



***Analisis Struktural Rangka Capsule Survival Tsunami
Menggunakan Aircraft Grade Aluminium 6061***

SKRIPSI

Oleh

**Lucky Ilham Marzuki
151910101048**

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**Analisis Struktural Rangka *Capsule Survival Tsunami*
Menggunakan *Aircraft Grade Aluminium 6061***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Lucky Ilham Marzuki
151910101048**

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;
2. Ibunda dan almarhum ayahanda tercinta yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan tiada henti;
3. Kakak dan adikku yang telah memberikan semangat;
4. Dosen pembimbing Bapak Ir. Mochamad Edoward Ramadhan, S.T., M.T dan Ir. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T yang sangat membantu dalam pembuatan skripsi ini.
5. Dosen penguji Bapak Ir. Santoso Mulyadi S.T., M.T dan Bapak Ir. Hari Sutjahjono, S.T., M.T yang telah berkenan menguji dan mengoreksi skripsi ini.
6. Guru-guru SDN 2 Jajag, SMPN 1 Cluring, SMAN 1 Gambiran, dan dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat;
7. Teman-teman satu angkatan yang telah memberikan semangat dan motivasi
8. Teman-teman KKN yang telah mensupport dalam memberikan semangat;
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Semakin anda naik, semakin terasa dingin.
Semakin anda bersinar, semakin banyak bayangan yang mengikuti”
(Suga - Yoonki Min)

“Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang.
Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh.”
(Andrew Jackson)

“Hidup menentukan nasib, bukan hidup ditentukan oleh nasib.”
(Lucky Ilham Marzuki)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Lucky Ilham Marzuki

NIM : 151910101048

Menyatakan dengan sungguh – sungguh bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Struktural Rangka *Capsule Survival Tsunami* Menggunakan Aircraft Grade Aluminium 6061” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 November 2019

Yang Menyatakan,

Lucky Ilham Marzuki

NIM 151910101048

SKRIPSI

**Analisis Struktural Rangka *Capsule Survival Tsunami*
Menggunakan *Aircraft Grade Aluminium 6061***

Oleh

Lucky Ilham Marzuki

NIM 151910101048

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Mochamad Edoward Ramadhan, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hari Arbiantara, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Struktural Rangka Capsule Survival Tsunami Menggunakan Aircraft Grade Aluminium 6061” karya Lucky Ilham Marzuki telah diuji dan di sahkan pada:

Hari, tanggal : 26 November 2019

Tempat : Ruang Ujian II, Lantai III Dekanat, Fakultas Teknik

Pembimbing

Pembimbing I

Ir. Mochamad Edoward Ramadhan, S.T.,M.T.
NIP. 198704302014041001

Pembimbing II

Ir. Hari Arbiantara, S.T.,M.T.
NIP. 196709241994121001

Penguji

Penguji I

Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP. 197002281997021001

Penguji II

Ir. Hari Sutjahjono, S.T., M.T
NIP. 196812051997021002

**Mengesahkan
Dekan,**

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. U. M.
NIP. 196612151995032001

RINGKASAN

Analisis Struktural Rangka *Capsule Survival Tsunami* Menggunakan *Aircraft Grade Aluminium 6061*

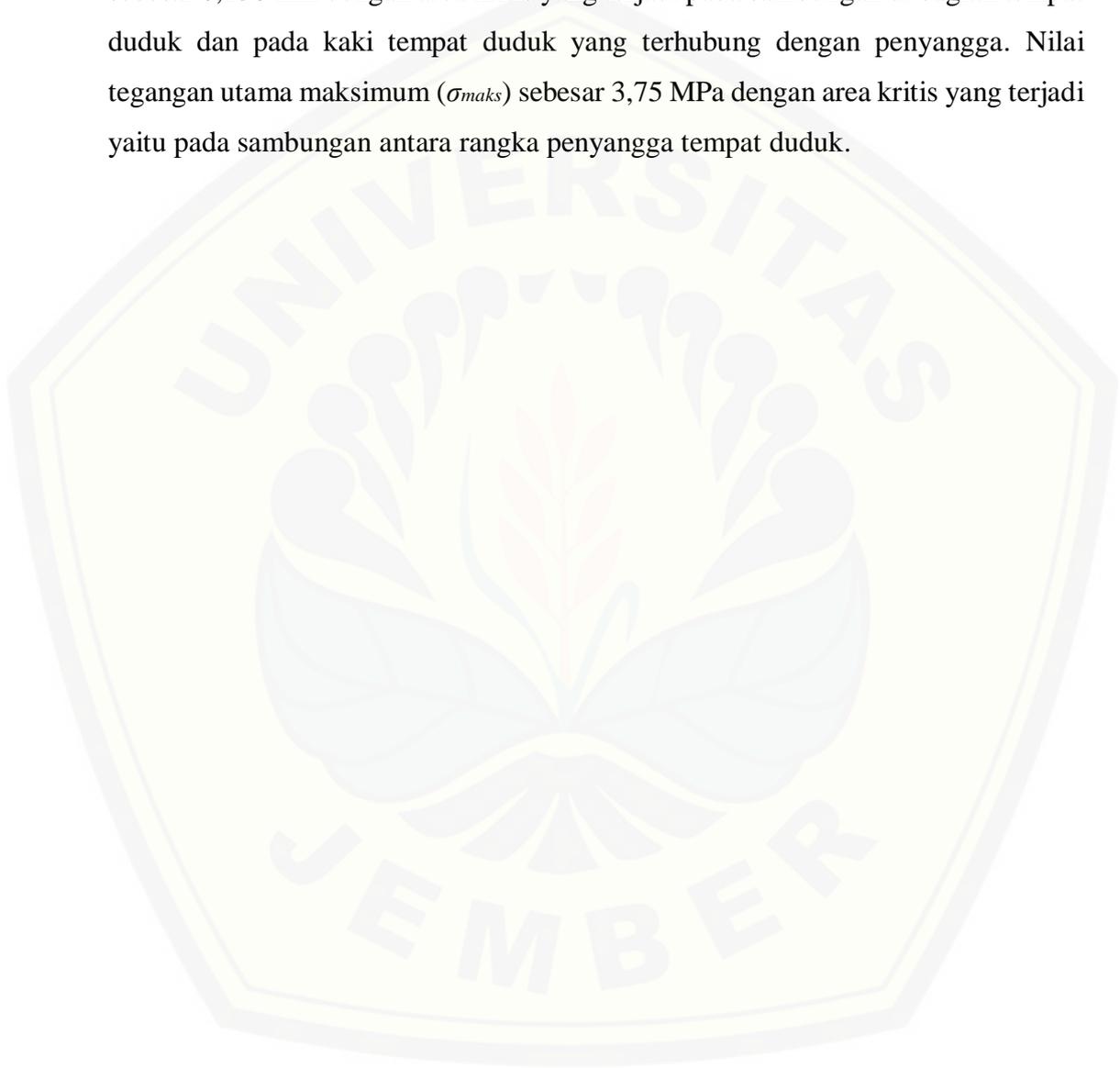
Lucky Ilham Marzuki, 151910101048; 53 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tsunami merupakan gelombang yang terjadi secara alami yang dapat terjadi ketika ada gangguan cepat dengan skala yang besar didalam air. Tsunami Tohoku Jepang disebabkan oleh gempa bumi berkekuatan 9.0 SR yang mengakibatkan tembok pertahanan tsunami di Jepang hancur serta mengakibatkan 15.885 kematian, 6.148 terluka, dan 2.623 orang hilang. Tsunami Aceh di sebabkan oleh gempa bumi berkekuatan 9,3 SR yang mengakibatkan bangunan hancur dan 173.741 jiwa meninggal dan 116.368 orang hilang, sedangkan di Sumatera Utara 240 orang tewas.

Untuk mengantisipasi bencana serupa, *Survival Capsules LCC* dari Mukilteo, Washington mengembangkan bola baja dan aluminium tingkat pesawat terbang yang dirancang untuk melindungi dari bencana tsunami. Pengembangan *Capsule Survival Tsunami* terus dilakukan hingga saat ini. Banyak peneliti mengembangkan bentuk desain yang sesuai dengan kebutuhan keselamatan. Variasi desain rangka *Capsule Survival Tsunami* yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain rangka referensi, desain rangka konsep 1 dan desain rangka konsep 2.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi dengan *software* CATIAV5R21. Penelitian ini berusaha untuk mencari kekuatan struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* yang paling baik serta memetakan area kritis setiap desain rangka berdasarkan variasi desain rangka *Capsule Survival Tsunami* yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain rangka referensi, desain rangka konsep 1 dan desain rangka konsep 2. Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai tegangan *von mises* maksimum (σ_{maks}), *displacement* maksimum (Δd_{maks}), tegangan utama maksimum (σ_{maks}), serta memetakan area kritis yang terjadi pada setia desain rangka *Capsule Survival Tsunami*.

Hasil penelitian menunjukkan desain rangka *Capsule Survival Tsunami* konsep 1 merupakan desain rangka paling baik dengan nilai tegangan *von mises* maksimum ($\sigma_{y_{maks}}$) sebesar 4,88 MPa dengan area kritis terjadi pada sambungan antara rangka penyangga tempat duduk. Nilai *displacement* maksimum (Δd_{maks}) sebesar 0,238 mm dengan area kritis yang terjadi pada sambungan di bagian tempat duduk dan pada kaki tempat duduk yang terhubung dengan penyangga. Nilai tegangan utama maksimum (σ_{maks}) sebesar 3,75 MPa dengan area kritis yang terjadi yaitu pada sambungan antara rangka penyangga tempat duduk.



SUMMARY

Structural Analysis Frame of Capsule Survival Tsunami Using Aircraft Grade Aluminium 6061; Lucky Ilham Marzuki, 151910101048; 2019; 53 pages; Mechanical Engineering Study Program University of Jember

Tsunamis are naturally occurring waves that can occur when there is a large-scale rapid disturbance in the water. The 2011 Tohoku earthquake and the tsunami that followed count as one of the worst disasters of the 21st century. When it struck off the southern coast of Japan with a force of magnitude 9, it was the most powerful ever to hit Japan, and the tsunami with a maximum height of 40.5 m (133 ft) resulted in 15,885 deaths, 6,148 injured, and 2,623 people missing. The Aceh tsunami was caused by a magnitude 9.3 earthquake that caused buildings to be destroyed and 173,741 people died and 116,368 people missing, while in North Sumatra 240 people died.

In anticipation of a similar disaster, Survival Capsules LCC of Mukilteo, Washington has developed a steel and aircraft-grade aluminum sphere designed to protect against tsunami. Development of Tsunami Survival Capsules continues today. Many researchers develop forms of design that are suitable for safety requirements. The variations in the design of the Capsule Survival Tsunami framework used in this study are the reference frame design, frame design concept 1 and frame design concept 2.

The method used in this study is a simulation with CATIAV5R21 software. This study seeks to find the best strength structure of the Capsule Survival Tsunami framework, mapping the critical area of each frame design based on variations in the design of the Capsule Survival Tsunami framework used in this study are reference frame design, frame design concept 1 and frame design concept 2. This study aims to find the maximum von mises stress (σ_{maks}), maximum displacement (Δd_{maks}), maximum stress principal (σ_{maks}), and map the critical areas that occur in the faithful design of the Capsule Survival Tsunami framework.

The results showed that the concept design of the Capsule Survival Tsunami 1 was the best frame design with a maximum von mises stress (σ_{maks}) value of 4.88 MPa with a critical area occurring at the connection between the seat supporting frame. Maximum displacement (Δd_{maks}) value of 0.238 mm with critical area occurring at the connection in the seat and on the foot of the seat connected to the support. Maximum stress principal (σ_{maks}) value of 3.75 MPa with the critical area that occurs is the connection between the seat supporting frame.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Struktural Rangka Capsule Survival Tsunami Menggunakan Aircraft Grade Aluminium 6061”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M, UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hari Arbiantara, S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Ir. Solahudin Yunus, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Bapak Ir. Mochamad Edoward Ramadhan, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Hari Arbiantara, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing;
5. Ibu, Kakak dan Adik, dan keluarga yang telah memberikan dukungan non – materiil dan materiil;
6. Teman-teman sengkatan yang telah memberi semangat, motivasi, dan dukungan.
7. Teman teman KKN yang selalu mendukung.
8. Civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Jember, 26 November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Capsule Survival Tsunami	5
2.2 Jenis – Jenis Capsule Survival Tsunami	6
2.2.1 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Jamur	6
2.2.2 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Piring Terbang	7
2.2.3 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Kubus.....	8
2.2.4 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Elips.....	9
2.2.5 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Bulat Telur	11

2.2.6 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Bola	12
2.3 Teori Tegangan dan Regangan	13
2.3.1 Tegangan	13
2.3.2 Regangan	14
2.3.3 Korelasi Tegangan dan Regangan	15
2.4 Simulasi Catia V5R21.....	17
2.5 Kajian yang Berkaitan dengan Analisa Capsule Survival Tsunami.....	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.1.1 Alat	21
3.1.2 Material	21
3.2 Metode Penelitian	21
3.3 Prosedur Penelitian	25
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	26
3.4.1 Variabel Penelitian.....	26
3.5 Diagram Alir Penelitian	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Perhitungan Gaya yang terjadi.....	28
4.1.1 Gaya dari Massa Penumpang	28
4.1.2 Tekanan Hidrostatik	28
4.2 Hasil Simulasi Struktur Rangka Kapsul Survival Tsunami	31
4.2.1 Hasil Simulasi pada Desain Rangka Referensi	32
4.2.2 Hasil Simulasi pada Desain Rangka Konsep 1	35
4.2.3 Hasil Simulasi pada Desain Rangka Konsep 2	38
4.3 Perbandingan Hasil Struktur Rangka Kapsul Survival Tsunami	41
BAB 5. PENUTUP	44

5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	47



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kapsul Tsunami.....	5
Gambar 2.2 Kapsul Tsunami Berbentuk Jamur	6
Gambar 2.3 Kapsul Tsunami Berbentuk Piring Terbang.....	8
Gambar 2.4 Kapsul Tsunami Berbentuk Kubus.....	9
Gambar 2.5 Kapsul Tsunami Berbentuk Elips.....	10
Gambar 2.6 Kapsul Tsunami Berbentuk Bulat Telur	11
Gambar 2.7 Kapsul Tsunami Berbentuk Bola.....	12
Gambar 2.8 Tegangan tarik atau tekan	13
Gambar 2.9 Tegangan axial.....	14
Gambar 2.10 Tegangan geser	14
Gambar 2.11 Diagram Tegangan Regangan	16
Gambar 2.12 Material yang Mengalami Gejala Mulur.....	16
Gambar 2.13 Material yang Tidak Mengalami Gejala Mulur.....	17
Gambar 3.1 Bentuk Rangka Kapsul Tsunami yang di Analisis	22
Gambar 4.1 Tegangan <i>von mises</i> (<i>Von Mises Stress</i>) pada desain rangka referensi	32
Gambar 4.2 Nilai Perpindahan(<i>Displacment</i>) pada desain rangka referensi.....	33
Gambar 4.3 Nilai Tegangan Utama pada desain rangka referensi	34
Gambar 4.4 Tegangan <i>von mises</i> (<i>Von Mises Stress</i>) pada desain rangka konsep 1	35
Gambar 4.5 Nilai Perpindahan(<i>Displacment</i>) pada desain rangka konsep 1	36
Gambar 4.6 Nilai Tegangan Utama pada desain rangka konsep 1	37
Gambar 4.7 Tegangan <i>von mises</i> (<i>Von Mises Stress</i>) pada desain rangka konsep 2	38
Gambar 4.8 Nilai Perpindahan(<i>Displacment</i>) pada desain rangka konsep 2	39
Gambar 4.9 Nilai Tegangan Utama pada desain rangka konsep 2.....	40
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Nilai <i>Equivalent (von – mises) Strees</i> Maksimum.....	41

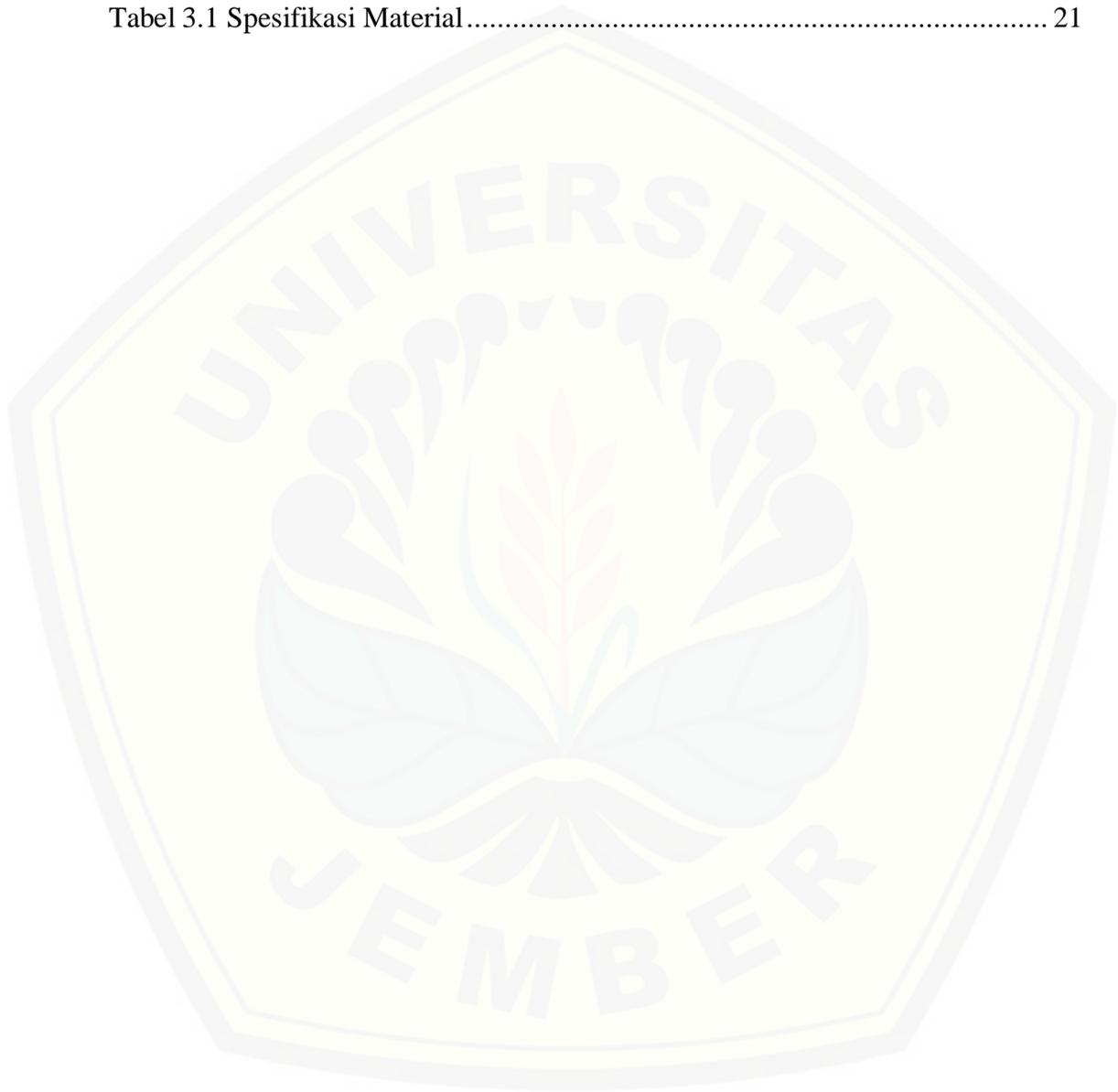
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Nilai *Displacement* Maksimum..... 42

Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai *Stress principal* Maksimum..... 43



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Harga Modulus Elastisitas (E) Berbagai Material	15
Tabel 3.1 Spesifikasi Material	21



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tsunami adalah serangkaian gelombang yang terjadi secara alami yang dapat terjadi ketika ada gangguan cepat dengan skala yang besar didalam air. Peristiwa tsunami biasanya disebabkan gempa bumi di bawah atau di dasar laut, tetapi tsunami juga dapat disebabkan oleh aktivitas gunung berapi, tanah longsor, longsor bawah laut dan dampak benda-benda ekstra-terestrial. Gelombang yang diakibatkan oleh gangguan ini merambat jauh dari sumbernya. Ketika ombak mendekati perairan pantai yang lebih dangkal mengakibatkan kecepatan air menurun dan ketinggian air laut meningkat. Setelah mencapai garis pantai, ombak dapat memiliki ketinggian dan kekuatan yang berbahaya menembus daratan dan merusak struktur bangunan yang terhempas air laut.

Tsunami yang terjadi Samudra Hindia diakibatkan oleh gempa bumi bawah laut berkekuatan 9,3 SR dan menghancurkan daerah pesisir di sekitar Samudra Hindia utara. Tsunami terjadi mulai dari 15 menit hingga 7 jam untuk mencapai berbagai garis pantai yang terkena dampaknya. Diperkirakan tsunami merenggut lebih dari 220.000 jiwa dan menelantarkan lebih dari 1,5 juta orang (FEMA P-646, 2012). Gempa Tohoku 2011 dan tsunami melanda pantai selatan Jepang dengan kekuatan sebesar 9 SR, tsunami yang paling kuat yang pernah terjadi di Jepang, dan tsunami dengan ketinggian maksimum 40,5 m (133 kaki) menyebabkan dinding penahan tsunamai di Jepang hancur serta mengakibatkan 15.885 kematian, 6.148 terluka, dan 2.623 orang hilang (Szondy, David, 2014). Tsunami yang terjadi di Indonesia pada 26 Desember 2004 dan berdampak delapan negara lainnya di kawasan Samudera India. Tsunami di sebabkan oleh gempabumi berkekuatan 9,3 SR yang berpusat di 3,3 LU - 95,98 BT. Data dari BNPB, 173.741 jiwa meninggal dan 116.368 orang hilang, sedangkan di Sumatera Utara 240 orang tewas. Dampak selain itu juga menyebabkan ribuan bangunan dan rumah rusak, ratusan orang mengungsi(BMKG). Gempa bumi tektonik terjadi di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah pada 28 September 2018, jam 17.02.44 WIB dengan M 7.7 Lokasi 0.18 LS dan 119.85BT dan jarak 26 km dari Utara Donggala Sulawesi

Tengah, dengan kedalaman 10 km. Tinggi gelombang diperkirakan 0,3m – 3m. Dampak tsunami menyebabkan ratusan rumah dan bangunan rusak. (BMKG, 2018).

Untuk mengantisipasi bencana serupa, *Survival Capsules LCC* dari Mukilteo, Washington mengembangkan bola baja dan aluminium tingkat pesawat terbang yang dirancang untuk melindungi dari kebakaran dan banjir. Menurut Sharpe, sistem keamanan pribadi (PSS) yang sedang dipatenkan adalah dirancang untuk melindungi korban tidak hanya di tsunami, tetapi juga badai, gempa bumi dan tornado. Bola baja dirancang oleh insinyur dan ahli tsunami. Saat ini ada lima versi kapsul mulai dari ukuran dasar model dua orang dengan diameter 4,5 kaki (1,4 m) hingga yang mampu menampung 10 orang dewasa yang memiliki diameter 8 kaki (2,4 m). Ditujukan untuk rumah, bisnis, sekolah, bandara dan sebagai tempat perlindungan umum. *Survival Capsules LCC* berbeda dari sistem sebelumnya karena terdiri dari baja tubular yang dilas bingkai terbungkus dalam lambung aluminium berputar dilapisi dengan termal keramik selimut insulasi yang dapat dipanaskan hingga sekitar 2.000 ° F (1.100 ° C) dan tetap dingin jika disentuh permukaan lainnya. (Szondy, David, 2014).

Survival Capsule design to the 2011 NASA menghasilkan desain yang dapat menampung hingga sepuluh orang berdiameter 4,5 kaki, dengan lubang ventilasi udara dan jendela kecil seperti kapal selam. Interior tulang rusuk aluminium memperkuat pod untuk mencegah kerusakan, isolasi melindungi terhadap kebakaran dan puing-puing benda asing dan cangkang luar - berwarna oranye berfungsi melindungi dari tusukan yang diakibatkan banjir maupun tsunami. Kapsul dirancang untuk menampung persediaan yang cukup untuk 5 hingga 7 hari, kapsul dilengkapi dengan GPS, suara peringatan, kait penahan dan kait eksterior opsional untuk tim penyelamat.

Sharpe, Julian, dkk (2013). Melakukan penelitian Program Pengembangan dan Kapsul Ketahanan Tsunami Menggunakan Perangkat Lunak MSC untuk mendapatkan hasil analitik yang akurat. Agar dapat mensimulasikan kondisi ini secara akurat, IDEA International memilih untuk menggunakan perangkat lunak MSC yang dioperasikan setiap hari di IDEA International pada berbagai program

terkait Aerospace. Untuk analisis kapsul menggunakan MD Nastran, DYTRAN dan PATRAN. Tabrakan antara dinding yang kaku dan kapsul survival disimulasikan menggunakan DYTRAN. Kapsul diatur pada kecepatan awal 17,3 mph pada berat hunian penuh. Deformasi yang disimulasikan dengan daerah pipih 21,5 x 17,78 cm. Untuk menguji kapsul survival, itu dijatuhkan dari 10 kaki sehingga akan berdampak pada lantai beton pada 17,3 mph. Penurunan menghasilkan titik datar cacat permanen 19,5 x 22,5 cm.

Pada kesempatan ini peneliti melakukan penelitian berdasarkan kajian data diatas untuk menganalisis struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* Menggunakan *Aircraft Grade Aluminium 6061* dengan parameter bentuk struktur rangkanya, arah dan besar pembebanannya dengan tujuan menentukan nilai tegangan dan regangan maksimum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan kajian pustaka yang diperoleh diatas, dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut: “Bagaimana menganalisis kekuatan rangka *Capsule Survival Tsunami* dan memperoleh desain *Capsule Survival Tsunami* yang optimal?”.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian sebagai batasan masalah agar penelitian lebih fokus dan tidak keluar dari tujuan yang diinginkan adalah sebagai berikut:

1. Struktur Geometri *Capsule Survival Tsunami* desain referensi, desain konsep 1 dan desain konsep 2.
2. Sambungan dianggap seragam.
3. Menggunakan bahan *Aircraft Grade Aluminium 6061*.
4. Kondisi pembebanan
 - a. Massa rangka dan massa orang
 - b. Mengapung/tenggelam $\frac{1}{4}$ bagian

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kekuatan struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* dengan desain referensi, desain konsep 1 dan desain konsep 2.
2. Memetakan area kritis pada struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* dengan desain referensi, desain konsep 1 dan desain konsep 2.
3. Mendesain *Capsule Survival Tsunami* sesuai analisis yang telah dilakukan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan desain rangka *Capsule Survival Tsunami* dengan:
 - a. Gambar.
 - b. Data natural.
 - c. Area kritis.
 - d. Bentuk yang sesuai dengan kebutuhan keselamatan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Capsule Survival Tsunami*

Kapsul tsunami dapat didefinisikan sebagai Sistem Keamanan Pribadi. Kapsul ini memungkinkan isolasi langsung dari bahaya yang akan datang. Struktur evakuasi tsunami seperti kapsul dan menara evakuasi vertikal dapat dibagi menjadi sistem tetap dan sistem variabel. Kapsul tsunami diklasifikasikan sebagai sistem variabel dan menara evakuasi vertikal diklasifikasikan sebagai sistem tetap. Kapsul tsunami memiliki sistem pengatur untuk mengatur posisinya dengan ketinggian air dan sangat mudah beradaptasi dengan perubahan kedalaman air. Ketika volume air dan kecepatan (rata-rata 25 mph) semata-mata terkait dengan gelombang tsunami besar yang disebabkan oleh gempa berkekuatan 9,0 atau lebih besar maka kapsul tsunami dapat melindungi dari bangunan hancur, kendaraan, pecahan kaca, serpihan kayu yang disebabkan tsunami.

Kapsul tsunami bukanlah struktur inovatif, tidak menggunakan material canggih, melainkan berdasarkan filosofi desain struktural yang sangat sederhana yang muncul di seluruh Industri Aerospace yang ringan dan kuat.

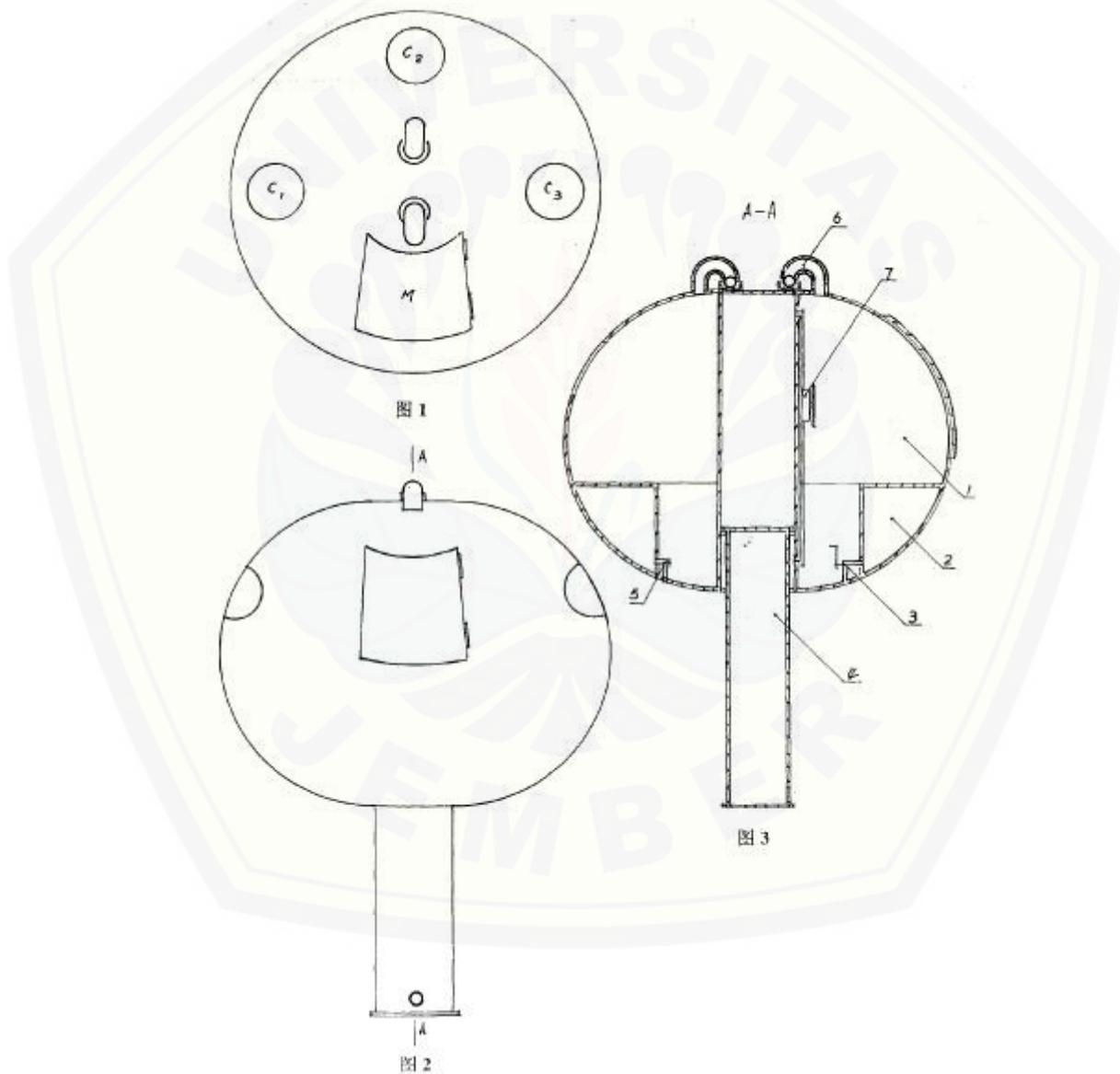


Gambar 2.1 Kapsul Tsunami

2.2 Jenis – Jenis *Capsule Survival Tsunami*

2.2.1 *Capsule Survival Tsunami* Berbentuk Jamur

Sebuah metode untuk membuat pelat baja dengan diameter melintang 2200mm dan bentuk tabung secara vertikal dengan panjang 1800mm yang terdapat pada kapsul tsunami jenis ini, kolom struktural dilengkapi kabin penyelamat di sisi tengah dengan diameter 320mm, panjang 1700mm dapat berupa kolom teleskopik ke bawah.



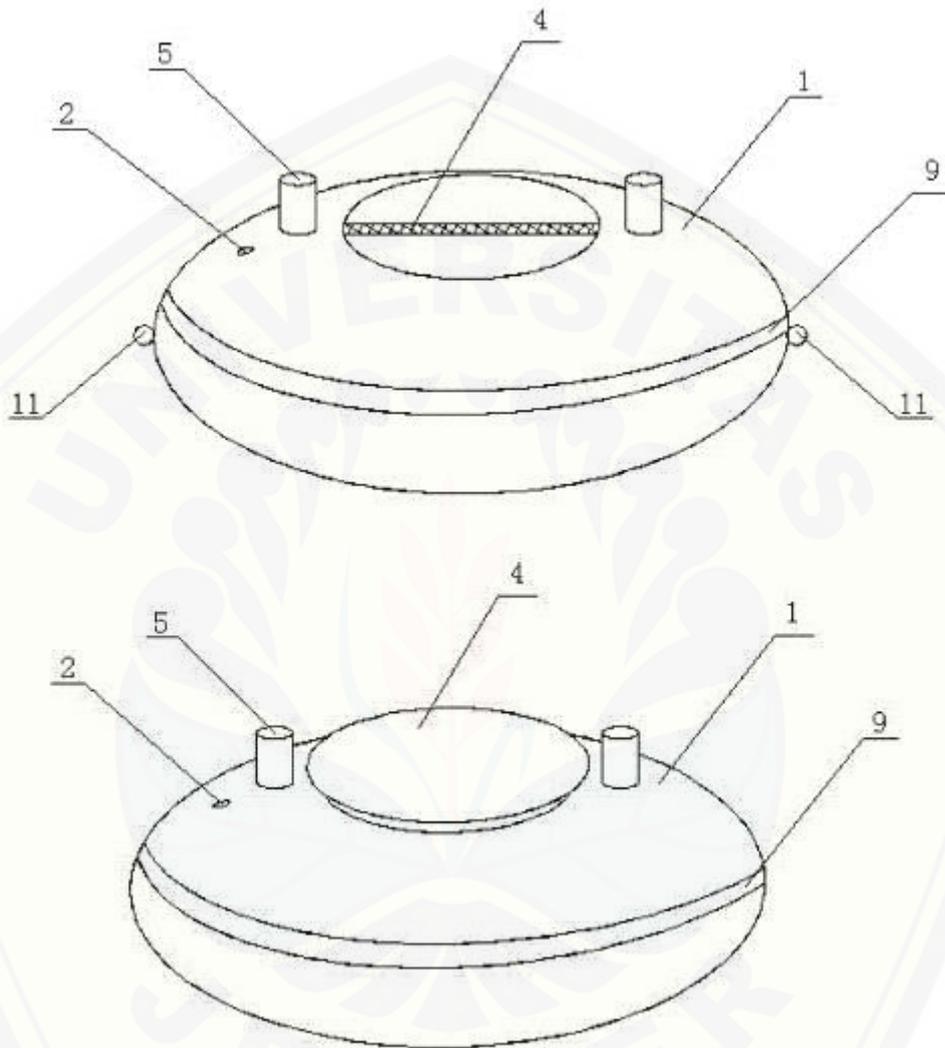
Gambar 2.2 Kapsul Tsunami Berbentuk Jamur

Diseimbangkan oleh tekanan bergerak keluar dari tempat penampungan yang menyelamatkan jiwa untuk mengatasi EVA goyah subversi, pada sepanjang lingkaran sekat terdapat kabin penyelamatan dengan tinggi 600mm di sisi bawah, pesawat lebar 500mm, untuk menyesuaikan keadaan mengambang sehingga kapsul ini dapat mengambang diatas air dengan sempurna dan mengurangi tekanan gelombang dari tsunami, segel sisi ujung atas palka dalam radius melintang dari penampungan, pintu dan tiga lubang angin rata-rata tinggi dibuang 90° , sisi luar saluran udara tempat berlindung atas dua tikungan berbentuk U berbentuk simetris dengan diameter 100mm dikonfigurasi untuk menghindari air, ap untuk menghindari menekuk ujung kabin penyelamatan akses, ujung lain dari corong bengkok vertikal disediakan di ujung bawah mangkuk pelampung 10mm, lubang pembuangan dibuang mangkuk mengapung samping, dilengkapi dengan pelampung berbentuk mangkuk mengambang(Wang Gaocai, 2013)

2.2.2 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Piring Terbang

Model utilitas menyediakan kapsul penyelamat darurat bencana laut yang mudah digunakan dan berhubungan dengan perangkat penyelamat. Kapsul penyelamatan darurat bencana alam laut *portable* terdiri dari kapsul dan sistem pernapasan, di mana kapsul tersebut adalah rongga bulat oblate yang mengadopsi struktur *sandwich*, *inlet* inflasi terbentuk di dinding luar kapsul, lubang tertutup ditutup di bagian atas kapsul, sistem pernapasan terdiri dari pipa pernapasan, pipa pernapasan menembus rongga dari atas ke bawah, pipa layar pernafasan dengan penutup kedap air disusun di bagian atas pipa pernapasan di luar rongga. Bagian tengah pipa pernapasan dalam rongga dikombinasikan secara vertikal dengan lubang pernapasan dan katup satu arah tipe floater, ekor pipa pernafasan membentang di luar bagian bawah kapsul. Menurut kapsul penyelamatan bencana laut portabel, desain struktural yang praktis ketika tidak digunakan, kapsul dapat dilipat untuk disimpan dengan memompa udara dalam interlayer dan ruang disimpan. Ketika digunakan, kapsul dapat meningkat dengan menggunakan perangkat atau inflasi manual dan ruang dalam dapat diperbesar setelah inflasi. Karena gravitasi, kapsul dapat mengapung di laut dengan sempurna, ancaman

sekunder yang disebabkan oleh gelombang badai, air laut, dan udara dingin pada kapal induk dapat dihindari dengan mengadopsi ruang tertutup. (Huadong, Wang, 2014)

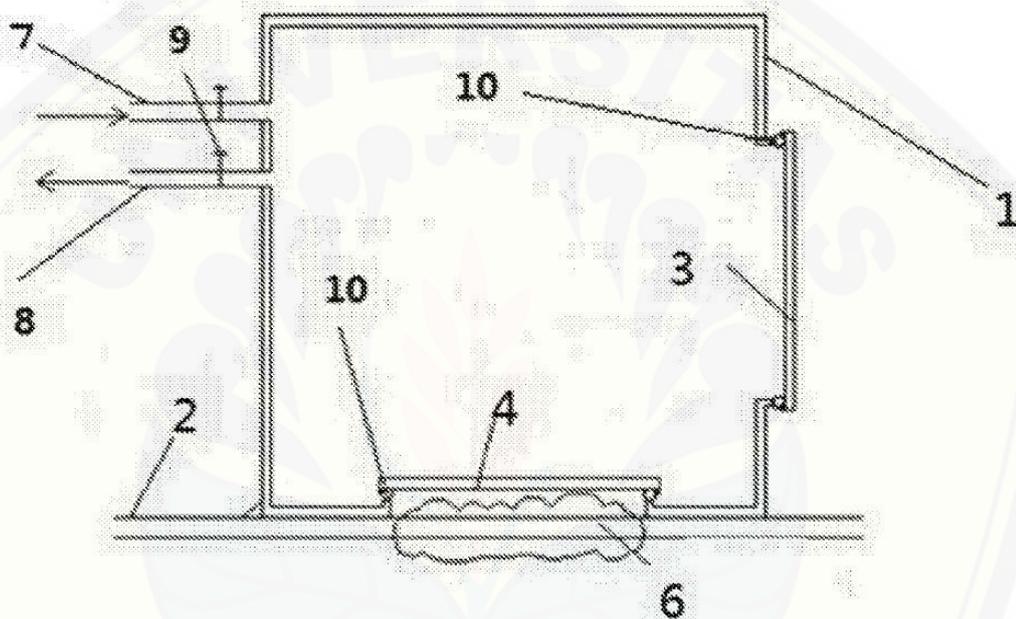


Gambar 2.3 Kapsul Tsunami Berbentuk Piring Terbang

2.2.3 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Kubus

Model kapsul survival ini dapat mempertahankan keseimbangan tekanan laut. Kapsul survival ditutup oleh kapsul survival *subassembly* dan menjadi satu untuk menggabung struktur kotak dan pengelasan atau sambungan baut ekspansi pada lembaran baja lambung. Ketika lambung mengalirkan udara *back-off*, memasukkan oksigen dalam penyelamatan trompil bagian bawah lambung dan ke kabin, dapat menjamin bahwa tekanan udara *back-off* di kabin tidak terjadi secara

bersamaan, lambung tidak dapat karena di bawah-dek udara terbuka, daya apung berkurang menjadi tenggelam. Dapat menyesuaikan tekanan gas internal dan kabin internal kapsul survival sesuai kebutuhan. Model ini memiliki kelebihan struktur sederhana, nyaman digunakan, kepraktisannya sangat tinggi, biaya rendah. Model kapsul ini dapat dioperasikan dengan mudah, keamanan yang baik, kemampuan beradaptasi yang kuat, nyaman untuk dibawa dan memiliki prospek aplikasi yang lebih baik.(Xiangrui, Kong. 2015)

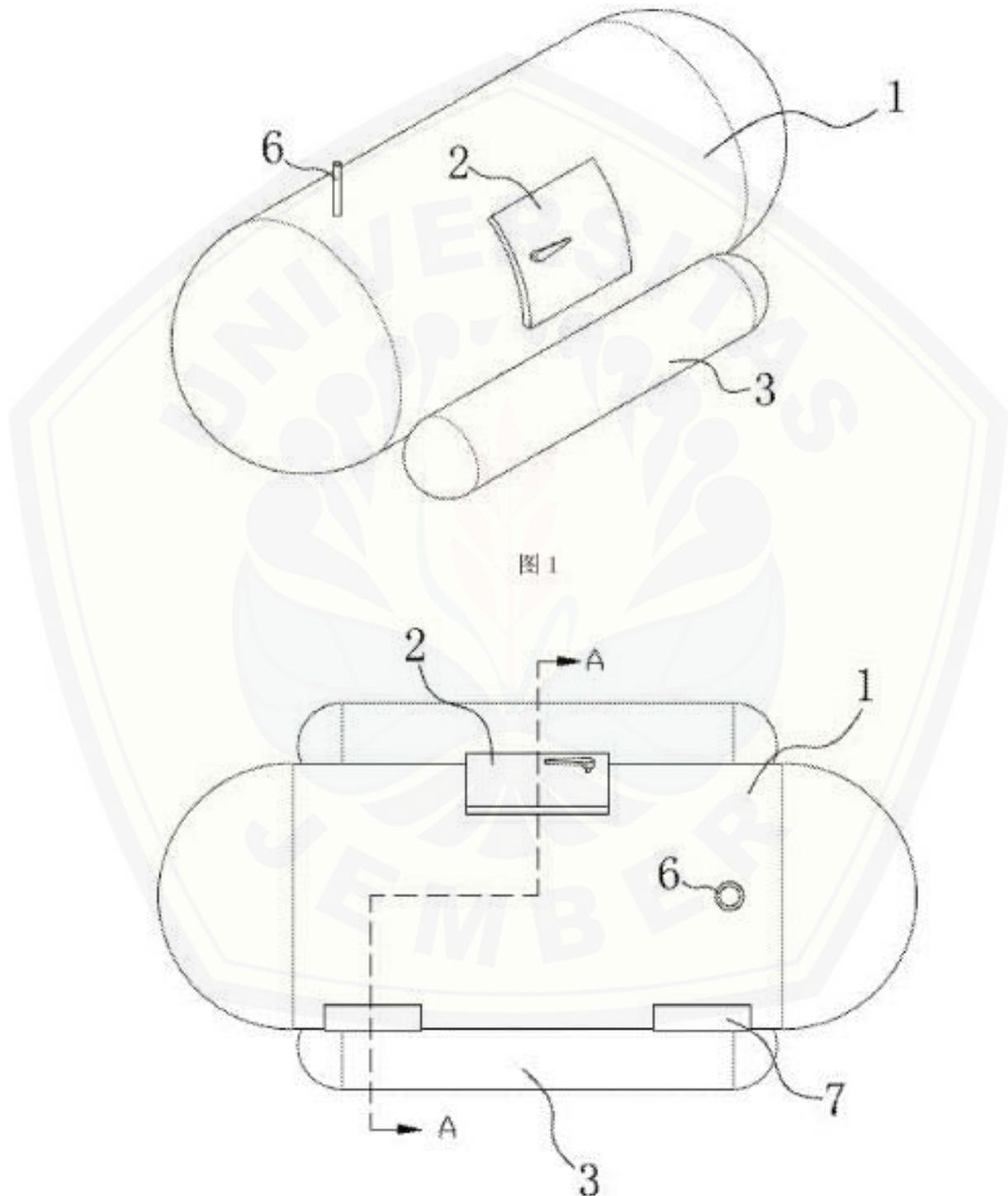


Gambar 2.4 Kapsul Tsunami Berbentuk Kubus

2.2.4 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Elips

Model kapsul tipe ini terdiri dari tubuh kabin, tubuh kabin mengatur struktur drum dari kedua ujungnya untuk busur melingkar, posisi tengah tubuh kabin dilengkapi dengan pintu palka yang simetri sisi kiri dan kanan. Tubuh kabin dilengkapi dengan kantong gas yang simetri disisi kanan dan kiri dan dilengkapi dengan bangku yang simetri disediakan dengan bar di sekitar bagian internal di kabin. Kapsul tipe elips memiliki keunggulan desain yang bagus. Dapat meningkatkan anti-angin, tingkat anti tak terkendali melalui struktur tertutup, dapat menghindari air laut melalui bawah, kantong gas seimbang dari kedua sisi dapat membuat kabin menjaga keseimbangan yang mengalami guncangan. Bagian dari

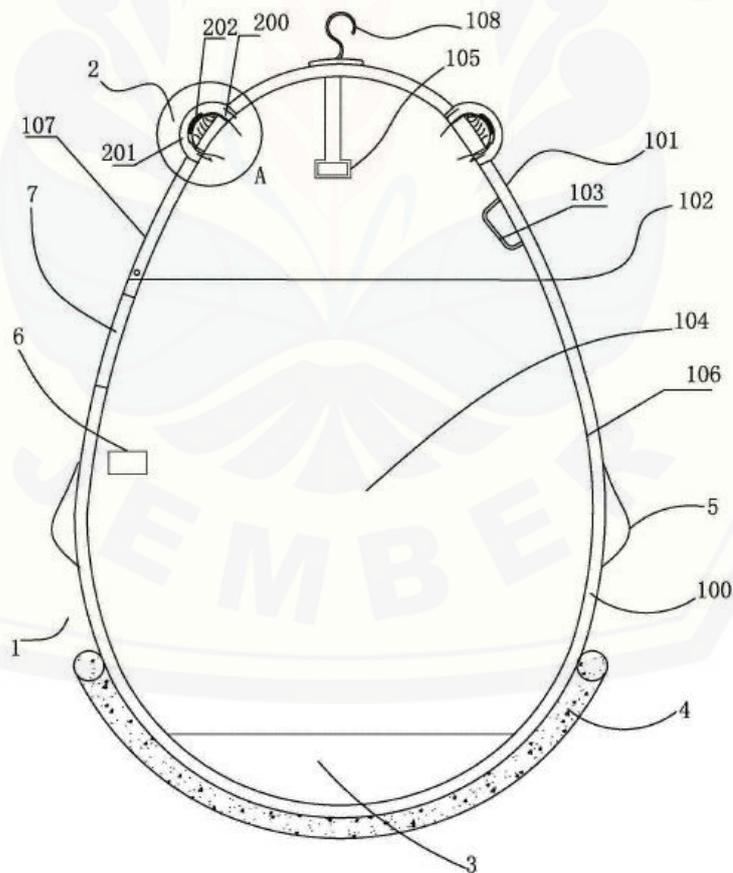
bodi yang tidak mungkin dan mistar dapat digunakan orang untuk berpegangan, menguntungkan bagi personel menjaga keseimbangan, aman dan andal, nyaman digunakan.(Guohai, Mei. 2015)



Gambar 2.5 Kapsul Tsunami Berbentuk Elips

2.2.5 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Bulat Telur

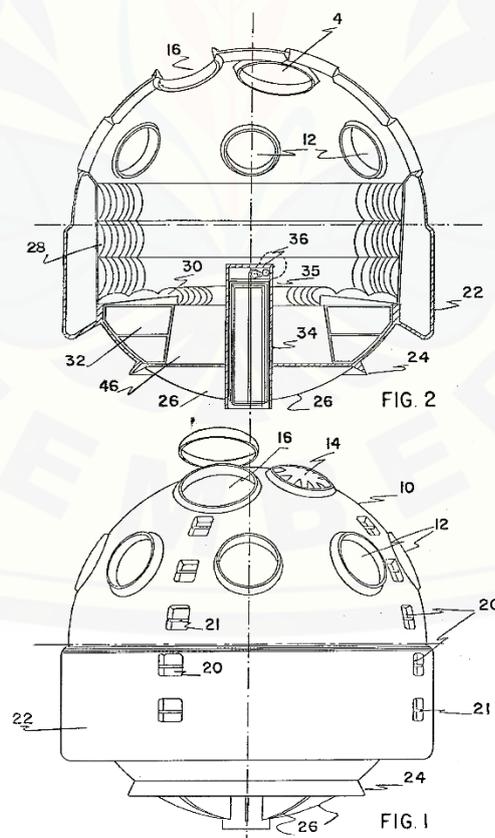
Sebuah tempat perlindungan laut, yang terdiri dari tempat berlindung tubuh yang kaku, kata tempat berlindung termasuk kabin, dan lumen yang memiliki lubang palka bagi para pengungsi untuk memasuki lumen lubang palka pada saat instalasi menutup pintu atau palka dapat dibuka. Struktur pemasukan dan pembuangan disediakan pada badan kapsul penyelamat karena udara memasuki bagian dalam kabin dan udara dikeluarkan di luar polong lumen. Terdapat ruangan penyimpanan yang disediakan di bagian bawah lambung untuk menyimpan makanan dan air. Ciri lain kapsul ini adalah dinding luar dari bagian bawah lambung di sepanjang lambung dilengkapi dengan distribusi berat melingkar dan lapisan yang terbuat dari bahan penyerap, dengan peningkatan berat berlapis-lapis setelah penyerapan air dan untuk kabin tegak di atas kondisi laut. (Xinhua, Zhao. 2018)



Gambar 2.6 Kapsul Tsunami Berbentuk Bulat Telur

2.2.6 Capsule Survival Tsunami Berbentuk Bola

Kapsul laut untuk penyelamatan dan transportasi laut memiliki konfigurasi bola umumnya dan pada setiap sisi tertutup kaca dengan rapat dan kaca temper film yang berguna untuk pengirim sinyal pantulan sinar matahari. Di atasnya ada empat palka berdiameter lebih besar, dua di antaranya digunakan untuk akses orang atau peralatan ke dalam kapsul. Dan terdapat jendela akses lateral yang tahan air atau bukaan untuk orang tanpa pengalaman berlayar. Dua palka overhead lainnya memiliki ventilasi sistem, yang memfilter udara tetapi bukan air. Tempat penyimpanan elemen stabilisasi memiliki anggota yang dapat disetel menggunakan sistem roda gigi dan engkol agar tidak mengganggu penanganan kapsul saat tidak digunakan, tetapi untuk memperpanjang saat mengapung. Sirip radial dengan sirip yang menonjol keluar dari bagian luar bawah kapsul, dan ruang udara dimasukkan ke dalam bodi. Interior lainnya peralatan termasuk kursi yang membentang di sekeliling, tempat penyimpanan, tabung oksigen.(U.S, Patent. 1981)



Gambar 2.7 Kapsul Tsunami Berbentuk Bola

2.3 Teori Tegangan dan Regangan

2.3.1 Tegangan

Tegangan atau *stress* (σ) adalah besarnya gaya yang bekerja per satuan luas penampang. Tegangan material diperoleh melalui pengujian tarik. Kekuatan material dipengaruhi oleh jenis material dan beban. Rumus tegangan dinyatakan dengan Persamaan 2.1 (Zainuri, 2008:71):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

dengan:

σ = Tegangan (N/m^2)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas penampang (m^2)

Tegangan yang terjadi pada suatu spesimen dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (Popov, 1984):

1. Tegangan tarik atau tekan

Tegangan tarik atau tekan merupakan tegangan yang terjadi akibat dari beban tarik atau beban tekan dengan arah yang sejajar terhadap sumbu.

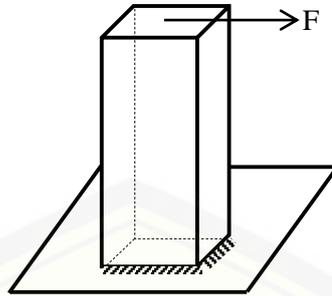


(a) Tegangan tarik, (b) Tegangan tekan

Gambar 2.8 Tegangan tarik atau tekan (Sumber: Jatisukamto, 2007)

2. Tegangan axial

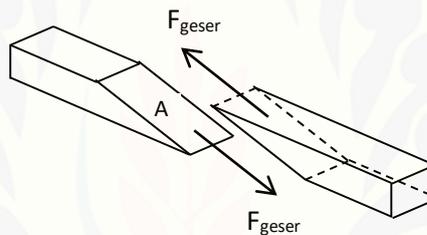
Tegangan axial merupakan tegangan yang terjadi akibat dari adanya momen gaya dengan arah yang sejajar terhadap sumbu.



Gambar 2.9 Tegangan axial (Sumber: Popov, 1984)

3. Tegangan geser

Tegangan geser merupakan tegangan yang terjadi akibat adanya gaya geser atau torsi (puntiran) dengan arah yang tegak lurus terhadap sumbu.



Gambar 2.10 Tegangan geser (Sumber: Jatisukanto, 2007)

2.3.2 Regangan

Regangan atau *strain* (ϵ) adalah perubahan panjang per satuan panjang awal karena gaya eksternal. Rumus regangan dinyatakan dengan Persamaan 2.2 (Martini dan Oktova, 2009):

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.2)$$

$$\Delta L = \epsilon \cdot L \quad (2.3)$$

dengan:

ϵ = Regangan

ΔL = Perubahan panjang (m)

= $L_1 - L$

L = Panjang awal batang (m)

L_1 = Panjang akhir batang (m)

2.3.3 Korelasi Tegangan dan Regangan

Tegangan dan regangan berbanding lurus hingga batas proporsional seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6. Korelasi tegangan regangan menjadi tidak berbanding lurus setelah mencapai nilai batas. Korelasi yang proporsional atau sebanding antara tegangan dan regangan dinyatakan pada hukum *Hooke* (Zainuri, 2008:85). Korelasi antara tegangan dan regangan dinyatakan berdasarkan Hukum *Hooke*. Modulus Elastisitas menyatakan kemampuan material menahan beban dengan rumus matematis yang dinyatakan oleh Robert Hooke dalam Persamaan 2.4 (Yunus, 2010:9).

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \text{konstan} \quad (2.4)$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.5)$$

dengan:

σ = Tegangan (N/m²)

ε = Regangan

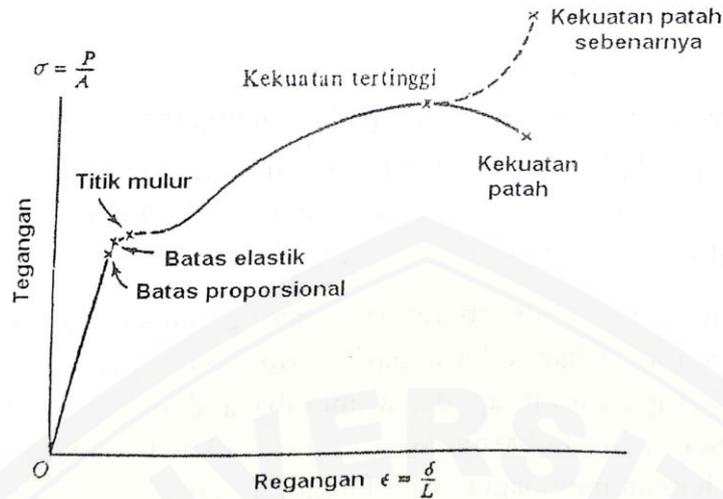
E = Modulus Elastisitas atau Modulus Young (N/m²)

Modulus elastisitas (E) untuk berbagai jenis material dicantumkan pada Tabel 2.1 (Arif, 2014:5):

Tabel 2.1 Harga modulus elastisitas (E) berbagai material (Sumber: Arif, 2014)

No.	Material	Modulus Elastisitas, E (GPa)
1.	Baja	200 – 220
2.	Besi tempa	190 – 200
3.	Besi cor	100 – 160
4.	Tembaga	90 – 110
5.	Perunggu	80 – 90
6.	Aluminium	60 – 80
7.	Timbal	10

Sebuah benda jika ditarik akan mengalami deformasi, sehingga terdapat hubungan antara regangan dengan gaya yang diberikan (Gere, 2014:15). Korelasi antara tegangan dan regangan ditampilkan dalam Gambar 2.6 (Zainuri, 2008:102).



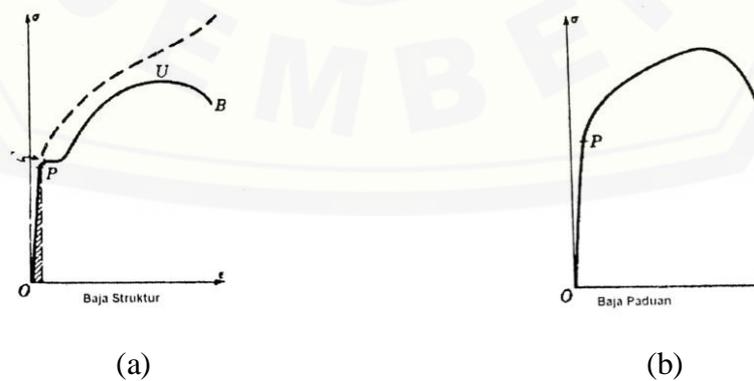
Gambar 2.11 Diagram tegangan regangan (Sumber: Zainuri, 2008)

1. Batas Proporsional (*Proportional Limit*)

Batas proporsional merupakan garis lurus dari titik O ke titik A, yaitu daerah dimana berlaku hukum *Hooke*. Tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana baja karbon rendah, berkisar antara 210 - 350 MPa (Gere, 2014).

2. Tegangan Luluh (*Yield Stress*)

Tegangan luluh adalah tegangan dimana material mulai mengalami deformasi plastis yang ditunjukkan Gambar 2.7. Tegangan luluh biasanya akan menghasilkan pertambahan panjang sebesar 0,2% dari panjang awal (Hastomo, 2009). Material non logam dan plastik tidak mengalami gejala mulur (luluh) seperti yang ditampilkan dalam Gambar 2.8.

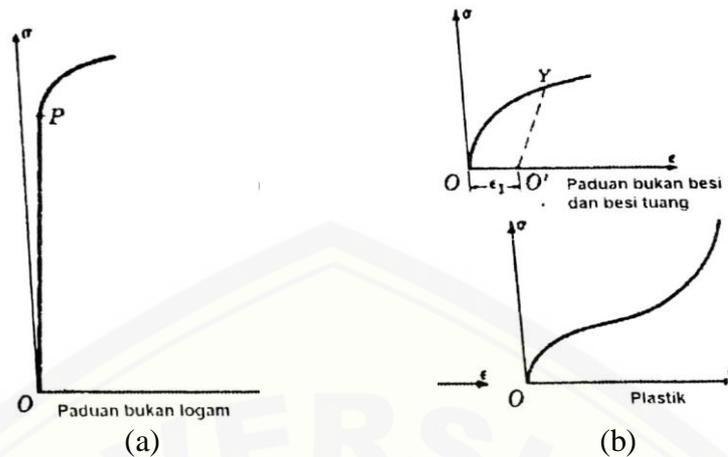


(a)

(b)

(a) Baja struktur; (b) Baja paduan

Gambar 2.12 Material yang mengalami gejala mulur (Sumber: Zainuri, 2008)



(a) Paduan bukan logam; (b) Plastik

Gambar 2.13 Material yang tidak mengalami gejala mulur (Sumber: Zainuri, 2008)

3. Kekuatan Maksimum (*Ultimate Strength*)

Titik ini merupakan titik yang menunjukkan besarnya tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh suatu material sebelum kegagalan (*failure*) terjadi (Erinofiardi dkk, 2014).

4. *Fracture Point*

Fracture point merupakan titik dimana material mengalami kegagalan berupa patah atau *fracture* menjadi dua atau lebih bagian sebagai bentuk respon tegangan yang terjadi (Callister, 2007:231).

2.4 Simulasi Catia V5R21

Catia merupakan perangkat lunak desain mekanis yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu benda solid dan dapat dianalisa. Catia dapat memodelkan bentuk solid 3 dimensi asosiatif sepenuhnya. Catia V5 dirancang khusus untuk windows, dan prinsip kerjanya sama seperti aplikasi windows lainnya. Menu menyediakan akses ke semua perintah Catia. Toolbar berisi ikon untuk akses cepat ke perintah yang sering digunakan. Untuk memulai mendesain suatu part dimulai dari penggambaran 2 dimensi pada plane yang ditentukan lalu di ubah menjadi 3 dimensi sesuai kebutuhan (Student Guide, Catia V5 Fundamental).

Saat memulai analisis, material yang digunakan harus diterapkan pada desain yang akan di analisis. Properti material berpengaruh terhadap massa suatu

benda tersebut. Property material berperan penting dalam analisis struktur maupun analisis termal. Catia memiliki default material, jika material yang digunakan lebih spesifik pada Catia juga bisa diterapkan material baru sesuai kebutuhan. Catia juga dapat menerapkan parameter jika dibutuhkan untuk simulasi. Setiap part di assembly dan menghasilkan suatu desain yang di inginkan (Student Guide, Catia V5 Fundamental).

Generative Structural Analysis merupakan alat komputasi yang mudah untuk melakukan analisis tegangan dan analisis dinamika pada bagian-bagian tertentu. Analisis Stres digunakan untuk menghitung hasil stres pada bagian cacat akibat tumpuan dan beban. Analisis Dinamika dapat menghitung dinamis mode getar untuk bagian yang secara opsional dikenai pembatasan dan massa non-struktural. Generalized Assembly Structural Analysis dapat melakukan perhitungan Stres dan Dinamis pada rakitan. Perhitungan didasarkan pada metode elemen hingga (FEM) yang membutuhkan bagian kritis (generasi mesh) dan kondisi keseimbangan (perhitungan solusi). Untuk perhitungan statis dan dinamis, dapat menentukan jenis yang diperlukan (formulasi linier atau parabola) dan ukuran dan ukuran mesh yang digunakan untuk melakukan perhitungan (lokal dan global) ukuran mesh sangat berpengaruh pada akurasi, mesh yang lebih kecil (halus) berarti akurasi hasil akan meningkat (Generative Part Stress Analysis, Dassault Systèmes 1994-99).

2.5 Kajian yang berkaitan dengan Analisa *Capsule Survival Tsunami*

Sharpe, Julian. dkk(2013). Melakukan penelitian tentang kekuatan dinding *capsule survival tsunami* dengan metode simulasi dan eksperimen. Metode simulasi dengan mengasumsikan kecepatan aliran 17,3 mph sehingga gaya yang terjadi setelah perhitungan matematis yaitu 108.9 kg berat dinding yang mengenai kapsul, 108.9 kg tiang yang mengenai kapsul dan 177,928 N puing – puing yang menabrak dinding kapsul. Semua gaya yang terjadi di total dan diasumsikan mengenai seluruh bagian dinding kapsul. Metode eksperimen diasumsikan kapsul dijatuhkan dari ketinggian 10 kaki. Dari hasil simulasi menunjukkan deformasi sebesar 21,5 x

17,78 cm, sedangkan dari hasil eksperimen menunjukkan deformasi sebesar 19,5 x 22,5 cm.

Song, Ha Cheol, dkk(2010). Melekaukan optimasi desain struktural dari kapal motor balap berdasarkan nonlinear dengan metode elemen hingga. Pemodelan menggunakan balok struktural elemen (*beam3*) digunakan untuk pemodelan longitudinal, dan elemen shell struktural (*shell63*) untuk bagian yang lain. Beban yang didistribusikan 60kg sesuai dengan berat pembalap diaplikasikan ke lantai mobil. Untuk memaksimalkan respons struktural, daya apung tidak dipertimbangkan dalam analisis statis. Durasi diasumsikan 0,5 detik, dan gaya gerak FIMP dari jumlah setengah kapal motor dan berat pengemudi. Analisis menggunakan *software Ansys*. Hasil simulasi menunjukkan stres tidak melebihi 7MPa; 22% lebih rendah dari rata-rata stres dari desain awal. Sebagai hasil optimasi, rata-rata stres berkurang 22% dari desain awal dan berat total dikontrol hampir sama dengan desain awal.

Covill, Derek, dkk(2014). Melakukan penelitian Analisis elemen hingga parametrik dari geometri frame sepeda. Model ini mensimulasikan dua kondisi pemuatan standar untuk memahami penyesuaian vertikal dan karakteristik kekakuan lateral dari rangka sepeda dengan variasi geometri sepeda dan membandingkan karakteristik ini sebagai solusi dari optimasi. Frame yang lebih kecil secara mengejutkan (490mm seat tube) berperilaku paling baik dalam penyesuaian vertikal dan kekakuan lateral, sedangkan panjang tabung atas lebih pendek (525mm) dan sudut tabung kepala lebih besar (74,5 °). Nilai yang dioptimalkan menunjukkan peningkatan yang cukup besar dibandingkan yang terbaik dari frame yang ada, dengan 13% peningkatan perpindahan vertikal (dari 0,342 ke 0,387) dan 15% penurunan perpindahan lateral (dari 1,708 ke 1.453) bila dibandingkan dengan yang terbaik dari frame yang dianalisis.

Shein, Wei, dkk.(2017). Melakukan penelitian analisa kekuatan sambungan pada kapal laut menggunakan metode simulasi dan eksperimen. Pada penelitian ini material yang digunakan adalah komposit. Eksperimen menggunakan spesimen *sandwich* L-joint pada sudut 105° dan memanjang disambung dengan braket transisi busur melingkar di sepanjang sudut. Pembebana diberikan sebesar 0 kN,

2kN, 4kN dan sampai spesimen mengalami patah. Analisa secara simulasi menggunakan geometri yang sama serta pembebanan yang sama. Dari kedua metode dibandingkan dengan mengambil pembebanan sebesar 2 kN. Hasil eksperimen menunjukkan tegangan sebesar $1000/\mu\epsilon$, sedangkan hasil simulasi $950/\mu\epsilon$, hal ini disebabkan karena ketebalannya tidak merata di sekitar sudut karena pemrosesan secara manual.

Prasanna, Y.Lakshmi,dkk (2015). Melakukan penelitian tentang analisis struktur pada lambung kapal laut menggunakan *Ansys*. Analisis Statis dilakukan untuk shell kapal untuk memeriksa stabilitas strukturnya. Dalam mode yang berbeda ini bentuk pada frekuensi alami dan pada kondisi beban yang berbeda sebagai acuan untuk mencari deformasi dan tegangan struktur kapal. Dari hasil simulasi pada mode 1 dengan frekuensi 1,95 hz menghasilkan deformasi sebesar $5,4 \times 10^{-3}$, pada mode 2 dengan frekuensi 3,96hz menghasilkan deformasi sebesar $5,5 \times 10^{-3}$ dan pada mode 3 dengan frekuensi 5,40hz menghasilkan deformasi sebesar $5,7 \times 10^{-3}$.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Alat

Alat penelitian untuk analisis kekuatan rangka pada *Capsule Survival Tsunami* yaitu Laptop ASUS N46 dengan spesifikasi sebagai berikut

1. *Processor*: Intel Core i5-3230M, 2.6GHz
2. *RAM*: 4GB

3.1.2 Material

Material rangka *Capsule Survival Tsunami* yaitu *Aircraft Grade Aluminium 6061*, Spesifikasi material ditunjukkan dalam Tabel 3.1

Tabel 3.1 Spesifikasi Material

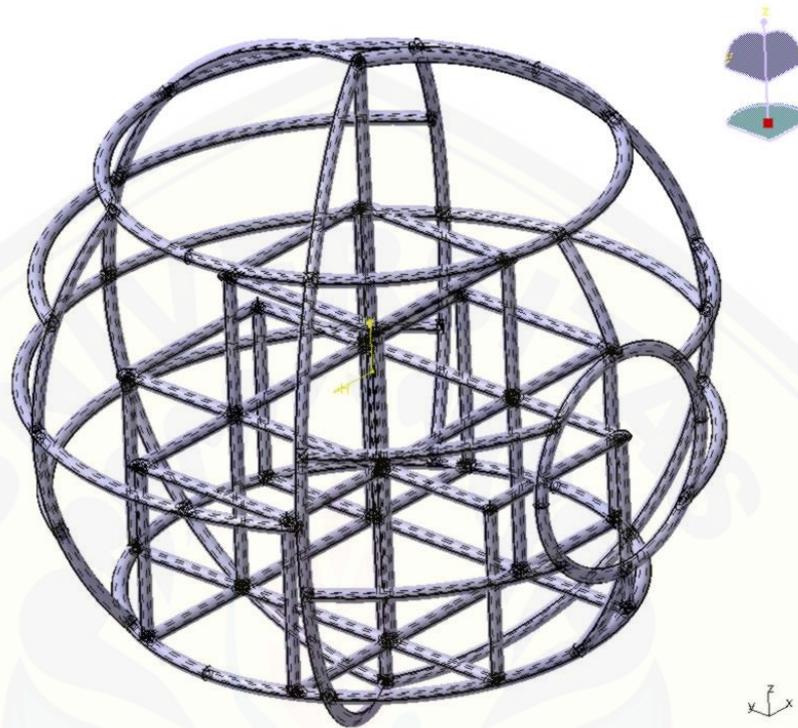
<i>Aircraft Grade Aluminium 6061</i>	
<i>Density (ρ)</i>	2700 kg/m ³
<i>Young's modulus (E)</i>	70 GPa
<i>Tensile strength (σ)</i>	180 MPa
<i>Yield strength</i>	110 MPa
<i>Poisson's ratio (ν)</i>	0.33

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian untuk analisis kekuatan rangka pada *Capsule Survival Tsunami* menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*). Tahapan analisis struktur meliputi:

1. Pemodelan dengan *software* Catia V5R21.
2. Analisis struktur dengan simulasi Catia V5R21 untuk mode *static structural*.

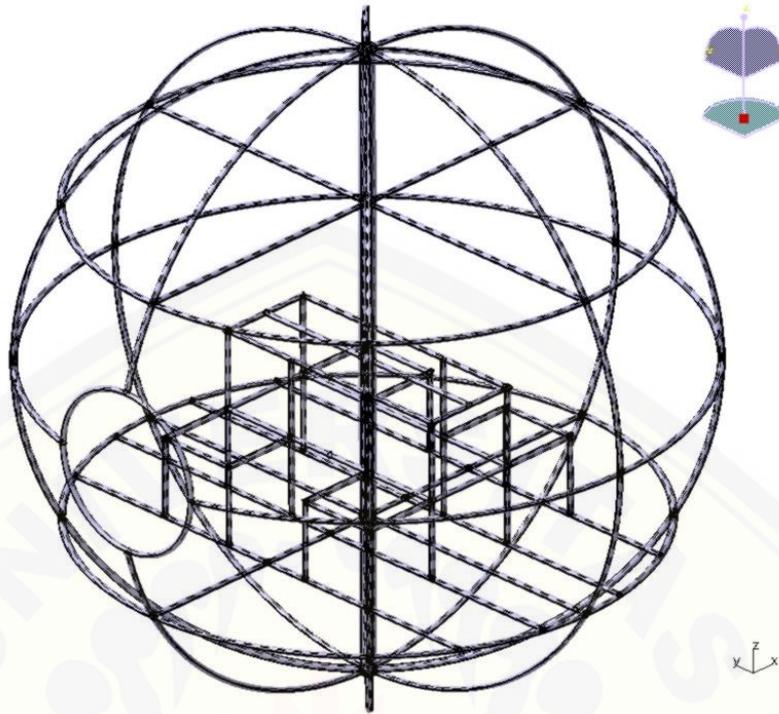
Model struktur rangka dan spesifikasi *Capsule Survival Tsunami* yang akan dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari tiga model seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3.1.



(a) Rangka Referensi *Capsule Survival Tsunami*

Spesifikasi:

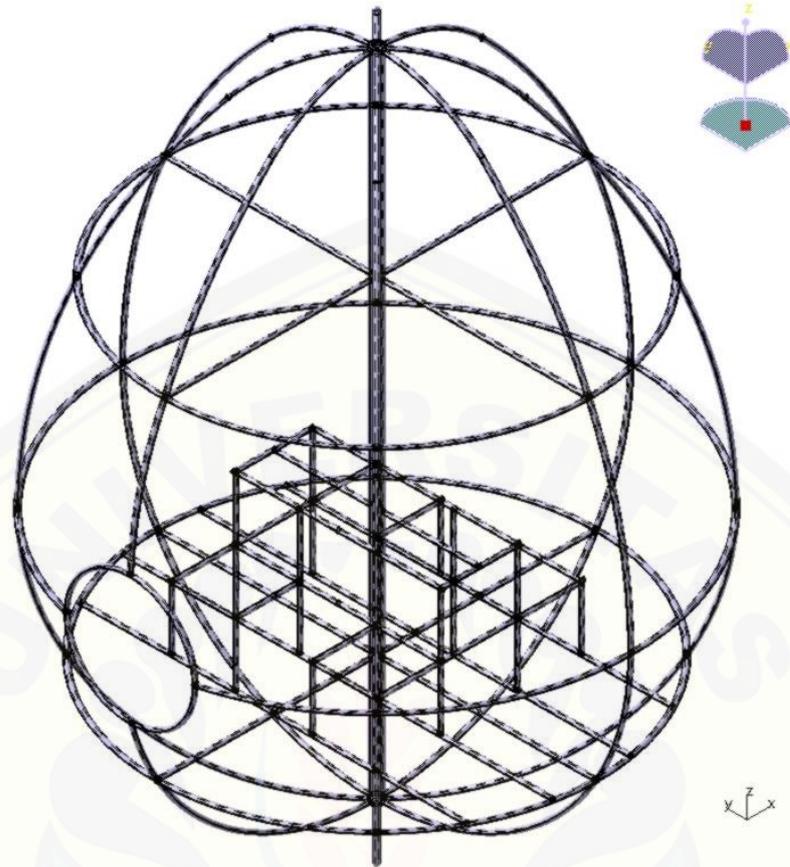
Dimensi	: Diameter 1,8 m (terlampir pada lampiran 6.1)
Volume	: $3,05208 m^3$
Massa Rangka	: 128,19 kg
Kapasitas	: 4 Orang
Berat Total	: 368,19 kg (diasumsikan massa orang 60 kg)



(b) Rangka *Capsule Survival Tsunami* Konsep 1

Spesifikasi:

Dimensi	: Diameter 4 m (terlampir pada lampiran 6.2)
Volume	: $33,493 m^3$
Massa Rangka	: 329,11 kg
Kapasitas	: 4 Orang
Berat Total	: 569,11 kg (diasumsikan massa orang 60 kg)



(b) Rangka *Capsule Survival Tsunami* Konsep 2

Spesifikasi:

Dimensi	: Diameter 4 m, tinggi 5,16 m (terlampir pada lampiran 6.3)
Volume	: $43,2064 m^3$
Massa Rangka	: 422,75 kg
Kapasitas	: 4 Orang
Berat Total	: 662,75 kg (diasumsikan massa orang 60 kg)

Gambar 3.1 Bentuk Rangka Kapsul Tsunami yang di Analisis

Langkah-langkah penelitian dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisis kekuatan rangka *Capsule Survival Tsunami* referensi
2. Analisis kekuatan rangka *Capsule Survival Tsunami* konsep 1
3. Analisis kekuatan rangka *Capsule Survival Tsunami* konsep 2
4. Membandingkan hasil simulasi.

5. Membuat desain rangka *Capsule Survival Tsunami* yang optimal dari hasil perbandingan ketiga rangka *Capsule Survival Tsunami*.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian berikut digunakan untuk mengetahui pengaruh kekakuan batang kantilever terhadap *output* penghasil listrik, yaitu dimulai dari:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi sebagai pendukung topik penelitian. Materi yang dipelajari meliputi: spesifikasi *Capsule Survival Tsunami* SC40001, pemodelan CAD, analisis *static structural* Catia V5R21.

2. Pemodelan dan Simulasi *Static Structural*

Pemodelan Catia V5R21 dengan tahapan:

- a. Pilih *mechanical design* lalu pilih *part design*
- b. Pemilihan plane
- c. Penggambaran *Capsule Survival Tsunami* berbentuk bola
- d. Penggambaran *Capsule Survival Tsunami* berbentuk bulat telur
- e. Input material yang digunakan

Simulasi *Static Structural* software Catia V5R21 dengan tahapan:

- a. Pilih *Analisis and Simulation* lalu pilih *Generative Structural Analisis*
- b. Pilih *Static Analysis*
- c. *Meshing* objek dengan ukuran mesh yang ditentukan
- d. Penentuan letak tumpuan (*clamp*)
- e. Penentuan besar gaya serta arah gaya
- f. Simulasi *Static Structural* Catia V5R21 sebanyak 3 kali running setiap pemodelan

3. Analisa Hasil Penelitian

a. Hasil simulasi berupa data:

- 1) Nilai tegangan *von mises (Equivalent (von-Mises) stress)*
- 2) Nilai perpindahan (*Displacement*)
- 3) Nilai tegangan utama (*Stress principal*)

- b. Data yang dihasilkan akan dibandingkan dan membuat desain rangka *Capsule Survival Tsunami* yang optimal dari hasil perbandingan ketiga rangka *Capsule Survival Tsunami*.
4. Kesimpulan
Kesimpulan diperoleh berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data yang diperoleh dari hasil penelitian, yang meliputi variabel kontrol, variabel terikat dan variabel bebas.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi penyebab terjadinya variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

- a. Rangka *Capsule Survival Tsunami* konsep 1
- b. Rangka *Capsule Survival Tsunami* konsep 2

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang akan dipengaruhi oleh variabel bebas.

Variabel terikat di dalam penelitian ini adalah:

- a. Nilai tegangan *von mises* (*Equivalent (von-Mises) stress*)
- b. Nilai perpindahan (*Displacement*)
- c. Nilai tegangan utama (*Stress principal*)

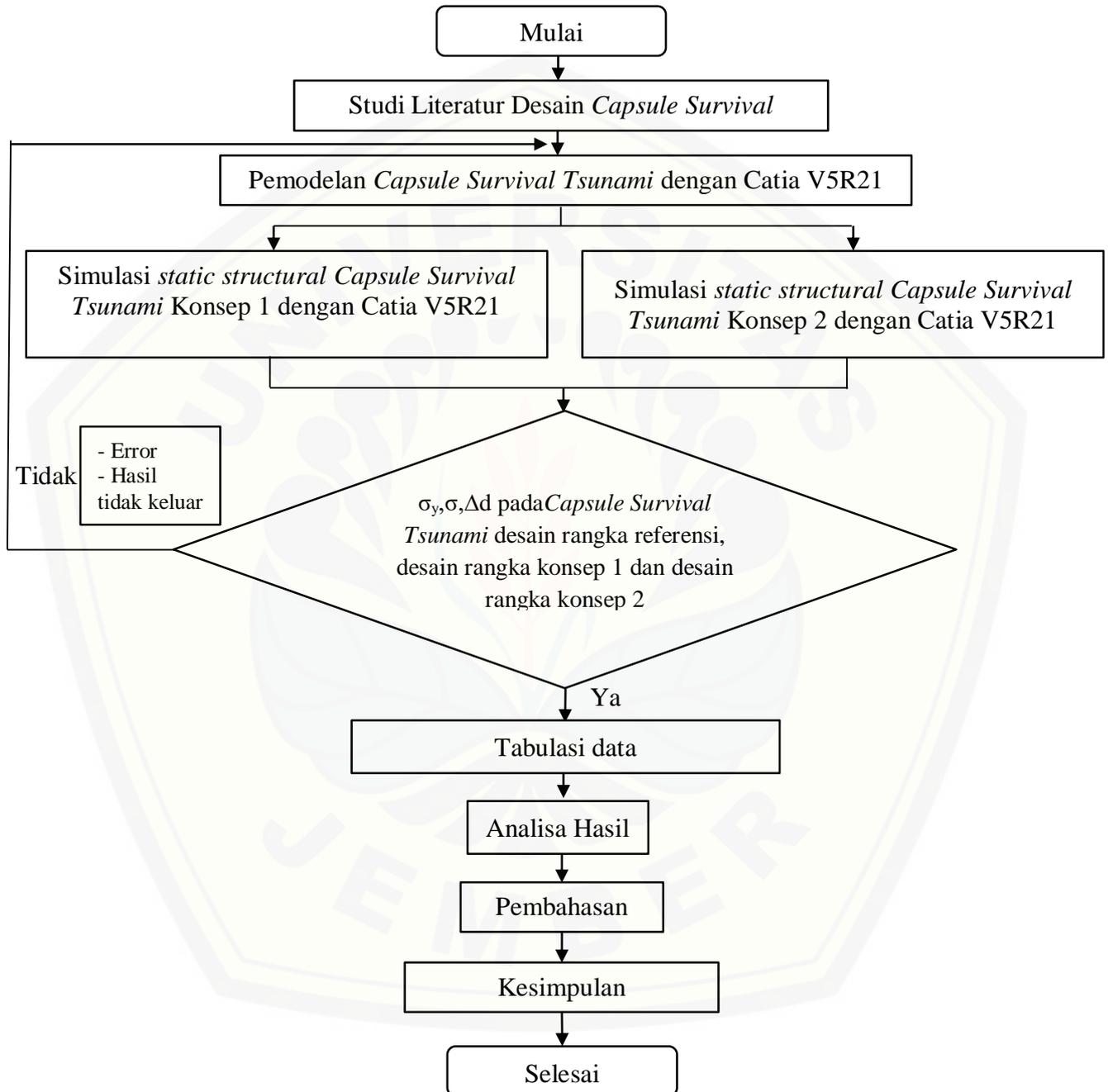
3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat konstan. Variabel kontrol penelitian ini adalah :

- a. Gaya yang terjadi yaitu 588N pada rangka kursi.
- b. Material *Capsule Survival Tsunami* yaitu *aircraft grade aluminium 6061*.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.2 merupakan gambar diagram alir penelitian yang memudahkan dalam menjalankan urutan penelitian.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari analisis kekuatan material pada Rangka Kapsul Survival Tsunami dengan simulasi *static structural* metode FEA adalah sebagai berikut:

- 2 Kekuatan struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* dengan konsep 1 lebih unggul dari struktur rangka konsep referensi dan konsep 2 ditinjau dari nilai tegangan luluh maksimum, nilai perpindahan maksimum dan tegangan utama maksimal.
- 3 Area kritis pada struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* dengan konsep 1 dan konsep 2 terjadi pada bagian penyangga tempat duduk dan area kritis pada struktur rangka *Capsule Survival Tsunami* dengan konsep referensi terjadi pada rangka bagian bawah.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan pada peneliti berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Penambahan penyangga pada bagian area kritis tertentu agar struktur rangka lebih unggul dengan catatan berpengaruh pada massa rangka.
2. Desain rangka dengan menggunakan 2 pintu untuk memudahkan seseorang masuk kedalam *Capsule Survival Tsunami*.

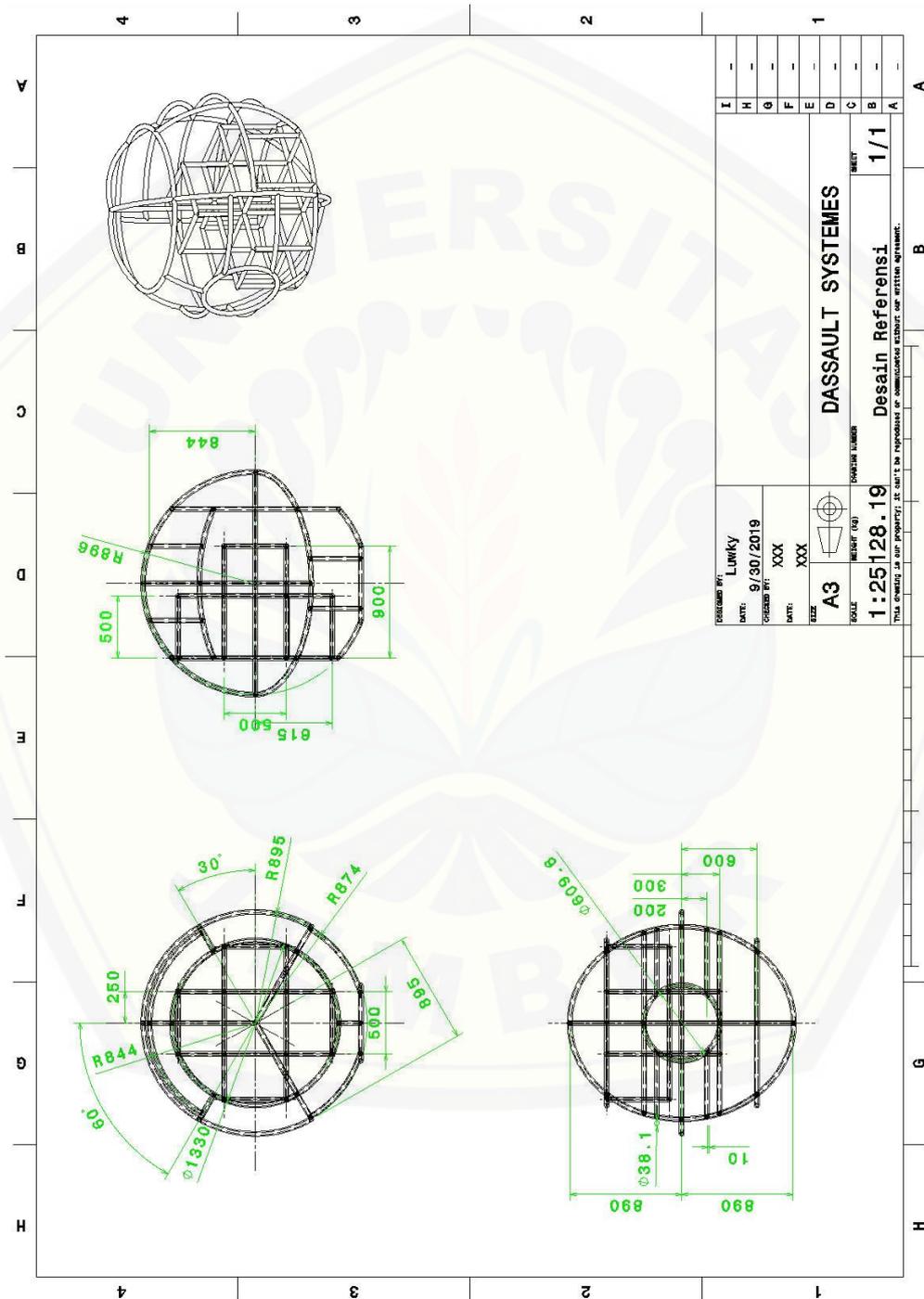
DAFTAR PUSTAKA

- Acklen, Aaron dan Julian Sharpe. 2013. *Tsunami Survival Capsule Design and Development Program Utilizing MSC Software to Support Analytical Correlation against Test Results*. USA.
- Arif, Z. 2014. *Mekanika Kekuatan Material*. Jilid Pertama. Langsa: Universitas Samudra.
- Azom. 2012. Aluminium 6061 Alloy(UNSA96061).
- BMKG. 2012. Gempabumi & Tsunami 26 Desember 2004.
- BMKG. 2018. Gempabumi Tektonik M=7.7 Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah pada hari Jumat, 28 September 2018, Berpotensi Tsunami. Jakarta.
- Callister, W.D. 2007. *Materials Science and Engineering*. Seventh Edition. America: John Wiley&Sons, Inc.
- Covill, Derek. 2014. *Parametric finite element analysis of bicycle frame geometries*. University of Brighton. Inggris.
- Erinofiardi., Suryono, A.F, dan Abdillah, A. 2014. Desain tegangan pada jalur pemipaan gas dengan pendekatan perangkat lunak. *Jurnal Ilmiah Bidang Sains-Teknologi Murni Disiplin dan Antar Disiplin*. 1(14): 1-7.
- FEMA. 2012. *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis:Second Edition*. Washington, D.C.
- Gaoci, Wang. 2013. *Escape Capsule for Marine Casualty*. China.
- Gere, J.M. 2004. *Mechanics of Materials*. Sixth Edition. America: Thomson Learning.
- Guohai, Mei. 2015. *Marine Survival Capsule*. China.
- Hastomo, B. 2009. Analisis Pengaruh Sifat Mekanik Material Terhadap Distribusi Tegangan Pada Proses Deep Drawing Produk End Cup Hub Body Maker dengan Menggunakan Software Abaqus 6.5-1. *Tugas Akhir*. Surakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hill, Scott Patrick dan Julian Sharpe. 2014. *PROTECTIVE SHELTER*. Mexico:United States Patent.

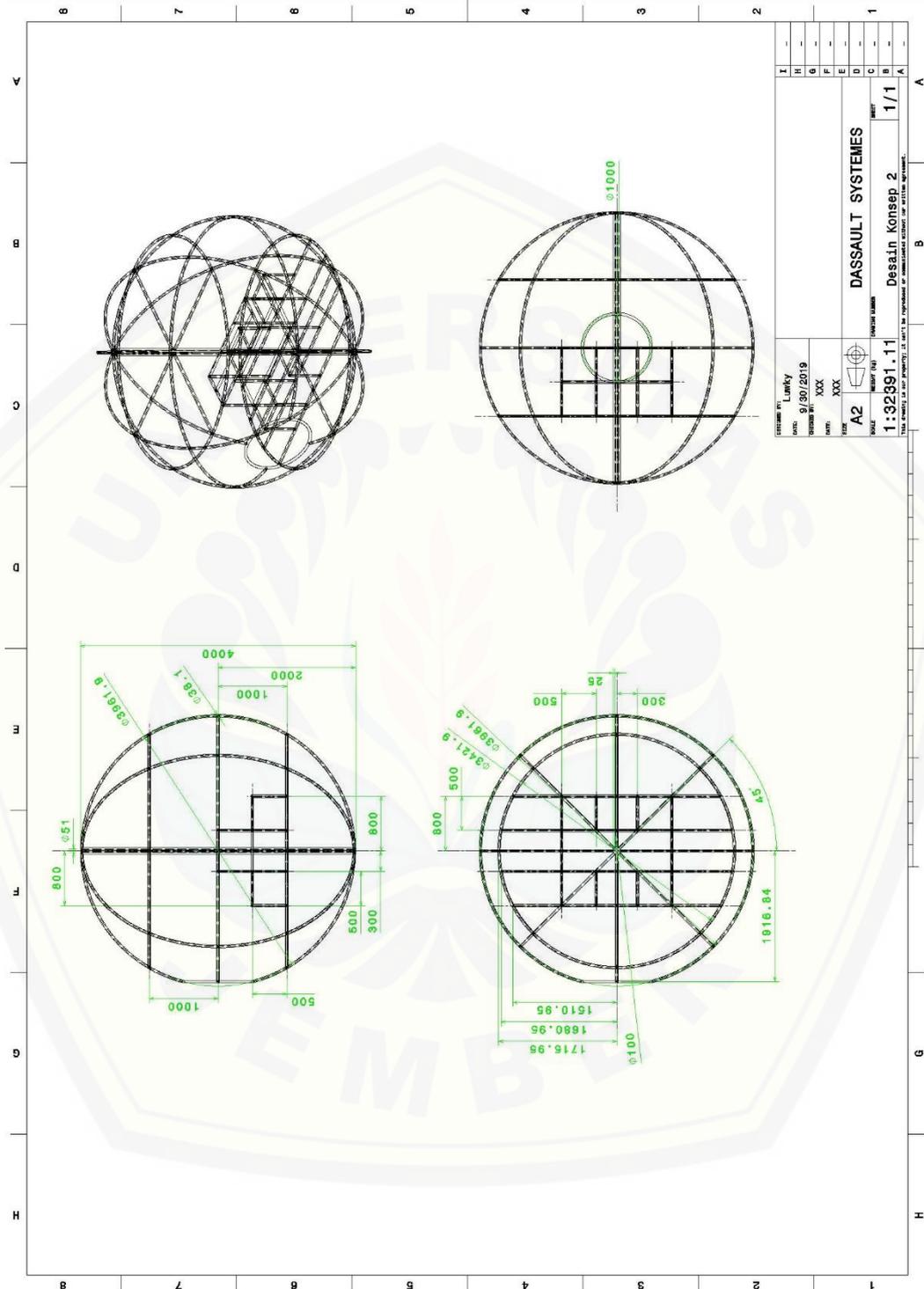
- Huadong, Wang. 2014. *Portable Marine Disaster Overboard Rescue Capsule*. China.
- Jatisukamto, Gaguk. 2007. *Statika Struktur*. Jember: DIPA Universitas Jember.
- Martini, D, dan Oktova, R. 2009. Penentuan modulus young kawat besi dengan percobaan regangan. *Berkala Fisika Indonesia*. 2(1).
- Oscar, M. dan Palemón Camu. 1978. *Marine Rescue Capsule*. Mexico:United States Patent.
- Popov, E.P. 1984. *Mechanics of Materials*. Second Edition. California: University of California, Berkeley. Terjemahan oleh Tanisan, Z.A. *Mekanika Teknik*. Cetakan Pertama. Jakarta: Erlangga.
- Prasanna, Y.Lakshmi. 2015. *Ship Hull Structure Analysis in ANSYS*. India.
- SAE. 1991. GENERAL DATA ON WROUGHT ALUMINUM ALLOYS. Society of Automotive Engineers : An American National Standard. USA.
- Shen, Wei. 2017. *Ultimate strength analysis of composite typical joints for ship structures*. China.
- Smith, J.Travis. 2014. *The Survival Capsule and the Future of Tsunami Safety*. U.S.
- Song, Ha Cheol. 2010. *Structural design optimization of racing motor boat based on nonlinear finite element analysis*. Korea.
- SYSTEMES, DASSAULT. 2008. CATIA V5 Fundamentals.
- Szondy, David. 2014. *Gizmag checks out Survival Capsules'tsunami survival pods*. Japan.
- Woodcock, Jerry.A dan Wheat Ridge. 2008. *STRUCTURAL MEMBER FOR BUILDINGS AND METHODS OF USE*. Mexico:United States Patent.
- Xiangrui, Kong. 2015. *Marine Pressure Balance Survival Capsule*. China.
- Xinhua, Zhao. 2018.*Marine Rescue Capsule*. China.
- Yunus, A.D. 2010. *Diktat Mekanika Kekuatan Material*. Jakarta: Universitas Darma Persada.
- Zainuri, A.M. 2008. *Kekuatan Bahan*. Edisi Pertama. Malang: C.V ANDI OFFSET

LAMPIRAN

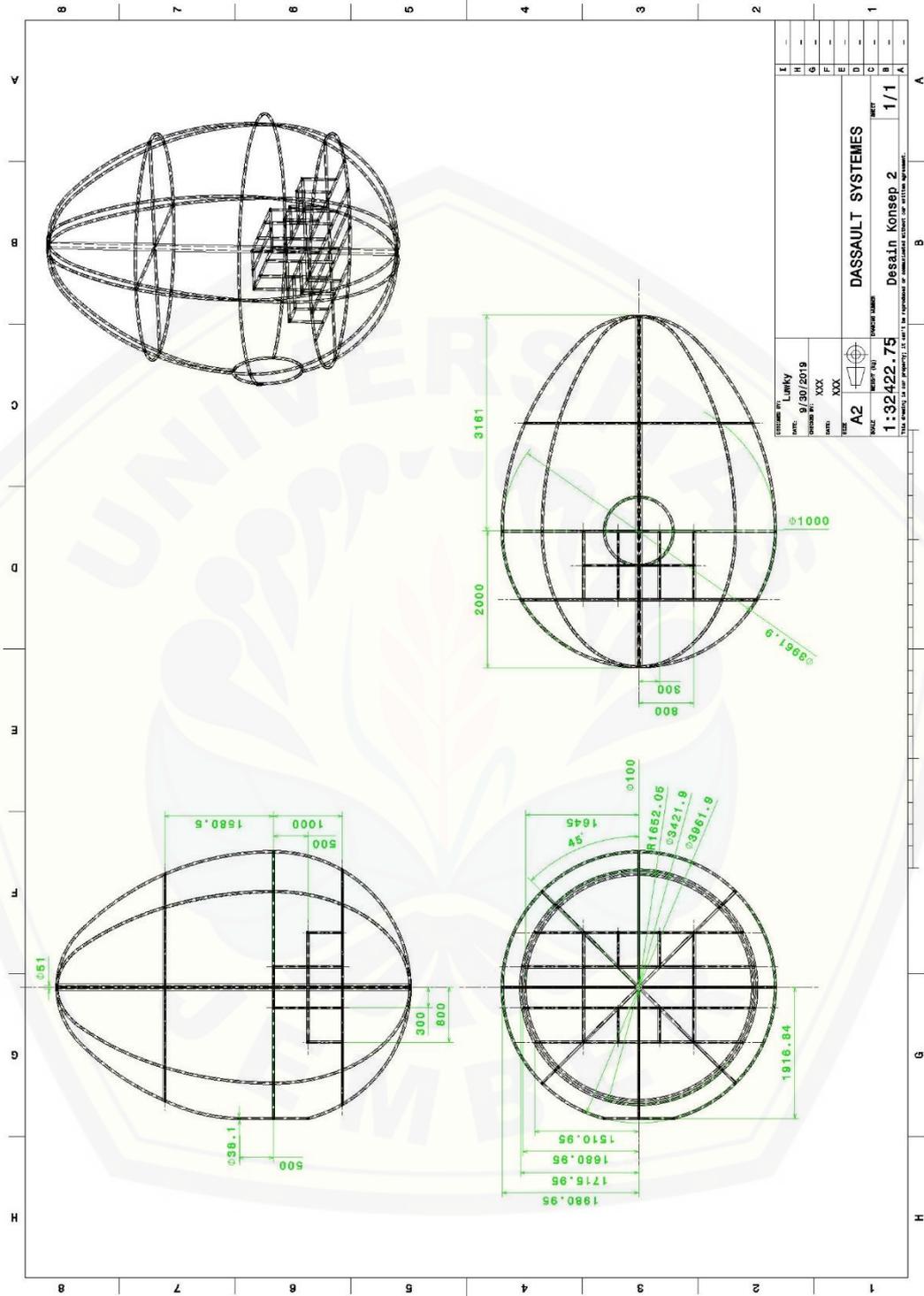
Lampiran 6.1 Geometri Desain Rangka Referensis



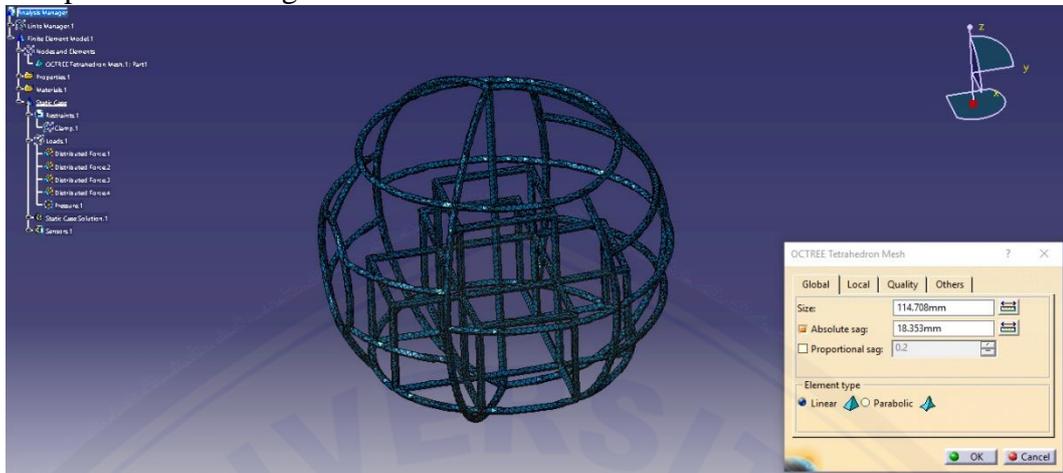
Lampiran 6.2 Geometri Desain Rangka Konsep 1



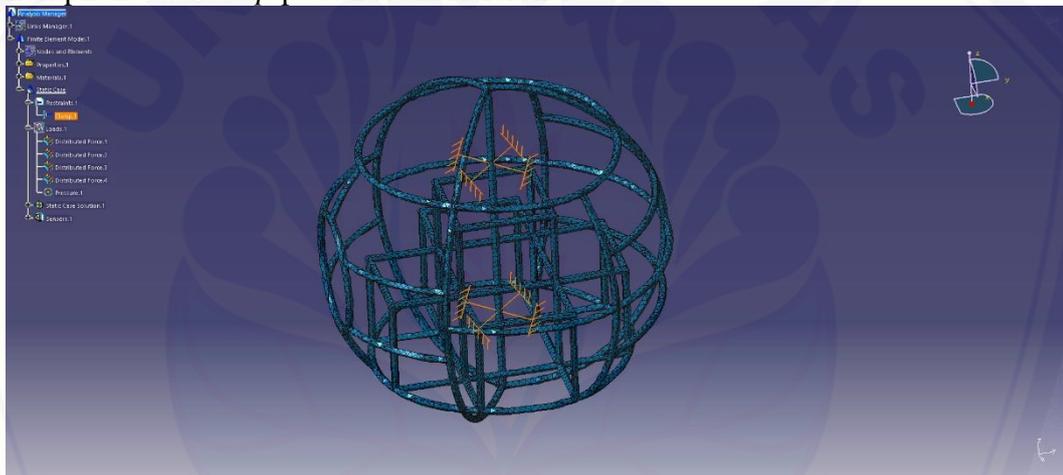
Lampiran 6.3 Geometri Desain Rangka Konsep 2



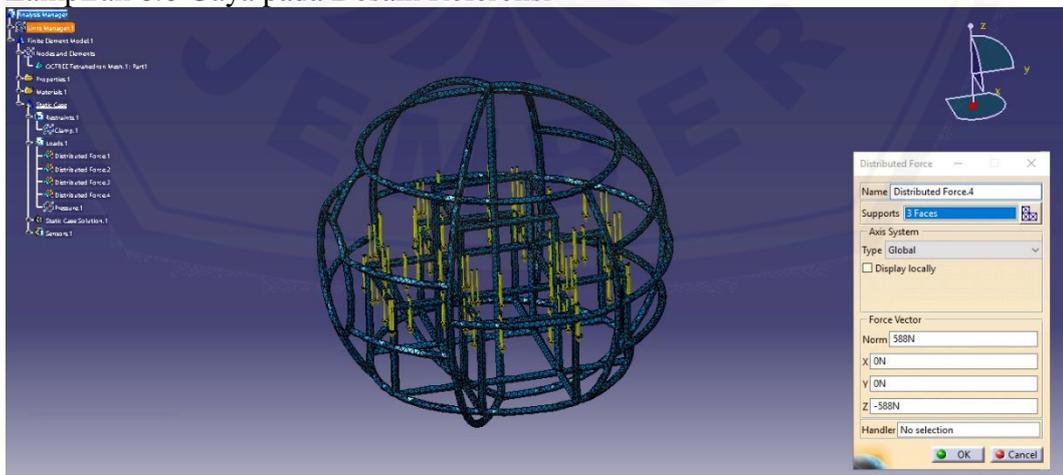
Lampiran 6.4 Meshing Desain Referensi



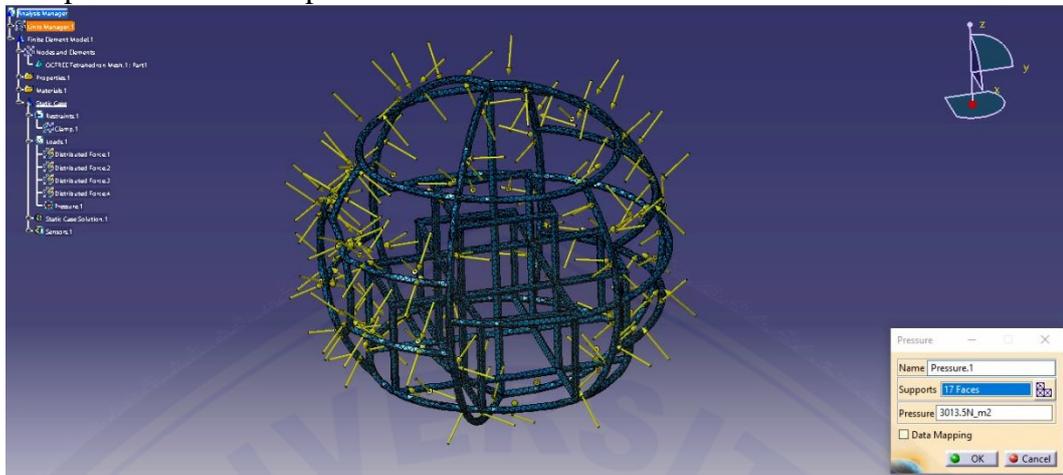
Lampiran 6.5 Clamp pada Desain Referensi



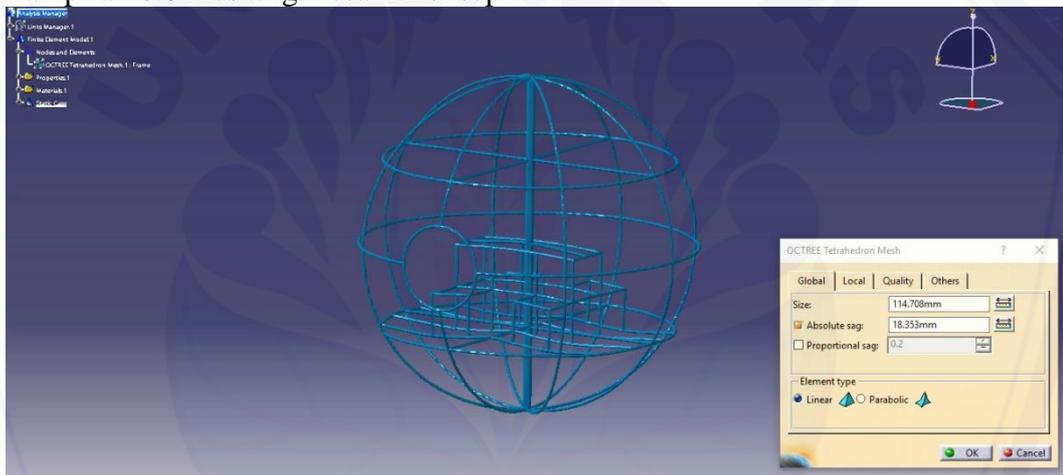
Lampiran 6.6 Gaya pada Desain Referensi



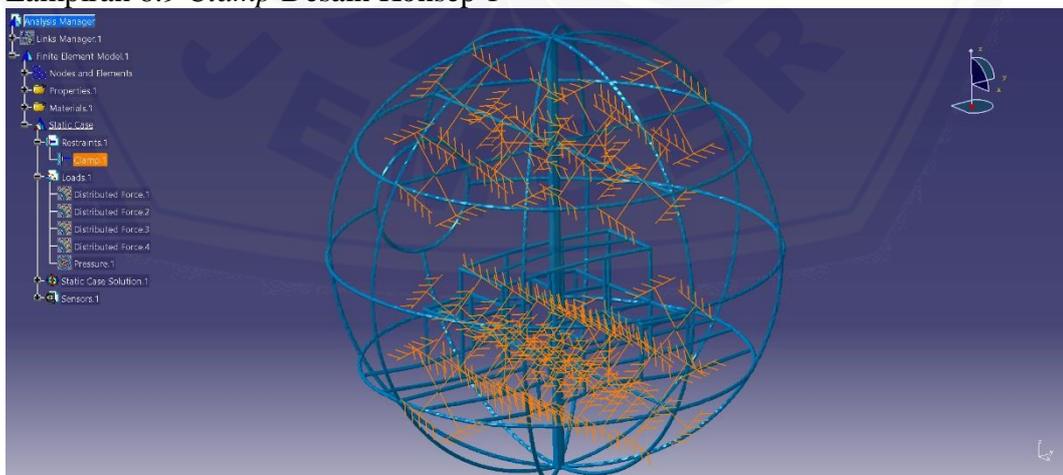
Lampiran 6.7 Tekanan pada Desain Referensi



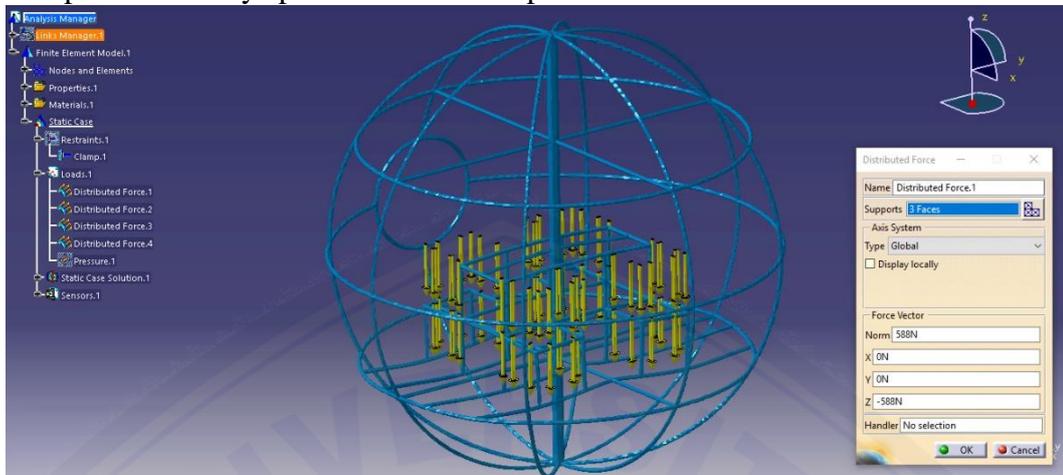
Lampiran 6.8 Meshing Desain Konsep 1



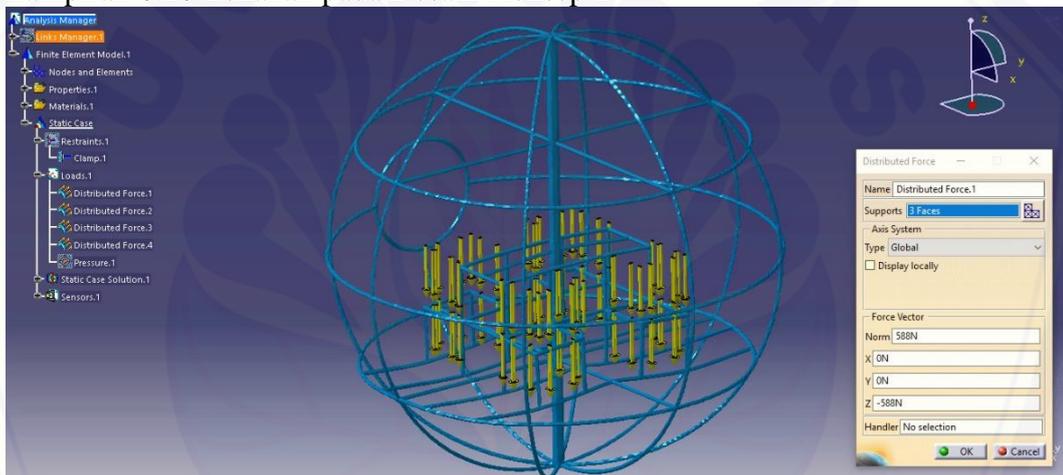
Lampiran 6.9 Clamp Desain Konsep 1



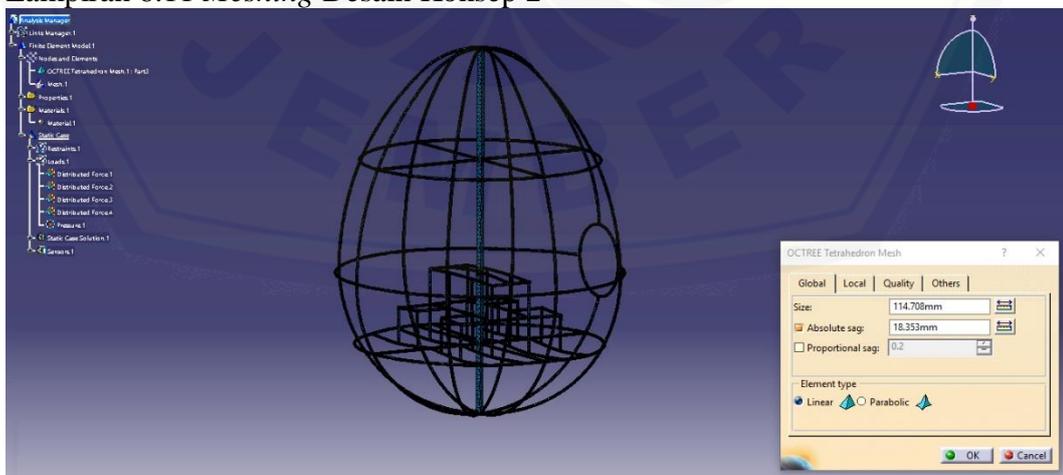
Lampiran 6.10 Gaya pada Desain Konsep 1



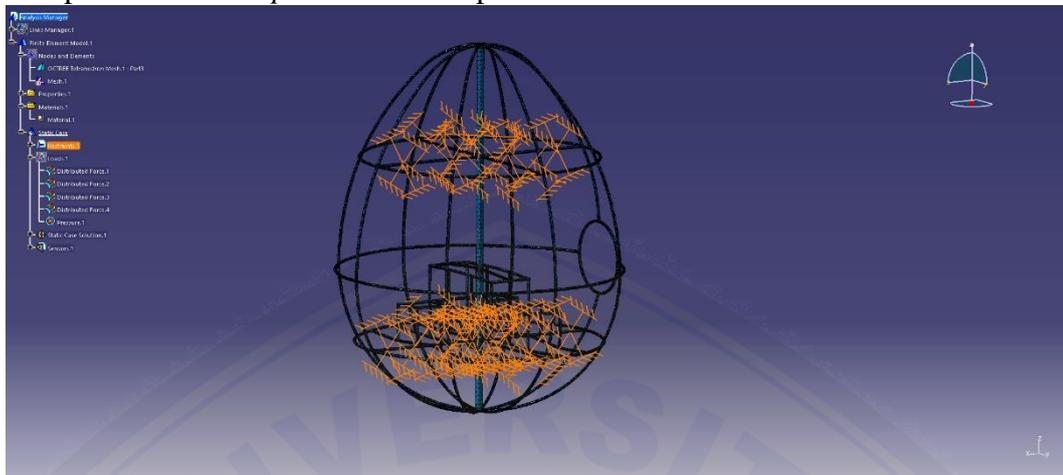
Lampiran 6.10 Tekanan pada Desain Konsep 1



Lampiran 6.11 Meshing Desain Konsep 2



Lampiran 6.12 *Clamp* Desain Konsep 2



Lampiran 6.13 Gaya pada Desain Konsep 2



Lampiran 6.14 Gaya pada Desain Konsep 2

