buah pilar tengah di nomor gading 3. Luaran simulasi adalah tegangan Von Misses maksimum struktur secara global akibat pembebanan LC 44 ng hasilnya dapat dilihat di gambar

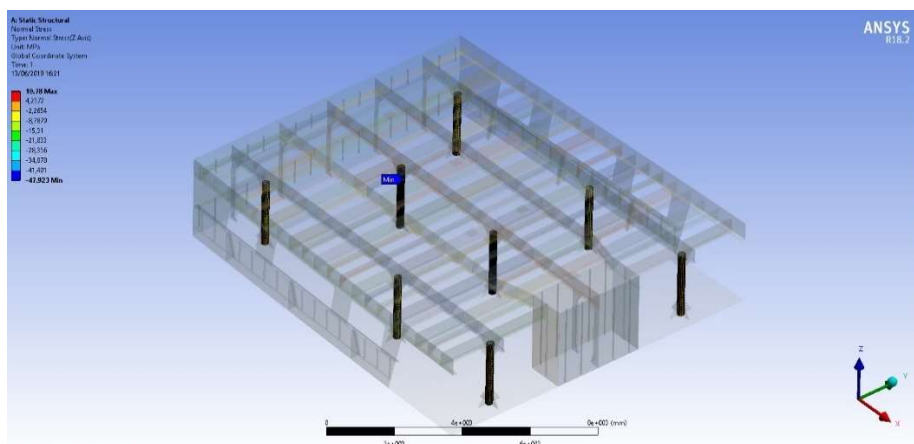
IV. 28 dan dirincikan pada gambar IV. 29, serta pada gambar IV. 30 terlihat kondisi tegangan normal pada sistem pilar.



Gambar IV. 28 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 7 - LC4 - LP1



Gambar IV. 29 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 7 - LC4 - LP1

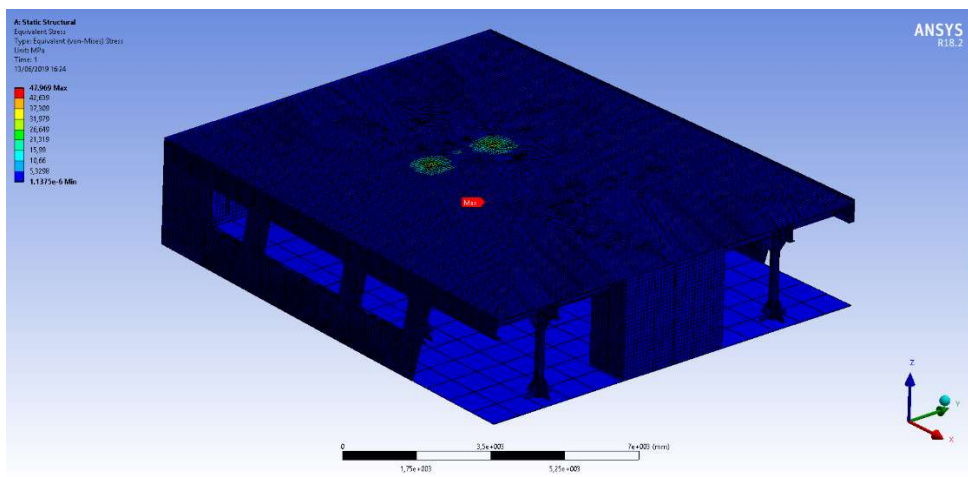


Gambar IV. 30 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 7 - LC4 - LP1

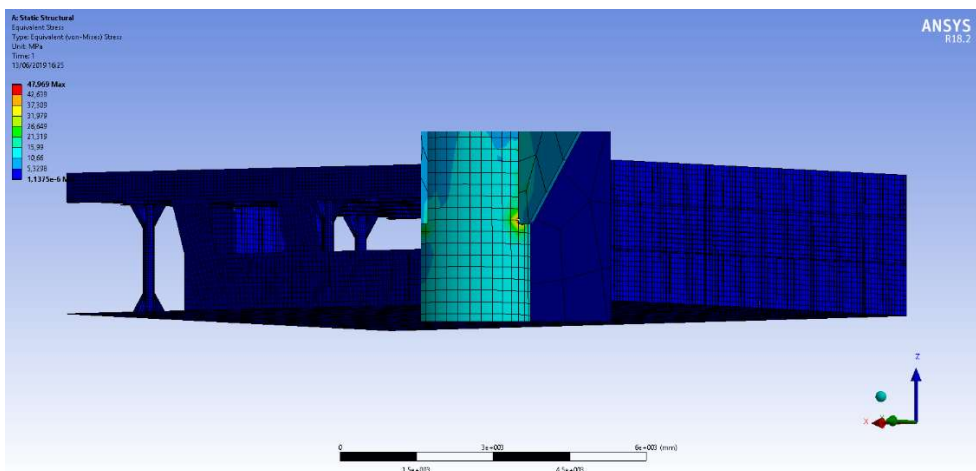
Terlihat pada Gambar IV.28 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV. 29 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara pilar tengah nomor gading 3 dan *bracketnya*. Besar tegangan Von Misses global yang terjadi sebesar 41,12 MPa. Gambar IV. 30 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 47,92 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading 3.

#### IV.3.7.SK 8 – LC 4

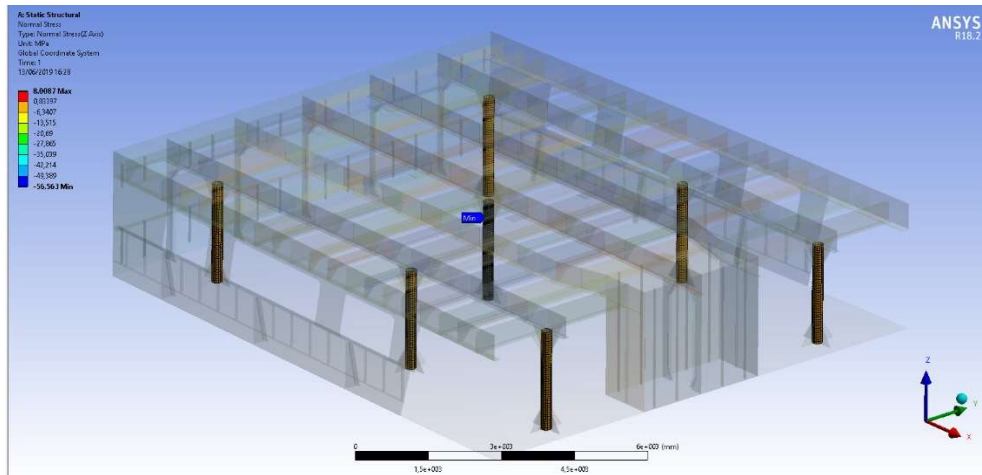
Simulasi SK 8 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 7 buah. Pada gading nomor 0, 10 dan 17 terdapat dua buah pilar sisi serta satu buah pilar tengah pada gading nomor 7. Luaran simulasi adalah tegangan Von Misses maksimum struktur secara global akibat beban LC4 pada titik kontak LP1.



Gambar IV. 31 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 8 - LC4 - LP1



Gambar IV. 32 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 8 - LC4 - LP1

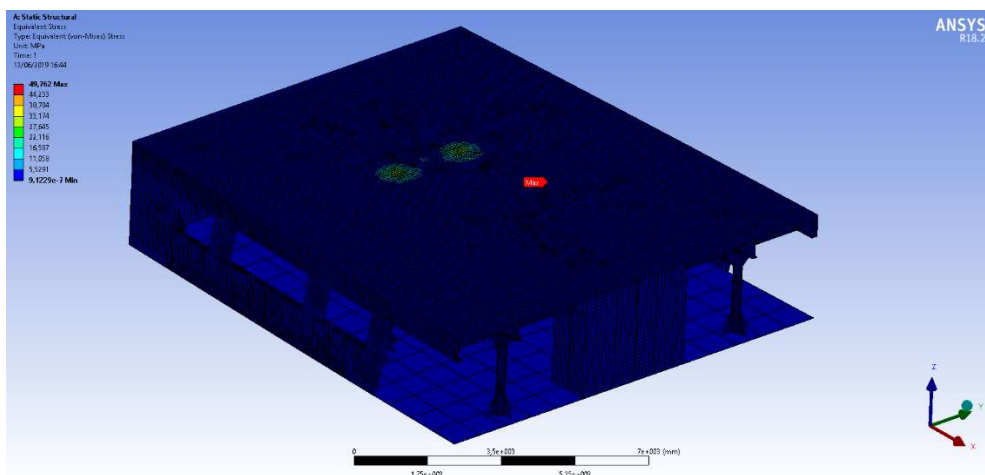


Gambar IV. 33 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 8 - LC4 - LP1

Terlihat pada Gambar IV.31 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV. 32 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara pilar tengah nomor gading 7 dan *bracketnya*.. Besar tegangan Von Misses global yang terjadi sebesar 47,96 MPa. Gambar IV. 33 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 56,56 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading 7.

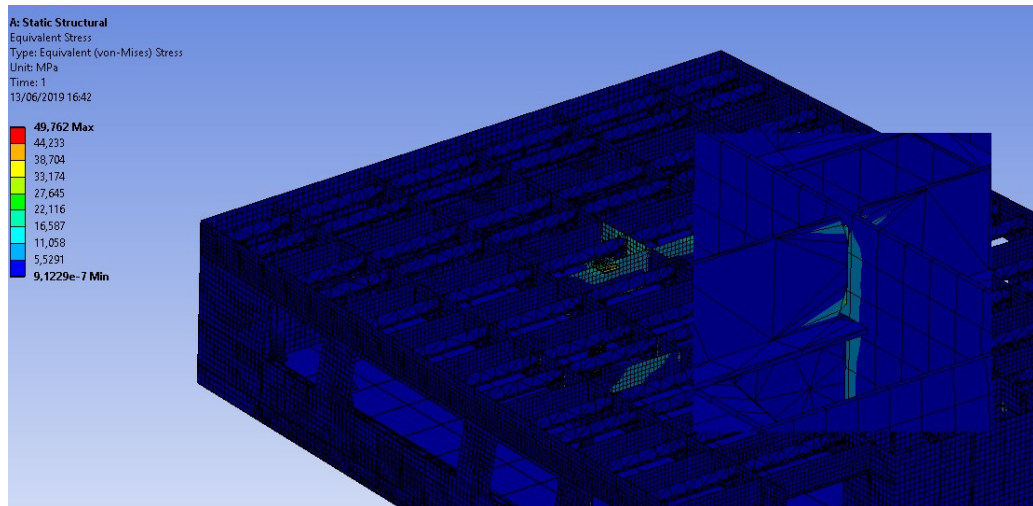
#### IV.3.8. SK 9 – LC 4

Simulasi SK 9 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 7 buah. Pada gading nomor 0, 10 dan 17 terdapat dua buah pilar sisi serta satu buah pilar tengah pada gading nomor 3. Luaran simulasi adalah tegangan Von Misses maksimum struktur secara global akibat beban LC4 pada titik kontak LP1.

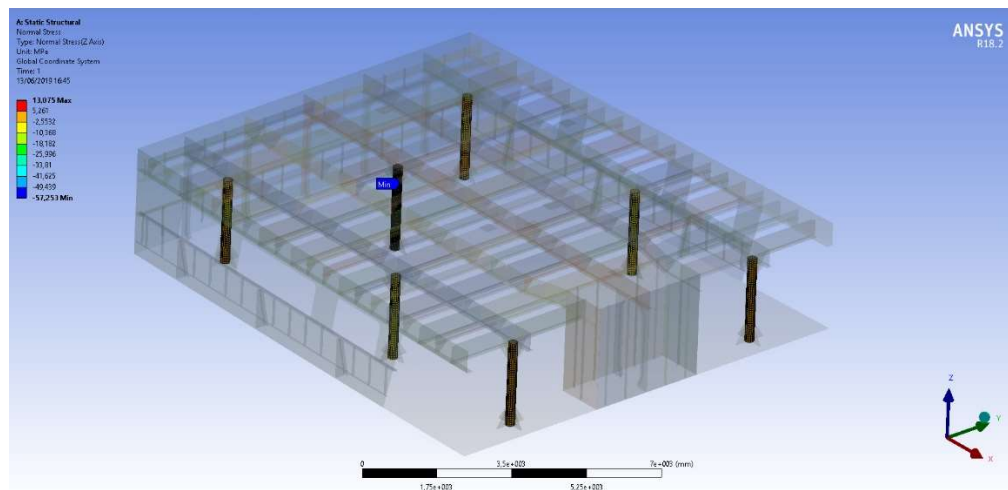


Gambar IV. 34 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 9 - LC4 - LP1





Gambar IV. 35 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 9 - LC4 - LP1

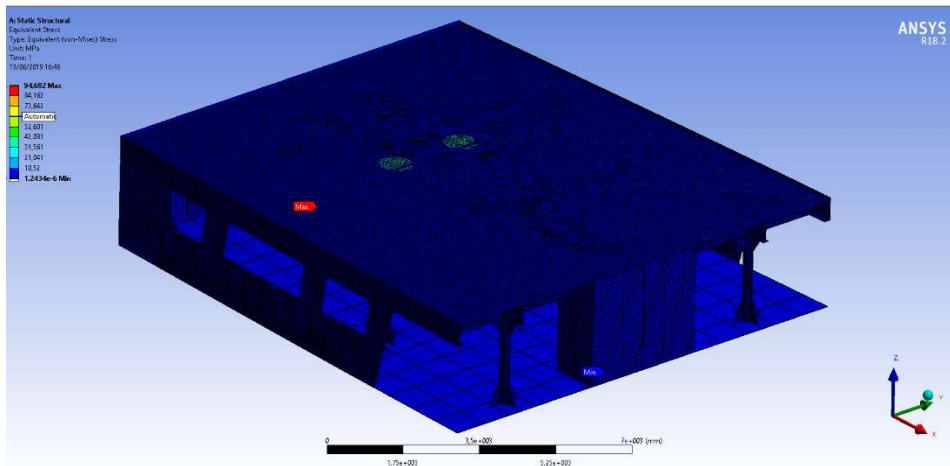


Gambar IV. 36 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 9 - LC4 - LP1

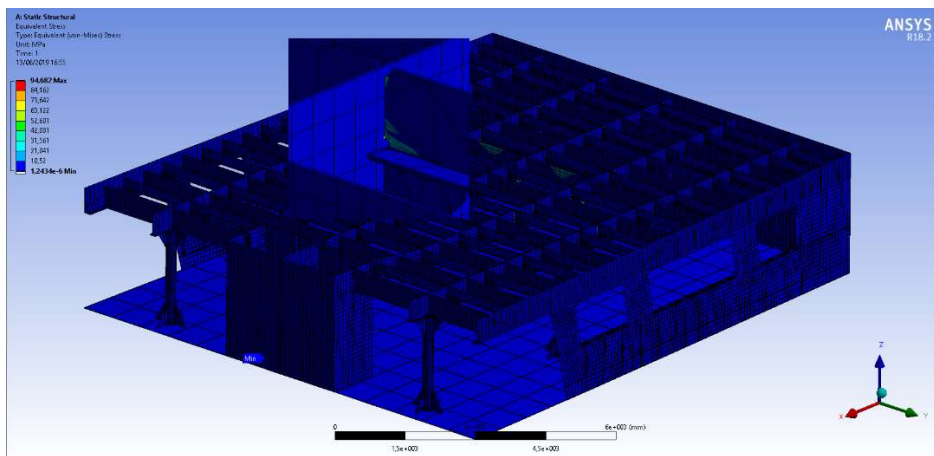
Terlihat pada Gambar IV.34 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV. 35 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara balok geladak nomor gading 9 dan *Deck girder* di sisi *portside*. Besar tegangan Von Misses global yang terjadi sebesar 49,76 MPa. Gambar IV. 36 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 57,25 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar tengah tepatnya di nomor gading 3.

#### IV.3.9.SK 10 – LC 4

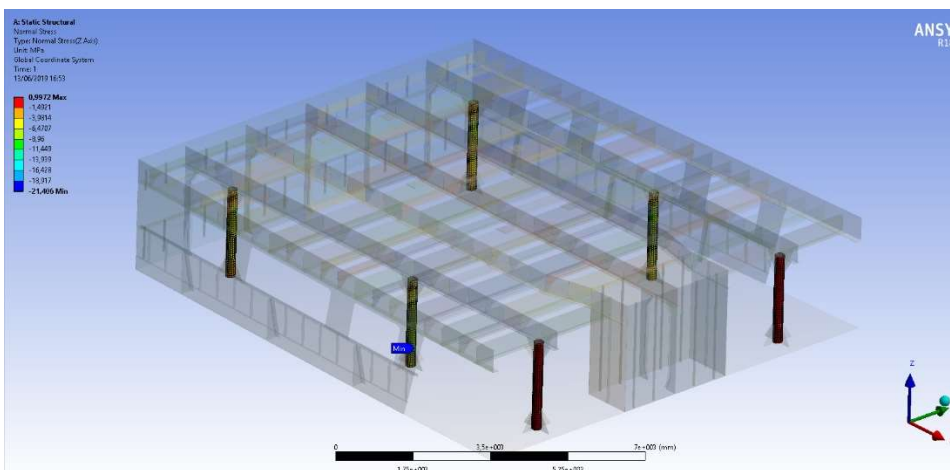
Simulasi SK 10 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 6 buah. Pada gading nomor 0, 10 dan 17 terdapat dua buah pilar sisi. Luaran simulasi adalah tegangan Von Misses maksimum struktur secara global akibat beban LC4 pada titik kontak LP1.



Gambar IV. 37 Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Global SK 10 - LC4 - LP1



Gambar IV. 38 Perbesaran Tegangan Von Misses Global SK 10 - LC4 - LP1



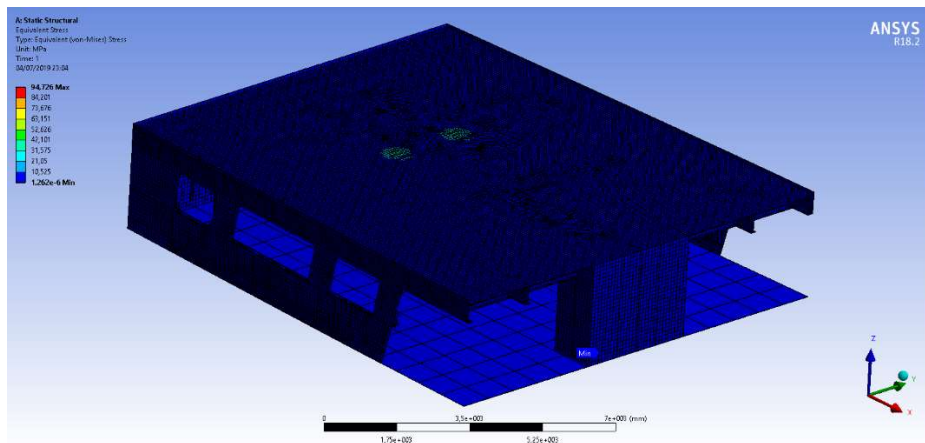
Gambar IV. 39 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 10 - LC4 - LP1

Terlihat pada Gambar IV.37 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV. 38

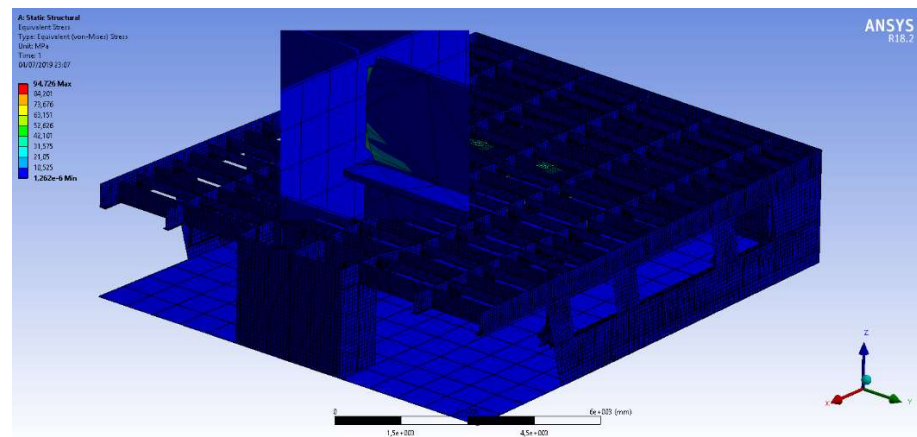
bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara balok geladak nomor gading 6 dan *Deck girder starboard side*. Besar tegangan Von Mises global yang terjadi sebesar 94,68 MPa. Gambar IV. 39 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 21,40 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar *starboardside* tepatnya di nomor gading 10.

#### IV.3.10. SK 11 – LC 4

Simulasi SK 11 adalah skenario model dengan jumlah pilar total sebanyak 4 buah. Pada gading nomor 0 dan 10 terdapat dua buah pilar sisi. Luaran simulasi adalah tegangan Von Mises maksimum struktur secara global akibat beban LC4 pada titik kontak LP1.

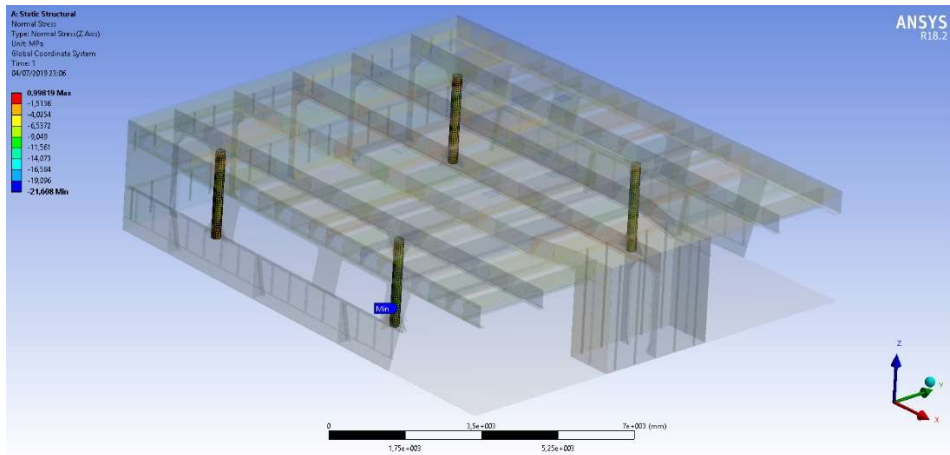


Gambar IV. 40 Hasil Simulasi Tegangan Von Mises Global SK 11 - LC4 - LP1



Gambar IV. 41 Perbesaran Tegangan Von Mises Global SK 11 - LC4 – LP1





Gambar IV. 42 Hasil Simulasi Tegangan Normal pada Pilar SK 11 - LC4 - LP1

Terlihat pada Gambar IV.40 bahwa tegangan muncul bukan di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak. Dijelaskan pada Gambar IV. 41 bahwa tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara balok geladak nomor gading 6 dan *Deck girder starboard side*. Besar tegangan Von Misses global yang terjadi sebesar 94,72 MPa. Gambar IV. 42 menjelaskan besar tegangan normal (kompresi) pada pilar dengan nilai maksimum tegangan sebesar 21,60 MPa. Tegangan kompresi maksimum terjadi pada pilar *starboardside* tepatnya di nomor gading 10.

#### IV.3.11. Tegangan Terhadap Skenario Model

Analisis tegangan terhadap tiap skenario model dilakukan untuk membandingkan besar tegangan maksimum yang terjadi pada tiap skenario dengan tegangan izin maksimum pada Sub-bab 4.1. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui skenario mana yang mampu menerima beban operasional, dengan fungsi objektif jumlah pilar seminimum mungkin. Luaran bagian Analisis ini adalah skenario pilar mana yang dipilih untuk diuji lebih lanjut. Analisis dapat dilihat di Tabel IV. 5, Gambar IV. Dan Gambar IV.

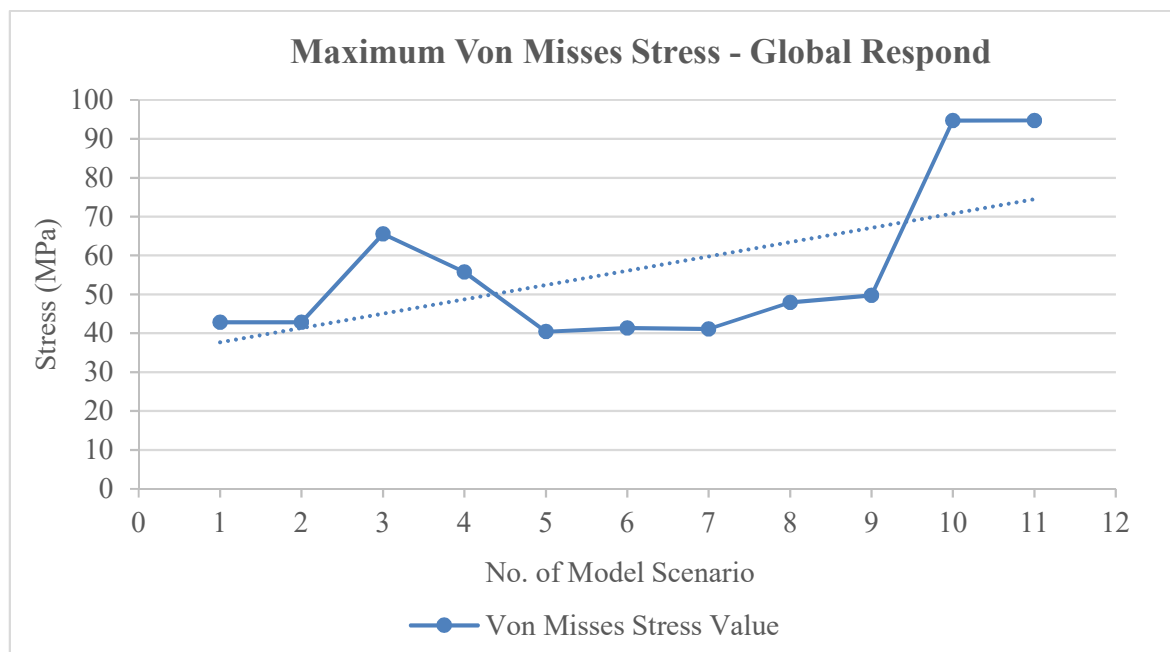
Tabel IV. 6 Rekapitulasi Hasil Simulasi SK 1 Sampai SK 10 Terhadap LC4 – LP1

No. SK	Stresses (Mpa)		Pilar Number and Location	Permissible Stress(Mpa)		NOTE	
	Global Von Misses	Pillars Compressive		Global	Pillars	Global	Pillars
1	42.83	9.38	7 – CL	175	165	SAFE	SAFE
2	42.81	9.23	7 – CL	175	165	SAFE	SAFE
3	65.57	26.75	7 – PS	175	165	SAFE	SAFE
4	55.72	39.44	10 – CL	175	165	SAFE	SAFE

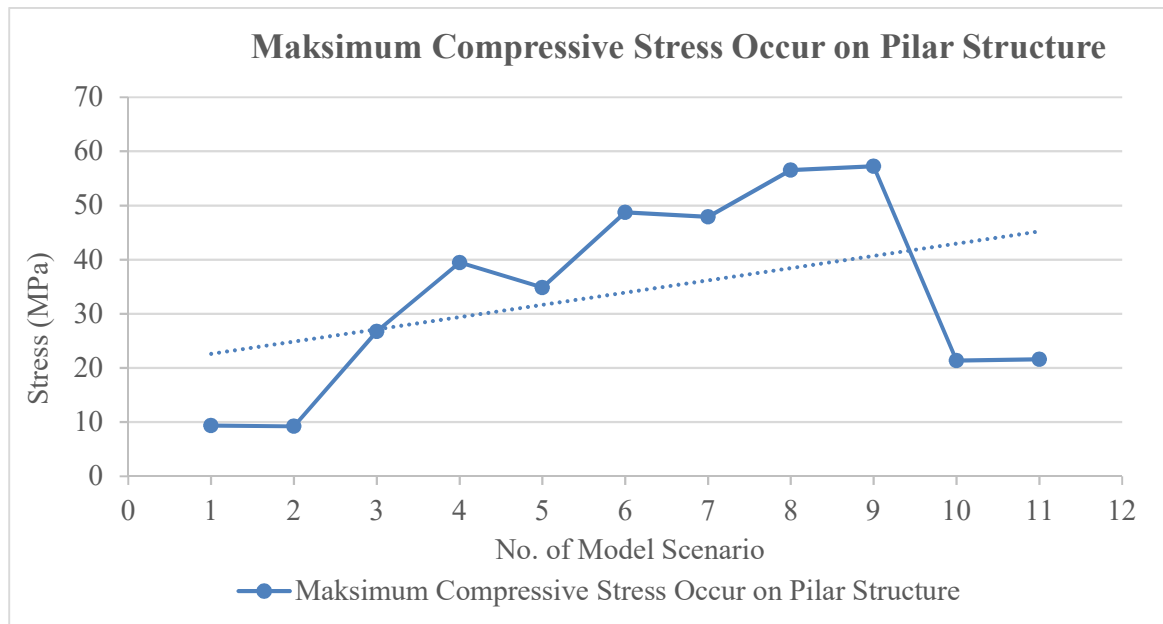
5	40.41	34.84	7 – CL	175	165	SAFE	SAFE
6	41.32	48.72	7 – CL	175	165	SAFE	SAFE
7	41.12	47.92	3 – CL	175	165	SAFE	SAFE
8	47.96	56.56	7 – CL	175	165	SAFE	SAFE
9	49.76	57.25	3 – CL	175	165	SAFE	SAFE
10	94.68	21.40	10 – SS	175	165	SAFE	SAFE
11	94.72	21.60	10 - SS	175	165	SAFE	SAFE

Berdasarkan Tabel IV.5 terlihat bahwa nilai tegangan Von Misses yang terjadi di setiap skenario berada di bawah tegangan izin maksimum yang sebelumnya telah dijelaskan di Sub-bab IV.1. Begitupun juga dengan nilai tegangan normal yang terjadi di setiap skenario. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa tiap skenario model cukup kuat ketika diberi beban kondisi LC4 dan LP 1.

Tabel IV.5 menunjukkan bahwa nilai tegangan yang terjadi bervariasi terhadap skenario model. Tegangan Von Misses yang terjadi bervariasi di antara nilai 10.59 MPa pada SK 1 sebagai nilai minimum hingga 55.79 MPa di SK 10 sebagai nilai maksimum. Sedangkan tegangan kompresi minimum pilar terjadi pada SK 1 dengan nilai tegangan 3,40 MPa dan maksimum di SK 9 dengan nilai tegangan 31.640. Tren tegangan terhadap skenario dapat dilihat pada Gambar IV. 43 untuk tegangan Von Misses dan Gambar IV. 44 untuk tegangan kompresi.



Gambar IV. 43 Grafik Tegangan Von Misses Terhadap Skenario



Gambar IV. 44 Grafik Tegangan Kompresi Pilar Terhadap Skenario

Gambar IV. 43 dan Gambar IV. 44 menjelaskan bahwa tren perubahan nilai tegangan Von Misses maupun tegangan normal pada pilar meningkat terhadap skenario. Tren tersebut ditunjukkan oleh garis putus-putus berwarna biru pada kedua grafik. Secara spesifik ada perbedaan tren tegangan yang secara signifikan di antara Gambar IV. 43 dan Gambar IV. 44, yaitu terjadi pada SK 10 dimana nilai tegangan Von Misses dan tegangan kompresi menunjukkan tren yang kontradiktif.

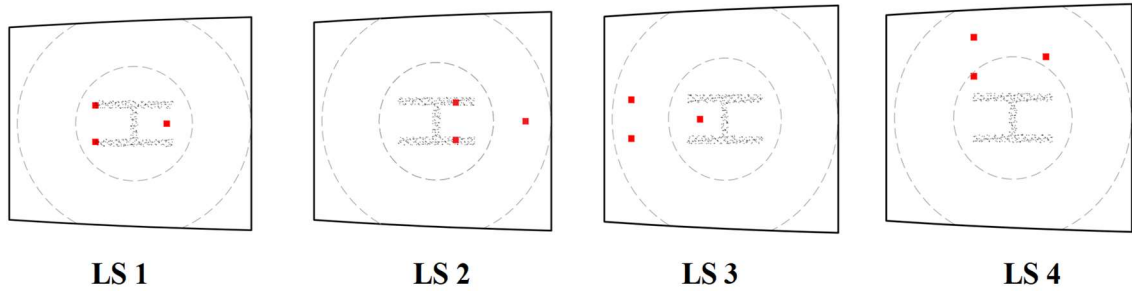
Perbedaan tersebut disebabkan karena keberadaan pilar tengah tunggal pada SK 9 dan ketiadaan pilar tengah tunggal pada SK 10. Keberadaan pilar tengah tunggal menyebabkan pendistribusian tegangan pada sub struktur tidak pilar merata. Sebagian besar tegangan tertumpuk di pilar tengah tunggal tersebut. Sedangkan pada SK 10 pendistribusian tegangan relatif merata ke pilar-pilar sisi, sehingga tegangan tidak cenderung terpusat pada satu pilar penumpu.

Sedangkan untuk SK 10 dan SK 11 tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan. Tegangan Von Misses global SK 10 dan SK 11 memiliki selisih sebesar 0,06 MPa dengan tegangan terbesar terjadi di SK 11 sebesar 96,72 MPa. Tegangan kompresi pilar SK 10 dan SK 11 memiliki selisih 0,2 MPa dengan nilai terbesar terjadi pada SK 11 sebesar 21,60 MPa.

#### IV.4. Titik Pendaratan (LP)

Pengujian dengan Variasi Titik (*Landing Point*) Pendaratan dilakukan untuk menguji kemampuan model skenario konstruksi dalam menopang beban dari kombinasi kejadian yang

lebih kompleks dengan kondisi pembebanan LC4. Kejadian dimaksud adalah variasi titik kontak roda pendaratan dengan permukaan geladak yang sebelumnya telah dijelaskan pada BAB III dengan sebutan LP1, LP2, LP3 dan LP4. Ilustrasi LP 1, LP 2, LP 3 dan LP 4 dapat dilihat pada gambar IV. 45. Titik-titik merah diasumsikan sebagai titik kontak roda-roda helikopter yang disimulasikan pada *Helideck*, lingkaran dalam adalah area *Helipad* dan lingkaran luar menggambarkan diameter maksimum rotor helikopter.

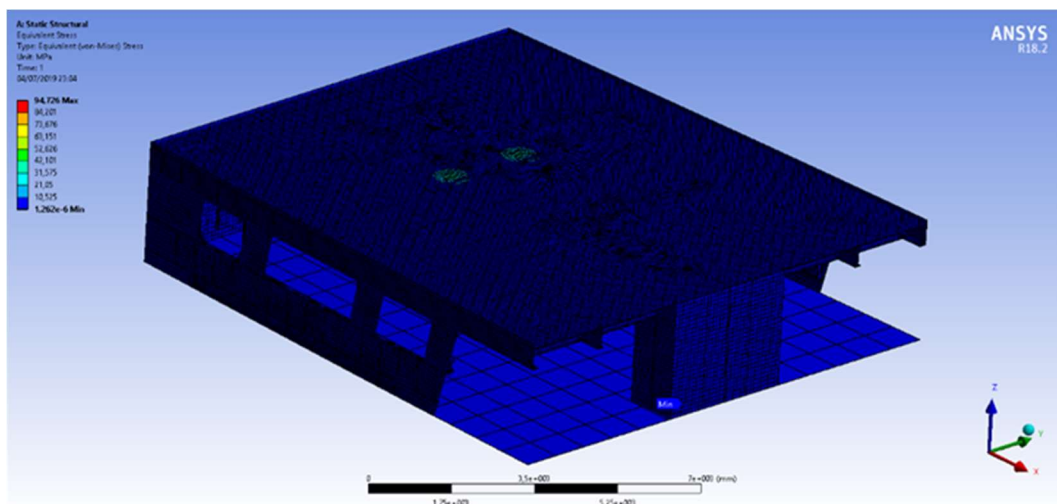


Gambar IV. 45 Variasi Skenario Pendaratan (LP)

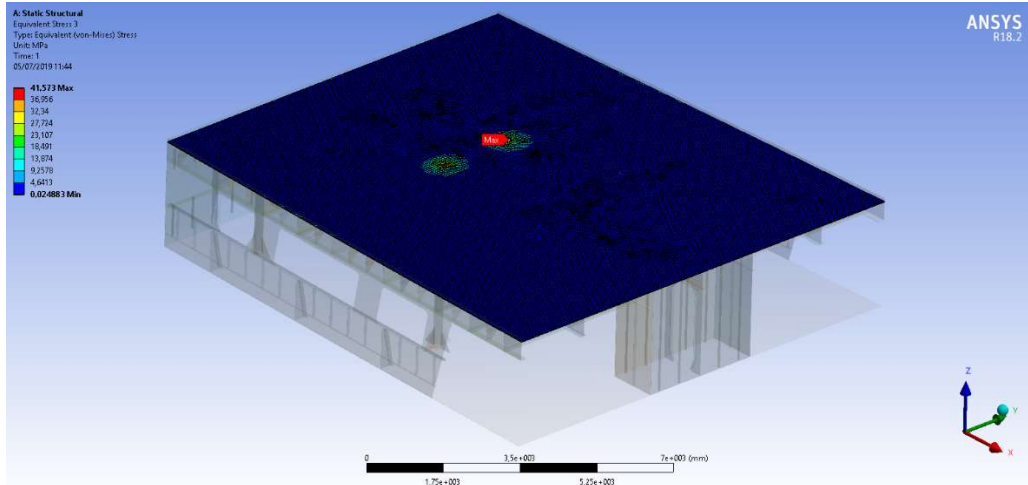
Luaran dari pengujian ini adalah nilai tegangan Von Mises secara keseluruhan, tegangan Von Mises pada sub-struktur pelat geladak, *Deck Beam*, *Deck girder* dan Tegangan Kompresi pada pilar yang terjadi dari kejadian-kejadian terkait.

#### IV.4.1. Pengujian SK 10 – LC 4 – LP1

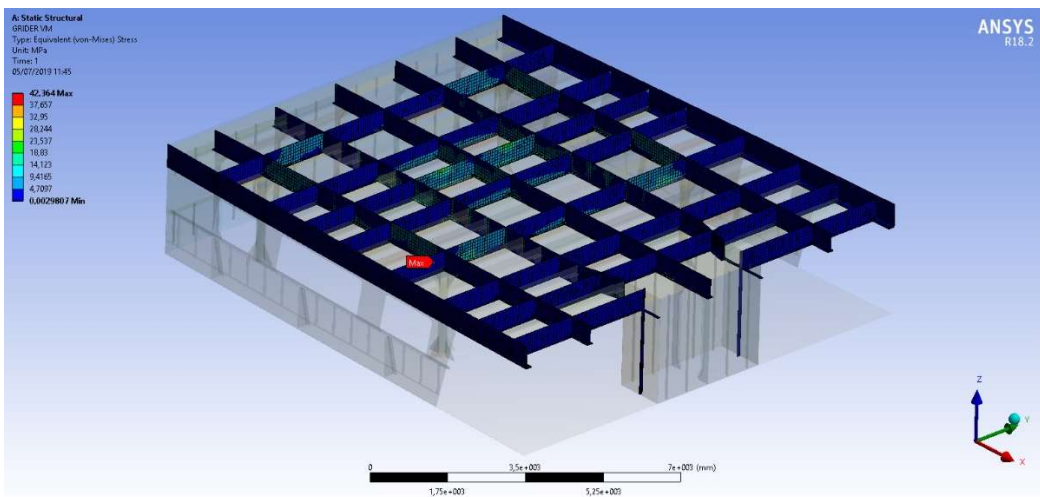
Pengujian ini dilakukan dengan simulasi pendaratan *crash/emergency landing* helikopter dengan titik kontak roda utama dan roda depan helikopter berada dalam area *helipad*. Hasil simulasi dapat dilihat dari Gambar IV. 46, Gambar IV. 47, Gambar IV. 48, Gambar IV. 49, dan Gambar IV. 50.



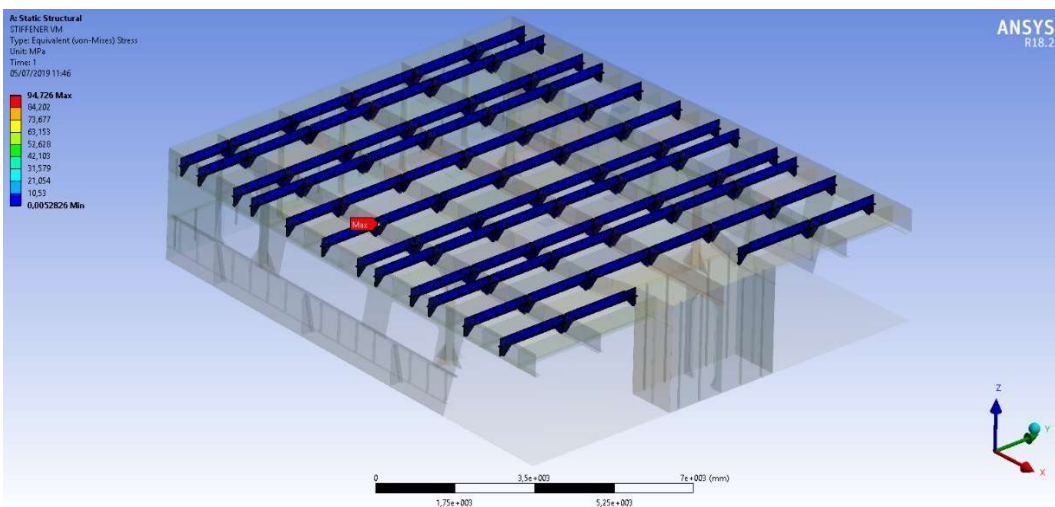
Gambar IV. 46 Hasil Simulasi Tegangan SK 10 - LC4 – LP1



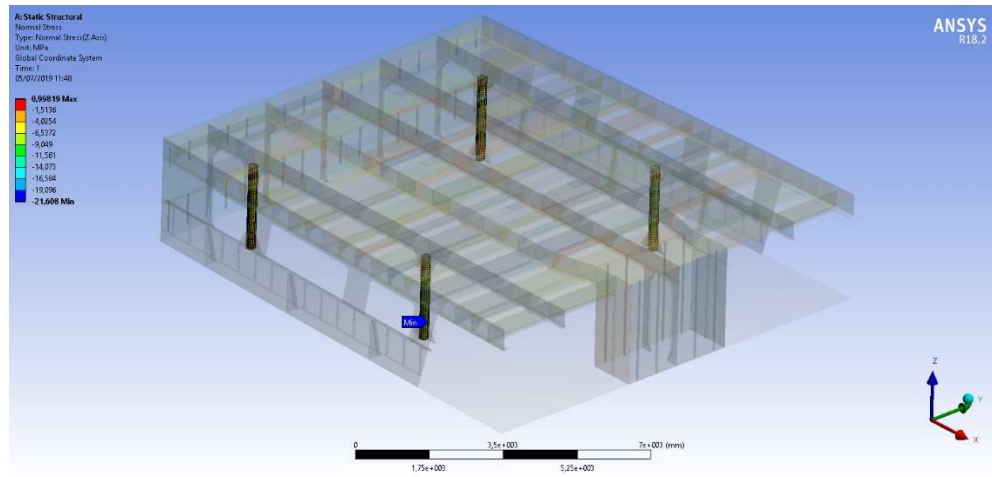
Gambar IV. 47 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 - LP1



Gambar IV. 48 Tegangan Terjadi Girder dan Strong Beam SK 10 - LC4 - LP1



Gambar IV. 49 Tegangan Terjadi pada Deck Beam SK 10 - LC4 - LP1



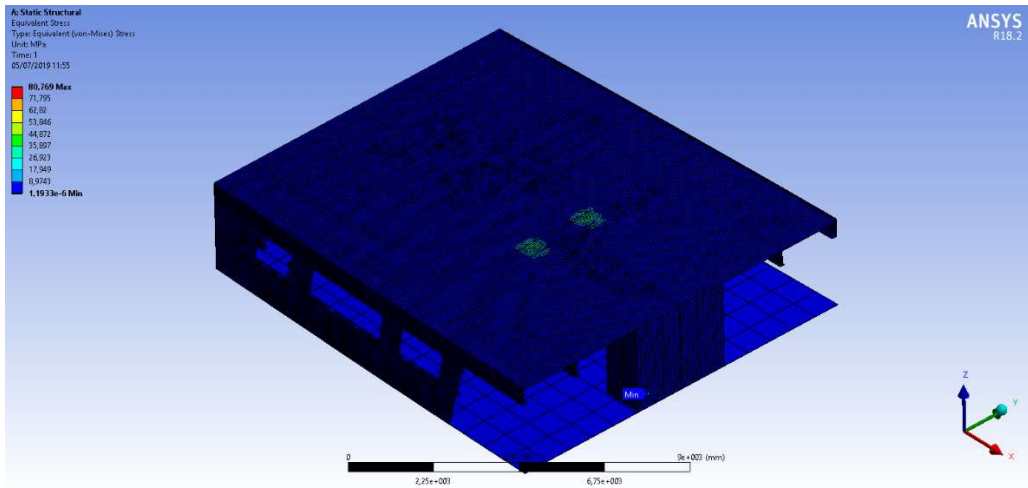
Gambar IV. 50 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 10 - LC4 - LP1

Gambar IV. 46 menjelaskan mengenai kondisi struktur akibat beban LC4 dan kejadian LP1. Terlihat bahwa tegangan Von Mises yang terjadi bernilai 94,72 MPa. Selanjutnya pada Gambar IV. 47 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada pelat *Helideck* dengan nilai tegangan sebesar 41,58 MPa. Tegangan maksimum terjadi di titik kontak roda belakang kiri helikopter. Gambar IV. 48 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur penumpu (*girder* dan *Strong Beam*) dengan nilai tegangan sebesar 42,36 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pelat muka *Deck girder* sisi *starboard*, tepatnya diantara nomor gading 9 dan 10. Gambar IV. 49 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur *Deck Beam* dengan nilai tegangan sebesar 94,68 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara *Deck Beam* dan *Deck side girder starboard*, tepatnya di nomor gading 6. Gambar IV. 50 dijelaskan mengenai tegangan Kompresi yang terjadi pada struktur pilar dengan nilai tegangan sebesar 21,60 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pilar sisi *starboard* nomor gading 10, tepatnya terjadi pada sambungan antara badan pilar *bracket* bagian bawah.

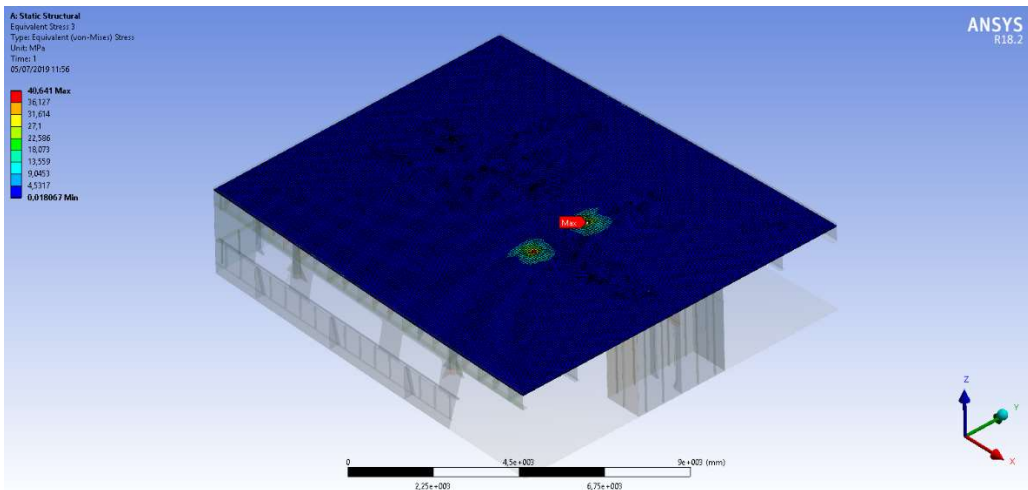
#### IV.4.2. Pengujian SK 11 – LC 4 – LP2

Pengujian ini dilakukan dengan simulasi pendaratan *crash/emergency landing* helikopter dengan titik kontak roda utama helikopter berada dalam area *helipad* dan roda depan berada di luar *helipad*. Helikopter mendarat sejauh 0,5D ke arah haluan dari titik pendaratan normal. Hasil simulasi dapat dilihat dari Gambar IV. 51, Gambar IV. 52, Gambar IV. 53, Gambar IV. 54, dan Gambar 55

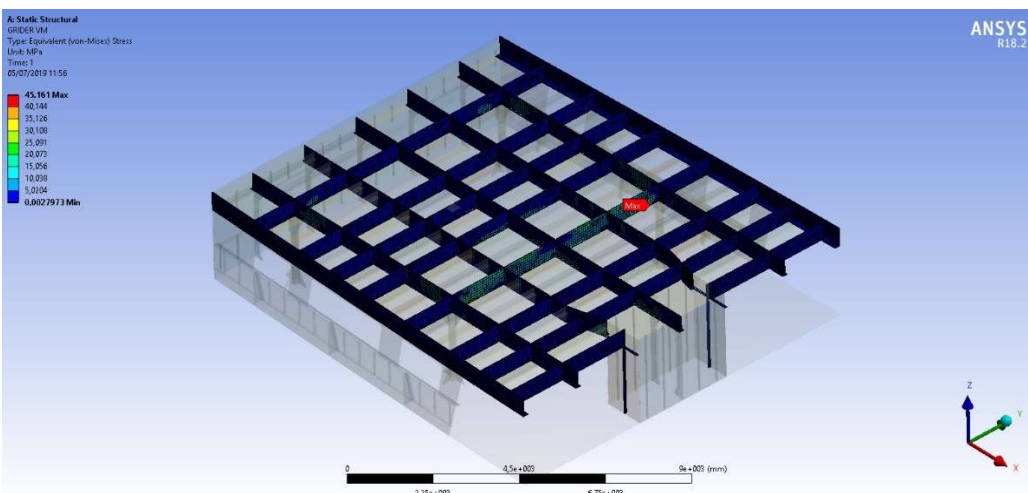




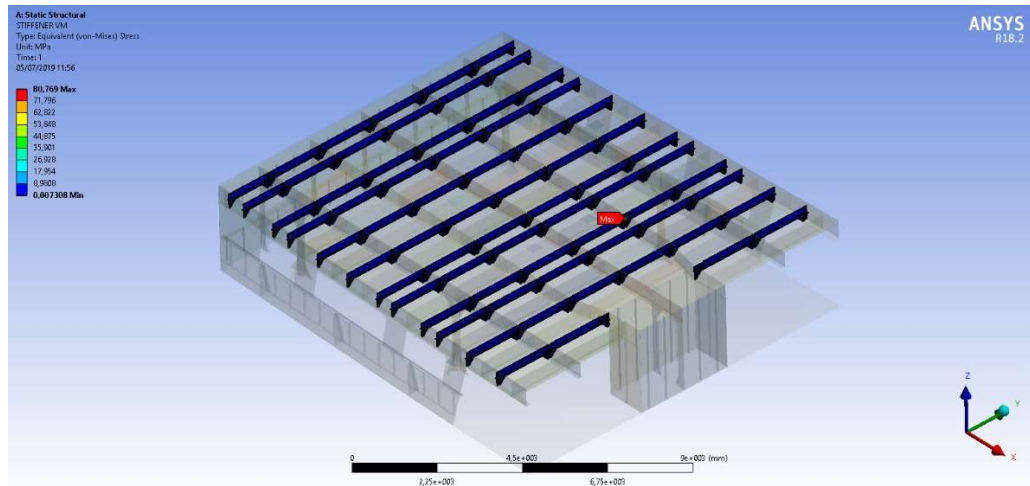
Gambar IV. 51 Hasil Simulasi Tegangan SK 11 - LC4 – LP2



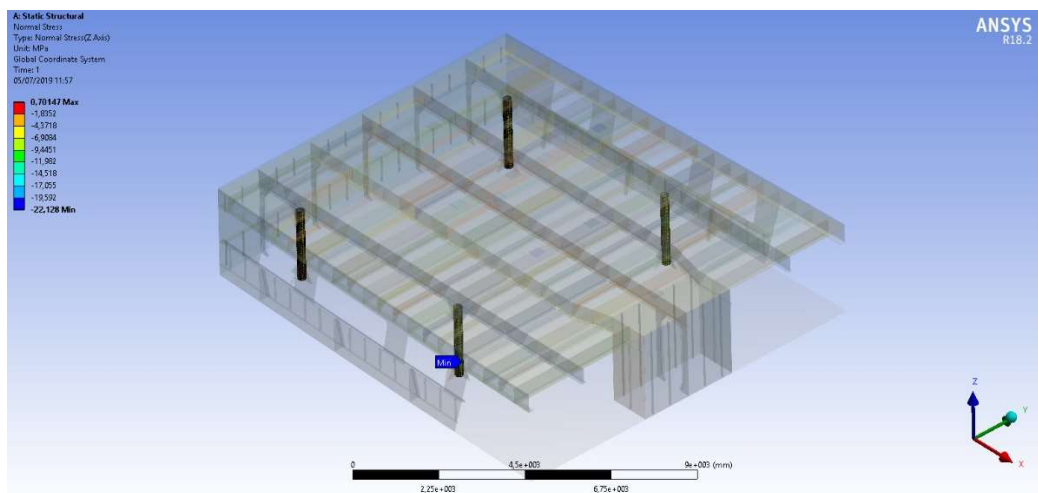
Gambar IV. 52 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 – LP2



Gambar IV. 53 Tegangan Terjadi pada Girder dan Strong Beam SK 11 - LC4 – LP2



Gambar IV. 54 Tegangan Terjadi pada *Deck Beam* SK 11 - LC4 – LP2



Gambar IV. 55 Tegangan Terjadi pada *Pilar* SK 11 - LC4 – LP2

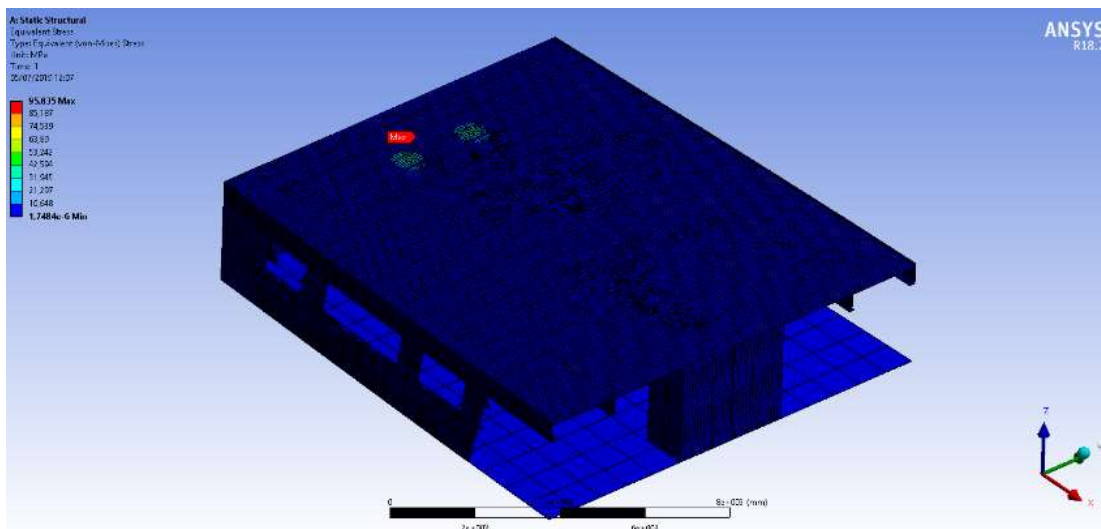
Gambar IV. 51 menjelaskan mengenai kondisi struktur akibat beban LC4 dan kejadian LP1. Terlihat bahwa tegangan Von Mises yang terjadi bernilai 80,76 MPa. Selanjutnya pada Gambar IV. 52 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada pelat *Helideck* dengan nilai tegangan sebesar 40,64 MPa. Tegangan maksimum terjadi di area kontak roda belakang kiri helikopter pada pelat *helideck*. Gambar IV. 53 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur penumpu (*girder* dan *Strong Beam*) dengan nilai tegangan sebesar 45,16 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pelat muka *Strong Beam* nomor 10 tepatnya di antara *Deck portside girder*. Gambar IV. 54 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur *Deck Beam* dengan nilai tegangan sebesar 80,76 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara *Deck Beam* dan *Deck side girder starboard*, tepatnya di nomor gading 11. Gambar IV. 55 dijelaskan mengenai tegangan



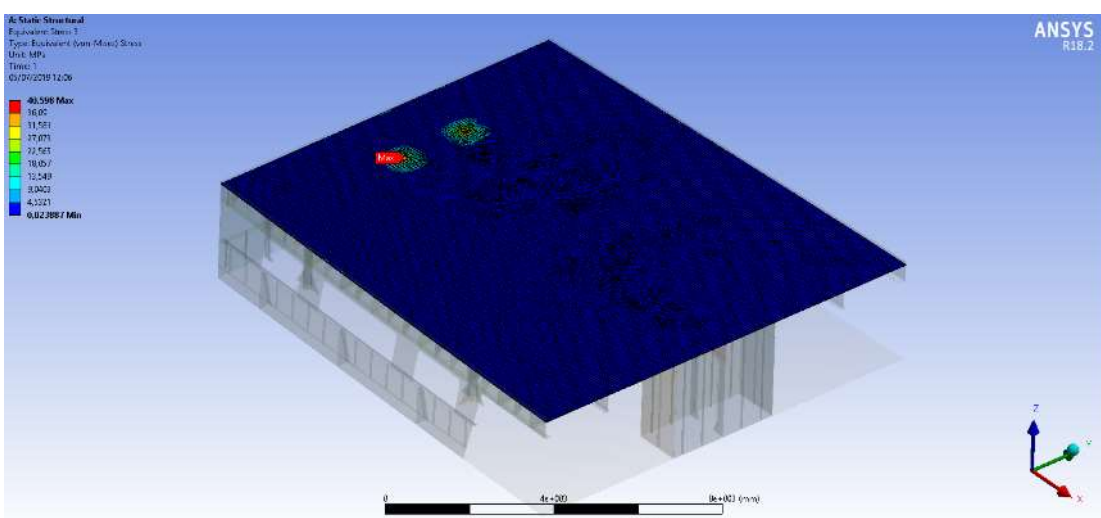
Kompresi yang terjadi pada struktur pilar dengan nilai tegangan sebesar 22,12 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pilar sisi *starboard* nomor gading 10, tepatnya terjadi pada sambungan antara badan pilar *bracket* bagian bawah.

#### IV.4.3. Pengujian SK 11 – LC 4 – LP3

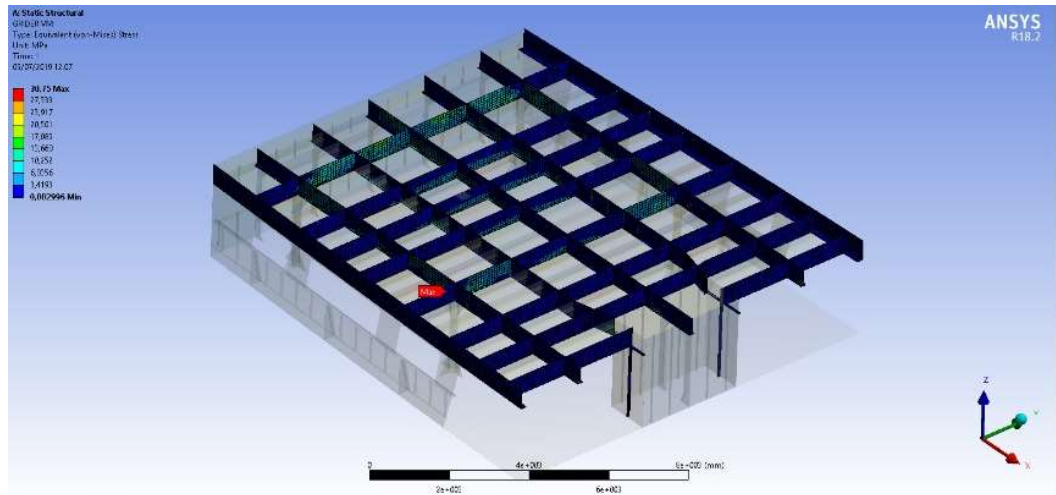
Pengujian ini dilakukan dengan simulasi pendaratan *crash/emergency landing* helikopter dengan titik kontak roda utama helikopter berada di luar area *helipad* dan roda depan berada di dalam *helipad*. Helikopter mendarat sejauh 0,5D ke arah buritan dari titik pendaratan normal. Hasil simulasi dapat dilihat dari Gambar IV. 56, Gambar IV. 57, Gambar IV. 58, Gambar IV. 59, dan Gambar IV. 60.



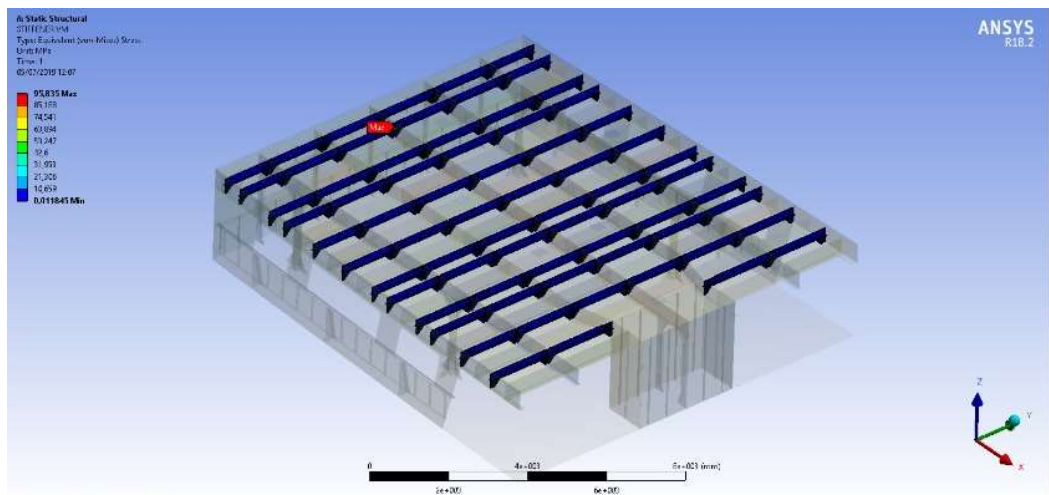
Gambar IV. 56 Hasil Simulasi Tegangan SK 11 - LC4 – LP3



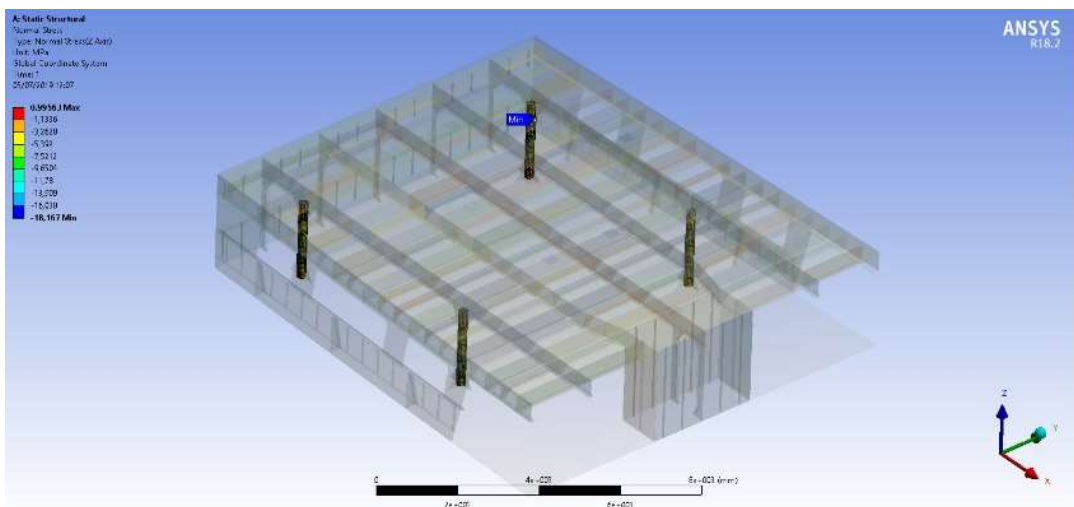
Gambar IV. 57 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 – LP3



Gambar IV. 58 Tegangan Terjadi Girder dan Strong Beam SK 11 - LC4 – LP3



Gambar IV. 59 Tegangan Terjadi pada Deck Beam SK 11 - LC4 – LP3

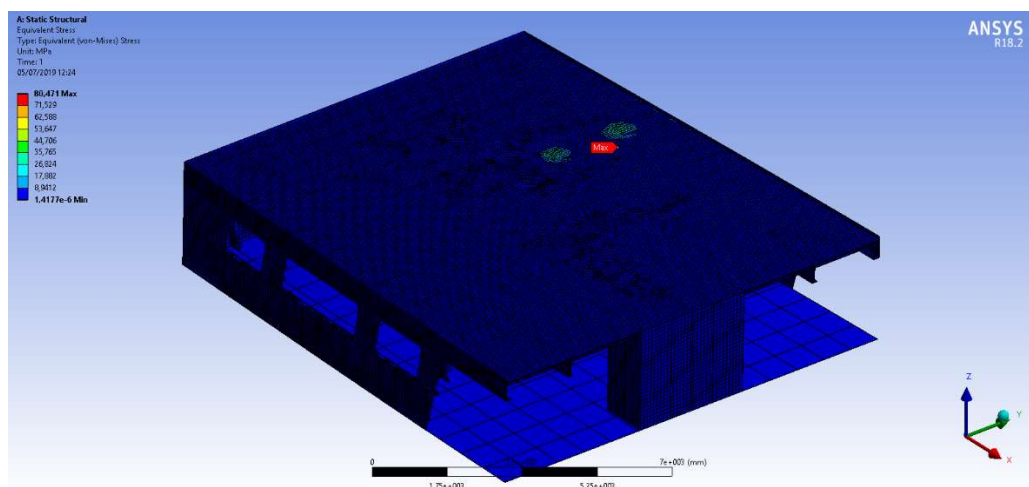


Gambar IV. 60 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 11 - LC4 – LP3

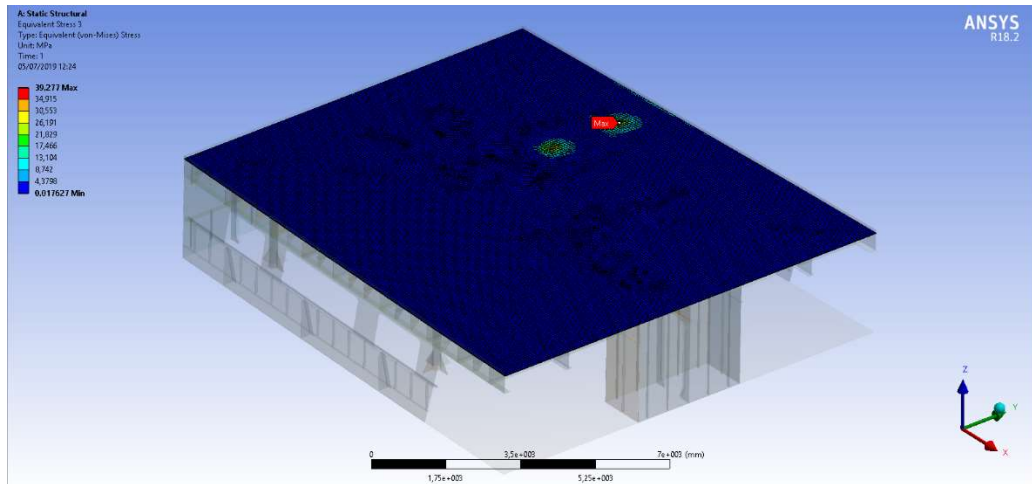
Gambar IV. 56 menjelaskan mengenai kondisi struktur akibat beban LC4 dan kejadian LP1. Terlihat bahwa tegangan Von Mises yang terjadi bernilai 95,83 MPa. Selanjutnya pada Gambar IV.57 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada pelat *Helideck* dengan nilai tegangan sebesar 40,59 MPa. Tegangan maksimum terjadi di area kontak roda belakang kanan helikopter pada pelat *helideck*. Gambar IV. 58 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur penumpu (*girder* dan *Strong Beam*) dengan nilai tegangan sebesar 30,76 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pelat muka *Deck girder* sisi *starboard*, tepatnya diantara nomor gading 9 dan 10. Gambar IV. 59 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur *Deck Beam* dengan nilai tegangan sebesar 95,83 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara *Deck Beam* dan *Deck center girder*, tepatnya di nomor gading (-1). Gambar IV. 60 dijelaskan mengenai tegangan kompresi yang terjadi pada struktur pilar dengan nilai tegangan sebesar 18,16 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pilar sisi *starboard* nomor gading 10, tepatnya terjadi pada sambungan antara badan pilar *bracket* bagian bawah.

#### IV.4.4. Pengujian SK 10 – LC 4 – LP4

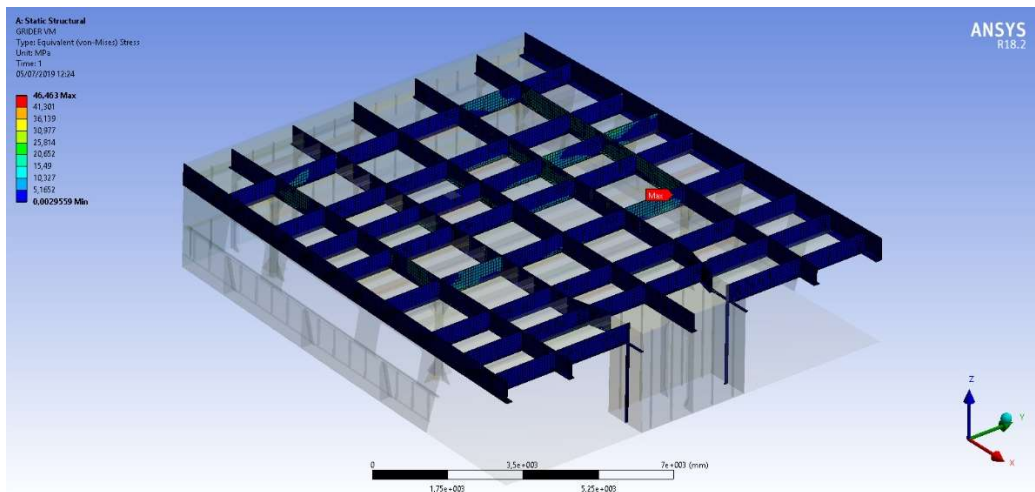
Pengujian ini dilakukan dengan simulasi pendaratan *crash/emergency landing* helikopter dengan titik kontak salah satu roda utama helikopter berada di luar area *helipad*, sedangkan roda lainnya berada di luar *helipad*. Titik kontak roda depan berada di luar *helipad*. Helikopter mendarat sejauh 0,5D ke arah *portside* dari titik pendaratan normal. Hasil simulasi dapat dilihat dari Gambar IV. 61, Gambar IV. 62, Gambar IV. 63, Gambar IV. 64, dan Gambar IV. 65.



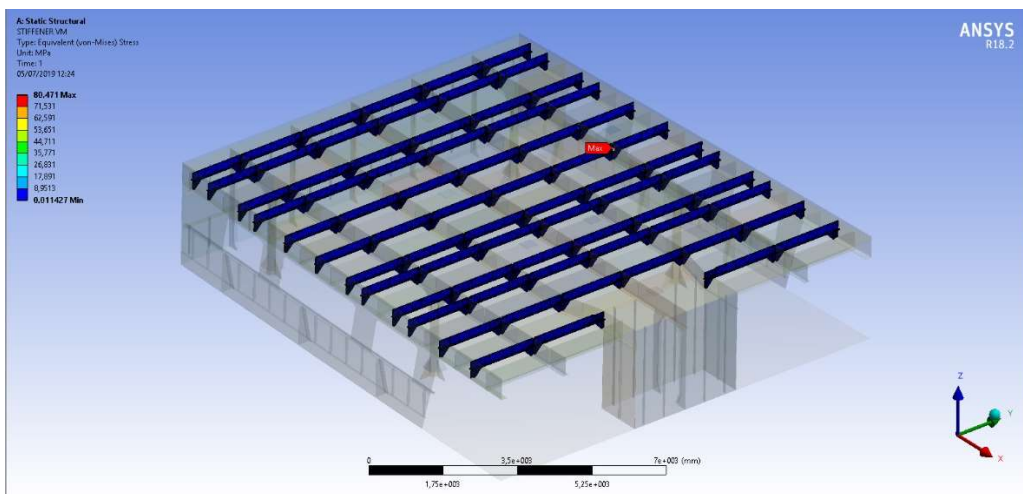
Gambar IV. 61 Hasil Simulasi Tegangan SK 11 - LC4 – LP4



Gambar IV. 62 Tegangan Terjadi pada Pelat Geladak SK 11 - LC4 – LP4

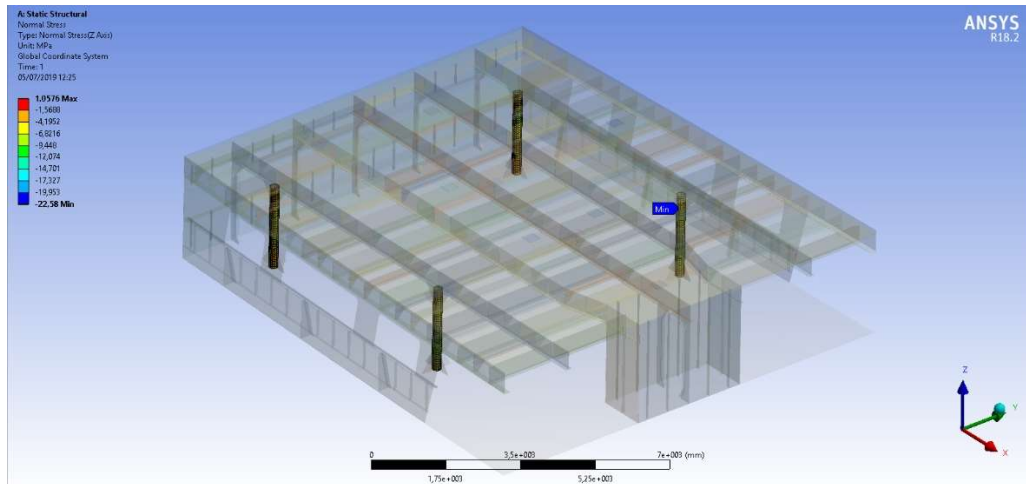


Gambar IV. 63 Tegangan Terjadi pada Girder dan Strong Beam SK 11 - LC4 – LP4



Gambar IV. 64 Tegangan Terjadi pada Deck Beam SK 11 - LC4 – LP4





Gambar IV. 65 Tegangan Terjadi pada Pilar SK 11 - LC4 – LP4

Gambar IV.61 menjelaskan mengenai kondisi struktur akibat beban LC4 dan kejadian LP4. Terlihat bahwa tegangan Von Mises yang terjadi bernilai 80,47 MPa. Selanjutnya pada Gambar IV.62 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada pelat *Helideck* dengan nilai tegangan sebesar 39,28 MPa. Tegangan maksimum terjadi di area kontak roda belakang kiri helikopter pada pelat *helideck*. Gambar IV. 63 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur penumpu (*girder* dan *Strong Beam*) dengan nilai tegangan sebesar 46,46 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pelat muka *Deck girder* sisi *starboard*, tepatnya diantara nomor gading 9 dan 10. Gambar IV. 64 dijelaskan mengenai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur *Deck Beam* dengan nilai tegangan sebesar 80,47 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara *Deck Beam* dan *Deck side girder*, tepatnya di nomor gading (6) bagian *starboard side* kapal. Gambar IV.65 dijelaskan mengenai tegangan Kompresi yang terjadi pada struktur pilar dengan nilai tegangan sebesar 22,58 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada pilar sisi *portside* nomor gading 10, tepatnya terjadi pada sambungan antara badan pilar *bracket* bagian atas.

#### IV.4.5. Rekapitulasi

Rekapitulasi dilakukan untuk menyederhanakan luaran yang telah dipaparkan sebelumnya dengan tujuan agar pembaca lebih mudah dalam membaca data hasil simulasi. Rekapitulasi disajikan dalam Tabel IV.6 yang berisikan hasil-hasil tegangan yang terjadi dari berbagai variasi simulasi kejadian secara spesifik pada tiap kategori struktur. Tabel IV 7 berisikan keterangan kondisi tegangan struktur ditinjau dari batas tegangan izin material yang disyaratkan oleh BKI.

Tabel IV. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian SK 11 - LC4

LP No.	Tegangan Simulasi pada Sub Struktur			
	Von Misses (Mpa)			Kompresi (Mpa)
	Plate	<i>Girder</i>	Stiffeners	Pilar
LP 1	41.58	42.36	94.72	21.60
LP 2	40.64	45.16	80.77	22.18
LP 3	40.59	30.76	95.83	18.16
LP 4	39.28	46.46	80.47	22.58
Tegangan Izin (Mpa)	175	175	175	165

Tabel IV. 8 Keterangan Kondisi Kekuatan Struktur SK 11 – LC4

LP No.	Keterangan Kondisi Struktur			
	Plate	<i>Girder</i>	Stiffeners	Pilar
LP 1	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE
LP 2	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE
LP 3	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE
LP 4	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE

Jelas terlihat di Tabel IV. 6 bahwa tegangan yang terjadi di setiap variasi kejadian nilainya tidak melebihi tegangan izin acuan. Tegangan terbesar umumnya terjadi pada kejadian LP 1 untuk di setiap sub struktur, dan bervariasi pada kejadian-kejadian selanjutnya. Selanjutnya dijelaskan pada Tabel IV. 7 bahwa setiap sub-struktur dinyatakan aman dan cukup kuat untuk mengampu beban pendaratan maksimum helikopter dalam setiap kemungkinan kejadian. Adapun variasi nilai tegangan yang terjadi pada tiap sub-struktur tidak mempunyai perbedaan yang signifikan antara LP 1, LP 2, LP 3 dan LP 4.

Untuk mengetahui besar margin nilai tegangan pada tiap sub-struktur akibat variasi kejadian dilakukan perhitungan berikut,

$$\text{Margin} = \frac{(n\text{Max} - n\text{Min})}{n\text{Min}} \times 100\%$$

Dimana nMax adalah nilai maksimum yang terjadi pada substruktur terhadap variasi kejadian (LP) dan nMin adalah nilai minimum yang terjadi pada substruktur terhadap variasi kejadian (LP). Untuk mempermudah perhitungan margin, maka disajikan Tabel IV. 8 yang

berisikan data-data nilai maksimum dan minimum berdasarkan Tabel IV.6 beserta besaran margin nilai tegangan pada masing-masing sub-struktur.

Tabel IV. 9 Margin Nilai Tegangan pada Sub Struktur Akibat Variasi LP

Nilai Tegangan (MPa)	Plate	<i>Girder</i>	Stiffener	Pilar
Terkecil	39.28 (LP 4)	30.76 (LP3)	80.47 (LP4)	18.16 (LP3)
Terbesar	41.58 (LP1)	46.46 (LP4)	95.83 (LP3)	22.58 (LP4)
Margin	6%	51%	19%	24%

Tabel IV. 8 dijelaskan bahwa tegangan yang terjadi akibat variasi kejadian (LP) nilainya tidak begitu signifikan untuk struktur Pelat, *Girder*, dan Stiffener, terkecuali pada pilar. Margin nilai tegangan pada sub-struktur pelat *Helideck* sebesar 6%, sub-struktur *girder Strong* dan *Beam* besarnya adalah 51%. Besar margin nilai tegangan pada *stiffener* atau *deck deam* adalah 19% dan margin terbesar terjadi pada struktur pilar yaitu sebesar 24%.

Halaman ini sengaja dikosongkan



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan Analisis dan pembahasan maka dari sepuluh pemodelan *helideck*, empat kondisi pembebanan, dan tiga kejadian pendaratan dapat disimpulkan hasil-hasil penelitian sebagai berikut,

1. Model *Helideck* optimum adalah SK 11 dengan jumlah pilar 4 (empat) buah yang terpasang pada nomor gading 0 dan 10. Setiap nomor gading terpasang satu buah pilar di sisi *portside* dan satu buah di sisi *starboardside*. Tidak ada perubahan modulus pilar, maupun sub-struktur lain.
2. Tegangan maksimum *helideck existing* secara global terjadi di daerah pendaratan atau area kontak antara roda belakang helikopter dan pelat geladak sebesar 42,83 MPa, sedangkan tegangan kompresi pada pilar existing mempunyai nilai maksimum sebesar 9,38 MPa.
3. Tegangan terbesar pada SK 11 terjadi ketika kondisi pembebanan Helikopter mengalami *crash landing* dengan titik kontak kedua roda utama berada di luar *helipad* dan roda depan heli berada di dalam *helipad*, posisi pendaratan bergeser sejauh 0,5D ke buritan dari titik pendaratan normal. Nilai tegangan Von Mises yang terjadi yaitu sebesar 95,83 MPa. Tegangan Kompresi terbesar terjadi ketika kondisi pembebanan Helikopter mengalami *crash landing* dengan titik kontak salah satu roda belakang berada di dalam *helipad*, dan roda lainnya di luar. Titik pendaratan bergeser sejauh 0,5D ke arah *portside* dari titik pendaratan normal. Nilai tegangan kompresi yang terjadi sebesar 22,58 MPa. Tegangan Von Mises maksimum pada bagian struktur Pelat sebesar 41,58 MPa terjadi ketika semua roda mendarat di dalam *helipad*. Tegangan Von Mises maksimum struktur penumpang sebesar 46,46 MPa terjadi ketika helikopter mendarat sejauh 0,5D ke *starboardside* dari titik kontak yang direncanakan. Semua nilai tegangan berada dibawah batas tegangan izin BKI sehingga struktur pasca-optimalisasi tetap kuat dioperasikan sebagai *helideck* untuk Helikopter Dauphin AS365 N3+.

## V.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Analisis pada penelitian ini tidak mempertimbangkan beban gelombang dan kondisi *trim* kapal. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangan beban gelombang dan kondisi *trim* untuk hasil yang lebih riil.
2. Analisis pada penelitian ini tidak mempertimbangkan jika kapal berlayar dengan kecepatan operasional. Untuk hasil yang lebih riil, disarankan untuk mempertimbangkan kondisi kapal saat beroperasi dengan kecepatan operasional

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansys, Inc. (2014). Brochure. *Meshing Solutions*. Canonsburg.
- Ansys, Inc (2016). Manual. *ANSYS Meshing Advanced Techniques - PADT Lunch & Learn Series*. Canonsburg.
- ASTM. (2004). *Standard Specification for Structural Steel for Ships*. West Conshohocken: ASTM
- Ardianus. (2017). Sarjana. Tugas Akhir. *Analisis Kekuatan Konstruksi Sekat Melintang Kapal Tanker dengan Metode Elemen Hingga*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- BKI (2018). *Rules for The Classification and Construction of Sea Going Steel Ship Volume II: Rules for Hull*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Belegundu, A., & Chandrupatla, T. (2019). *Optimization Concepts and Applications in Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Burrow, Rick. (2016). M.Sc. Thesis. *Identification of Liquid Sloshing Dynamics by CFD Analysis On Board of A Spin Stabilized Satellite*. Bremen Universit"at, Bremen: Bremen Universit"at.
- Det Norske Veritas. (2008). *Offshore Standard: Helicopter Decks*. Høvik: Det Norske Veritas.
- Det Norske Veritas. (2010). *Rules for classification of Ships – New buildings – Special Equipment And Systems*. Høvik: Det Norske Veritas
- Dutt, Aman. (2015). Effect of Mesh Size on Finite Element Analysis of *Beam*. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering ( SSRG – IJME ) – Volume 2, 12, 8-10*.
- Gere, James M. & Timoshenko, Stephen P. (1997). *Mechanics of materials (4th ed)*. London : PWS Boston.
- Germanischer Lloyd. (2010). *Rules for Classification and Construction - Ship Technology*. Hamburg: Germanischer Lloyd AG
- Haryadi, Bambang. (2008). *Fisika*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional:
- Haryanto, T.R., Zubaydi, A., & Sujiatanti, S.H. (2017). Tugas Akhir. Sarjana. *Analisa Tegangan pada Geladak Penumpang Akibat Modifikasi Kapal Penumpang Menjadi Kapal Penumpang Kendaraan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayatulloh, A., Mulyanto, I.P., & Arswendo, B.A. (2017). Analisis Kekuatan Struktur HeliDeck pada Kapal Landing Ship Tank (Lst) KRI.Teluk Bintuni 7000 DWT Dengan

Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Pekapalan Universitas Diponegoro* - Vol. 5, 1, 318-327.

Hoque, K. N. (2016). Thesis. P.hD. *Analysis of Structural Discontinues in Ship Hull Using Finite Element Methods*. Dhaka: Bangladesh University of Engineering And Technology.

Internation Maritime Organization (IMO). (1999). *Recommendation On Helicopter Landing Areas On Ro-Ro Passenger Ships*. London: IMO

Kementerian Perhubungan. (2015). *KP No. 40 Tahun 2015 Tentang Standar Teknis Dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139 (Manual Of Standard Casr – Part 139) Vol.II Tempat Pendaratan dan Lepas Landas Helikopter (Heliports)*. Jakarta: Kementerian Perhubungan

Nurayoga, F., Mulyatno. I.P., dan Arswendo, Berlian. (2016) Analisis Kekuatan Struktur Tank Deck Pada Kapal (LST) Landing Ship Tank KRI. Teluk Bintuni 7000 Dwt Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro* - Vol. 4, 4, 868-877.

Pointer, Jon. (2004). Understanding Accuracy and Discretization Error in an FEA Model. *Proceeding of 2004 International Ansys User's Conference*. Pittsburgh PA, Amerika Serikat.

Rao, S.S. (2009). *Engineering Optimization Theory and Practice - Fourth Edition*. New Jersey: John Wiley and Sons.

Refdi, Zubaydi,A., dan Sujiatanti, S.H. (2017). Tugas Akhir. *Sarjana. Analisa Kekuatan Struktur Helideck pada Kapal Patroli Lepas Pantai*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Shah, Chandresh, (2002). Mesh Discretization Error and Criteria for Accuracy of Finite Element Solutions. *Proceeding of 2004 International Ansys User's Conference*. Pittsburgh PA, Amerika Serikat.

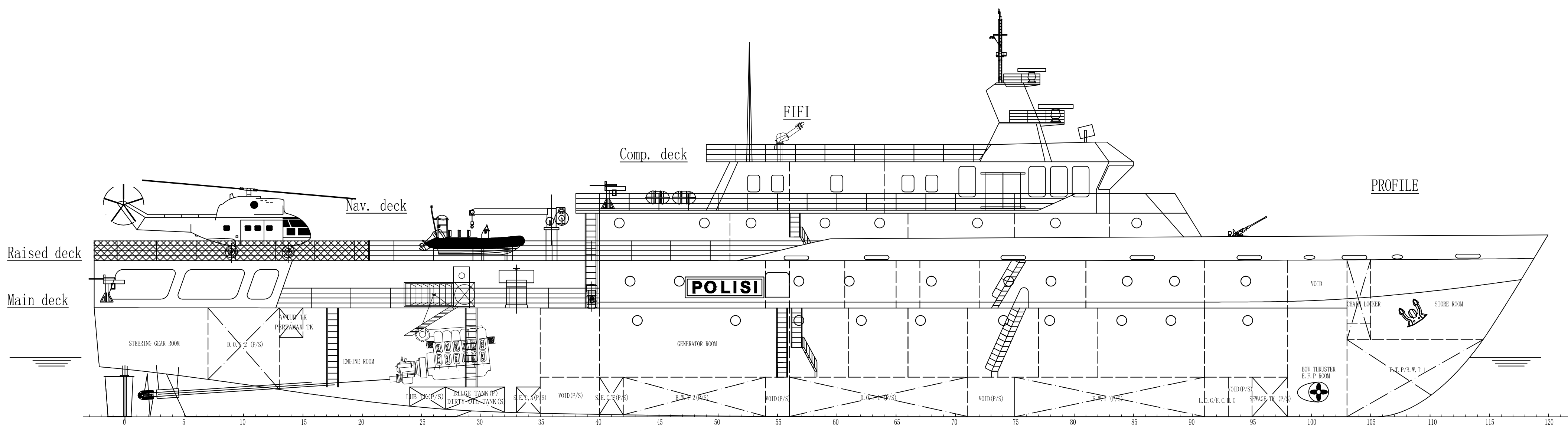
## LAMPIRAN

- Lampiran A Rencana Umum Kapal KP. Yudistira 8003
- Lampiran B *Construction Profile* Kapal KP. Yudistira 8003
- Lampiran C *After Construction* KP. Yudistira 8003
- Lampiran D *Helideck Construction* KP. Yudistira 8003
- Lampiran E Konvergensi Model
- Lampiran F Perhitungan Pembebanan
- Lampiran G Katalog Baja ASTM A131 AH-36



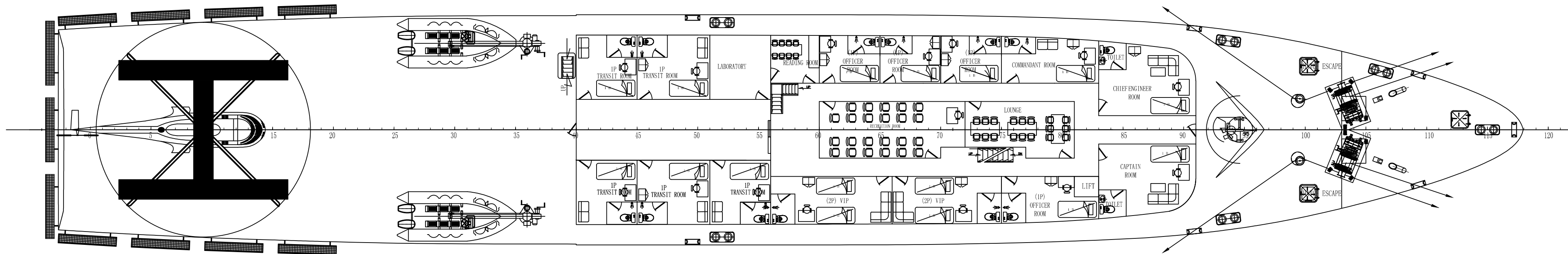


**LAMPIRAN A**  
**RENCANA UMUM KAPAL *DRAWING***

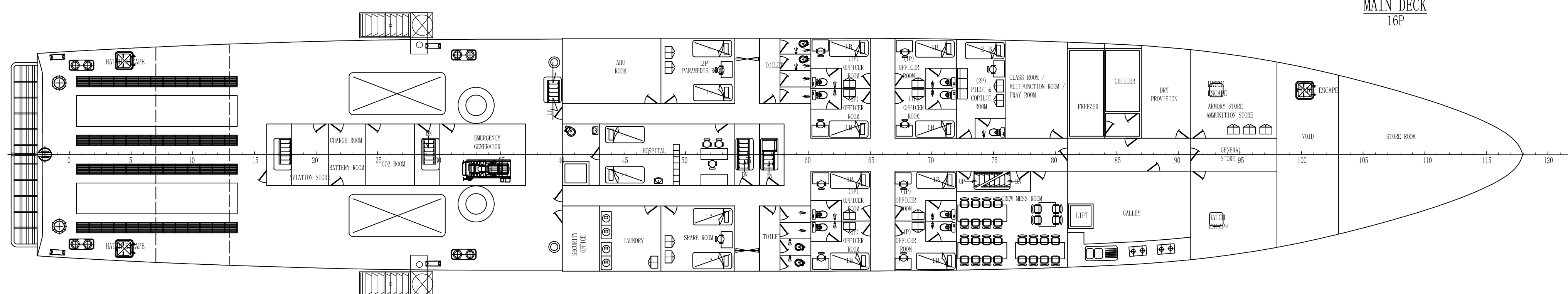


PROFILE

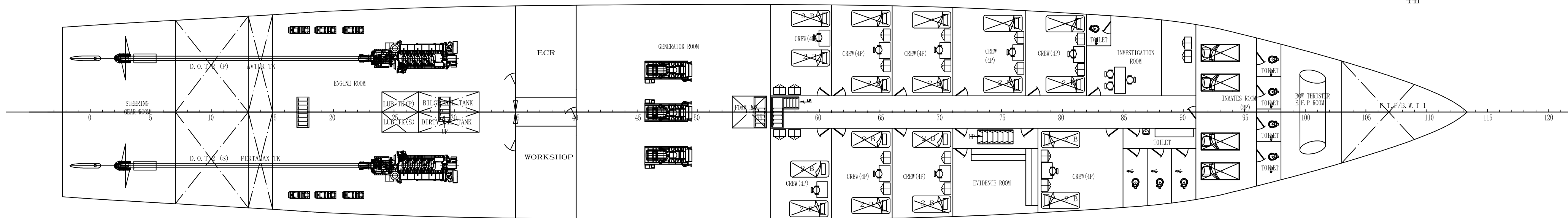
RAISED DECK  
22P



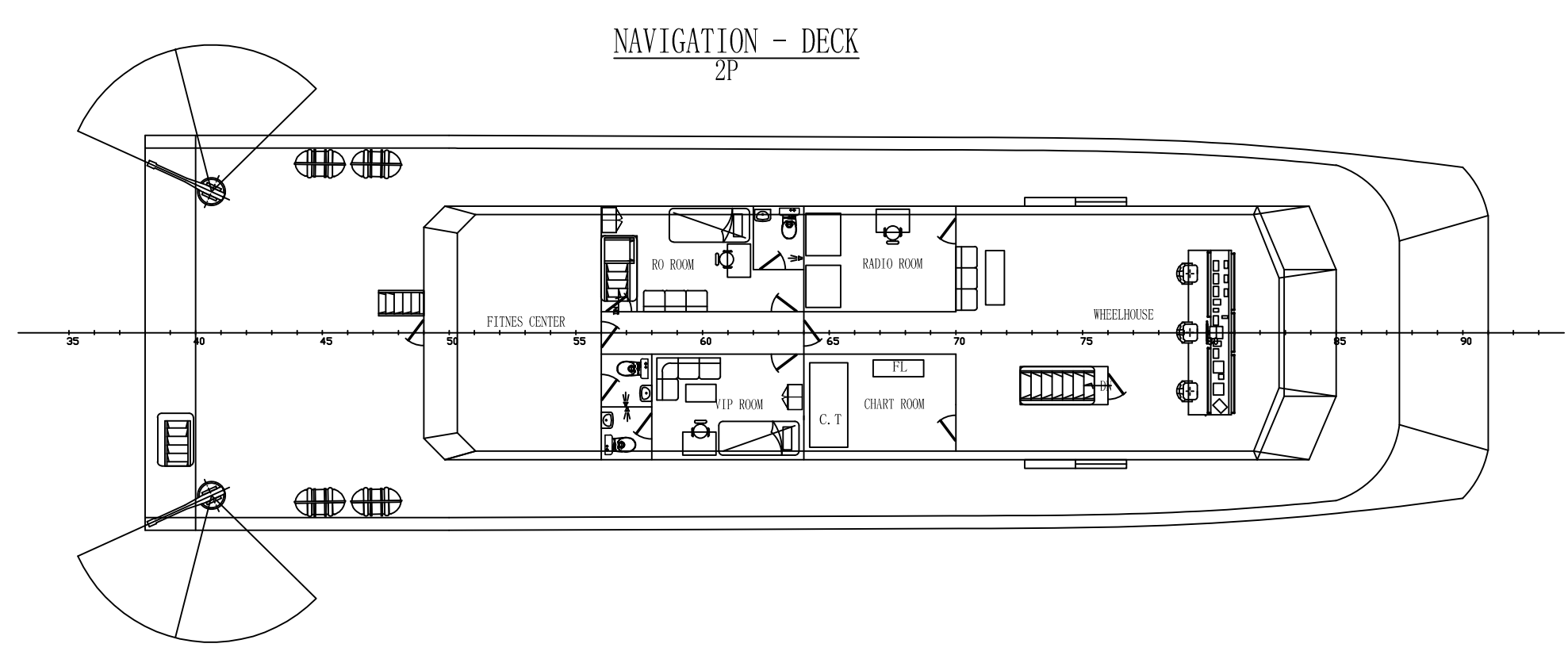
MAIN DECK  
16P



DOUBLE BOTTOM  
44P



BOTTOM



NAVIGATION - DECK  
2P

PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH O.A.	73.00 M
LENGTH B.P.	68.00 M
BREADTH MOULDED	11.35 M
DEPTH MOULDED	5.50 M
DESIGN DRAFT	3.00 M
MAX SPEED	18 Kn
DISPLACEMENT	+1200 Ton

HULL NO.	PROJECT 73 meters maritime patrol ships		
APPD BY	TITLE GENERAL ARRANGEMENT		
CHKD BY			
DWN. BY	CLASS	DATE	SHEET
STAN. BY	DWG. NO.	SCALE	REV. NO.
OWNER			
BUILDER			

**LAMPIRAN B**  
***CONSTRUCTION PROFILE DRAWING***

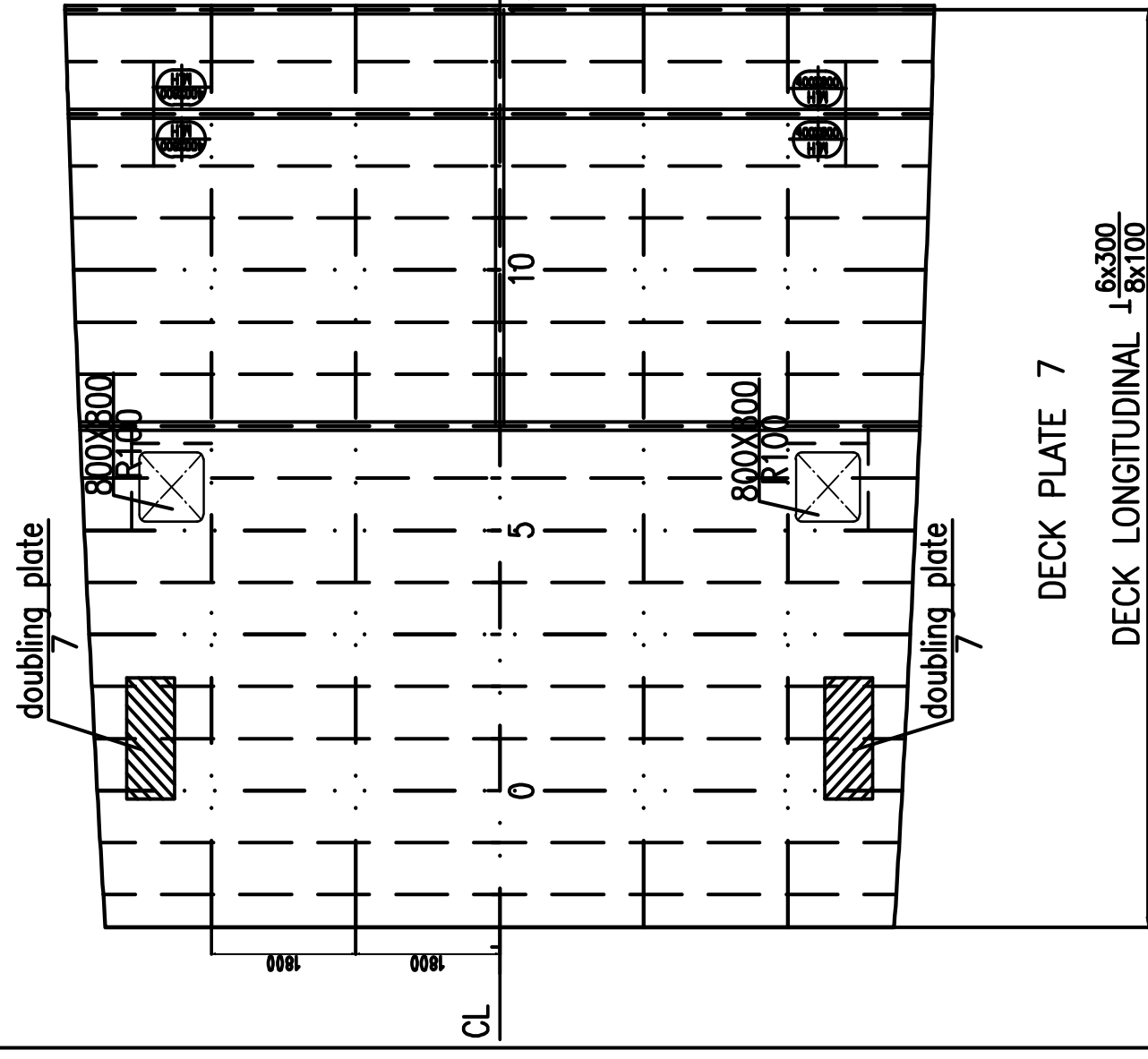


**LAMPIRAN C**  
***AFTER CONSTRUCTION DRAWING***

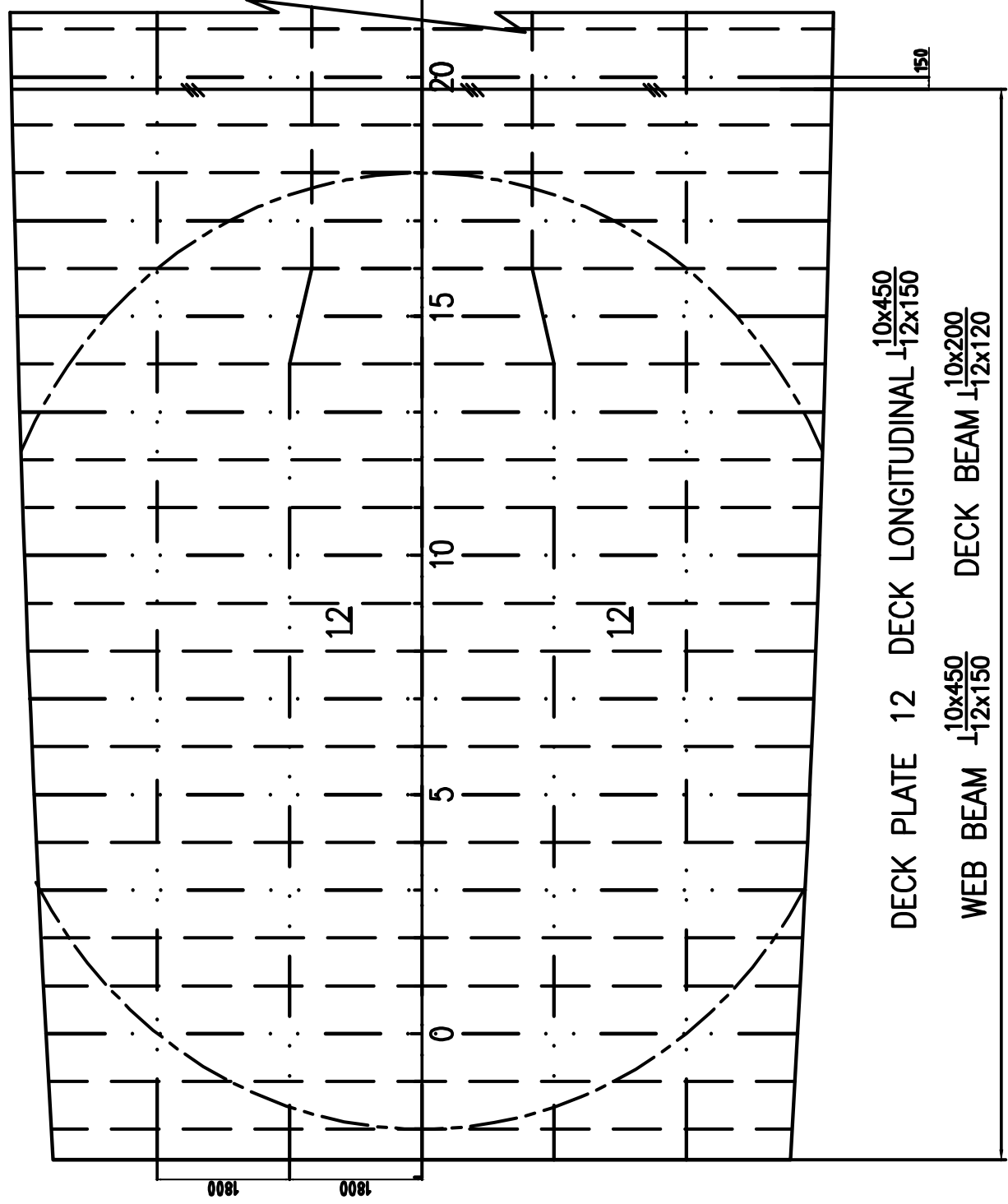
B I B L I O G R A P H Y

REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	DWN	CHKD	APPD

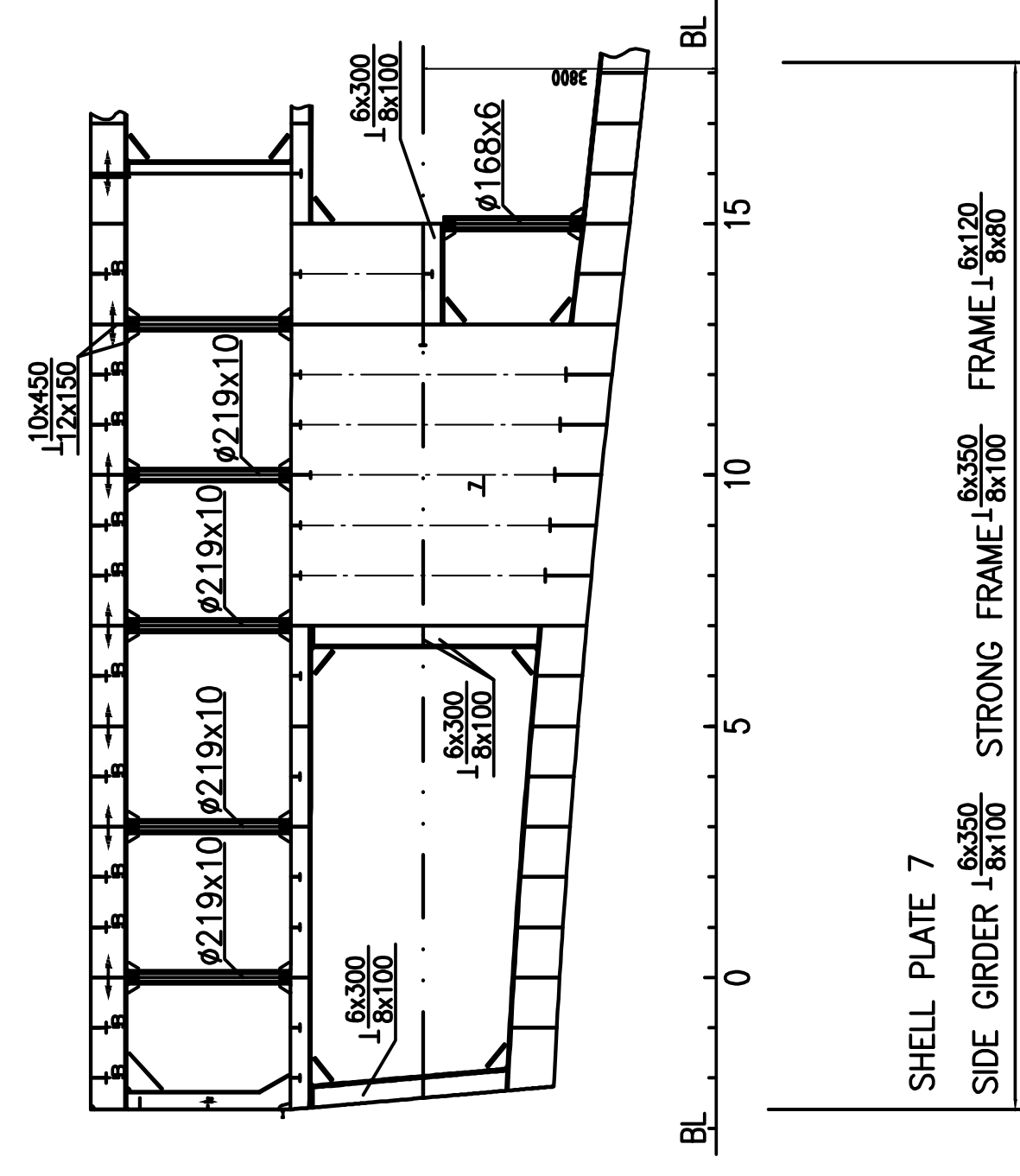
MAIN DECK



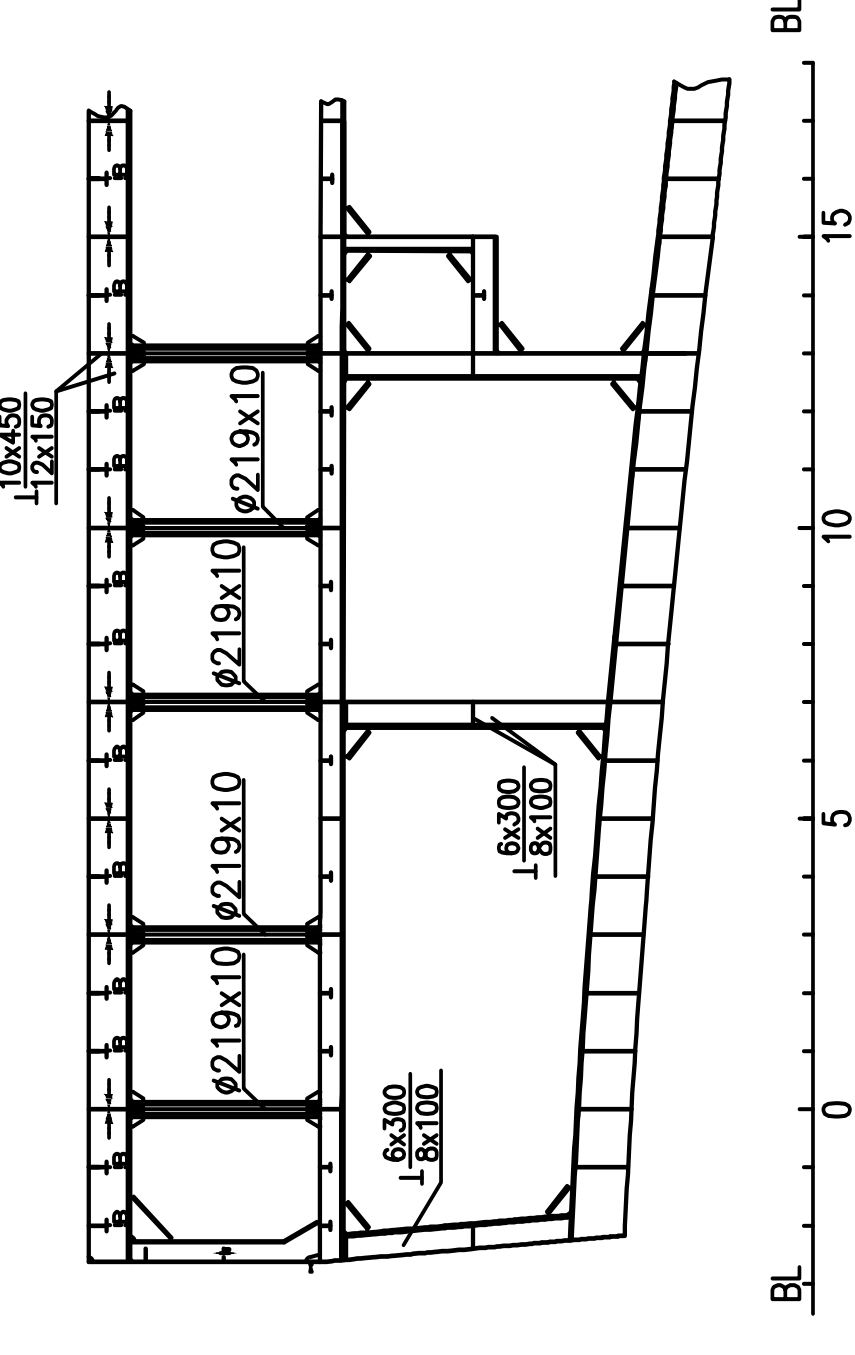
HELI-DECK



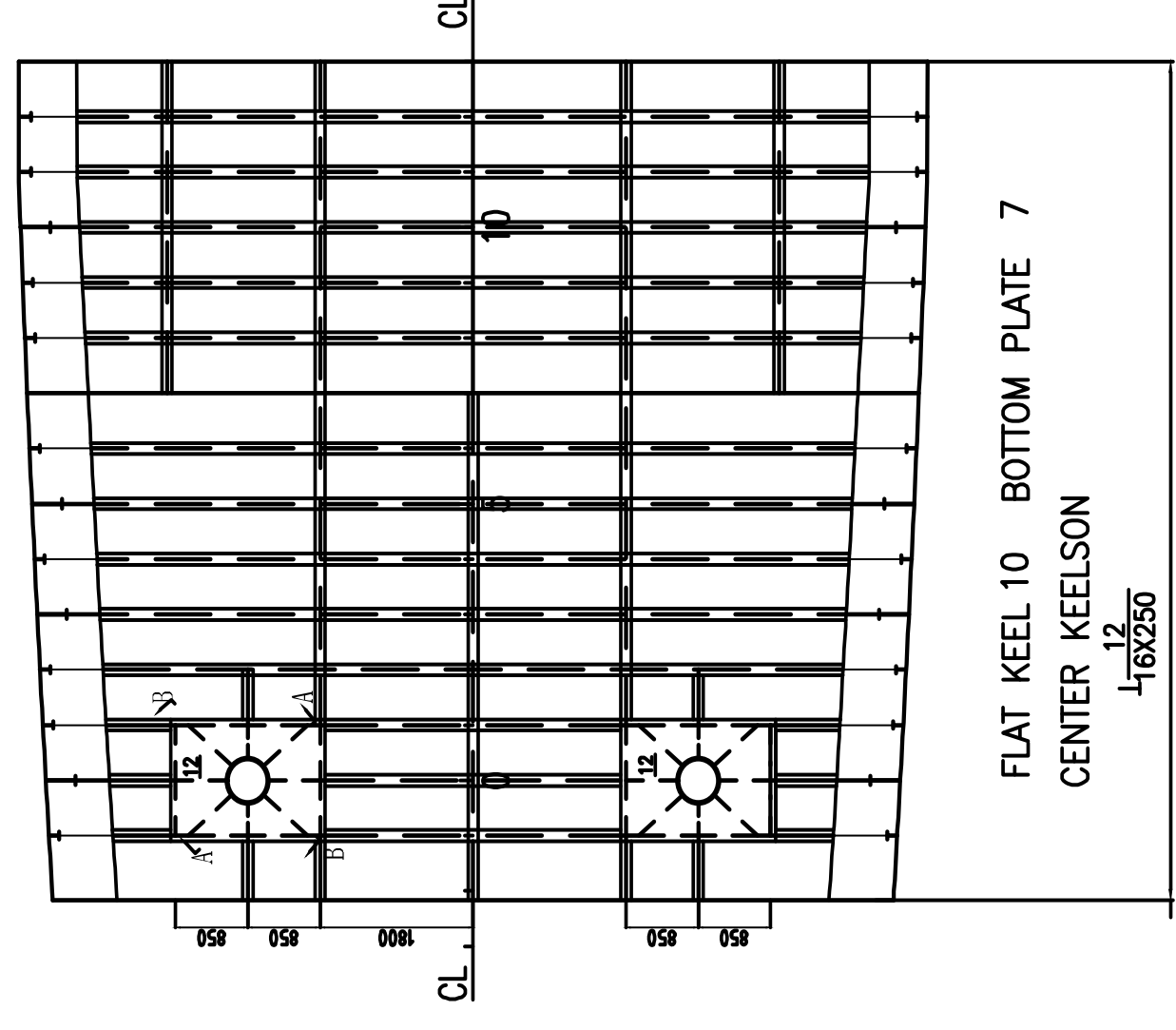
MIDSHIP SECTION THROUGH



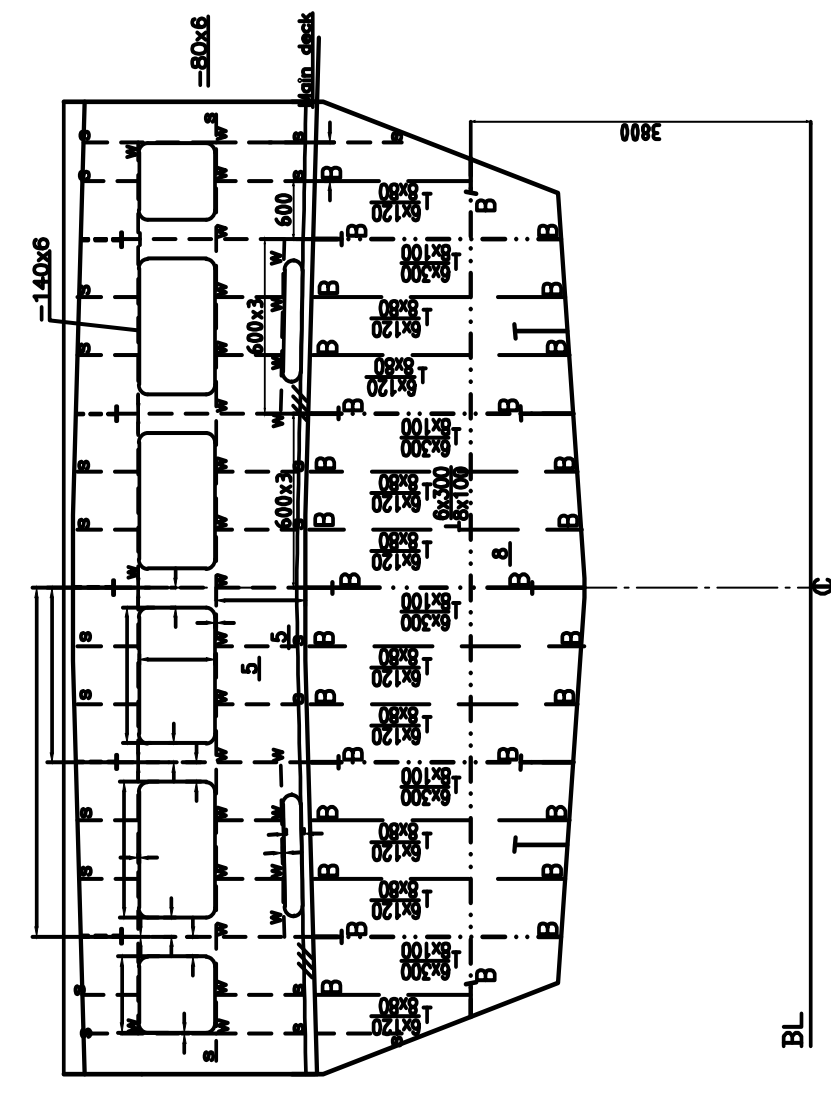
3600MM LONGITUDINAL PROFILE



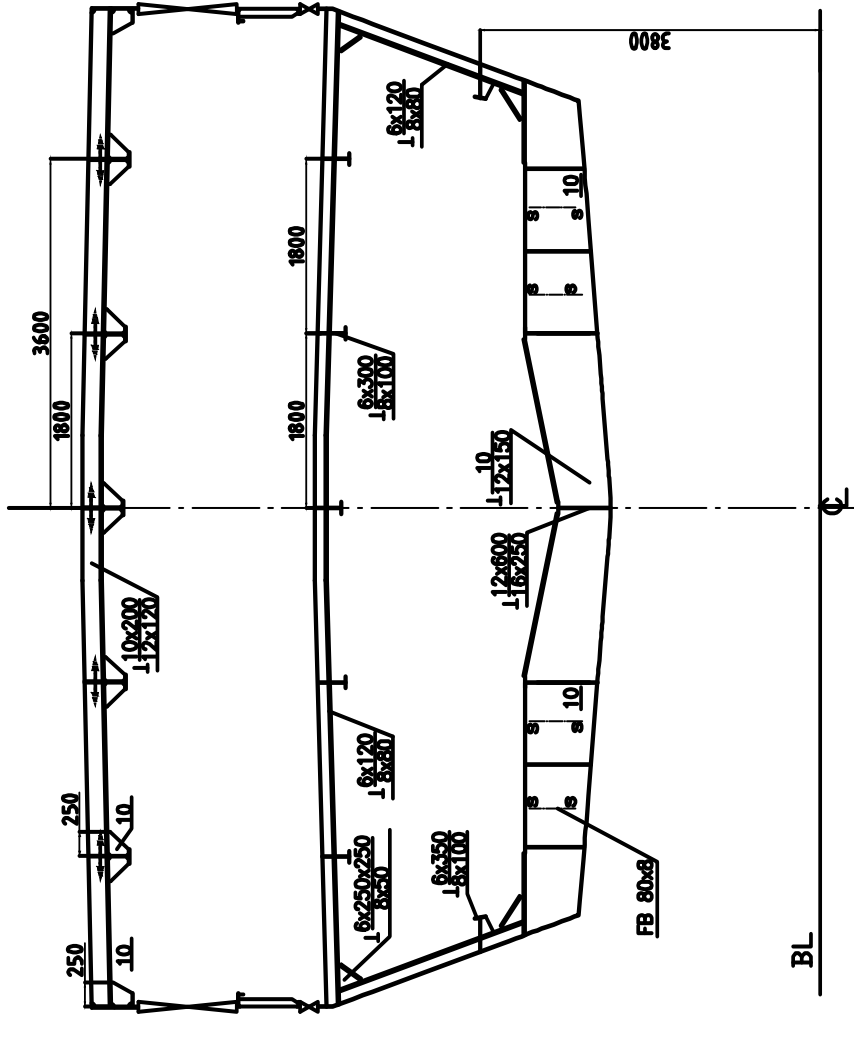
BOTTOM



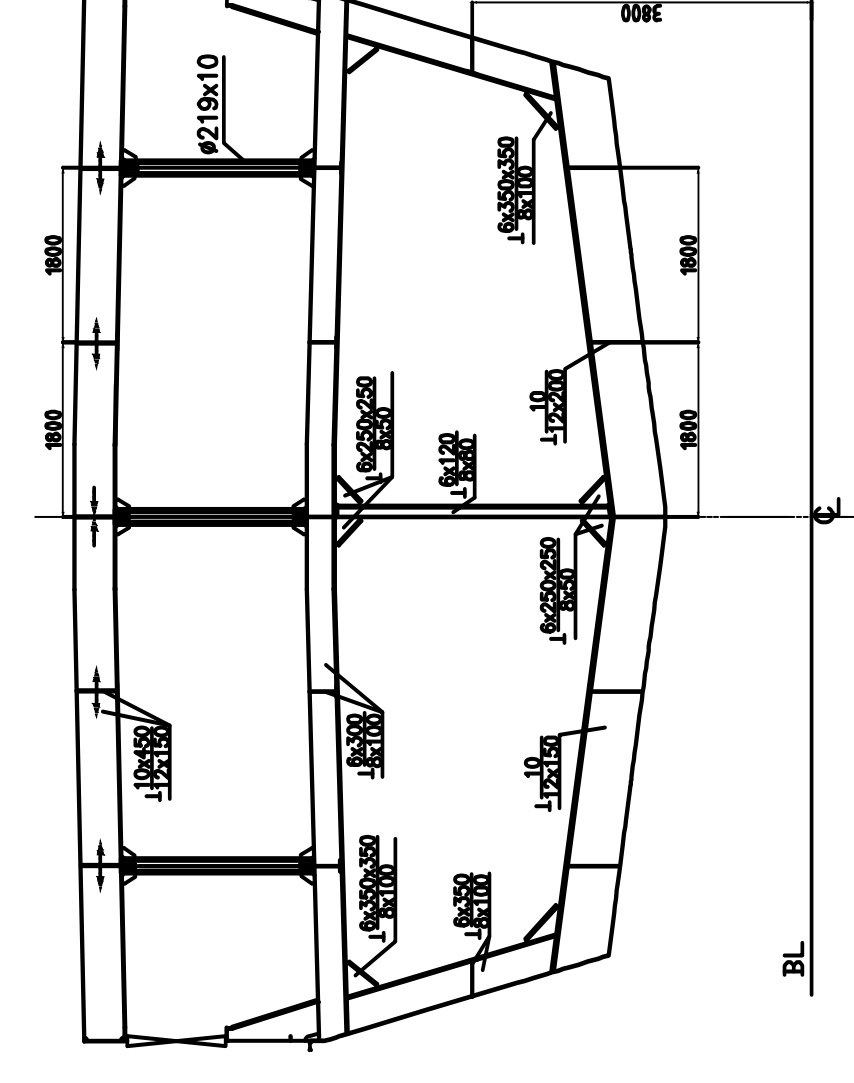
STERN PLATE



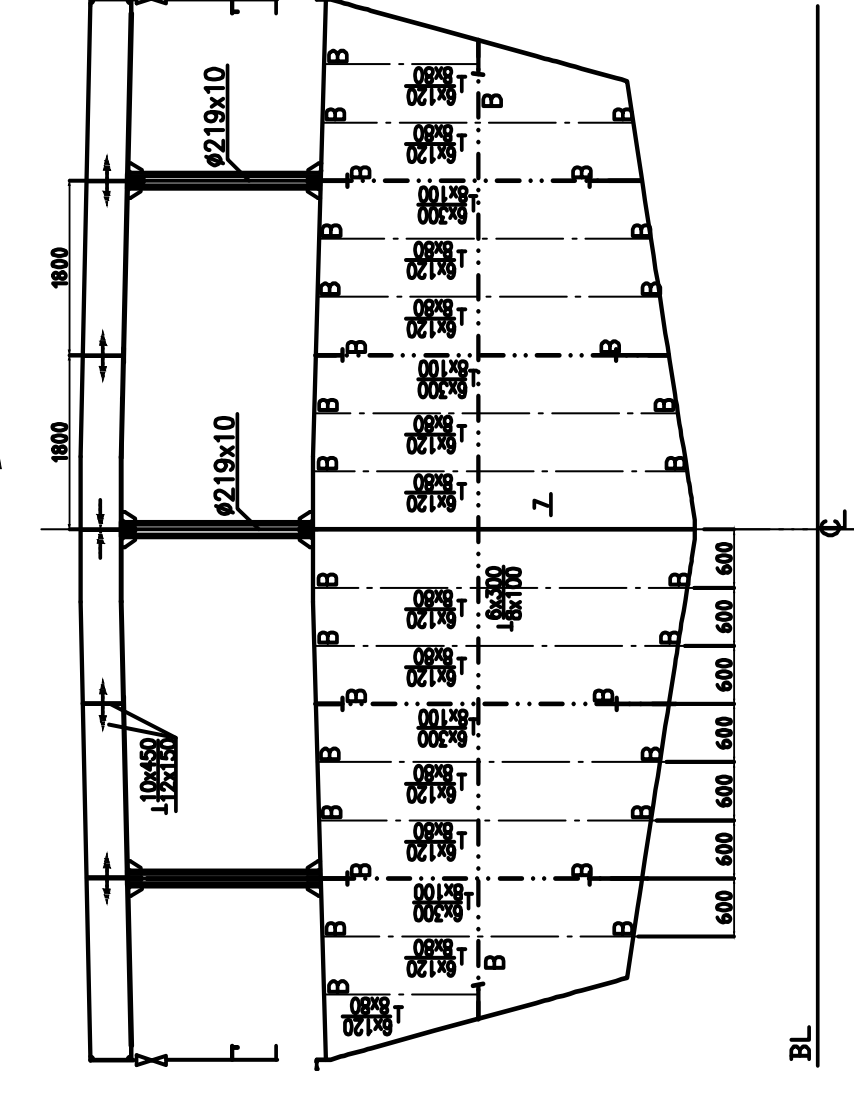
FR1



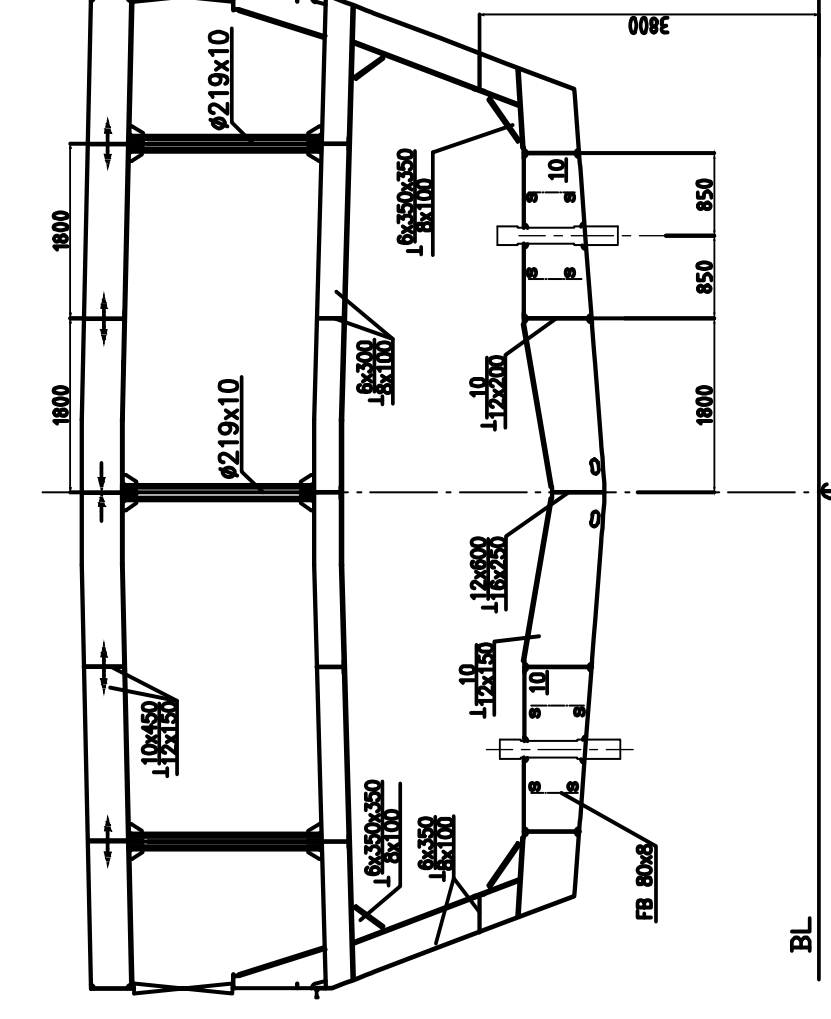
FR10



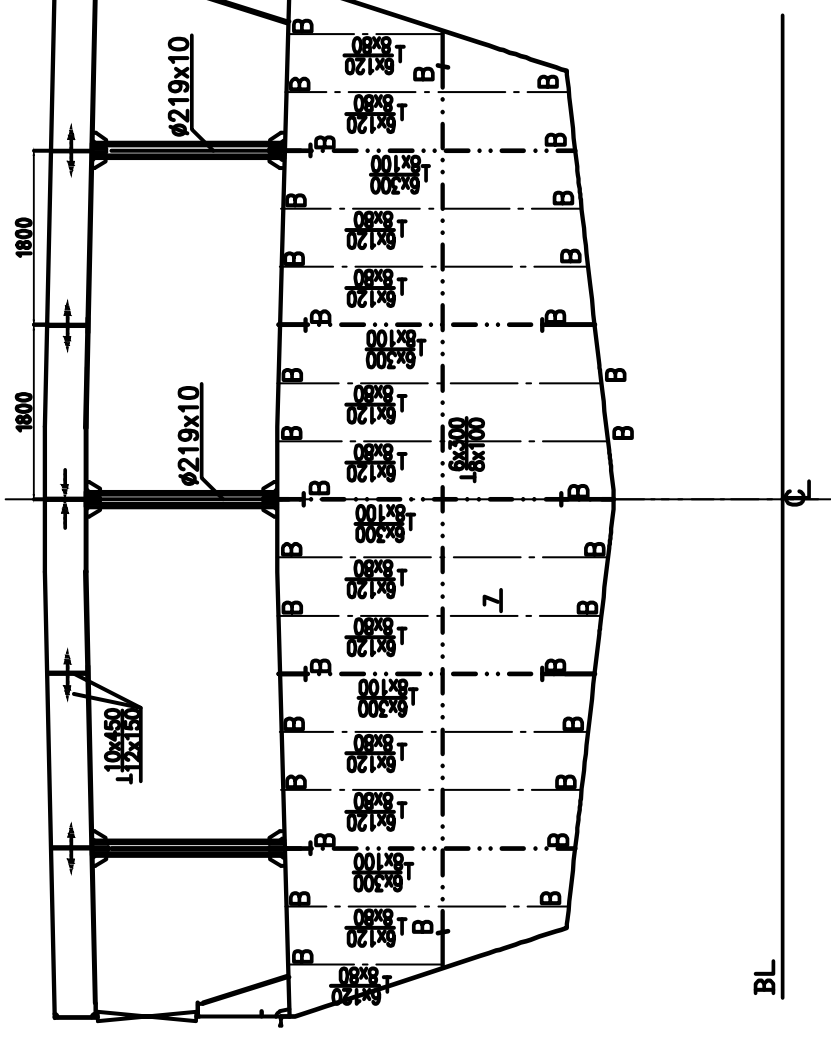
FR13



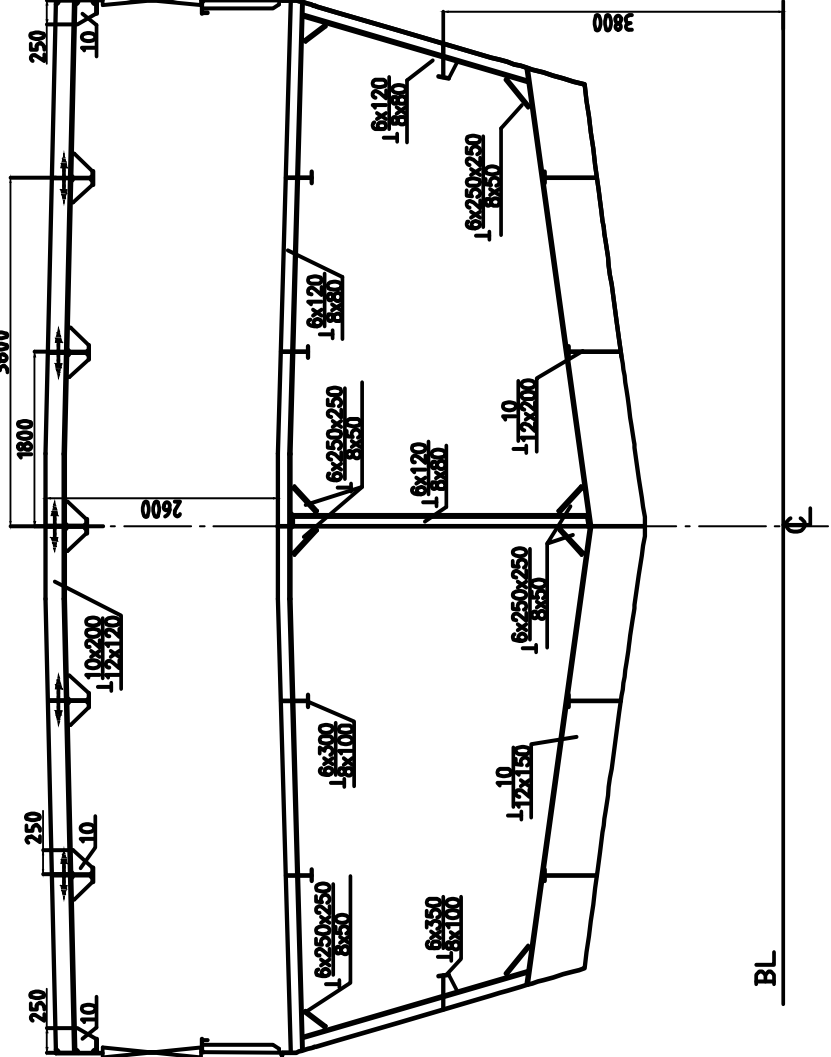
FR0



FR7

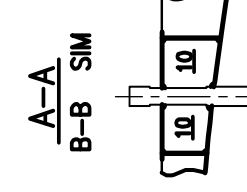


FR11



Noted:  
1. The hull structure material is use AH36

HULL NO.	PROJECT	73M MARITIME PATROL VESSEL	
APPD BY	TITLE	AFTER CONSTRUCTION	
CHKD BY	CLASS	DATE	SCALE
DWN BY	DWG. NO.	REV. NO.	REV. NO.
STAN. BY	OWNER	BUILDER	

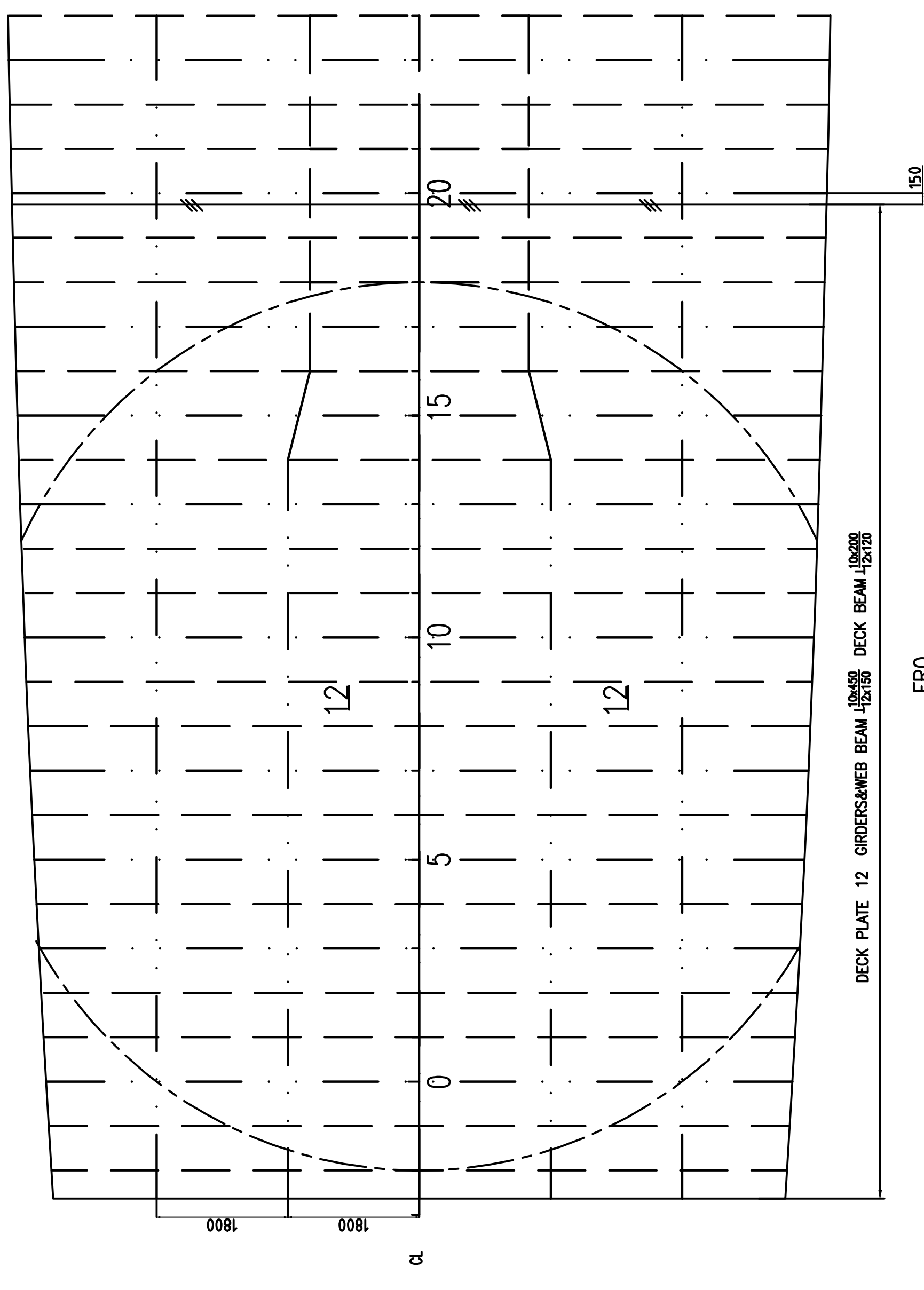


**LAMPIRAN D**  
***HELIDECK CONSTRUCTION DRAWING***

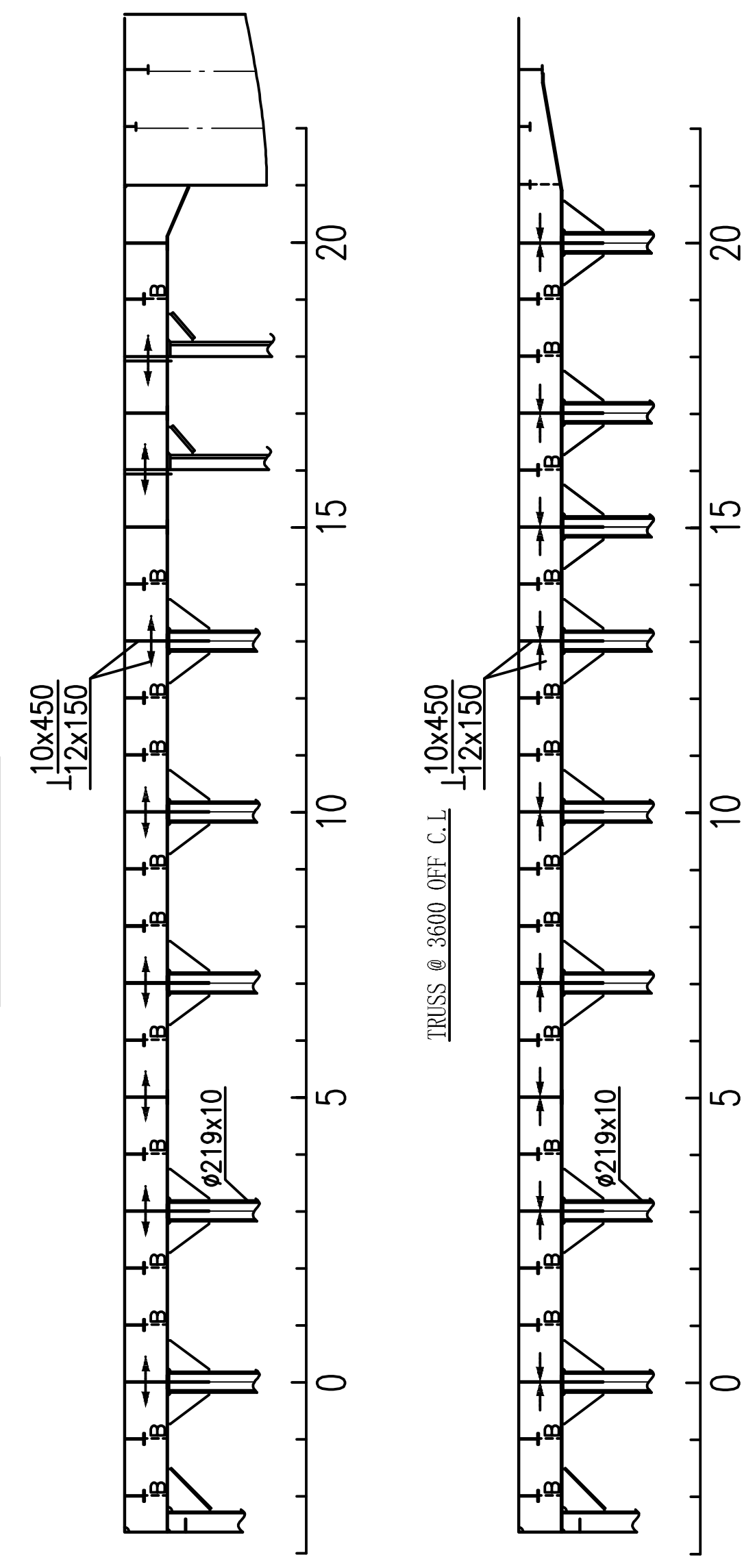


B I B L I O G R A P H Y

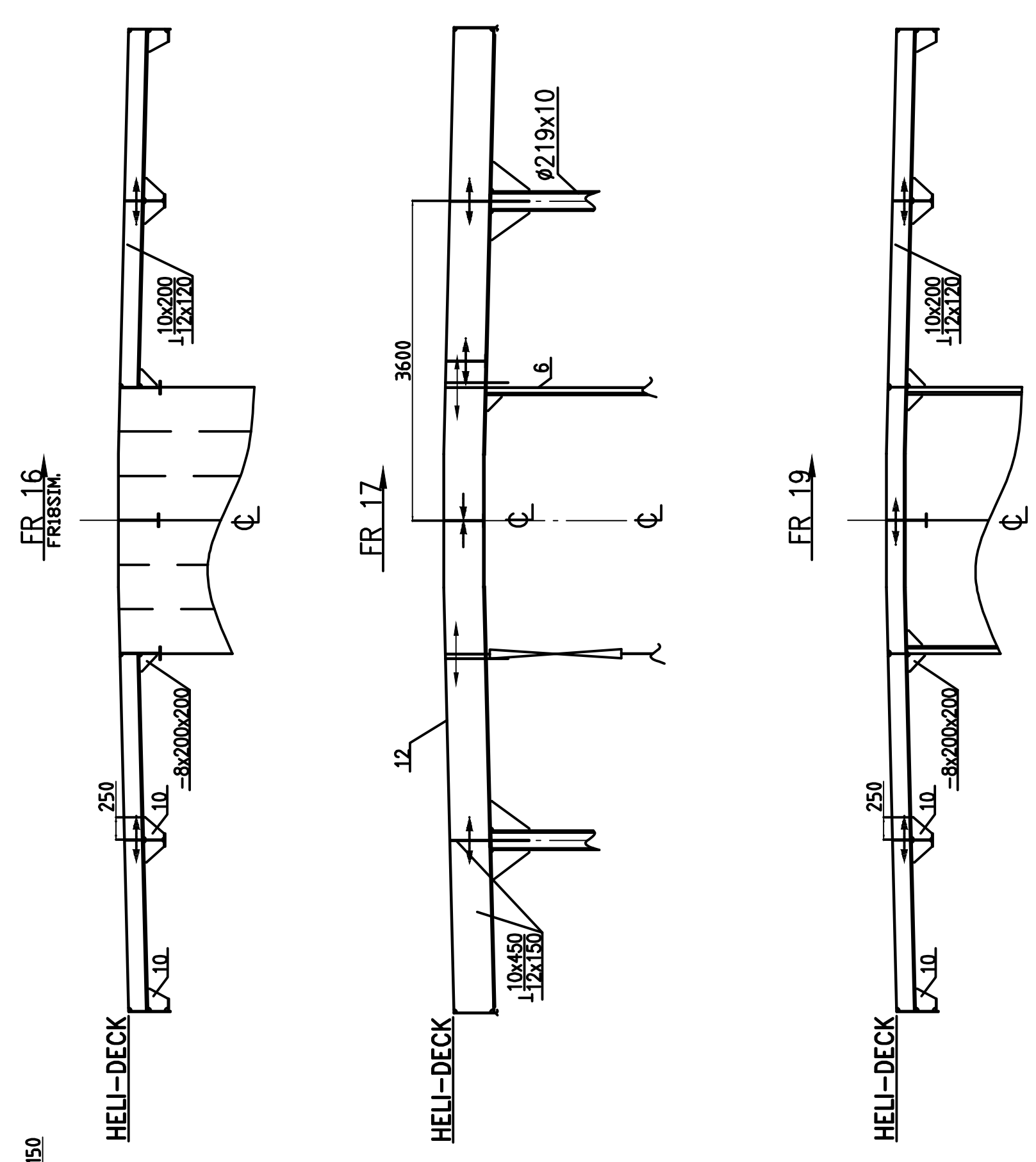
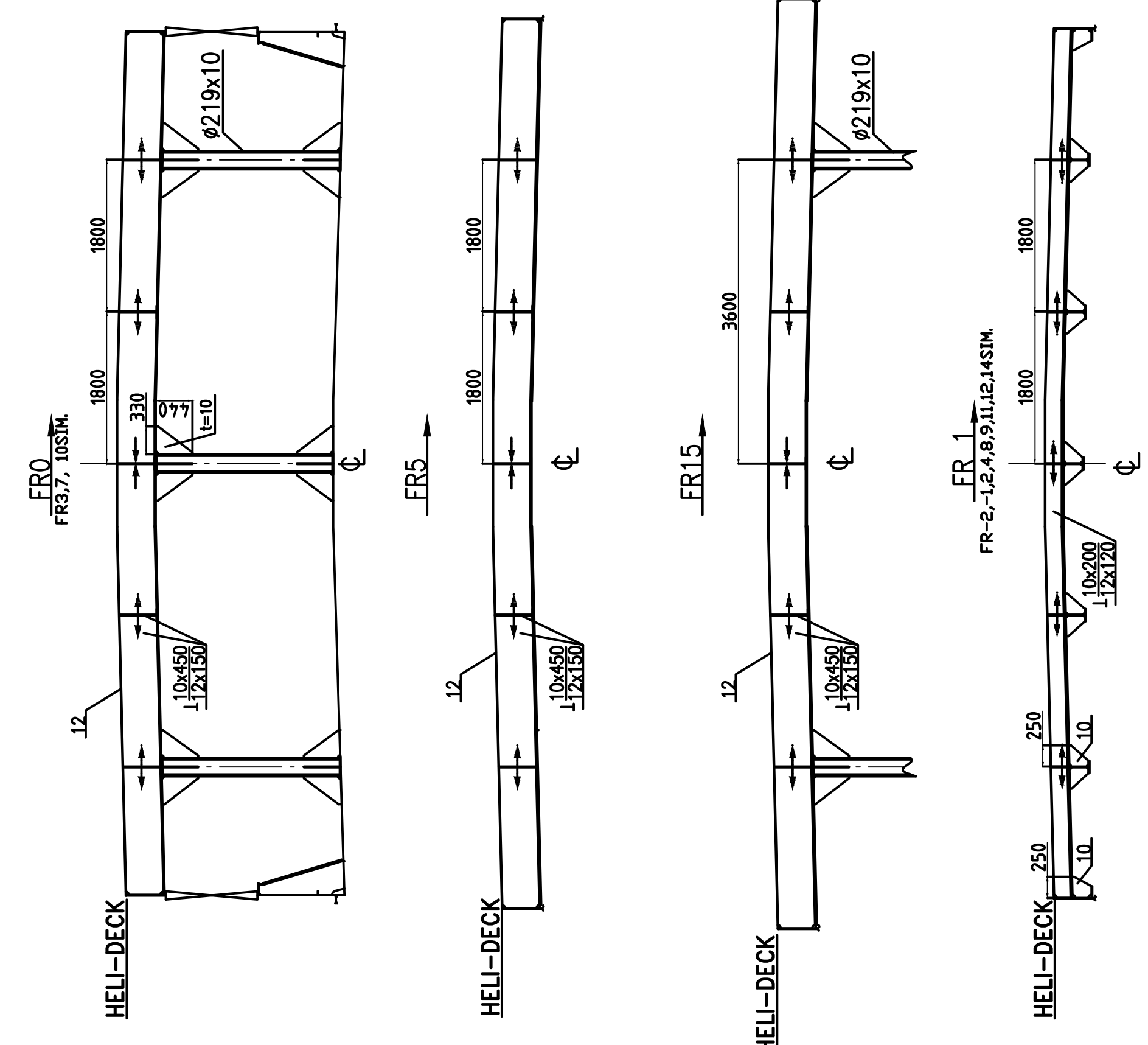
REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	DWN	CHKD	APPD
A					



MIDSHIP SECTION THROUGH



DECK PLATE 12 GIRDERS & WEB BEAM 10x450 DECK BEAM 10x200



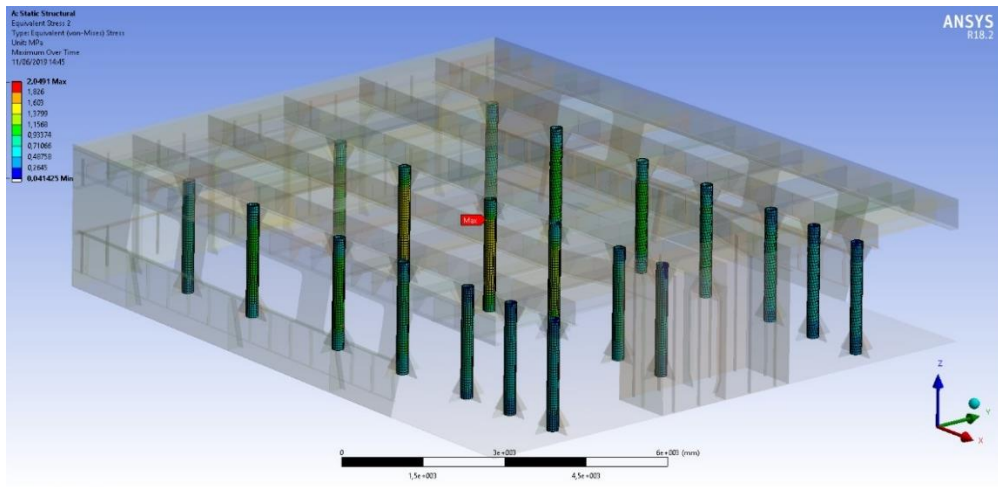
Helicopter EC135 T2+  
 Length: 10.2 m (33 ft 6 in)  
 Height: 3.51 m (11 ft 6 in)  
 Empty weight: 1,455 kg (3,208 lb)  
 Max takeoff weight: 2,910 kg (6,415 lb)  
 Main rotor diameter: 10.2 m (33 ft 6 in)  
 Main rotor area: 81.7 m<sup>2</sup> (879 sq ft)  
 Perimeter 'Y' marking 12m

HULL NO.	PROJECT	73M MARITIME PATROL VESSEL
APPD BY	TITLE	HELIDECK CONSTRUCTION
CHKD BY	CLASS	
DWN BY	DATE	
STAN. BY	DWG. NO.	SCALE 1:50
OWNER		SHEET 1 OF 1
BUILDER		REV. NO.

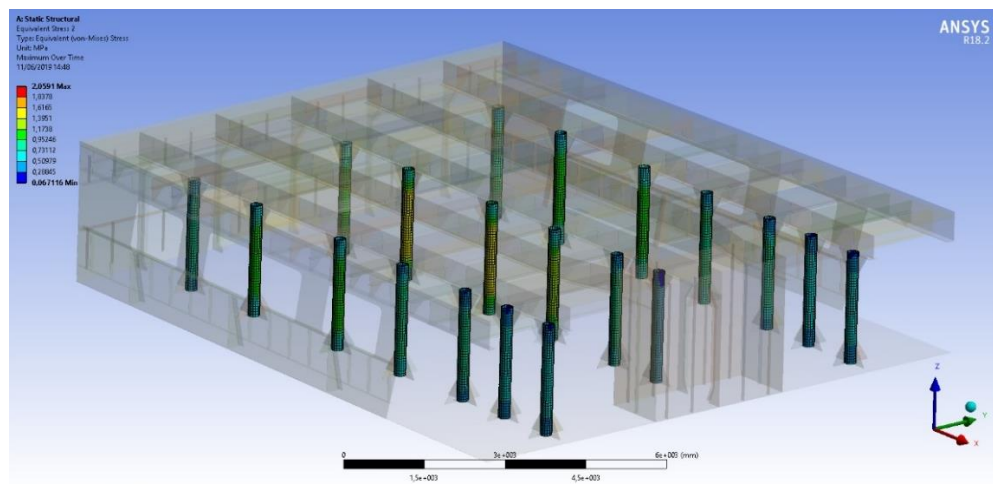
## **LAMPIRAN E**

### **KONVERGENSI MODEL**

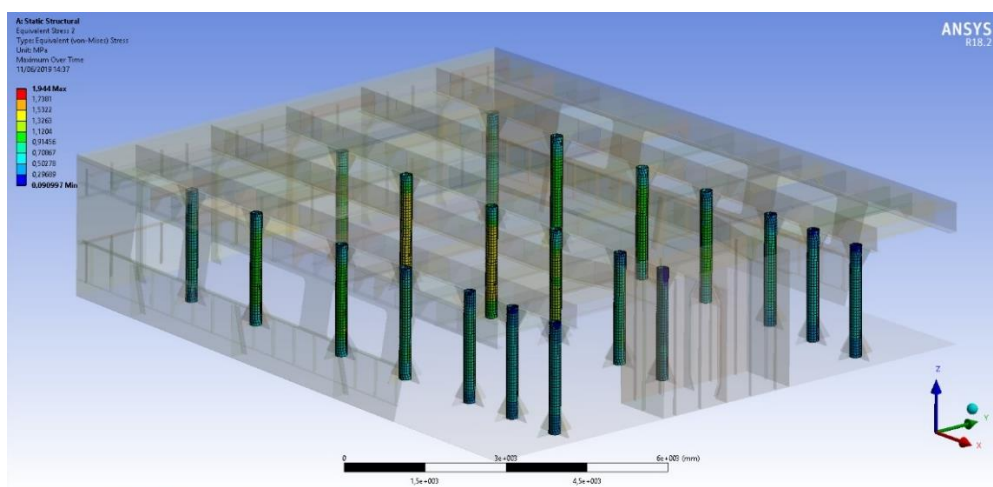
### (i) KONVERGENSI STRUKTUR PILLAR



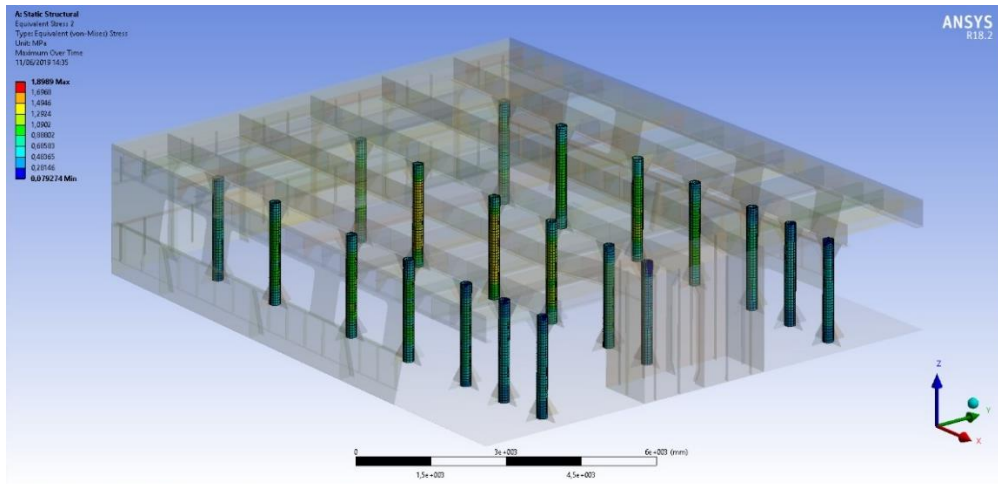
Ukuran elemen pilar/helideck 46/100 mm jumlah elemen 165319 tegangan maksimum 2,049 MPa



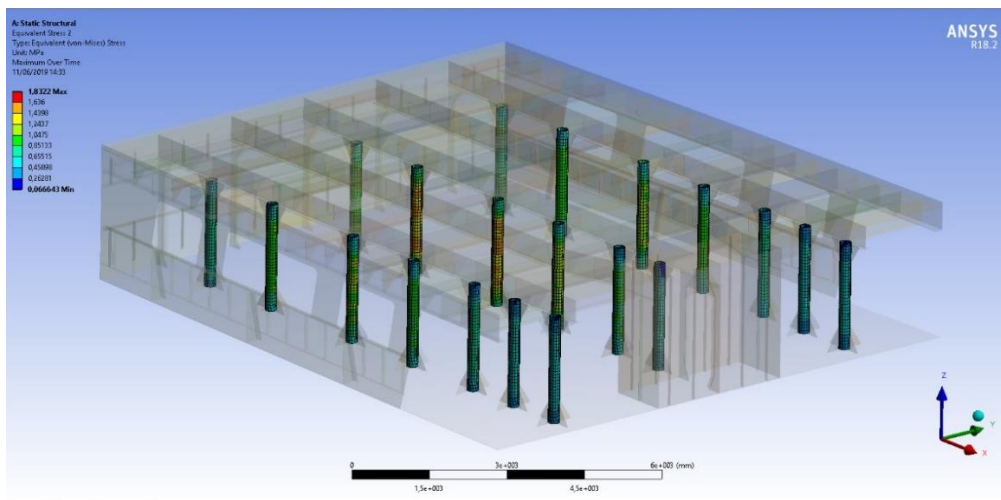
Ukuran elemen pilar/helideck 50/100 mm, jumlah elemen 143482 tegangan maksimum 2,059 MPa



Ukuran elemen pilar/helideck 54/100 mm, jumlah elemen 152633 tegangan maksimum 1,944 MPa

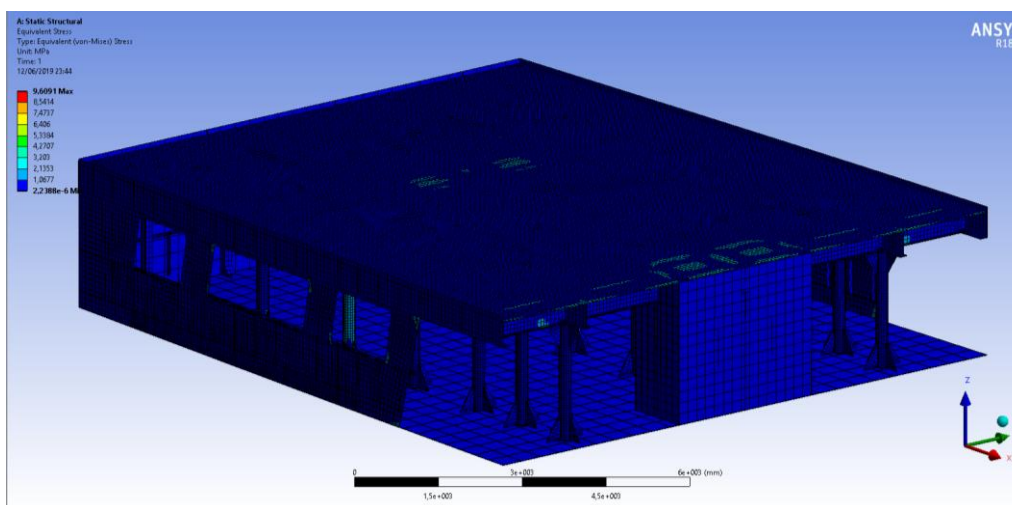
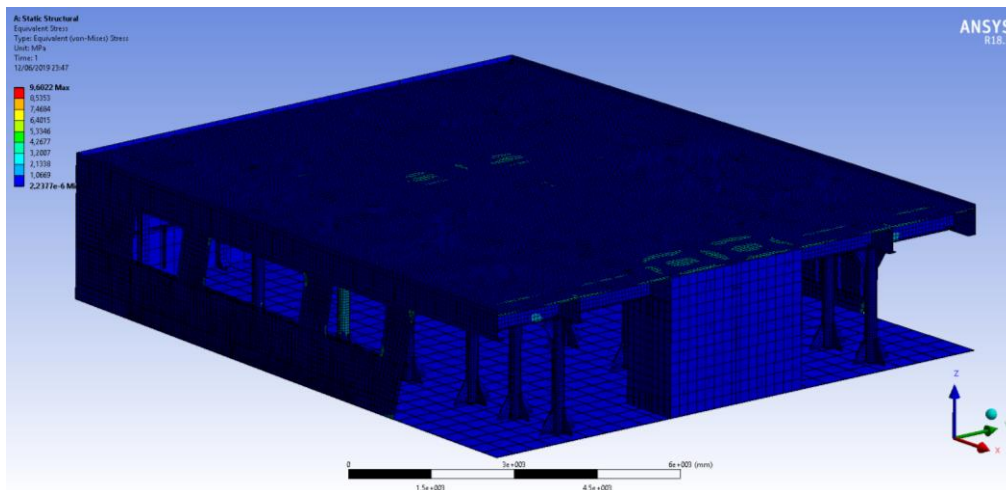
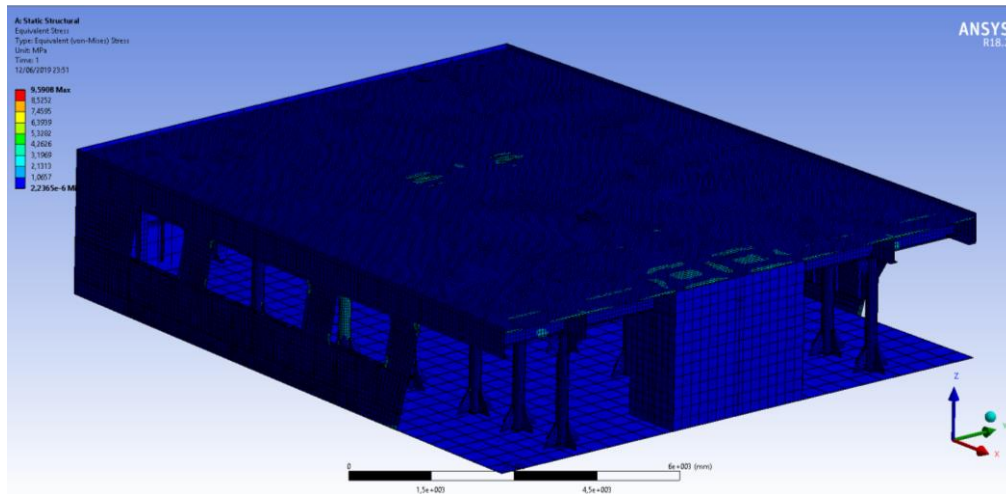


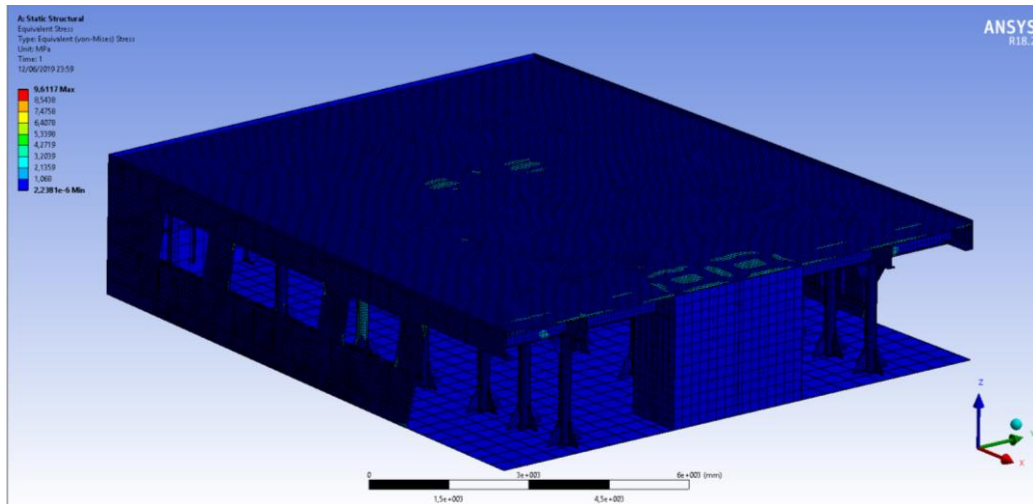
Ukuran elemen pilar/helideck 58/100 mm, jumlah elemen 154646 tegangan maksimum 1,898 MPa



Ukuran elemen pilar/helideck 62/100 mm, jumlah elemen 151791 tegangan maksimum 1,832 MPa

## (ii) KONVERGENSI STRUKTUR *HELIDECK*





Ukuran elemen pilar/*helideck* 50/82 mm, jumlah elemen 150962 tegangan maksimum 9,611 MPa

**LAMPIRAN F**  
**PERHITUNGAN PEMBEBANAN**



**PEMBEBANAN**

Tabel berat geladak						
Jenis	A m2	L m	Volume m3	jumlah	ρ ton/m3	berat ton
pelat geladak	124.62	0.012	1.49544	1	7.85	11.739204
girder T (10x450) (12x150)	0.0063	12.4	0.07812	5	7.85	3.06621
Web Beam T (10x450) (12x150)	0.0063	10.05	0.063315	8	7.85	3.976182
Beam T (10x200) (12x120)	0.00344	10.05	0.034572	12	7.8	3.2359392
berat geladak Me (dalam ton)						22.0175352

Tabel Pembebanan			Batas tegangan izin (σperm)	
Kondisi	Berat	unit	vs (safety factor)	σperm
LC1	303.885892	ton	1.7	191.993464
LC2	253.5720563	ton	1.7	191.993464
LC3	309.137886	ton	2	163.194444
<b>Terberat</b>	<b>309.137886</b>	<b>ton</b>	<b>terendah</b>	<b>163.194444</b>

LC1		
$P = 0.5G \times (1 + av)$	Beban roda helikopter	
G = 43	g = 10	
av = F x m		
	F = 0.11 x Vo (SQRT(L))	
	F = 0.240370576	
	m = m0 - 5 (m0 - 1)x/L	
	x/L = 0.18	
	m0 = 1.5 + F	
	m0 = 1.740370576	
	m = 1.063862374	
av = 0.255721211		
P = 26.998	kN	
P hd = Me (1 + av) beban akibat berat kontruksi geladak		
Me = 22.0175352	kN	
P hd = 27.64788597	kN	
Pdistribusi = p x Adeck Beban distribusi pada geladak		
p = 2	kN/m2	
P dir = 249.24	kN	
Beban LC 1	P = 26.99800604	kN
	P hd = 27.64788597	kN
	P dir = 249.24	kN
<b>Total</b>	<b>P1 = 303.885892</b>	<b>kN</b>


LC2		
$P H = 0.6 (G + Me) + W$	Gaya horizontal pada geladak	
G = 43	kN	
Me = 22.0175352	kN	
W = 1.2 x Adeck		
W = 149.544	kN	
PH = 188.5545211	kN	
P V = G + Me gaya vertikal		
PV = 65.0175352	kN	
Beban LC 2	PH = 188.5545211	kN
	PV = 65.0175352	kN
<b>Total</b>	<b>P2 = 253.5720563</b>	<b>kN</b>




LC3		
P = 0.75G Beban roda dan/atau beban kaki P pada 2 titik secara bersamaan		
P =	32.25 Kn	
P disr = p x Adeck beban distribusi pada geladak		
p =	0.5 kN/m <sup>2</sup>	
P disr =	62.31 kN	
P hd = Me (1 + av) beban akibat berat kontruksi geladak		
Me =	22.0175352 kN	
P hd =	27.64788597 kN	
W = 0.5.p . Vw <sup>2</sup> . A . 10 <sup>-3</sup> Berat angin DNV, 2010		
Vw =	50 m/s	
ρ =	1.2 kg/m <sup>3</sup>	
W =	186.93 kN	
Beban LC 3	P =	32.25 Kn
	P disr =	62.31 kN
	P hd =	27.64788597 kN
	W =	186.93 kN
<b>Total</b>	<b>P3 = 309.137886 kN</b>	
LC4		
P = 1.25G Beban Roda dan/atau beban kaki P pada dua titik secara bersamaan		
P =	53.75 Kn	
P hd = Me (1 + av) beban akibat berat kontruksi geladak		
P hd =	27.64788597 kN	
P disr = p x Adeck beban distribusi pada geladak		
P disr =	62.31 kN	
W = 0.5.p . Vw <sup>2</sup> . A . 10 <sup>-3</sup> Berat angin		
W =	186.93 kN	
Beban LC 4	P =	53.75 kN
	P hd =	27.64788597 kN
	P disr =	62.31 kN
	W =	186.93 kN
<b>Total</b>	<b>P3 = 330.637886 kN</b>	

Distribusi Beban pada Geladak								
LC	Jenis Beban	Titik Kontak	Besar	Satuan	Arah			
1	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27.648	kN	-z		
	b	Beban Heli	Roda Belakang kiri	13.499	kN	-z		
			Roda belakang kanan	13.499	kN	-z		
	c	Kondisi takeoff	Terdistribusi	249.240	kN	-z		
2	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27.648	kN	-z		
	b	Gaya Vertikal	Roda Belakang kiri	16.125	kN	-z		
			Roda Belakang Kanan	16.125	kN	-z		
			Roda Depan	10.750	kN	-z		
	c	Beban Geladak (Me)	Terdistribusi	22.018	kN	-z		
	d	Gaya Horizontal	Me	Terdistribusi	13.211			x y
			Helikopter	Roda Kiri	9.675			x y
				Roda Kanan	9.675			x y
			Roda Depan	6.450			x y	
	Beban angin	Terdistribusi	149.544			x y		
3	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27.648	kN	-z		
	b	Gaya Landing	Roda Belakang kiri	16.125	kN	-z		
			Roda Belakang Kanan	16.125	kN	-z		
	c	Kondisi landing	Terdistribusi	62.310	kN	-z		
d	Bebann Angin	Terdistribusi	186.930	kN				
4	a	Berat Kontruksi Geladak	Terdistribusi	27.647886	kN	-z		
	b	Gaya Landing	Roda Belakang kiri	26.875	kN	-z		
			Roda Belakang Kanan	26.875	kN	-z		
	c	Kondisi landing	Terdistribusi	62.31	kN	-z		
d	Bebann Angin	Terdistribusi	186.93	kN				

**LAMPIRAN G**  
**KATALOG BAJA ASTM 131 AH36**



**Design better products. Solve problems faster.**  Industrial Metallurgists

Metallurgy webinars - learn about the metals used in your products  
Topics: steel, aluminum, failure analysis, corrosion, cast iron, electroplating, and more

## ASTM A131 Steel, Grade AH36

**Categories:** [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Alloy Steel](#); [Low Alloy Steel](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

**Material Notes:** Structural steel used in ship construction


High-strength, low-alloy

Materials as large as 13mm thick may be semikilled

**Key Words:** UNS K01806

**Vendors:** No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

 [Printer friendly version](#)  [Download as PDF](#)  [Download to Excel \(requires Excel and Windows\)](#)

 [Export data to your CAD/FEA program](#)

Add to Folder:  My Folder ▼ 0/0

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in <sup>3</sup>	Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	490 - 620 MPa	71100 - 89900 psi	
Tensile Strength, Yield	350 MPa	50800 psi	
Elongation at Break	19 %	19 %	in 200 mm
	22 %	22 %	in 50 mm
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	Typical Carbon Steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for Steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical Carbon Steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for Steel
Electrical Properties	Metric	English	Comments

Electrical Resistivity 0.0000170 ohm-cm 0.0000170 ohm-cm Typical Carbon Steel

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	12.0 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	6.67 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	Typical Carbon Steel
Specific Heat Capacity	0.470 J/g $\cdot^\circ\text{C}$	0.112 BTU/lb $\cdot^\circ\text{F}$	Typical Carbon Steel
Thermal Conductivity	52.0 W/m-K	361 BTU-in/hr-ft $^2\cdot^\circ\text{F}$	Typical Carbon Steel

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	<= 0.18 %	<= 0.18 %	
Chromium, Cr	0.25 %	0.25 %	
Copper, Cu	0.35 %	0.35 %	
Iron, Fe	97.09 %	97.09 %	as balance
Manganese, Mn	0.90 - 1.6 %	0.90 - 1.6 %	
Molybdenum, Mo	0.080 %	0.080 %	
Nickel, Ni	0.40 %	0.40 %	
Niobium, Nb (Columbium, Cb)	0.050 %	0.050 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Silicon, Si	0.10 - 0.50 %	0.10 - 0.50 %	
Sulfur, S	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Vanadium, V	0.10 %	0.10 %	

[References](#) for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

**Users viewing this material also viewed the following:**

[ASTM A131 Steel, grade DH36](#)  
[ASTM A131 Steel, grade EH36](#)  
[ASTM A572 Steel, grade 50](#)  
[ASTM A131 Steel, grade A](#)  
[ASTM A36 Steel, plate](#)

MSA131AH36 / 142764

**G.P.**  
**GUPTA**  
**PERMOLD**  
 CORPORATION


**PERMANENT MOLD ALUMINUM CASTINGS**  
[www.guptapermold.com](http://www.guptapermold.com)  
*North America's preferred supplier for permold aluminum castings*

CLICK

[Subscribe to Premium Services](#)

Searches: [Advanced](#) • [Composition](#) • [Property](#) • [Material Type](#) • [Manufacturer](#) • [Trade Name](#) • [UNS Number](#)

**Other Links:** [Advertising](#) • [Submit Data](#) • [Database Licensing](#) • [Web Design & Hosting](#) • [Trade Publications](#)  
[Supplier List](#) • [Unit Converter](#) • [Reference](#) • [Links](#) • [Help](#) • [Contact Us](#) • [Site Map](#) • [FAQ](#) • [Home](#)

MatWe...

[Follow @MatWeb](#)

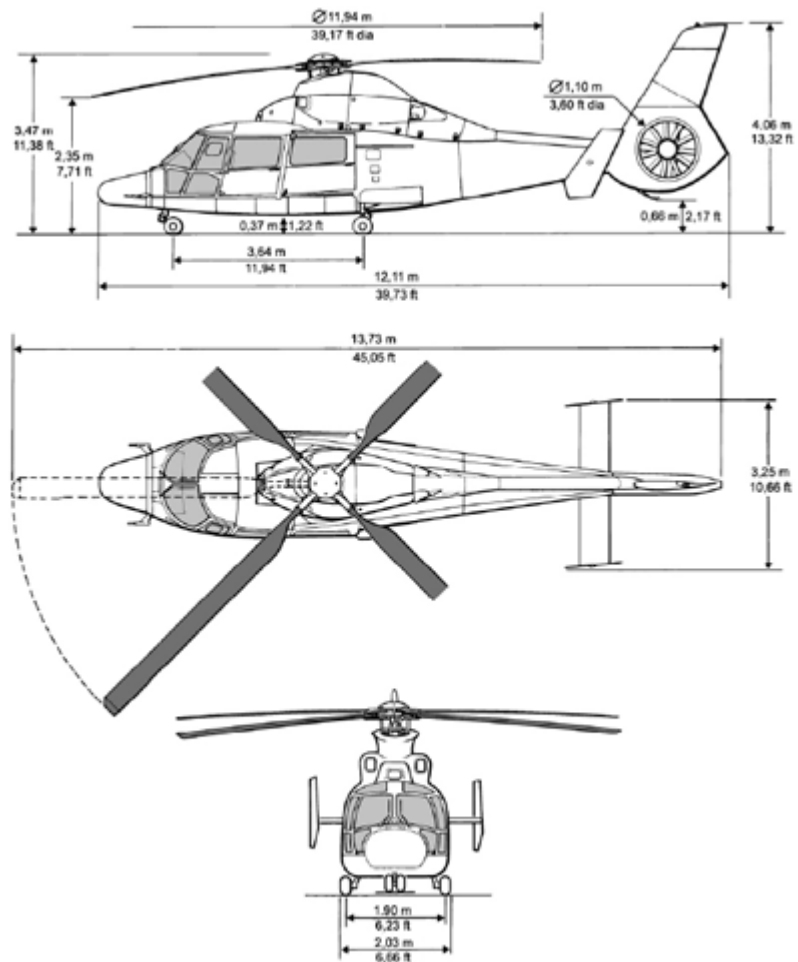
---

Please read our [License Agreement](#) regarding materials data and our [Privacy Policy](#). Questions or comments about MatWeb? Please contact us at [webmaster@matweb.com](mailto:webmaster@matweb.com). We appreciate your input.

The contents of this web site, the MatWeb logo, and "MatWeb" are Copyright 1996-2018 by MatWeb, LLC. MatWeb is intended for personal, non-commercial use. The contents, results, and technical data from this site may not be reproduced either electronically, photographically or substantively without permission from MatWeb, LLC.

**LAMPIRAN H**  
**KATALOG HELIKOPTER DAUPHIN AS 365 N3**

## AS365 N3+ specifications



### At a glance

**Max weight:** 9,480 lbs.

**Capacity:** 1/2 pilot(s) + up to 11 passengers

**Powerplant:** 2 Turbomeca  
Arriel 2C

**Fast cruise speed:** 145 kts.

### External dimensions

**Overall length with blade in front:** 42.65 ft

**Minimum width with all blades:** 39.17 ft

**Overall width with 2 opposite blades removed:** 10.66 ft.

## Documentation

[AS365 technical files](#)

## General data

**Empty weight of standard aircraft:** 5,315 lbs.

**Maximum takeoff weight:** 9,480 lbs.

**Useful load:** 4,165 lbs.

**Maximum takeoff weight (with external load):** 9,480 lbs.

**Usable fuel capacity (standard tank):** 300 gal.

**Powerplant:** 2 Turbomeca Arriel 2C

**Cabin volume:** 180.10 cu. ft.

**Baggage compartment volume:** 38.8 cu. ft.

**Standard seating capacity:** 1+12 or 2+11

## \*Performance data

**Never exceed speed:** 155 kts.

**Fast cruise speed:** 145 kts.

**Maximum range (with no reserves):** 427 nm.

**Maximum endurance (with no reserves):**  
4.1 hrs.

**Hover In ground effect ceiling (5 ft. skid height):** 8,596 ft.

**Hover out of ground effect ceiling:** 3,773 ft.

**Takeoff power per engine:** 838 shp.

**Rate of climb (all engines operative, MCP):** 1,321 fpm.

\* Performance data is provided at Sea Level, ISA conditions, maximum gross weight, with standard fuel. It is not intended for flight planning purposes.



## BIODATA PENULIS



Albert Caesario, nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 27 Agustus 1997 silam, Penulis merupakan anak ketiga dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Strada Dewi Satika III, kemudian melanjutkan ke SD Strada Slamet Riyadi I, SMP Negeri 1 Kota Tangerang dan SMA Negeri 2 Kota Tangerang. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 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 staf Departemen Hubungan Luar BEM FTK ITS 2016/2017; Ketua Badan Semi Otonom Bidang Kewirausahaan HIMATEKPAL 2017/2018 dan Menteri Perekonomian BEM ITS 2019. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi pemandu kewirausahaan ITS tingkat dasar dan tingkat lanjut serta pernah terlibat sebagai peserta Konstes Bisnis Mahasiswa Indonesia.

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