



TUGAS AKHIR - TM 145502

**ANALISA STRUKTUR DESAIN AUV MILITUS
(AUTONOMUS UNDERWATER VEHICLE-MULTI-
PURPOSED INTELLEAGENT TANDEM UNMANNED
SYSTEM)**

**ABDUL SAYYID AZZINDANI
NRP 2114 030 081**

Dosen Pembimbing
Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



**TUGAS AKHIR
TM 145502**

**ANALISA STRUKTUR DESAIN AUV MILITUS
(AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE-MULTI-
PURPOSED-INTELLEGENT TANDEM UNMANNED
SYSTEM)**

**ABDUL SAYYID AZZINDANI
NRP. 2114 030 081**

Dosen Pembimbing
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.
NIP. 1975112020 0212 1 002

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT
TM 145502

**STRUCTURE ANALYSIS DESIGN OF AUV MILITUS
(AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE-MULTI-
PURPOSED-INTELLEAGENT TANDEM UNMANNED
SYSTEM)**

ABDUL SAYYID AZZINDANI
NRP. 2114 030 081

Counselor Lecturer
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.
NIP. 1975112020 0212 1 002

INDUSTRY MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Vocations
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

**ANALISA STRUKTUR DESAIN AUV MILITUS
(AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE-MULTI-
PURPOSED-INTELLEAGENT TANDEM UNMANNED
SYSTEM)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya**

Pada

Bidang Studi Manufaktur

Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh :

ABDUL SAYYID AZZINDANI

NRP. 2114 030 081

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing, Ph.D

NIP. 197511202002121002

SURABAYA, JANUARI 2018

ANALISA STRUKTUR DESAIN AUV MILITUS (AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE-MULTI- PURPOSED-INTELLEAGENT TANDEM UNMANNED SYSTEM)

Nama Mahasiswa : Abdul Sayyid Azzindani
NRP : 2114 030 081
Departemen : Teknik Mesin Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing.,
Ph.D

Abstrak

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) adalah wahana tanpa awak bawah laut (Hendro Nurhadi). AUV juga dikenal juga sebagai robot kabel tanpa awak yang dilengkapi dengan sensor dengan tujuan tertentu. Dalam aplikasinya AUV memberikan kontribusi berupa membantu manusia dalam upaya pemberdayaan dan eksplorasi perairan di Indonesia, pemeriksaan pipa bawah laut dalam industri minyak dan gas, pemetaan daerah bawah laut, hingga keperluan militer. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbandingan kontur tekanan, koefisien drag (Cd), koefisien lift (Cl), serta tegangan, perubahan bentuk dan regangan yang terjadi secara 3 dimensi dari AUV Militus.

Hasil simulasi aliran didapatkan nilai koefisien drag (Cd) AUV Militus desain 1 senilai 0.281404 serta koefisien lift (Cl) senilai 0.000407. Dan nilai (Cd) AUV Militus desain 2 senilai 0.092323 serta koefisien lift (Cl) senilai 0.00062. Didasarkan pada hasil *flow simulation* diputuskan untuk menggunakan desain 2 untuk simulasi selanjutnya didasarkan pada nilai CD yang didapatkan. Hasil analisa menggunakan simulasi struktur didapatkan nilai tegangan maksimal yang terjadi pada bodi AUV Militus senilai $1.317e^{+008}$ N/m², dan perubahan bentuk maksimal yang terjadi sebesar 0.7499 mm, dan regangan maksimal yang terjadi sebesar $4.992e^{-004}$.

Kata kunci : kontur, tekanan, drag coefficient (CD), lift coefficient (Cl), tegangan, perubahan bentuk, regangan.

STRUCTURE ANALYSIS DESIGN OF AUV MILITUS (AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE-MULTI- PURPOSED-INTELLEAGENT TANDEM UNMANNED SYSTEM)

Student : Abdul Sayyid Azzindani
NRP : 2114 030 081
Departement : Teknik Mesin Industri FV-ITS
Academic Advisor : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing.,
Ph.D

Abstract

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) is an underwater crew (Hendro Nurhadi). AUV is also known as an unmanned robot cable equipped with sensors with a specific purpose. In its application AUV contributes in the form of helping people in empowerment and exploration of waters in Indonesia, inspection of underwater pipelines in the oil and gas industry, mapping underwater areas, to military purposes. The purpose of this final project is to know ratio the pressure contour, drag coefficient (Cd), lift coefficient (Cl), and stress, displacement and 3 dimensionaonal strain from AUV Militus.

The result of flow simulation got the value of drag coefficient (Cd) AUV Militus design 1 equal to 0.281404 and lift coefficient (Cl) worth 0.000407. And the value (Cd) AUV Militus design 2 worth 0.092323 and lift coefficient (Cl) worth 0.00062. Based on the flow simulation it was decided to use the design 2 for the next simulation based on the value of the CD obtained. The result of the analysis using the structure simulation obtained the maximum voltage value that occurred on the Militus AUV body valued at $1.317e + 008 \text{ N/m}^2$, and the maximum shape change that occurred 0.7499 mm , and a maximum strain of $4,992e^{-004}$.

Keyword : *contour, pressure, drag coefficient (CD), lift coefficient (Cl), stress, displacement, strain.*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dengan segala keterbatasannya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. **Bapak Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.** selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan terkait dengan tugas akhir.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS.
3. **Bapak Ir. Suhariyanto, MSc.** selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS.
4. **Para Dosen Penguji** selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
5. **Ibu dan Ayah** yang selalu memberikan do'a dan memotivasi saya. Tanpa do'a dan motivasi beliau, penulis tidak bisa menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
6. **Seluruh Dosen dan Karyawan** yang telah banyak membimbing penulis dalam menggali ilmu di Departemen Teknik Mesin Industri ITS.
7. **Seluruh teman** yang selalu memberikan support penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang belum disebutkan di atas yang telah memberikan do'a, bantuan, dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II	
DASAR TEORI	7
2.1. Fluida	7
2.2. Sifat-sifat Fluida (Cairan)	10
2.3. Teori Aliran Eksternal	14
2.3.1 Terbentuknya Boundary Layer.	14
2.4. Autonomous Underwater Vehicle (AUV)	16
2.5 Metode-Metode Numerik Dalam CFD.....	17
2.5.1. Metode Elemen Hingga.	17
2.5.2. Metode Volume Hingga.....	17
2.6 Boundary Condition	18
2.7 Gaya Aerodinamika.....	21
2.7.1 Gaya Drag.....	22
2.7.2 Gaya Lift.....	22
2.8 Dinamika Aliran Fluida secara Komputasi (Computational Fluid Dynamics).	23
2.8.1 Fluent.	24
2.9 Meshing	25
2.10 Teori Kekuatan Material.....	25

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Diagram Alir Penelitian	27
3.1.1 Studi Literatur	28
3.1.2 Perumusan Masalah	28
3.1.3 Pembuatan Model dengan Solidwork	28
3.1.4 Simulasi Menggunakan <i>Flow Simulation</i>	28
3.1.5 Analisa perbandingan Hasil <i>Flow Simulation</i>	28
3.1.6 Simulasi Menggunakan <i>Static Simulation</i>	29
3.1.7 Analisa Hasil <i>Static Simulation</i>	29
3.1.8 Pembuatan Laporan	29
3.2. Diagram Alir Flow Simulation	30
3.2.1. Pembuatan Geometri AUV Militus	31
3.2.2. Pemodelan Dengan Software Solidwork	32
3.2.3. Pembuatan Kondisi Batas	33
3.2.4. Penentuan batas operasi pada Flow Simulation. .	34
3.2.5. Meshing.	34
3.2.6. Parameter Pemodelan.	35
3.2.7. Processing atau Solving.	37
3.2.8. Postprocessing.	37
3.3. Diagram Alir Simulasi statis	38
3.3.3. Memasukkan Spesifikasi Material.	39
3.3.4. Menentukan Fix Support.	39
3.3.5. Menentukan Jenis Pembebanan Statis.	40
3.3.6. Meshing.	41
3.3.7. Running.	42
3.3.8. <i>Postprocessing</i>	42
3.4 Analisa Struktur <i>Join</i> AUV Militus.	43
3.4.1 Pembauatan Model <i>Join</i> Dengan <i>Solidwork</i>	43
3.4.2 Export ke <i>Static Simulation</i>	43
3.4.3 Memasukkan Spesifikasi Material.	44
3.4.4 Menentukan <i>Fix Support</i>	44
3.4.5 Menentukan Pembebanan Statis.	44
3.4.6 Meshing.	45
3.4.7 Running.	46
3.4.8 <i>Covergensi</i> Tercapai.	46

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Drag dan Lift Coefficient.....	47
4.1.1 Desain Bodi AUV Militus.....	47
4.1.2 <i>Iteration and Running Time</i>	48
4.1.3 Analisa Gaya Hindrodinamika.....	49
4.1.4.3 Analisa Perbandingan Perhitungan CD CL Pada Desain 1 dan Desain 2	50
4.2 Analisa <i>Postprocessing Flow Simulation</i>	51
4.2.1 Kontur Tekanan Pada AUV Militus (Desain1)...	51
4.2.2 Velocity Vector Pada AUV Militus (Desain1) ...	53
4.2.3 Kontur Tekanan Pada AUV Militus (Desain2)...	54
4.2.4 Velocity Vector Pada AUV Militus (Desain2) ...	55
4.3 Analisa Kekuatan Struktur	57
4.3.1 Analisa Struktur Pada Body AUV Militus Dengan Material ASTM A36 Steel.....	57
4.3.1.1 Pemberian <i>Fixed Support</i>	58
4.3.1.2 Pembebanan Statis pada AUV Militus	59
4.3.1.4 Hasil Simulasi struktur Hull AUV Militus.....	60
4.3.1.5 Hasil Simulasi struktur Bridge AUV Militus.....	62
4.4 Analisa Kekuatan Struktur JoinAUV Militus.....	64
4.4.1 Analisa Struktur Pada Body AUV Militus Dengan Material ASTM A36 Steel.....	64
4.4.1.1 Pemberian Fix Support.	64
4.4.1.2 Pembebanan Statis Join AUV Militus. ...	65
4.4.1.4 Hasil Simulasi Struktur Pada Join AUV Militus.....	65

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.a	Penyelaman secara langsung.	2
Gambar 1.1.b	Penyelaman menggunakan AUV.....	2
Gambar 2.1.	Perbedaan sifat benda solid dengan fluida karena gaya geser.....	8
Gambar 2.2.	<i>Boundary layer</i> pada pelat datar	16
Gambar 2.3.	<i>Autonomous Underwater Vehicle</i>	17
Gambar 2.4	Distribusi tekanan penyebab gaya	23
Gambar 3.1	Diagram Alir Simulasi AUV Militus.....	27
Gambar 3.2	Diagram Alir <i>Flow Simulation</i>	30
Gambar 3.3.	AUV Militus 2D (Desain 1).....	31
Gambar 3.4.	AUV Militus 2D (Desain 2).....	31
Gambar 3.5.	AUV Militus 3D (Desain 1).....	32
Gambar 3.6.	AUV Militus 3D (Desain 2).....	32
Gambar 3.7.	Penentuan Kondisi Batas (Desain 1).....	33
Gambar 3.8.	Penentuan Kondisi Batas (Desain 2)	33
Gambar 3.9.	Hasil Meshing 3D (Desain 1)	34
Gambar 3.10.	Hasil Meshing 3D (Desain 2)	35
Gambar 3.11.	Diagram Alir <i>Static Simulation</i>	38
Gambar 3.12.	Fix Support <i>bridge</i> AUV Militus.....	39
Gambar 3.13.	Fix Support <i>Hull</i> AUV Militus	39
Gambar 3.14.	Load <i>bridge</i> AUV Militus.....	40
Gambar 3.15.	Load <i>Hull</i> AUV Militus.....	40
Gambar 3.16.	Meshing pada <i>bridge</i> AUV Militus	41
Gambar 3.17.	Meshing pada <i>Hull</i> AUV Militus.....	41
Gambar 3.18	Pemodelan 3D dengan Solidwork.....	43
Gambar 3.19	<i>Export</i> dari <i>Solidwork</i>	43
Gambar 3.20	Penentuan <i>Fix Support Join</i>	44
Gambar 3.21	Pemberian <i>Load</i> Pada <i>Join</i>	44
Gambar 3.22	<i>Meshing Join</i> AUV Militus.....	45
Gambar 4.1.	<i>Isometric</i> AUV Militus (Desain 1)	47
Gambar 4.2.	<i>Isometric</i> AUV Militus (Desain 2)	48
Gambar 4.3.	Proses Iterasi pada AUV Militus (Desain 1). 48	
Gambar 4.4.	Proses Iterasi pada AUV Militus (Desain 2). 49	
Gambar 4.5.	Hasil <i>running</i> perhitungan (Desain 1).....	49

Gambar 4.6.	Hasil <i>running</i> perhitungan (Desain 2).....	50
Gambar 4.7.	Kontur tekanan tampak depan	51
Gambar 4.8.	Kontur tekanan tampak samping	51
Gambar 4.9.	Kontur tekanan tampak atas.....	52
Gambar 4.10.	<i>Velocity vector</i> tampak samping	53
Gambar 4.11.	<i>Velocity vector</i> tampak atas	53
Gambar 4.12.	Kontur tekanan tampak depan	54
Gambar 4.13.	Kontur tekanan tampak samping	54
Gambar 4.14.	Kontur tekanan tampak atas.....	54
Gambar 4.15.	<i>Velocity vector</i> tampak samping.....	55
Gambar 4.16.	<i>Velocity vector</i> tampak atas	56
Gambar 4.17.	<i>Fix support</i> pada <i>Bridge</i> AUV Militus	58
Gambar 4.18.	<i>Fix support</i> pada <i>Hull</i> AUV Militus	58
Gambar 4.19.	Pemberian gaya pada <i>Bridge</i> AUV Militus	59
Gambar 4.20.	Pemberian gaya pada <i>Hull</i> AUV Militus....	59
Gambar 4.21.	Tegangan yang terjadi pada <i>Hull</i> <i>AUV Militus</i>	60
Gambar 4.22.	<i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>Hull</i> <i>AUV Militus</i>	60
Gambar 4.23.	Regangan yang terjadi pada <i>Hull</i> <i>AUV Militus</i>	61
Gambar 4.24.	Tegangan yang terjadi pada <i>Bridge</i> <i>AUV Militus</i>	62
Gambar 4.25.	<i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>Hull</i> <i>AUV Militus</i>	62
Gambar 4.26.	Regangan yang terjadi pada <i>Hull</i> <i>AUV Militus</i>	63
Gambar 4.27	<i>Fix Support Join</i> AUV Militus.	64
Gambar 4.28	Pemberian Gaya Pada <i>Join</i> AUV Militus. ..	65
Gambar 4.29	Tegangan yang terjadi pada <i>Joinl</i> <i>AUV Militus</i>	65
Gambar 4.31	<i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>Join</i> <i>AUV Militus</i>	66
Gambar 4.32	Regangan yang terjadi pada <i>Join</i> <i>AUV Militus</i>	67

DAFTAR TABEL

Gambar 3.1	<i>List Berat Hull dan Aksesoris.....</i>	46
Gambar 4.1	Perbandingan Hasil Perhitungan CD CL Pada Desain 1 dan Desain 2.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negeri dengan wilayah perairan yang luas. Di dalamnya terkandung potensi alam yang melimpah seperti garam, terumbu karang, minyak bumi, serta ribuan spesies ikan dengan berbagai macam bentuk dan warnanya. Namun, kurangnya perhatian pemerintah membuat potensi perairan menjadi sirna, bahkan menjadi milik negara lain. Minyak jutaan liter di bawah laut mampu ditemukan oleh perusahaan asing dengan perangkat eksplorasi canggih, sehingga menjadi hak miliknya. Ribuan spesies hayati laut masih menjadi misteri kekayaan laut Indonesia sedang menunggu untuk diteliti dan dimanfaatkan demi kesejahteraan masyarakat. Sudah menjadi kewajiban bagi setiap warga negara Indonesia untuk berusaha memanfaatkan kekayaan laut Indonesia dengan segala daya dan upaya.

Untuk menjawab tantangan alam dalam pengoptimalkan potensi laut, para peneliti mengembangkan *Remote Operated Vehicle* (ROV) dan *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) sebagai alat untuk mengeksplorasi benda-benda di laut. AUV adalah kendaraan bawah air yang mampu bergerak didalam air secara otomatis tanpa adanya kontrol langsung dari manusia. ROV adalah kendaraan bawah air yang gerakannya dikendalikan secara langsung oleh manusia melalui remote control dari atas permukaan air. Untuk eksplorasi bawah laut dengan kedalaman hingga 300 m diperlukan pemantauan kondisi bawah laut secara teliti, tepat, akurat dan mampu bergerak secara otomatis tanpa kendali manusia. Oleh karena itu penelitian kali ini akan menggunakan AUV sebagai sarana untuk eksplorasi bawah laut.

Hal ini disebabkan AUV mampu bergerak otomatis serta tidak menggunakan remote dan kabel dalam pengoperasiannya.



Gambar 1.1 (a)

Penyelaman secara langsung



Gambar 1.1 (b)

Penyelaman menggunakan AUV

Gambar 1.1.(a) memperlihatkan pengamatan kondisi bawah laut yang dilakukan oleh manusia dengan cara menyelam secara langsung ke dalam laut. Cara ini mengandalkan keahlian penyelam dalam mengambil gambar/video beserta keadaan bawah air lainnya. Jika keahlian dan kondisi fisik penyelam kurang optimal, maka keselamatan jiwa penyelam akan terancam dan hasil pengamatan bawah laut pun akan tidak sesuai harapan. Pada gambar 1.1.(b) pengamatan bawah laut dilakukan oleh robot bawah air (AUV) yang secara otomatis mampu mengambil gambar/ video. Cara ini tidak membahayakan jiwa manusia, tetap diperlukan robot AUV dengan teknologi terbaru serta canggih.

Pada tugas akhir kali ini dilakukan pembuatan desain yang baru didasarkan pada desain yang sudah ada sebelumnya yang sudah dibahas pada tugas akhir Ahadiyat ,2016 dengan nilai CD 0.2245 dan nilai CL 0.2021 dari desain AUV Militus. Dari analisa tersebut dirasa nilai CD yang masih cukup besar , oleh karena itu dilakukan desain ulang dengan membuat 2 buah desain AUV Militus yang baru dan dilakukan modifikasi pada bagian *bridge* dan bagian *fin* AUV Militus. Dari 2 desain tersebut kemudian didapatkan nilai CD dan CL yang akan dibandingkan dan dipakai untuk analisa struktur pada desain yang mempunyai nilai CD yang lebih kecil.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa perbandingan nilai CD CL pada desain 1 dan desain 2 AUV Militus?
2. Berapa nilai tegangan, *displacment*, dan regangan yang terjadi pada bodi AUV Militus dengan mengintegrasikan data aliran fluida?
3. Berapa nilai tegangan, *displacment*, dan regangan yang terjadi pada *join* AUV Militus?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui perbandingan nilai CD CL pada desain 1 dan desain 2 AUV Militus.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan, *displacement*, dan regangan bodi AUV Militus yang terjadi berdasarkan data aliran fluida untuk menganalisa kekuatan struktur.
3. Untuk mengetahui nilai tegangan, *displacment*, dan regangan yang terjadi pada *join* AUV Militus.

1.4 Manfaat

Dalam penelitian ini diharapkan profil geometri dapat meminimalisir gaya drag yang terjadi pada bodi AUV Militus.

1.5 Batasan Masalah

Aspek yang menjadi batasan dalam penyelesaian *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) ini antara lain :

1. keadaan lingkungan (*environmental assumption*) hanya air laut.
2. AUV Militus Beroperasi pada kedalaman 10 meter.
3. Tidak ada analisa fenomena belakang *body* (Turbulensi, laminasi, vorteks).
4. AUV hanya bergerak ke arah horizontal (*surge*).
5. Tidak ada analisa variasi perubahan sudut pada AUV.

1.6 Metodologi Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini mengacu pada metode eksperimental dengan prosedur sebagai berikut:

- Studi literatur
Untuk mendapatkan dasar teori yang mengacu pada tema dari tugas akhir ini. Diperoleh dengan mencari referensi pada buku, makalah, jurnal, internet dan buku tugas akhir yang berhubungan dengan AUV
- Pemilihan alat dan bahan
 - *Personal Computer* . Core i7 RAM 8 GB
 - Solid Work 2016
- Pengambilan data
Pengambilan data meliputi pengambilan dimensi dari AUV Militus.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang persamaan - persamaan yang mendasari perumusan masalah, teori *external flow*, gaya hambat, gaya angkat, pengaruh bentuk bodi, Dimanika alian secara CFD.

BAB III : METODOLOGI

Menjelaskan proses, penetapan variable, serta pembuatan desain yang akan digunakan dalam tugas akhir.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Berisi tentang hasil pengujian dari penelitian kemudian dilakukan analisa serta dilakukan pembahasan guna mendapat hasil dari penelitian yang sudah ada

BAB V : KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran guna menunjang atau membantu peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

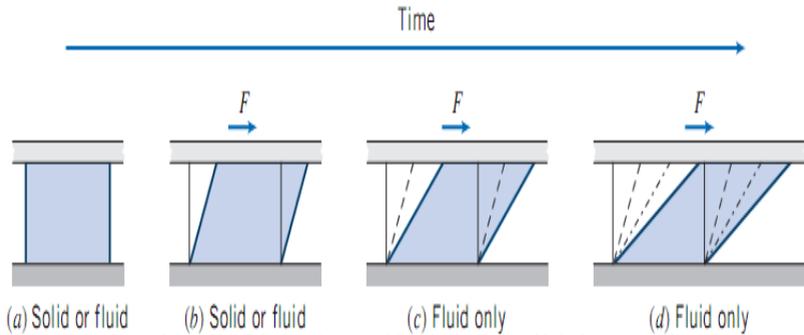
2.1 Fluida

Mekanika Fluida adalah cabang ilmu yang mempelajari mengenai zat fluida bergerak atau diam serta gaya akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Sedangkan fluida sendiri merupakan zat yang akan mengalami deformasi secara terus menerus jika diberikan tegangan geser (tangensial) tidak peduli seberapa kecil tegangan geser tersebut. Batas tersebut dapat berupa permukaan padat atau fluida lainnya.

Pembahasan tentang fluida yang bergerak yaitu dengan mengembangkan persamaan-persamaan dasar untuk pengetrapan teori analisis berdasarkan volume atur. Analisis didasarkan pada volume atur, karena: Pertama, fluida sebagai media dapat mengalami distorsi dan deformasi secara terus menerus dan oleh karenanya sangat sulit sekali untuk mengidentifikasi suatu massa yang sama di setiap saat. Kedua, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu. Ketiga, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu.

Secara umum terdapat perbedaan antara fluida dengan benda solid, dimana benda solid tidak terjadi deformasi secara kontinyu selama gaya (F) yang dikenakan lebih kecil dibanding batas elastisnya. Sedangkan fluida sendiri akan mengalami deformasi secara terus menerus jika di berikan tegangan geser (tangensial) seiring berjalannya waktu, seberapa kecil tegangan geser tersebut tidak akan berpengaruh.

Kondisi di lapangan menyatakan bahwa jika fluida berada dalam keseimbangan, fluida tidak dapat menahan gaya tangensial atau gaya geser. Berikut merupakan visualisasi sifat fluida jika dibandingkan dengan benda solid.



Gambar 2.1 Perbedaan sifat benda solid dengan fluida

karena gaya geser

(Fox And McDonald's, 8th edition)

Fluida memiliki sifat mengikuti perubahan bentuk wadah serta kemampuannya untuk mengalir menuju suatu tempat. Sifat ini dikarenakan salah satu dari sifat ketidakmampuan fluida melawan tegangan geser (shear stress) yang terjadi khususnya dalam kondisi static equilibrium.

Berdasarkan pergerakan partikelnya, aliran fluida dibedakan menjadi aliran laminar dan turbulen. **Aliran laminar** merupakan aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. **Aliran turbulen** adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal itu maka garis alir antar partikel fluidanya akan saling berpotongan. Untuk menentukan aliran fluida tersebut aliran laminar

ataupun aliran turbulen dapat dilihat dari nilai bilangan Reynold –nya, pada externalflow (aliran tersebut melewati suatu contourbody yang berada pada aliran fluida tanpa batas), pada aliran laminar bilangan Reynold –nya $\leq 5 \times 10^5$, dan pada aliran turbulen bilangan Reynold –nya $> 5 \times 10^5$.

Kemudian aliran fluida diklasifikasikan berdasarkan perubahan terhadap waktu yaitu aliran tunak (steady flow) dan aliran tak tunak (unsteady flow). Aliran tunak (steady flow) terjadi jika kondisi fluida pada titik manapun tidak terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu dengan jangka waktu yang tidak terbatas dan dapat dinotasikan dengan $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$, apabila pada kondisi kecepatan aliran berubah terhadap waktu $\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$, maka aliran tersebut digolongkan menjadi aliran tak tunak (unsteady flow).

Cairan adalah suatu zat yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas tergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Pada umumnya wahana ini di dalam air melaju dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran fluida berupa cairan yang mengalir di sekeliling wahana dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible.

Properti lain dari cairan adalah viskositas. Properti ini dikarenakan oleh gesekan molekuler antar partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum, karena adanya gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas yang dimiliki fluida ini dapat menyebabkan terjadinya friction drag sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding.

2.2 Sifat-sifat Fluida (Cairan)

Cairan adalah fluida yang memiliki densitas dan viskositas.

Densitas (ρ) didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Properti ini tergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Kendaraan di jalan pada umumnya berjalan dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran udara yang mengalir di sekeliling kendaraan dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible. Untuk kondisi standar, $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 288 \text{ K}$, harga densitas atau $\rho = 1,2250 \text{ kg/m}^3$.

Properti lainnya dari udara adalah viskositas. Properti ini disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Pada kondisi standar viskositas $\mu = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$ dan $\nu = 1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Viskositas yang dimiliki fluida ini menyebabkan terjadinya friction drag sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding.

2.2.1 Densitas

Densitas (ρ) atau kerapatan suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut yang dinyatakan dalam massa persatuan volume pada atmosfer bumi. Properti ini bergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Densitas dinyatakan dalam tiga bentuk, yaitu:

1) Densitas Massa

Densitas massa merupakan perbandingan jumlah massa dengan jumlah volume. Densitas massa dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Dimana: m = massa (kg)
 V = volume (m³)
 ρ = massa jenis (kg/m³)

Harga standarnya pada tekanan $P = 1,01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ dengan temperatur 288,15 K sehingga densitas udara 1,225 kg/m³ dan untuk air adalah 1000 kg/m³.

2) Berat Spesifik

Didefinisikan sebagai gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2.2)$$

Dimana: γ = berat spesifik (N/m³)

Untuk γ udara = 12,07 N/m³ dan γ air = 9,81 x 10³ N/m³.

3) Densitas Relatif (Specific Gravity)

Densitas relatif disebut juga specific gravity (SG) yaitu perbandingan antara berat spesifik suatu zat dengan berat spesifik air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi yang tepat.

$$SG = \frac{\gamma_{zat}}{\gamma_{air}} \quad (2.3)$$

2.2.2 Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran ketahanan fluida terhadap deformasi, sedangkan viskositas sendiri disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk yaitu:

1) Viskositas Dinamis (μ)

Viskositas dinamis merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya viskositas air bervariasi dan dipengaruhi temperatur. Pada kondisi standar (temperatur kamar $26,5^{\circ}\text{C}$) besar viskositas dinamik adalah $\mu_{\text{air}} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$ dan $\mu_{\text{udara}} = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$

2) Viskositas Kinematik (ν)

Merupakan perbandingan viskositas dinamik (μ) terhadap kerapatan (ρ) :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.4)$$

Viskositas kinematik muncul dalam banyak terapan, misalnya dalam bilangan Reynold yang tanpa dimensi. Untuk viskositas kinematik pada temperatur $26,5^{\circ}\text{C}$ ialah $8,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ dan $\nu_{\text{udara}} = 1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

2.2.3 Bilangan Reynolds

Kondisi aliran laminar atau turbulen dapat dinyatakan dengan bilangan Reynolds untuk aliran incompressible. Jenis lapis batas pada aliran udara yang mengalir suatu obyek juga sangat ditentukan oleh bilangan Reynolds (Re). Hal ini dapat dijelaskan bahwa dalam lapis batas, gaya geser dan gaya inersia sangat penting. Sedangkan bilangan Reynolds sendiri

mengambarkan perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya geser yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu.

$$Re = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{Gaya geser}} \quad (2.5)$$

dimana : Gaya Inersia = $p \times A = \rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot L^2$

Gaya Geser = $\tau \times A = \left(\frac{\mu \cdot U_{\infty}}{L} \right) \cdot L^2$

Sehingga,

- Untuk aliran eksternal

$$Re = \frac{\rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot L^2}{\left(\frac{\mu \cdot U_{\infty}}{L} \right) \cdot L^2} = \frac{\rho \cdot U_{\infty} \cdot L}{\mu} \quad (2.6)$$

dimana : ρ : Densitas fluida

U_{∞} : Kecepatan aliran free stream fluida

L : Panjang karakteristik yang diukur pada medan aliran, dalam kasus ini digunakan diameter hidrolis, yaitu D_h

μ : Viskositas dinamis fluida

- Untuk aliran internal

Diameter hidrolis (D_h) digunakan untuk perhitungan saluran yang tidak berbentuk bundar. Diameter hidrolis dapat didefinisikan sebagai

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{P} \quad (2.7)$$

Dimana : A = Luas penampang

P = keliling penampang

Sehingga,

$$\text{Re}_h = \frac{\rho \cdot U_\infty \cdot D_h}{\mu} \quad (2.8)$$

2.3 Teori Aliran Eksternal

Suatu aliran disebut sebagai aliran eksternal (*external flow*) bila aliran tersebut melewati suatu *contour body* yang berada pada aliran fluida tanpa adanya batas yang mengurung. *Eksternal flow* sendiri adalah aliran fluida yang tidak dibatasi oleh permukaan benda, namun seakan – akan permukaan bendalah yang dibatasi oleh aliran fluida tersebut.

2.3.1 Terbentuknya *Boundary Layer*

Suatu aliran disebut sebagai aliran eksternal (*external flow*) bila aliran tersebut melewati suatu *contourbody* yang berada pada aliran fluida tanpa adanya batas yang mengurung. Sebagai contoh aliran eksternal adalah aliran fluida yang melewati sisi luar dari permukaan lengkung dan pelat datar (*semi-infinite flat plate*).

Boundary layer (lapis batas) merupakan lapisan tipis pada solid surface yang terbatas daerah sangat sempit dekat permukaan kontur dengan kecepatan fluida tidak uniform dikarenakan tegangan geser yang muncul akibat viskositas.

Dari penjelasan di atas, aliran melintasi suatu kontur diklasifikasikan menjadi dua daerah yaitu :

1. Daerah di dalam lapis batas (dekat permukaan kontur) dengan efek viskositas yang sangat berpengaruh (*viscous flow*).
2. Daerah di luar lapis batas dengan efek viskositas diabaikan (*nonviscous flow*).

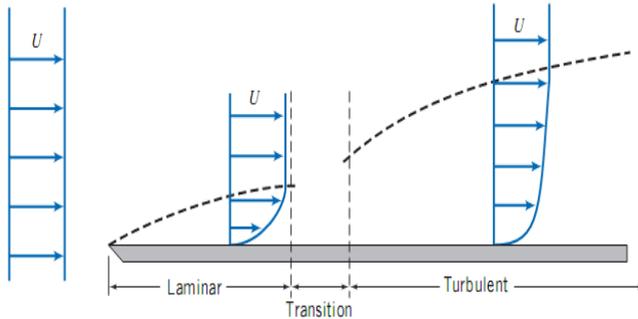
Saat aliran fluida nyata dari *free stream* menuju suatu *contour body*, fluida akan mengalami perubahan kecepatan dari keadaan *uniform* (U_∞) ke kondisi aliran yang mempunyai distribusi kecepatan (*velocity distribution*). Hal ini terjadi karena pengaruh dari viskositas fluida dan *contourbody* yang dilewatinya. Distribusi kecepatan diawali dari suatu titik di permukaan padat, dimana harga kecepatannya nol (*zero velocity*). Kemudian menjadi semakin besar ketika menjauhi permukaan kontur bodi. Pengaruh tegangan geser akan hilang pada posisi tertentu sehingga kecepatan fluida mencapai harga kecepatan fluida *non viscous* ($u = 0,99 U_\infty$). Posisi tersebut merupakan batas daerah *viscous* dengan bagian *non viscous*. Jarak yang terukur dari permukaan padat arah normal hingga pada posisi tersebut disebut dengan tebal lapis batas (*boundary layer thickness*, δ). Dimana tebal lapis batas akan meningkat seiring dengan bertambah jarak lintasan yang dilalui oleh fluida.

Secara umum terjadinya *Boundary Layer* disebabkan oleh fluida yang menabrak suatu kontur permukaan padat, karena melewati kontur itulah terjadi perbedaan C_p di setiap titik yang menimbulkan C_D dan C_L .

Struktur *boundary layer flow* dapat digambarkan dengan mengamati gerakan partikel fluida. Saat mengalir diluar *boundary layer*, partikel mempertahankan bentuk asalnya sambil bergerak translasi namun tidak berotasi dan efek *viscosity* dapat diabaikan. Kondisi dengan *zero vorticity* ini dinamakan *irrotational*.

Gangguan mulai terjadi saat partikel memasuki *boundary layer* karena adanya *velocity gradient* dan efek *viscosity*. Akibatnya, selama bergerak translasi, partikel fluida juga bergerak rotasi. Dengan demikian *vorticity*-nya

tidak sama dengan nol (*non zero vorticity*). Kondisi ini dinamakan *rotational*.



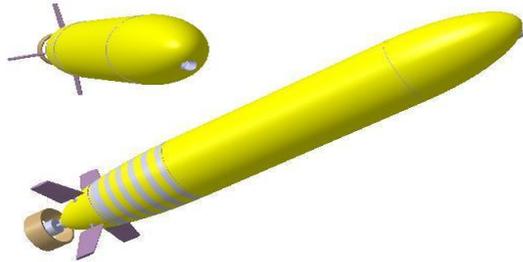
Gambar 2.2 *Boundary layer* pada pelat datar
(Fox dan Mc. Donald, 8th edition)

Gambar 2.2 di atas menunjukkan suatu pengembangan *boundary layer* sepanjang permukaan pelat. Pada daerah ini terjadi dua bentuk aliran. Awalnya aliran adalah *laminar* sepanjang jarak tertentu dari *leading edge*, kemudian terjadi suatu transisi aliran yang akhirnya akan berubah menjadi *turbulen*. Untuk aliran *incompressible* melewati *smooth flate plate*(*zero pressure gradient*), perubahan dari *laminar* ke *turbulen* dapat dipengaruhi oleh *Reynolds Number*

2.4 *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)*

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) adalah wahana tanpa awak bawah laut. AUV juga dikenal juga sebagai robot kabel tanpa awak yang dilengkapi dengan sensor dengan tujuan tertentu. Dalam aplikasinya AUV memeberikan kontribusi berupa membantu manusia dalam upaya pemberdayaan dan eksplorasi perairan di Indonesia,

pemeriksaan pipa bawah laut dalam industri minyak dan gas, pemetaan daerah bawah laut, hingga keperluan militer. Pada umumnya AUV memiliki bentuk seperti torpedo.



Gambar 2.3 AUV (Autonomous Underwater Vehicle)

2.5 Metode-Metode Numerik Dalam CFD

2.5.1 Metode Elemen Hingga (*Finite Elemen Method*)

Metode ini menggunakan fungsi bentuk sederhana (linier atau kuadrat) pada elemen yang menggambarkan variasi aliran. Persamaan pengendali dapat dipenuhi dengan penyelesaian secara eksak. Jika perkiraan persamaan tersebut tidak dipenuhi, sisa (residual) dapat diukur tingkat kesalahannya. Kemudian sisa tersebut diminimumkan dengan cara mengalikannya dengan fungsi berat dan mengintegalkannya. Hasilnya merupakan fungsi aljabar untuk koefisien yang tidak diketahui dari fungsi perkiraan.

2.5.2 Metode Volume Hingga (*Finite Volume Method*)

Metode ini dikembangkan sebagai formulasi khusus metode beda hingga. Secara global metode beda hingga memiliki algoritma numerik sebagai berikut :

- a. Pengintegralan persamaan pengendali aliran fluida terhadap seluruh kontrol volume dari domain penyelesaian.

- b. Pendeskritan yang meliputi substitusi sebagai pendekatan beda hingga dari suku-suku persamaan yang diintegrasikan tersebut diatas yang menggambarkan proses aliran seperti konveksi difusi, dansource. Pada tahap ini persamaan integral akan diubah menjadi persamaan aljabar.
- c. Penyelesaian persamaan aljabar dengan metode literasi.

2.6 *Boundary Condition*

- a. Inlet (subsonic)
 - *Magnitude* kecepatan *inlet* ditentukan dan arah diambil normal terhadap *boundary*. Batasan arah mensyaratkan bahwa, D_I , paralel terhadap *boundary surface* normal, yang dihitung pada tiap *element face* pada *inlet boundary*.
 - Komponen kecepatan Cartesian
Komponen kecepatan *boundary* ditetapkan dengan *non-zero resultant* kedalam domain :

$$U_{inlet} = U_{spec}j + W_{spec}k \quad (2.9)$$

- Tekanan Total
Tekanan total (P_{tot}), untuk fluida *incrompresible* didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{start} + \frac{1}{2} \rho U^2 \quad (2.10)$$

Catatan

Batas normal terhadap pilihan *boundary* adalah sama seperti pada pilihan kecepatan normal. Secara alternatif, vektor arah dapat ditentukan secara eksplisit menggunakan tiga komponen. Pada kedua

kasus *boundary* aliran massa adalah suatu hasil implisit simulasi aliran.

- Laju Aliran Massa

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen. Dimana influx dihitung menggunakan rumus :

$$\rho U = \frac{\dot{m}}{\int_s dA} \text{ dan } \int_s dA \quad (2.11)$$

yang merupakan integrasi luasan *boundary surface* pada suatu mesh yang diberikan. Area tersebut berbeda dengan resolusi mesh karena resolusi mesh menentukan bagaimana *boundary surface* ditentukan. Nilai ρU dijaga tetap konstan diatas seluruh *boundary surface*.

- Turbulensi

Untuk model turbulensi k- ϵ kualitas inlet, k, dan ϵ ditentukan secara langsung atau dihitung menggunakan skala distribusi pada *inlet* dengan mengacu pada intensitas turbulensi, I dimana :

$$I = \frac{u}{U} \quad (2.12)$$

Biasanya nilai intensitas turbulensi inlet (I) mendekati 0.037.

$$k_{inlet} = \frac{3}{2} I^2 U^2 \quad (2.13)$$

$$\epsilon_{inlet} = \rho c_\mu \frac{k^2}{\mu_t} \quad (2.14)$$

$$\mu_t = 1000 I\mu \quad (2.29)$$

Aliran inlet k dan ε melibatkan *advection* dan *diffusion*.

$$Q_{inlet}^k = Q_{advec}^k + Q_{diffus}^k$$

$$Q_{inlet}^\varepsilon = Q_{advec}^\varepsilon + Q_{diffus}^\varepsilon \quad (2.15)$$

Aliran *advection* dievaluasi menggunakan perhitungan nilai inlet k dan ε ,

Asumsi aliran difusi diabaikan dan dibandingkan terhadap *advection* dan mendekati nol.

b. Outlet (subsonic)

- Tekanan statis uniform

Tekanan statis relatif pada *outlet boundary* didapat sebagai berikut :

$$P_{statisoutlet} = P_{spec} \quad (2.16)$$

- Normal speed out

Magnitude kecepatan pada *outlet* ditentukan dan arah diambil normal terhadap *boundary* pada resolusi mesh

- Tekanan statis rata-rata

Outlet relative static pressure persamaannya adalah :

$$P_{ave} = \frac{1}{A} \int_S P dA \quad (2.17)$$

2.7 Gaya Aerodinamika

Merupakan gaya-gaya yang diterima oleh satu bodi akibat fluida yang mengalir . Dengan adanya fluida yang mengalir maka mendapat gaya tekan dan geser. Akibatnya gaya-gaya

teresebut membentuk resultan gaya yang disebut gaya aerodinamika. Untuk resultan yang searah dengan aliran disebut gaya drag, sedangkan gaya yang tegak lurus aliran adalah gaya lift.

Aerofoil adalah bentuk aerodinamik yang bertujuan untuk menghasilkan gaya angkat (*lift force*) yang besar dengan gaya hambat (*drag force*) yang sekecil mungkin. Ketika suatu *aerofoil* dilewati oleh aliran fluida maka karena adanya pengaruh interaksi antara aliran fluida dengan permukaan akan timbul variasi kecepatan dan tekanan disepanjang permukaan atas dan bawah serta bagian depan dan belakang. Perbedaan tekanan antara permukaan atas dan bawah menimbulkan gaya resultan yang arahnya tegak lurus dengan arah datangnya aliran fluida, gaya ini disebut sebagai gaya angkat (*lift force*). Perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang akan menimbulkan gaya resultan yang arahnya searah dengan arah datangnya aliran fluida, gaya ini disebut sebagai gaya hambat (*drag force*).

2.7.1 Gaya Drag (Gaya Hambat)

Gaya hambat (drag) adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (pararel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan. Besarnya gaya hambat (drag) untuk setiap bentuk kendaraan berbeda satu dengan yang lainnya, dan ini tergantung pada faktor koefisien drag atau CD. selain itu juga dipengaruhi oleh luasan frontal dari kendaraan, dan tekanan dinamik.

Adapun perumusan gaya hambat (drag) pada pesawat adalah sebagai berikut:

$$F_D = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (2.18)$$

Dimana: C_d = Koefisien Drag

F_d = Drag Force

A_f = Frontal Area

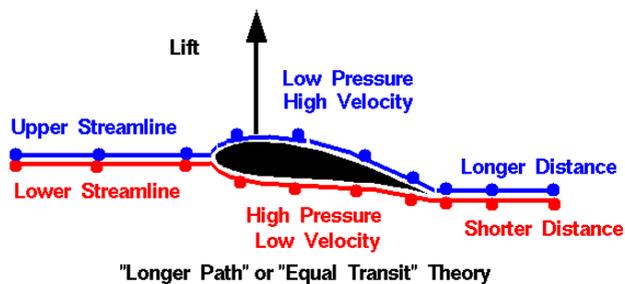
ρ = Densitas air

V = Kecepatan pesawat relative terhadap udara

2.7.2 Gaya Lift (Gaya Angkat)

Perbedaan bentuk antara permukaan atas dan bagian bawah pesawat menyebabkan aliran udara pada permukaan atas lebih cepat daripada aliran udara pada permukaan bawah, sehingga tekanan pada permukaan atas pesawat lebih rendah daripada tekanan permukaan bawah.

Faktor lain adalah bentuk *airfoil* dan komponen lain yang memperlambat aliran di bawah sehingga memperbesar tekanan aliran permukaan bawah. Karena itu tekanan yang bekerja pada bagian bawah secara umum lebih besar dari tekanan yang bekerja pada bagian atas pesawat sehingga menimbulkan terbentuknya gaya angkat karena adanya desakan aliran udara dari permukaan bawah ke permukaan atas.



Gambar 2.4 Distribusi tekanan penyebab gaya angkat (*lift force*)

Gaya ini bekerja dalam arah vertikal dan biasanya arah ke atas ditandai sebagai arah positif dan ke bawah sebagai arah negatif seperti pada penjelasan pada gambar 2.4. Gaya *lift* secara total dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_p \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana: C_L = koefisien gaya angkat.

F_L = *Lift Force*

A_p = *planeform area*

2.8 Dinamika Aliran Fluida secara Komputasi (Computational Fluid Dynamics)

Dengan menggunakan salah satu software CFD dapat dibuat virtual prototype dari sebuah sistem atau alat yang ingin dianalisis dengan menerapkan kondisi nyata di lapangan. Computational fluid dynamics (CFD) merupakan perangkat analisa system dengan melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, momentum, perpindahan energi, dan fenomena aliran lain didasarkan simulasi berbantuan computer. Simulasi menggunakan CFD menghasilkan parameter-parameter penting seperti tekanan, suhu, kecepatan, dan laju alir massa (mass flow rate). Analisa menggunakan CFD diperlukan pemahaman dan pengetahuan dasar bidang mekanika fluida untuk interpretasi hasil-hasil simulasi. Penyederhanaan CFD terdiri dari tiga tahapan proses pengerjaan, yaitu preprocessing (spesifikasi geometri, pemilihan turbulence model, spesifikasi parameter dan grid generation) kemudian postprocessing (visualization dan treatment data). Software CFD akan memberikan data-data, gambar-gambar, atau kurva-kurva yang

menunjukkan prediksi dari performansi keandalan sistem yang telah didesain tersebut. Hasil analisis CFD bisa menyajikan prediksi kualitatif dan kuantitatif dari berbagai persoalan dinamika fluida.

2.8.1 Fluent

Fluent adalah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga (finite volume). Fluent menyediakan fleksibilitas mesh yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan mesh (grid) yang tidak terstruktur sekalipun dengan cara yang relatif mudah. Jenis mesh yang didukung oleh Fluent adalah tipe 2D (two dimension) triangular-quadrilateral, 3D (three-dimension) tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge, dan mesh campuran (hybrid). Fluent juga memungkinkan penggunaannya untuk memperhalus atau memperbesar mesh yang sudah ada. Beberapa kelebihan Fluent yaitu mudah untuk digunakan, model yang realistis (tersedia berbagai pilihan solver), diskritisasi atau meshing model yang efisien (dalam Gambit), cepat dalam penyajian hasil (bisa dengan paralel komputer), dan visualisasi yang mudah untuk dimengerti. Aplikasi Fluent di dalam dunia industri, sering digunakan untuk desain dari suatu sistem fluida, dan juga untuk mencari sumber atau analisis kegagalan suatu sistem fluida. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Flow simulation solidwork*.

2.9 Meshing

Pada proses pembuatan *mesh* juga terdapat metoda *standard mesh*, *curvature mesh*, *blended curvature mesh*. Pada metode *standard*, mesh di atur global mesh dan toleransi mesh, kemudian . Sedangkan pada metode *curvature mesh*, mesh dibuat langsung pada entiti geometri yang berbentuk lengkungan, yaitu bidang atau volume. Pada *blended curvature mesh* , *mesh* dibuat langsung pada entity geometri yang berbentuk banyak terjadi lengkungan, ukuran *mesh* pada obyek tersebut seragam pada semua bagian obyek, sehingga tidak cocok digunakan untuk kasus yang mempunyai obyek dengan bentuk yang rumit dan memerlukan ukuran mesh yang berbeda-beda pada tiap bagian demi mengurangi jumlah mesh. Pada umumnya prinsip dasar meshing adalah mengurangi ukuran meshing keseluruhan, membuat sel-sel kecil sebisa mungkin hanya untuk daerah yang diperlukan (misal daerah dimana gradien tekanan/kecepatan/apa pun yang diperkirakan tinggi).

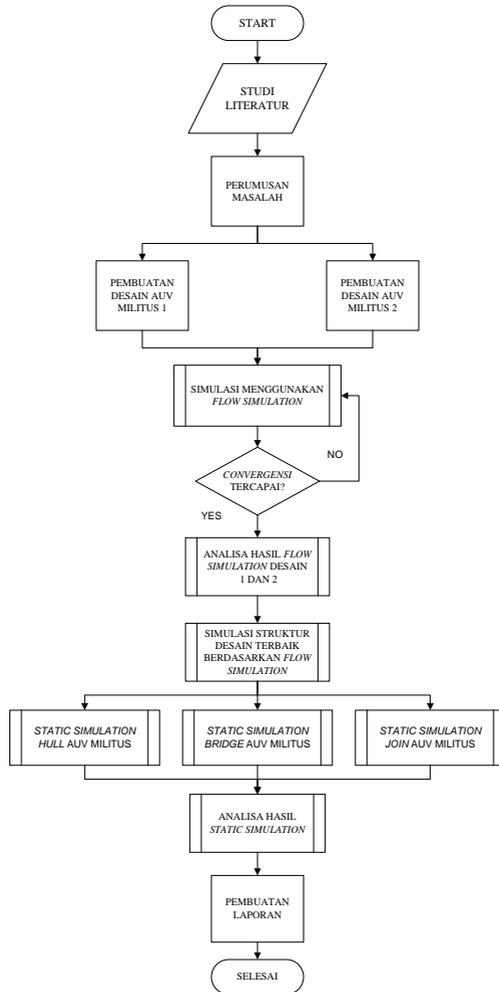
2.10 Teori Kekuatan Material

Dalam merancang suatu truktur perlu ditetapkan prosedur pemilihan material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kekuatan atau kekauan material memang bukan kriteria satu-satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur. Namun kekuatan material sama pentingnya dengan sifat material lainnya seperti kekerasan, ketangguhan, yang merupakan kriteria penetapan pemilihan bahan. Kekuatan material dapat disimulasikan dengan percobaan pada spesimen tersebut akibat gaya yang dikenakan menggunakan bantuan software analisis (Solidwork Simulation static) menggunakan metode elemen. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan tensile yield strength material.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Simulasi AUV Militus

Proses dalam menyelesaikan ini melalui beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir, yaitu sebagai berikut :

a. Studi literatur

Studi literatur ini meliputi kegiatan mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan struktur dari AUV Militus, komponen AUV Militus serta dimensinya. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber diantaranya adalah buku, publikasi ilmiah, tugas akhir, penelitian yang berkaitan dengan AUV dan media internet. Selain itu dilakukan observasi lapangan di Pusat Robotika ITS. Observasi meliputi dimensi AUV Militus dan komponen AUV Militus.

b. Perumusan Masalah

Setelah dilakukan studi literatur, banyak informasi yang didapat. Dengan adanya informasi yang telah didapat, timbul suatu permasalahan. Permasalahan tersebut yaitu bagaimana gaya-gaya yang bekerja pada AUV Militus dengan mempertimbangkan desain agar tidak terjadi perubahan dimensi yang diluar toleransi berdasarkan *Software Solidwork*.

c. Pembuatan Model dengan Solidwork

Dilakukan pembuatan 2 buah desain AUV Militus menggunakan *software CAD* tiga dimensi yaitu Solidwork.

d. Simulasi Menggunakan *Flow Simulation*

2 buah perhitungan desain yang telah diselesaikan digunakan sebagai acuan perbandingan kekuatan antar dua AUV Militus.

e. Analisa Perbandingan Hasil *Flow Simulation*

Analisa perbandingan hasil simulasi lebih difokuskan pada nilai CD dan Cl juga pada bentuk *fin* dan *bridge* AUV Militus.

f. Simulasi Menggunakan *Static Simulation*

Simulasi dilakukan pada desain terbaik berdasarkan dari hasil *Flow Simulation*.

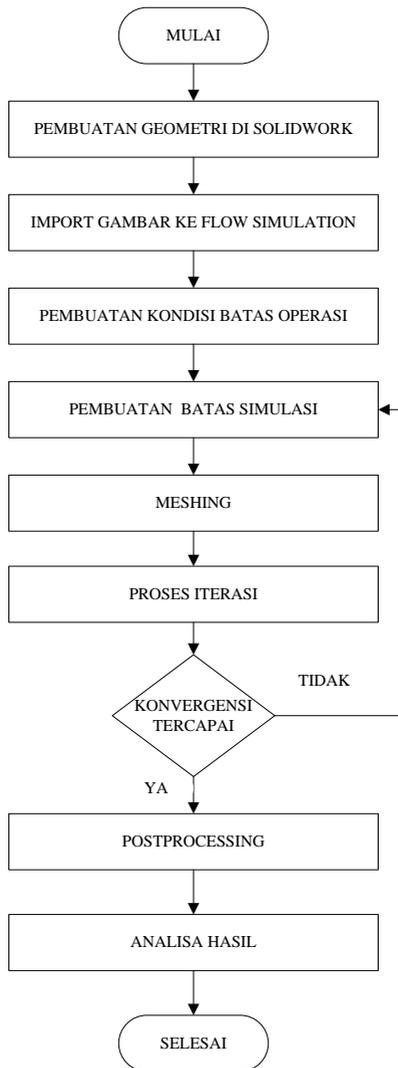
g. Analisa Hasil *Static Simulation*

Analisa dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan, *displacement* dan regangan yang terjadi pada AUV Militus.

h. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini hasil dari seluruh penelitian ini akan dianalisa dan nantinya mendapat kesimpulan.

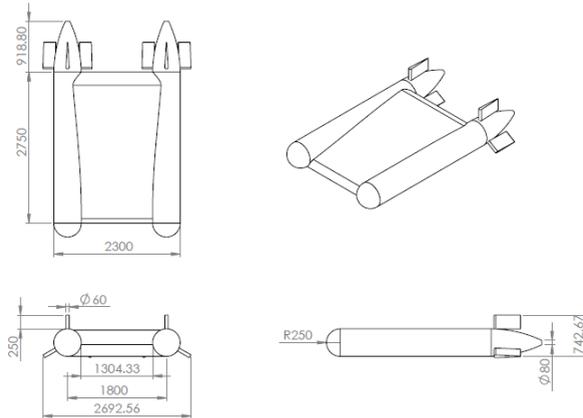
3.2 Diagram Alir *Flow Simulation* Perbandingan 2 Desain AUV Militus



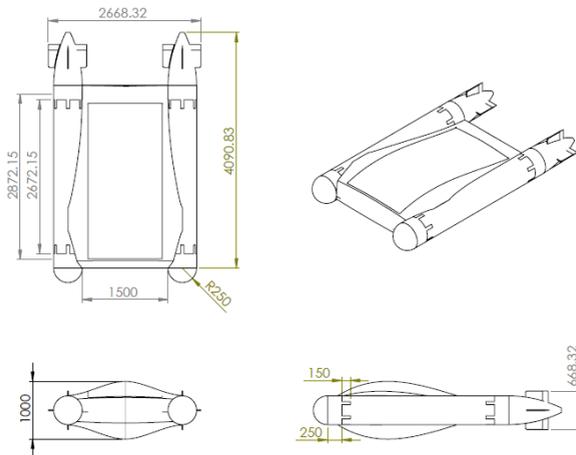
Gambar 3.2 Diagram Alir Flow Simulation

3.2.1 Pembuatan *Geometri* AUV Militus

Langkah pertama yakni menggambar geometri bodi AUV Militus.



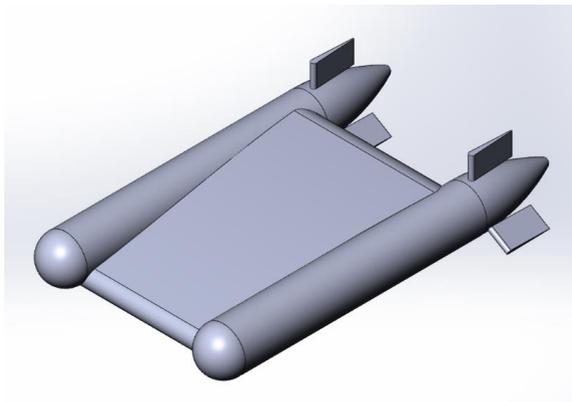
Gambar 3.3 AUV Militus 2D (Desain 1)



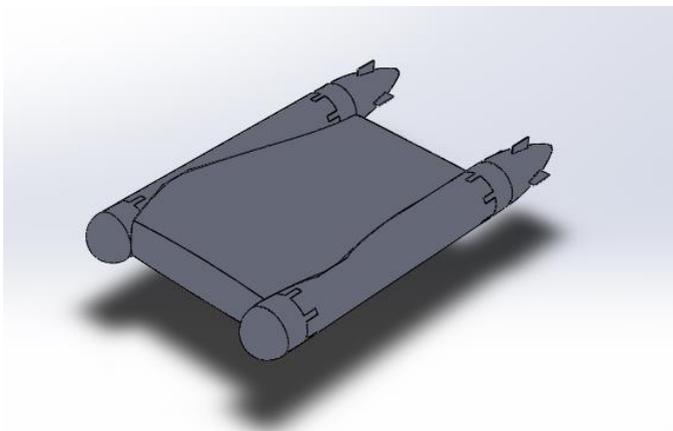
Gambar 3.4 AUV Militus 2D (Desain 2)

3.2.2 Pemodelan dengan *software solidwork*

Pemodelan dengan *software solidwork* dengan bantuan tutorial dari youtube.



Gambar 3.5 AUV Militus 3D (Desain 1)

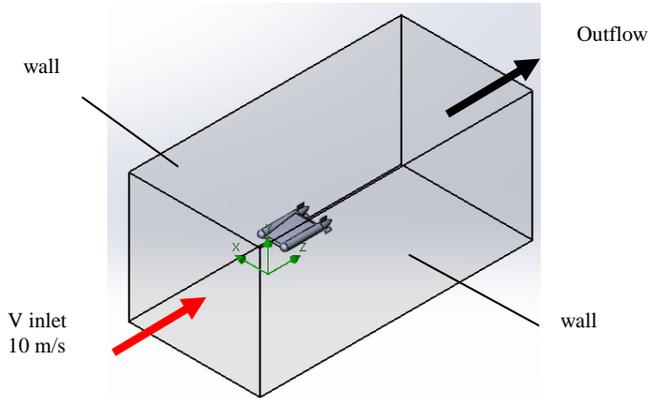


Gambar 3.6 AUV Militus 3D (Desain 2)

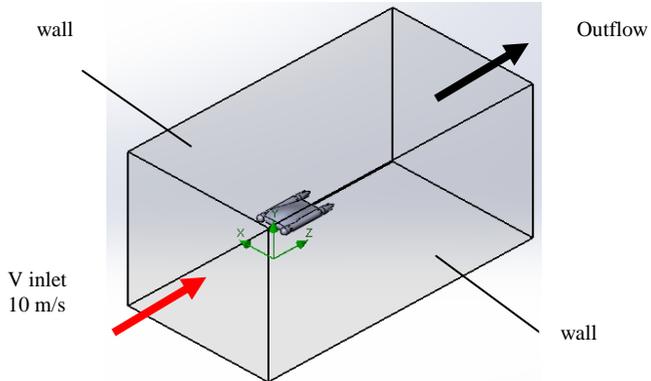
Pada gambar 3.5 dan 3.6 adalah hasil 3 dimesi AUV Militus yang menyesuaikan dengan dimensi pada gambar 2 dimensinya.

3.2.3 Pembuatan kondisi batas

Pemberian kondisi batas ini ditujukan agar mempermudah pengambilan data khususnya pemilihan bagian-bagian yang nantinya akan di-input nilai *properties* saat dioperasikan pada *software solidwork flow simulation*..



Gambar 3.7 Kondisi batas pada *Flow Simulation* (Desain 1)



Gambar 3.8 Kondisi batas pada *Flow Simulation* (Desain 2)

Pada gambar 3.3 pemberian kondisi batas model ini dibagi menjadi empat kondisi batas yaitu *surface* bodi, *inlet* sebagai daerah input *properties* kecepatan awal dari sumbu x, *outlet* sebagai batas analisa *control surface* pada model uji, dinding

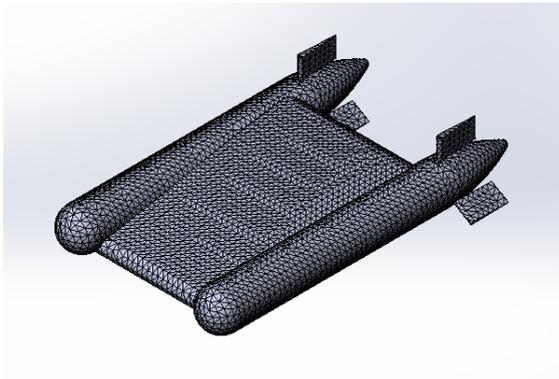
karena pada analisa model uji ini disimulasikan seolah – olah aliran fluida melewati *contour* bodi AUV di dalam lorong terowongan.

3.2.4 Penentuan Batas Operasi Pada *Flow Simulation*

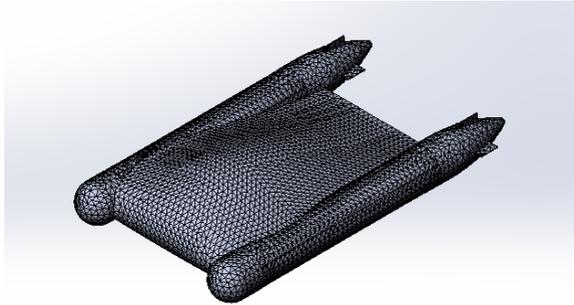
Penentuan kondisi batas melibatkan beberapa hal, yaitu dengan pemberian beban kecepatan, tekanan maupun pemberian kondisi batas turbulensi pada inlet, outlet serta kondisi pada wall. Pada kondisi batas inlet adalah velocity inlet dengan kecepatan sebesar 10 m/s dan pada kondisi batas *outlet* adalah *outflow*. Kondisi pada batas dinding atas dan batas dinding bawah lorong angin adalah *wall* sedangkan surface pada Militus adalah wall.

3.2.5 *Meshing*

Bidang atau *volume* yang diisi oleh fluida dibagi menjadi sel-sel kecil (*meshing*) sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan kedalam elemen-elemen kecil tersebut. Untuk pemodelan *meshing* dipilih *standard mesh* dengan menggunakan *global size 69.77108491mm* dan *toleransi 3.48855425mm* pada visualisasinya ada pada gambar 3.9 di bawah ini:



Gambar 3.9 Hasil *Meshing 3D* (Desain 1)



Gambar 3.10 Hasil *Meshing 3D (Desain 2)*

3.2.6 Parameter Pemodelan

Pada pemodelan karakteristik fluida ini akan menggunakan *software solidwork*. Langkah pertama dalam pengoperasian *software* ini adalah membuka *software solidwork (flow simulation)* dengan fitur 3D.

Berikut langkah - langkah pemodelan numerik menggunakan *software solidwork (flow simulation)* :

1. *Grid*

Langkah ini dilakukan dengan mengimport *grid* yang telah dibuat pada *software Solidwork (Flow Simulation)*

2. *Models*

Sebelum menentukan model viscous, harus ditentukan terlebih dahulu apakah aliran yang disimulasikan termasuk aliran laminar atau turbulen.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu}$$

$$Re = \frac{998.2 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s} \cdot 4.3 \text{ m}}{1.79 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}}$$

$$Re = 23.9791 \times 10^7$$

Karena hasil yang didapatkan pada Reynold Number menunjukkan nilai diatas 1×10^5 maka termasuk pada aliran turbulen. Dalam kasus ini digunakan model *k-*

epsilon dengan *standart* karena diharapkan hasil yang diperoleh akurat dalam memprediksi laju penyebaran fluida.

3. *Materials*

Langkah yang paling penting dalam pemodelan di *Flow Simulation* adalah mendefinisikan sifat fisik material. Pada *form material* terdapat data-data properties dan material yang harus dimasukkan. Dalam hal ini material yang digunakan adalah air dengan *density* 998.2 $\frac{Kg}{m^3}$ dan *viscouscity* $1.79 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m.s}$

4. *Operating Conditions*

Merupakan perkiraan kondisi yang diberikan pada kondisi pengoperasian STP (*Standart, Temperature and Pressure*) berupa tekanan (P) disekitar AUV Militus.

$$P = \rho . g . h$$

$$P = 998.2 \text{ kg/m}^3 . 9.8 \text{ m/s} . 10 \text{ m}$$

$$P = 97823.6 \text{ Pa}$$

dan penambahan *gravity* dengan memasukkan data gravitasi ke sumbu Z = -9.81 m/s².

5. *Boundary Conditions*

Merupakan penentuan kondisi batas melibatkan beberapa hal, yaitu dengan pemberian beban kecepatan, tekanan maupun pemberian kondisi batas pada *inlet*, *outlet* serta kondisi pada *wall*. Pada kondisi batas *inlet* adalah *velocity inlet* dengan kecepatan sebesar 10 m/s dan pada kondisi batas *outlet* adalah *outflow*. Kondisi pada batas dinding atas lorong angin dan batas dinding bawah lorong angin adalah *wall* sedangkan *surface* pada Militus adalah *wall*.

6. Meshing

Untuk pemodelan 3D dipilih hexagonal-map dengan menggunakan global size $69.77108491mm$ dan toleransi $3.48855425mm$.

7. Iterasi

Menentukan kriteria konvergensi (tebakan awal dari hasil iterasi) pada *Flow Simulation*.

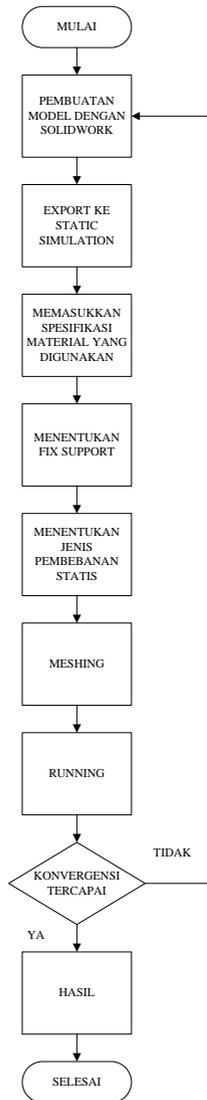
3.2.7 Processing atau Solving

Dengan bantuan software *solidwork (flow simulation)*, kondisi-kondisi yang telah ditetapkan pada saat *preprocessing* akan dihitung (diiterasi). Jika kriteria konvergensi tercapai maka tahapan dilanjutkan pada *postprocessing*.

3.2.8 Postprocessing

Postprocessing merupakan penampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang telah diperoleh berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kuantitatif berupa distribusi koefisien tekanan, koefisien *drag* dan koefisien *lift*. Sedangkan data kualitatif berupa visualisasi aliran dengan menampilkan *pathlines* berupa *velocity magnitude*.

3.3 Diagram Alir *Static Simulation*



Gambar 3.11 Diagram Alir *Static Simulation*

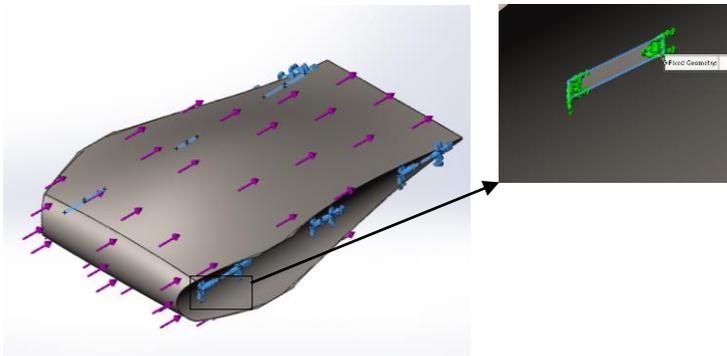
Diagram alir simulasi statis dengan *Solidwork* dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Memasukkan Spesifikasi Material Yang Digunakan

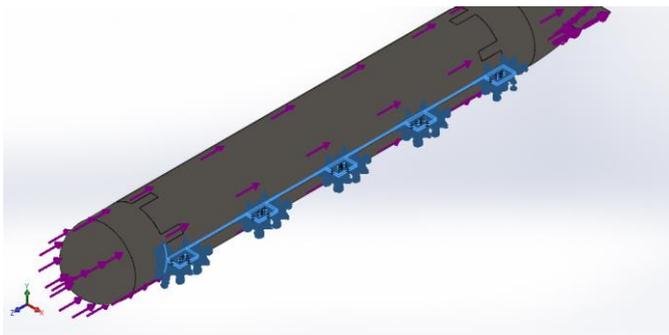
Pada tahap ini ditentukan material yang digunakan pada surface AUV Militus adalah ASTM A36 Steel.

3.3.2 Menentukan *Fix Support*

Pada tahap ini ditentukan *boundary condition* berupa *fix support* dari komponen yang disimulasi seperti pada gambar 3.12 dan 3.13



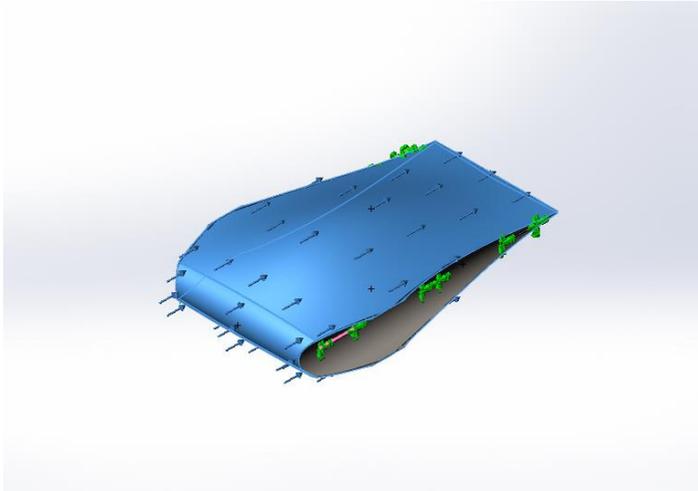
Gambar. 3.12 Penentuan Fix Support bridge AUV Militus



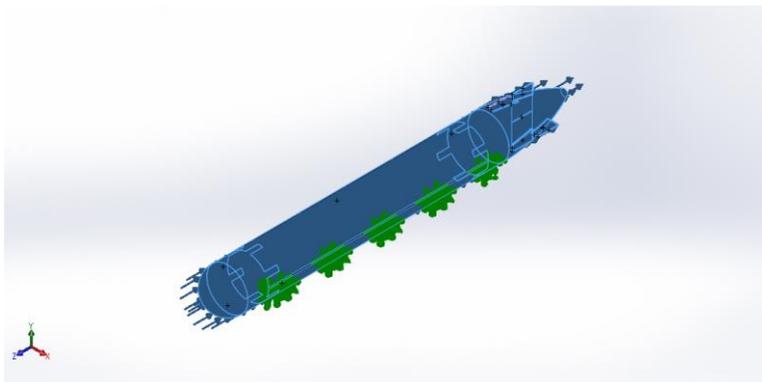
Gambar. 3.13 Penentuan Fix Support Hull AUV Militus

3.3.3 Menentukan Jenis Pembebanan Statis

Pada tahap ini dilakukan simulasi numerik dengan pembebanan secara statis, yaitu memberikan pembebanan gaya pada daerah tertentu, seperti pada gambar 3.13 dan 3.14.



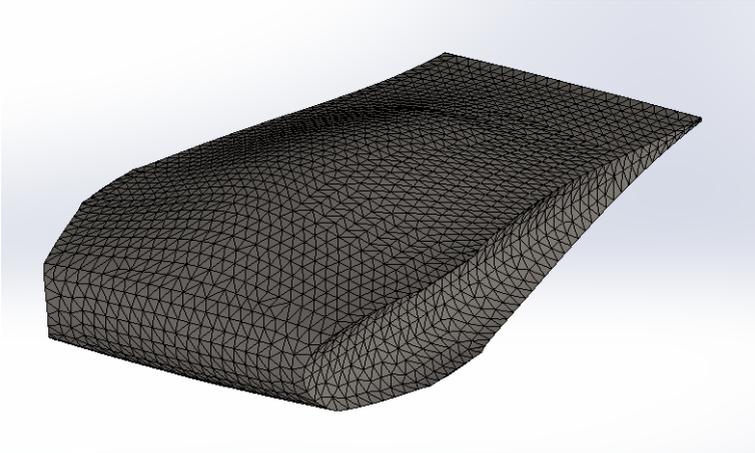
Gambar 3.14 Pemberian *Load* pada *Bridge* AUV Mlitus



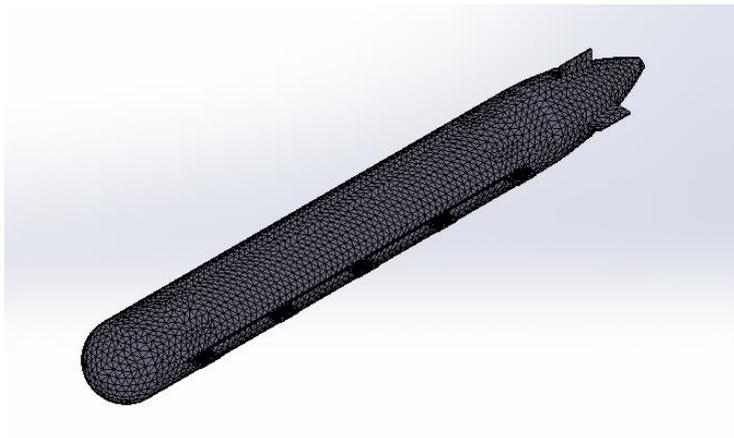
Gambar 3.15 Pemberian *Load* pada *Hull* AUV Mlitus

3.3.4 *Meshing*

Pada tahap ini, *meshing* menentukan pada daerah mana yang ingin di detailkan. Sehingga nantinya pada daerah tersebut diketahui lebih detail pengaruh dari tegangan yang ditimbulkan.



Gambar 3.16 *Meshing* pada *Bridge* AUV Militus



Gambar 3.17 *Meshing* pada *Hull* AUV Militus

3.3.5 Running

Setelah dilakukan pembebanan kemudian di running sehingga dapat diketahui tegangan ,perubahan bentuk dan regangan yang terjadi pada komponen

3.3.6 Postprocessing

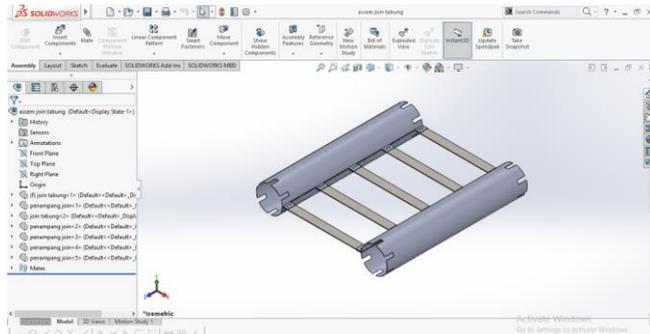
Hasil Postprocessing pada analisa struktur berupa tegangan ,perubahan bentuk, regangan yang terjadi pada bodi AUV Militus.

3.4 Analisa Struktur *Join* AUV Militus

Pada tahap ini dilakukan analisa struktur pada *Join* AUV Militus dengan pembebanan didasarkan pada berat hull dan aksesoris didalamnya.

3.4.1 Pembuatan Model *Join* Dengan *Solidwork*

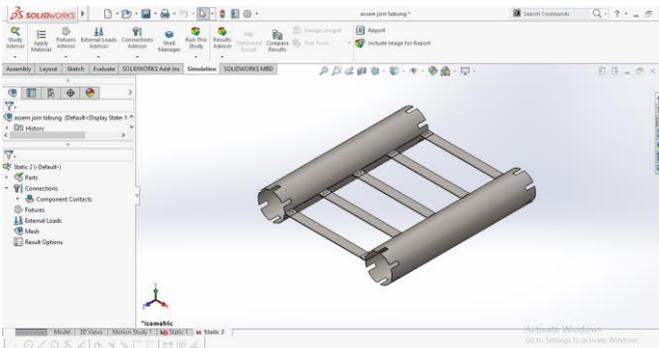
Dilakukan pemodelan *join* AUV Militus menggunakan software *solidwork*.



Gambar 3.18 Pemodelan 3D dengan *Solidwork*

3.4.2 *Export* ke *Static Simulation*

pada tahap ini desain di *export* ke *Static Simulation* untuk dianalisa.



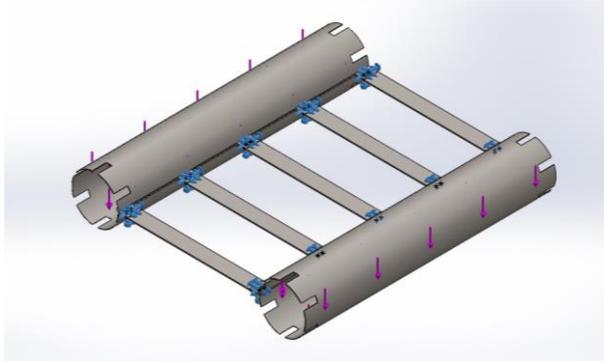
Gambar 3.19 *Export* dari *Solidwork*

3.4.3 Memasukkan Spesifikasi Material Yang Digunakan

Pada tahap ini ditentukan material yang digunakan pada *join* AUV Militus adalah ASTM A36 Steel.

3.4.4 Menentukan Fix Support

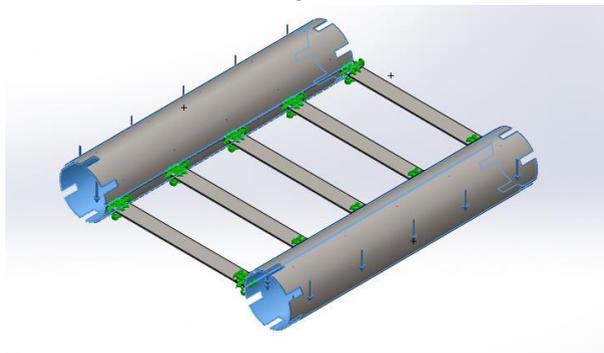
Pada tahap ini ditentukan *boundary condition* berupa *fix support* pada lubang baut *join* AUV Militus.



Gambar. 3.20 Penentuan Fix Support *join* AUV Militus

3.4.5 Menentukan Pembebanan Statis

Pembebanan statis diberikan pada daerah dalam *join* AUV Militus di simbolkan dengan warna biru muda.



Gambar 3.21 Pemberian Load pada *join* AUV Militus

Pembebanan didasarkan pada berat *Hull* dan aksesoris dengan menghitung melalui *software solidwork* sebagai berikut:

Table 3.1 *List Berat Hull dan Aksesoris*

NO.	NAMA BAGIAN	MATERIAL	MASSA (Kg)	BERAT (N)
1.	NOSE	A36 STEEL	34.78312	341.22
2.	TAIL	A36 STEEL	85.62089	893.94
3.	BODY	A36 STEEL	204.19251	2003.12
4.	POROS FIN (2)	A36 STEEL	0.18415	1.80
5.	FIN (4)	E-GLASS	2.05498	20.15
6.	BALLAST	-	82.42753	808.61
7.	JOIN BODY	A36 STEEL	163.56321	1604.55
8.	ELEKTRIK	-	30.20	326.60
JUMLAH			611.62079	6000

3.4.6 Meshing

Pada tahap ini, *meshing* menentukan pada daerah mana yang ingin di detailkan. Sehingga nantinya pada daerah tersebut diketahui lebih detail pengaruh dari tegangan yang ditimbulkan.



Gambar 3.22 Meshing Join AUV Militus

3.4.7 Running

Setelah dilakukan pembebanan kemudian di running sehingga dapat diketahui tegangan ,perubahan bentuk dan regangan yang terjadi pada komponen

3.4.8 Postprocessing

Hasil Postprocessing pada analisa struktur berupa tegangan ,perubahan bentuk, regangan yang terjadi pada join AUV Militus.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

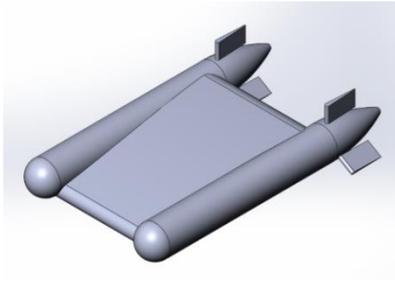
Pengamatan dilakukan pada bagian bodi AUV Militus. Dilakukan analisa pada desain 1 dan desain 2 yang nantinya akan dibandingkan dan dipilih kemudian dilakukan analisa statis. Gambar berupa 3 dimensi dengan pengujian analisa aliran air dan analisa struktur untuk mendapatkan *contour of pressure, velocity vector*, koefisien *drag* (Cd), koefisien *lift* (Cl), tegangan (σ), Displacemen, dan Regangan (e) yang terjadi pada AUV Militus. Sehingga dapat dilakukan analisa distribusi tekanan, analisa distribusi kecepatan dan analisa gaya *drag* dan *lift*.

4.1 Drag Coefficient dan Lift Coefficient

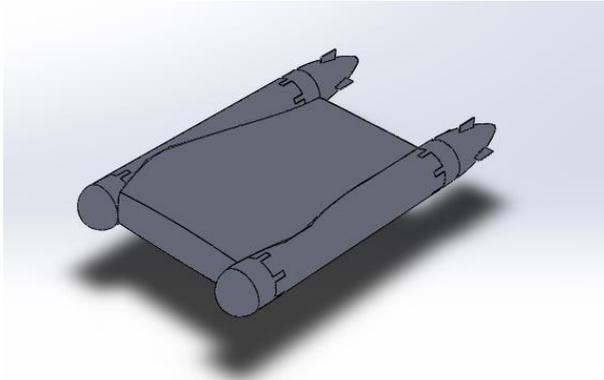
Dalam proses pembuatan desain bodi AUV Militus pertamanya pembuatan desain bodi AUV Militus menggunakan *Software Solidwork*. Setelah desain bodi selesai dibuat maka dilakukan proses *meshing* pada *flow simulation* yang kemudian akan dilakukan proses Iterasi. Lalu dilakukan perhitungan sehingga mendapatkan nilai koefisien drag dan koefisien lift. Setelah mendapatkan koefisien drag dan koefisien lift kemudian dilakukan analisa pola aliran fluida untuk mendapatkan kontur pressure dan velocity vector.

4.1.1 Desain Bodi AUV Militus Menggunakan Software Solidwork

Pada pembuatan desain ini menggunakan *software CAD* yaitu *solidwork 2016*.



Gambar 4.1 Isometric AUV Militus(Desain 1)



Gambar 4.2 *Isometric AUV Militus (Desain 2)*

4.1.2 *Iteration and Running Time*

Untuk mencapai *Convergensi* ada 232 jumlah *iterasi* dan membutuhkan waktu untuk *running* 2 jam 22 m3nit 49 detik. Dengan hasil *running* yang ada pada gambar di bawah.

Solver: Project(1) [Default] (assem tot.SLDASM) - [Info]	
File Calculation View Insert Window Help	
Parameter	Value
Status	Solver is finished.
Cells	674,987
Fluid cells	373,943
Solid cells	301,044
Partial cells	188,559
Iterations	232
Last iteration finished	22:14:46
CPU time per last iteration	00:00:34
Travels	1.50751
Iterations per 1 travel	154
Cpu time	2 : 22 : 49
Calculation time left	0 : 0 : 0
Run at	DESKTOP-TNDGVAH

Gambar 4.3 Proses Iterasi pada AUV Militus (Desain 1)

Untuk mencapai *Convergensi* ada 189 jumlah *iterasi* dan membutuhkan waktu untuk *running* 5 jam 43 m3nit 51 detik. Dengan hasil *running* yang ada pada gambar di bawah.

Parameter	Value
Status	Solver is finished.
Cells	1,208,584
Fluid cells	655,155
Solid cells	553,429
Partial cells	312,820
Iterations	189
Last iteration finished	01:56:47
CPU time per last iteration	00:01:57
Travels	1.0029
Iterations per 1 travel	189
Cpu time	5 : 43 : 51
Calculation time left	0 : 0 : 0
Run at	DESKTOP-TNDGWAH

Gambar 4.4 Proses Iterasi pada AUV Militus (Desain 2)

4.1.3 Analisa Gaya Hidrodinamika

Analisa mengenai data kuantitatif diperlukan untuk menunjang dan sekaligus menyimpulkan argumentasi mengenai fenomena yang terobservasi pada data kualitatif. Konsep perhitungan gaya-gaya hidrodinamika pada model uji seperti koefisien hambat (*drag*) dan koefisien angkat (*lift*).

Dengan memasukkan beberapa indikator kemudian di lakukan running sehingga didapatkan nilai koefisien *drag* 0.281404 dan koefisien *lift* 0,00040 serta Gaya *Drag* 28054.2 N dan Gaya *Lift* 126.82 N Militus.

Name	Current Value	Progress	Criterion
DRAG COEFFICIENT	0.281404	Achieved (IT = 154)	0.0132625
DRAG Force (Q) 1	28054.2 N	Achieved (IT = 154)	1654.66 N
LIFT CIEFFICIENT	0.00040	Achieved (IT = 232)	0.000153774
LIFT Force (Q) 1	126.82 N	Achieved (IT = 232)	19.1852 N

Gambar4.5 Hasil running Koefisien Drag dan Koefisien Lift. (Desain 1)

Dengan memasukkan beberapa indikator kemudian di lakukan running sehingga didapatkan nilai koefisien *drag* 0,0923231 dan koefisien *lift* 0,00062 serta Gaya *Drag* 11631,7 N dan Gaya *Lift* 336,872 NAUV Militus.

Name	Current Value	Progress	Criterion
Coefficient Drag	0.0923231	Achieved (IT = 189)	0.0162101
Coefficient Lift	0.00062	Achieved (IT = 189)	0.000120661
Drag Force (X) 1	11631.7 N	Achieved (IT = 189)	2022.41 N
Lift Force (Y) 1	336.872 N	Achieved (IT = 189)	15.054 N

Gambar 4.6 Hasil running Koefisien Drag dan Koefisien Lift. (Desain 2)

4.1.4.3 Analisa Perbandingan Hasil Perhitungan CD CL Pada Desain 1 dan Desain 2

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil perhitungan CD CL

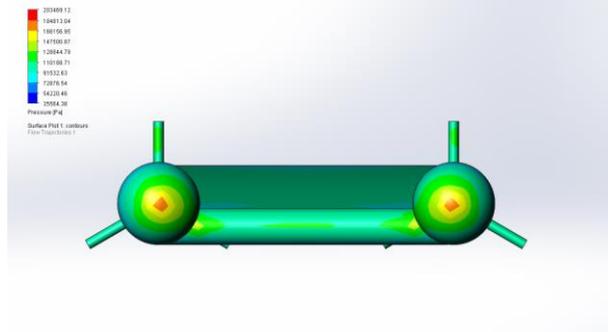
	Desain 1	Desain 2
Cd	0,281404	0,09232
Cl	0,000407	0,00062

Dari hasil *postprocessing* antara desain 1 dan desain 2 didapatkan perbandingan nilai Cd dan Cl antara desain 1 dan desain 2 dengan nilai Cd desain 1 lebih besar dibandingkan nilai Cd Desain 2 juga pada Cl di dapatkan perbandingan nilai antara desain 1 dan desain 2 dengan nilai Cl desain 1 lebih kecil dibandingkan nilai Cl desain 2.

4.2 Analisa *Postprocessing Flow Simulation*

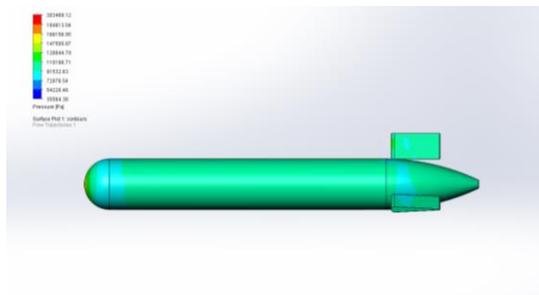
Untuk mendukung data kuantitatif fluida AUV Militus, karakteristik aliran disekitar juga dapat dijelaskan secara kualitatif melalui visualisi tekanan pada bodi untuk mengetahui tekanan pada keseluruhan bodi.

4.2.1. Kontur Tekanan Pada AUV Militus (Desain 1)



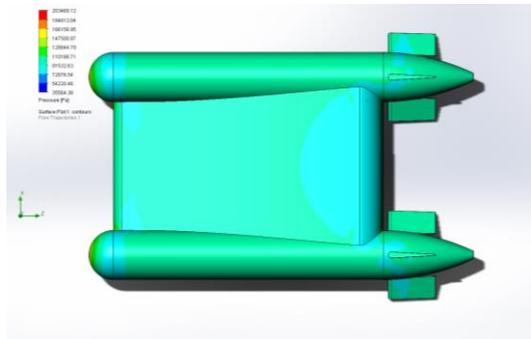
Gambar 4.7 Kontur tekanan tampak depan

Dapat dilihat pada gambar 4.7 tekanan terbesar terjadi pada ujung *nose* AUV Militus sebesar 203.469.12 Pa yang divisualisasikan dengan warna *orange*, sedangkan warna biru muda menampilkan tekanan yang lebih rendah pada AUV Militus.



Gambar 4.8 Kontur tekanan pada plane tampak samping

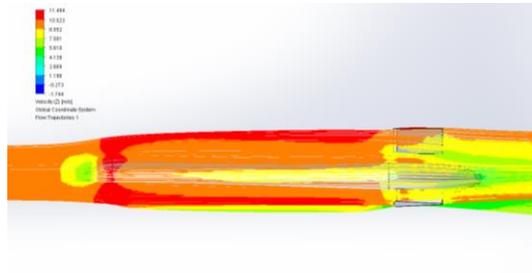
Pada gambar 4.8 visualisasi kontur tekanan tampak samping pada bodi AUV Militus, visualisasi tekanan pada bodi berwarna merah, kuning dan hijau secara berurutan pada ujung bodi AUV Militus. Dan juga terlihat bagian depan fin mendapatkan tekanan dengan visualisasi warna hijau.



Gambar 4.9 Kontur tekanan pada plane tampak atas

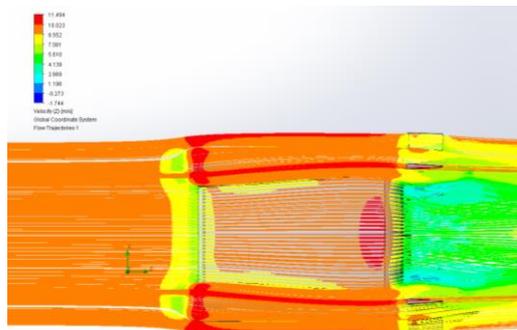
Pada gambar 4.9 visualisasi kontur tekanan tampak atas pada bodi AUV Militus, visualisasi tekanan pada bodi berwarna hijau, biru muda secara berurutan pada ujung bodi AUV Militus. Dan juga terlihat bagian belakang *bridge* mendapatkan tekanan lebih rendah di bandingkan bagian depan *bridge* AUV Militus dengan visualisasi warna biru muda.

4.2.2 Velocity Vector Pada AUV Militus (Desain 1)



Gambar 4.10 *Velocity vector* pada *plane* tampak samping

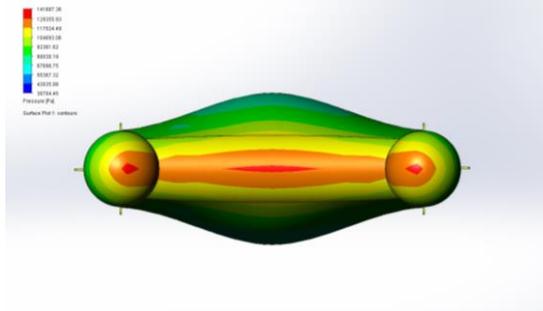
Pada gambar 4.10 aliran pada bagian belakang fin terjadi penurunan kecepatan yang diakibatkan adanya 3 fin yang berada pada bagian tail AUV Militus, dengan visualisasi warna kuning sebesar 7.081 m/s.



Gambar 4.11 *Velocity vector* pada *plane* tampak atas

Pada gambar 4.11 dapat dilihat terjadinya kenaikan kecepatan pada bridge bagian atas, dikarenakan perubahan kontur pada *bridge* maka terjadi kenaikan kecepatan pada bridge bagian belakang. Dengan kecepatan tertinggi sebesar 11,494 m/s dengan visualisasi warna merah pada bagian atas bridge dan warna biru dengan kecepatan rendah.

4.2.3 Kontur Tekanan Pada AUV Militus (Desain 2)



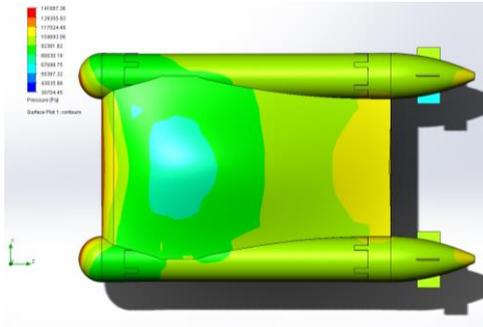
Gambar 4.12 Kontur tekanan tampak depan

Dapat dilihat pada gambar 4.12 tekanan stagnasi terjadi pada ujung bodi AUV Militus sebesar 141.687.36 Pa yang divisualisasikan dengan warna merah, sedangkan warna biru muda menampilkan tekanan yang lebih rendah pada bodi.



Gambar 4.13 Kontur tekanan pada plane tampak samping

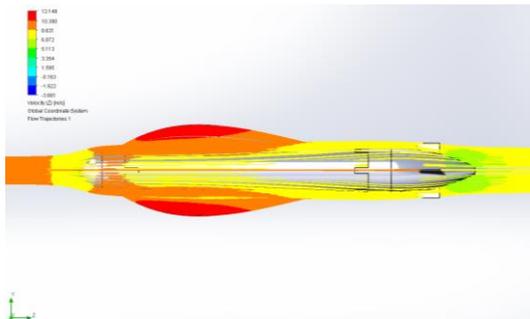
Pada gambar 4.13 visualisasi kontur tekanan tampak samping pada bodi AUV Militus, visualisasi tekanan pada bodi tekanan terbesar berwarna merah, kuning, hijau dan hijau muda, dan kuning secara berurutan pada ujung nose sampai tail AUV Militus.



Gambar 4.14 Kontur tekanan tampak atas

Pada gambar 4.14 visualisasi kontur tekanan tampak atas pada bodi AUV Militus, visualisasi tekanan pada bridge berwarna biru muda yang di kelilingi warna hijau pada atap bodi AUV Militus. Dan juga terlihat bagian belakang *bridge* mendapatkan tekanan lebih tinggi dengan visualisasi warna kuning.

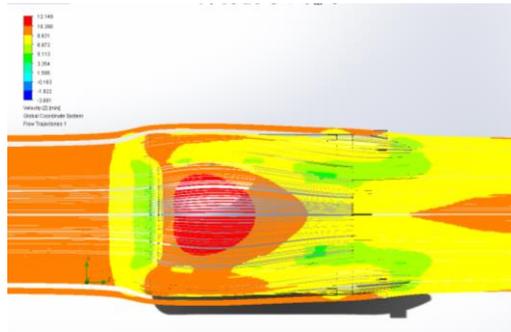
4.2.4 Velocity Vector Pada AUV Militus (Desain 2)



Gambar 4.15 *Velocity vector* pada *plane* tampak samping

Pada gambar 4.15 pada bagian belakang terjadi penurunan kecepatan yang diakibatkan adanya 4 fin yang berada pada bagian tail AUV Militus, terlihat perubahan yang di visualisasikan warna kuning dengan kecepatan 6.872 m/s

pada bagian depan fin dan warna hijau muda dengan kecepatan 5.113m/s pada bagian belakang fin



Gambar 4.16 *Velocity vector* tampak atas

Pada gambar 4.16 dapat dilihat terjadinya percepatan pada bridge bagian atas, dikarenakan perubahan kontur bridge maka terjadi kenaikan percepatan pada bridge bagian atas. Dengan percepatan tertinggi sebesar 12,149 m/s dengan visualisasi warna merah pada bagian atas bridge dan warna hijau dengan kecepatan rendah.

4.3 Analisa Kekuatan Struktur Pada bodi AUV Militus

Pada tahap ini dilakukan analisa struktur menggunakan *software solidwork* pada tool *static simulation*. Pada simulasi ini didapatkan besar tegangan, regangan dan displacement yang terjadi. Pada Simulasi ini pengujian dilakukan pada bodi pada AUV Militus.

Dari hasil analisa menggunakan *Flow Simulation* Solidwork, didapatkan perbandingan gaya drag lebih besar desain 1 di bandingkan desain 2. Juga didapatkan perbedaan berupa nilai tekanan yang didapatkan desain 1 lebih tinggi di bandingkan desain 2. Dari analisa kecepatan juga didapatkan bahwa desain 1 lebih mengalami perubahan kecepatan yang kurang beraturan sehingga menyebabkan perubahan kecepatan yang cukup tinggi pada bagian belakang desain 1 dibandingkan dengan desain 2. Pada bagian fin AUV Militus desain 1 juga mendapatkan tekanan lebih banyak pada bagian depan daripada fin AUV Militus desain 2. Pada bridge AUV militus desain 1 juga mendapatkan tekanan yang sama dengan bagian yang lain sehingga membuat AUV tertekan terus menerus kearah gravitasi.

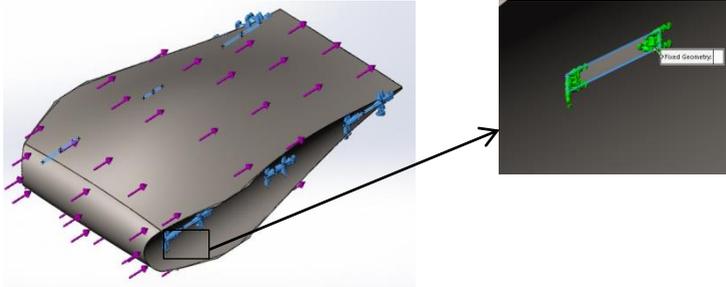
Dari analisa tersebut maka diputuskan menggunakan desain 2 untuk dilanjutkan pada analisa struktur. Pembebanan pada bodi AUV Militus yaitu beban fluida yang membentur body AUV Militus sebesar 11631.7 N untuk gaya drag.

4.3.1 Analisa Struktur Pada Bodi AUV Militus Dengan Material ASTM A36 Steel

Pada analisa struktur AUV Militus dilakukan pada bodi AUV Militus. Dimana diasumsikan gaya yang diterima bodi AUV Militus didapatkan dari beban fluida yang membentur bodi AUV Militus.

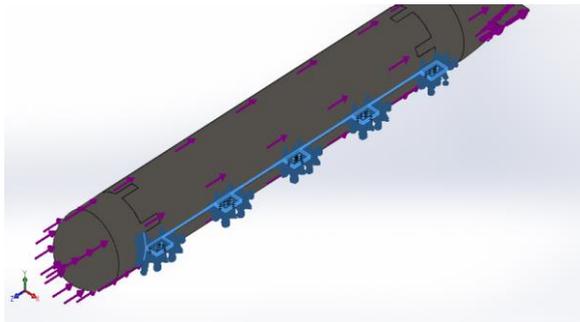
4.3.1.1 Pemberian Fix Support

Dalam hal ini fix support diberikan pada bagian sambungan yang terletak pada bridge dan bodi AUV Militus, seperti pada gambar dibawah :



Gambar 4.17 *Fixed Support* pada Bridge AUV Militus

Fix support pada bridge AUV Militus diletakkan pada lubang join yang ada pada sisi kanan dan kiri bridge AUV Militus .

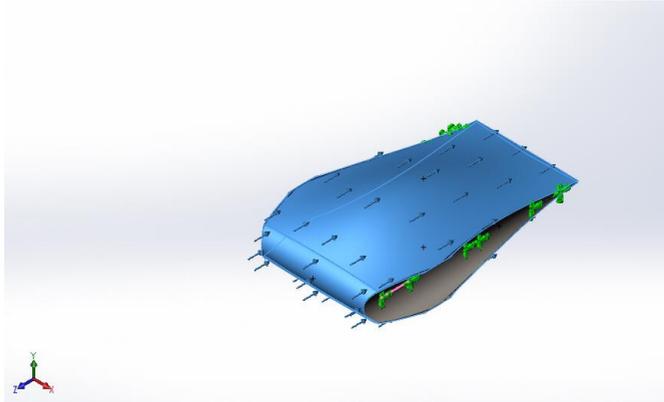


Gambar 4.18 *Fixed Support* pada Hull AUV Militus

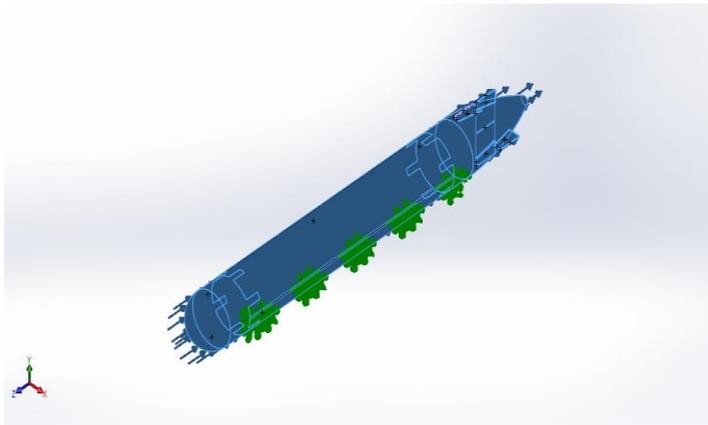
Fix support pada Hull AUV Militus diletakkan pada bagian join yang nantinya akan dihubungkan pada bridge AUV Militus.

4.3.1.2 Pembebanan Statis AUV Militus

Pembebanan pada bodi dan bridge AUV Militus yaitu aliran fluida yang membentur bodi AUV Militus.



Gambar 4.19 Pemberian gaya pada bridge AUV Militus

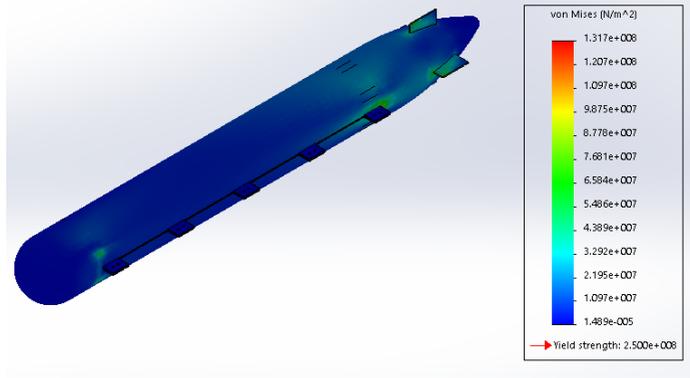


Gambar 4.20 Pemberian gaya pada hull AUV Militus

Pada tahap ini pemberian gaya dilakukan berdasarkan hasil aliran yang membentur seluruh bodi AUV Militus yang dilakukan pada flow simulation. Gaya Drag yang membentur Bodi AUV Militus sebesar 11631,7 N

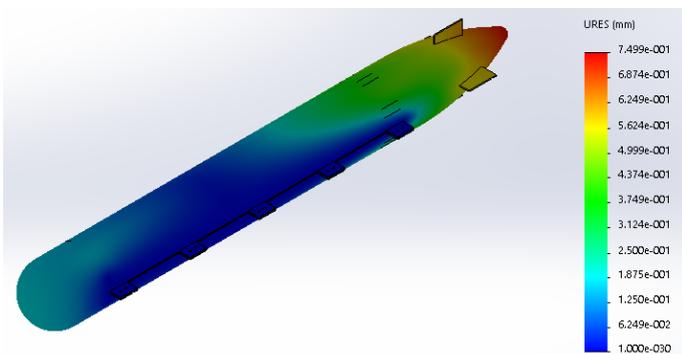
4.3.1.4 Hasil Simulasi Struktur Hull AUV Militus

Dengan memasukkan beberapa indikator kemudian di lakukan running sehingga didapatkan nilai tegangan , displacement dan regangan yang terjadi pada *Hull AUV*.



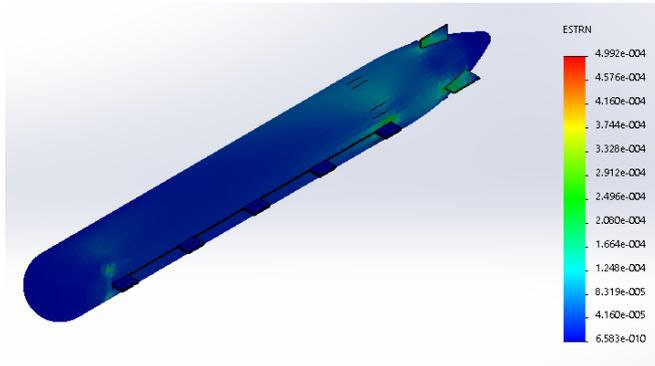
Gambar 4.21 Tegangan yang terjadi pada Hull AUV Militus

Tegangan yang terjadi pada *Hull AUV Militus* minimal sebesar $1.489e^{+005}$ N/m² dan maximal sebesar $1.317e^{+008}$ N/m², tegangan yang terbesar terjadi di bagian ujung fin dan belakang dekat *join* divisualisasikan dengan warna hijau pada gambar 4.21.



Gambar 4.22 Displacement yang terjadi pada Hull AUV Militus

Displacement yang terjadi pada *Hull* AUV Militus minimal sebesar 0 mm^2 dan maximal sebesar 0.7499 mm , *displacement* yang terbesar terjadi di bagian fin dan bagian belakang tail divisualisasikan dengan warna merah pada gambar 4.22.

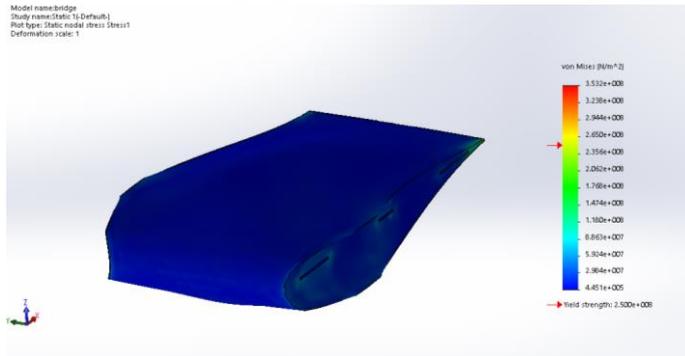


Gambar 4.23 Regangan yang terjadi pada *Hull* AUV Militus

Regangan yang terjadi pada *Hull* AUV Militus minimal sebesar $6.583e^{-010}$ dan maximal sebesar $4.992e^{-004}$, regangan yang terbesar terjadi di bagian depan fin dan bagian depan *body* divisualisasikan dengan warna hijau pada gambar 4.23.

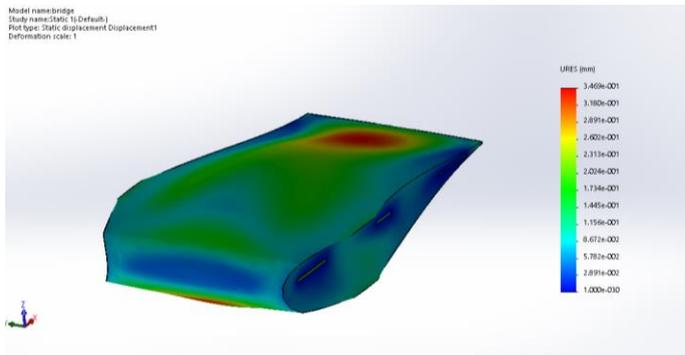
4.3.1.5 Hasil Simulasi Struktur *Bridge AUV Militus*

Dengan memasukkan beberapa indikator kemudian di lakukan running sehingga didapatkan nilai tegangan , displacement dan regangan yang terjadi pada *Bridge AUV*.



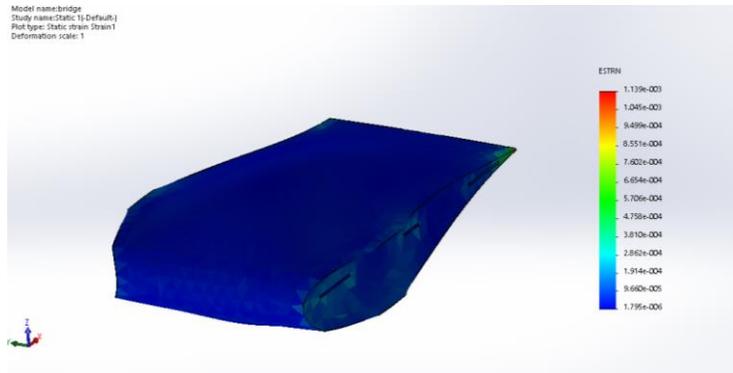
Gambar 4.24 Tegangan yang terjadi pada *Bridge AUV Militus*

Tegangan yang terjadi pada *Bridge AUV Militus* minimal sebesar $4.451e^{+005}$ N/m² dan maximal sebesar $3.532e^{+008}$ N/m², tegangan yang terbesar terjadi di bagian belakang bridge divisualisasikan dengan warna hijau pada gambar 4.24.



Gambar 4.25 *Displacement* yang terjadi pada *Bridge AUV Militus*

Displacement yang terjadi pada *Bridge AUV Militus* minimal sebesar 0 mm^2 dan maximal sebesar 0.3469 mm , *displacement* yang terbesar terjadi di bagian atas dan bawah bridge divisualisasikan dengan warna merah pada gambar 4.25.



Gambar 4.26 Regangan yang terjadi pada *Bridge AUV Militus*

Regangan yang terjadi pada *Bridge AUV Militus* minimal sebesar $1.795e^{-006}$ dan maximal sebesar $1.139e^{-003}$, regangan yang terbesar terjadi di bagian belakang bridge divisualisasikan dengan warna merah pada gambar 4.26.

4.4 Analisa Kekuatan Struktur *Join* AUV Militus

Pada tahap ini dilakukan analisa struktur pada *Join Hull* AUV Militus menggunakan *software solidwork* pada *tool static simulation*. Pada simulasi ini didapatkan besar tegangan, regangan dan displacement yang terjadi. Pada Simulasi ini pengujian dilakukan pada *Join* AUV Militus.

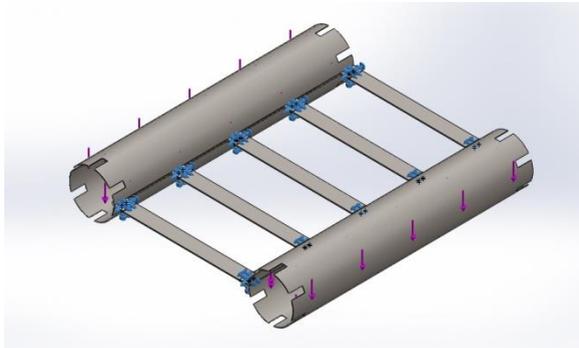
Pembebanan didasarkan pada berat *Hull* dan aksesoris didalamnya dengan menghitung melalui *software solidwork* . Didapatkan nilai penjumlahan berat total sebesar 6000 N.

4.4.1 Analisa Kekuatan Struktur *Join* AUV Militus dengan Material ASTM A36 Steel

Pada analisa struktur AUV Militus dilakukan pada *join* AUV Militus. Dimana diasumsikan gaya yang diterima *join* AUV Militus didapatkan dari berat *Hull* dan aksesoris didalamnya.

4.4.1.1 Pemberian *Fix Support*

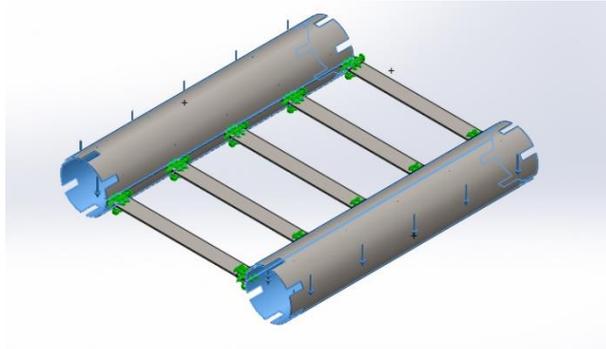
Dalam hal ini *fix support* diberikan pada *join* yang terletak pada lubang baut AUV Militus divisualisasikan berwarna biru , seperti pada gambar dibawah :



Gambar 4.27 *Fix Support* *Join* AUV Militus

4.4.1.2 Pembebanan Statis *Join* AUV Militus

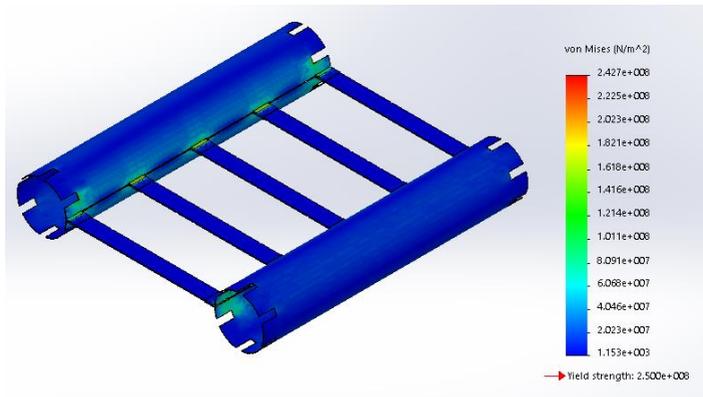
Pembebanan statis diberikan pada daerah dalam *join* AUV Militus di simbolkan dengan warna biru muda sebesar 6000 N.



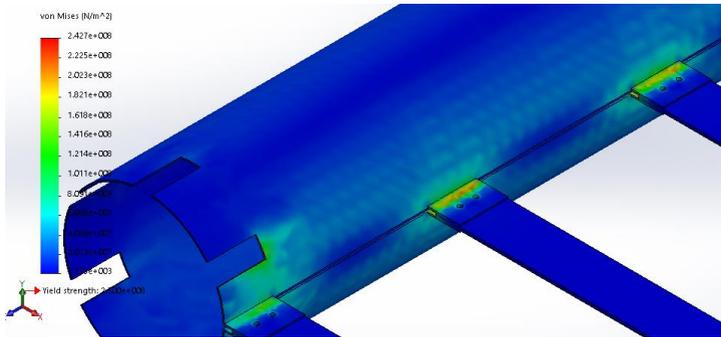
Gambar 4.28 Pemberian Gaya Pada *Join* AUV Militus

4.4.1.4 Hasil Simulasi Struktur Pada *Join* AUV Militus.

Dengan memasukkan beberapa indikator kemudian di lakukan running sehingga didapatkan nilai tegangan , displacement dan regangan yang terjadi pada *Join* AUV Militus.

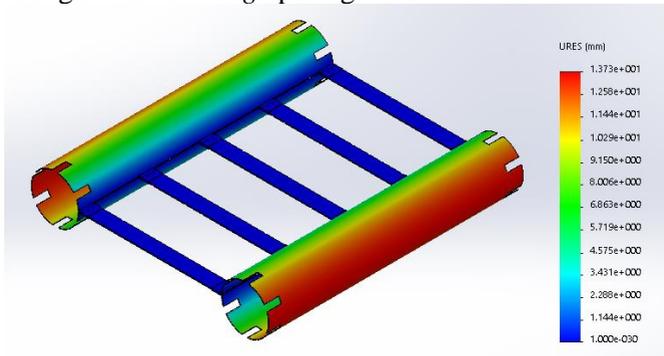


Gambar 4.29 Tegangan yang terjadi pada *Join* AUV Militus.



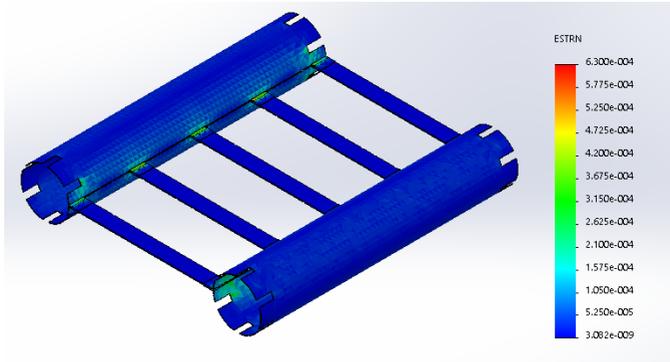
Gambar 4.30 Detail Tegangan yang terjadi pada Join AUV Militus.

Tegangan yang terjadi pada *Bridge* AUV Militus minimal sebesar $1.155e^{+003}$ N/m² dan maximal sebesar $2.427e^{+008}$ N/m², tegangan yang terbesar terjadi di bagian join AUV Militus dekat dengan fix support divisualisasikan dengan warna *orange* pada gambar 4.29 dan 4.30.



Gamabar 4.31 *Displacement* yang terjadi pada Join AUV Militus

Displacement yang terjadi pada *Join* AUV Militus minimal sebesar 0 mm² dan maximal sebesar 0.1373 mm, *displacement* yang terbesar terjadi di bagian join yang mencengkram *Hull* jauh dari *fix support* divisualisasikan dengan warna merah pada gambar 4.31.



Gambar 4.32 Regangan yang terjadi pada *Join* AUV Militus

Regangan yang terjadi pada *Join* AUV Militus minimal sebesar $3.082e^{-009}$ dan maximal sebesar $6.300e^{-004}$, regangan yang terbesar terjadi di bagian join dekat dengan fix support divisualisasikan dengan warna hijau dan bercak merah pada gambar 4.32.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa aliran melintasi bodi *Autonomus Underwater Vehicle (AUV)* Militus menggunakan pemodelan numerik *Software Flow Simulation Solidwork* dan diintegrasikan dengan analisa kekuatan struktur maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan simulasi pada *flow simulation* didapatkan:
(Cd) desain 1 : 0.281404 dan desain 2 : 0.092323 .
(Cl) desain 1: 0.000407 dan desain 2 : 0.00062 .
Digunakan desain 2 untuk *static simulation* didasarkan pada nilai CD pada desain 2 lebih kecil dibandingkan dengan desain 1.
2. Berdasarkan *static simulation*, bodi kapal selam memiliki:
Tegangan minimal : $1.489e^{+005}$ N/m²
Tegangan maksimal : $1.317e^{+008}$ N/m²
Displacement minimal : 0 mm²
Displacement maksimal : 0.7499 mm
Regangan minimal : $6.583e^{-010}$
Regangan maksimal : $4.992e^{-004}$
3. Berdasarkan *static simulation*, join AUV Militus memiliki :
Tegangan minimal : $1.155e^{+003}$ N/m²
Tegangan maksimal : $2.427e^{+008}$ N/m²
Displacement minimal : 0 mm²
Displacement maksimal : 0.1373 mm
Regangan minimal : $3.082e^{-009}$
Regangan maksimal : $6.300e^{-004}$

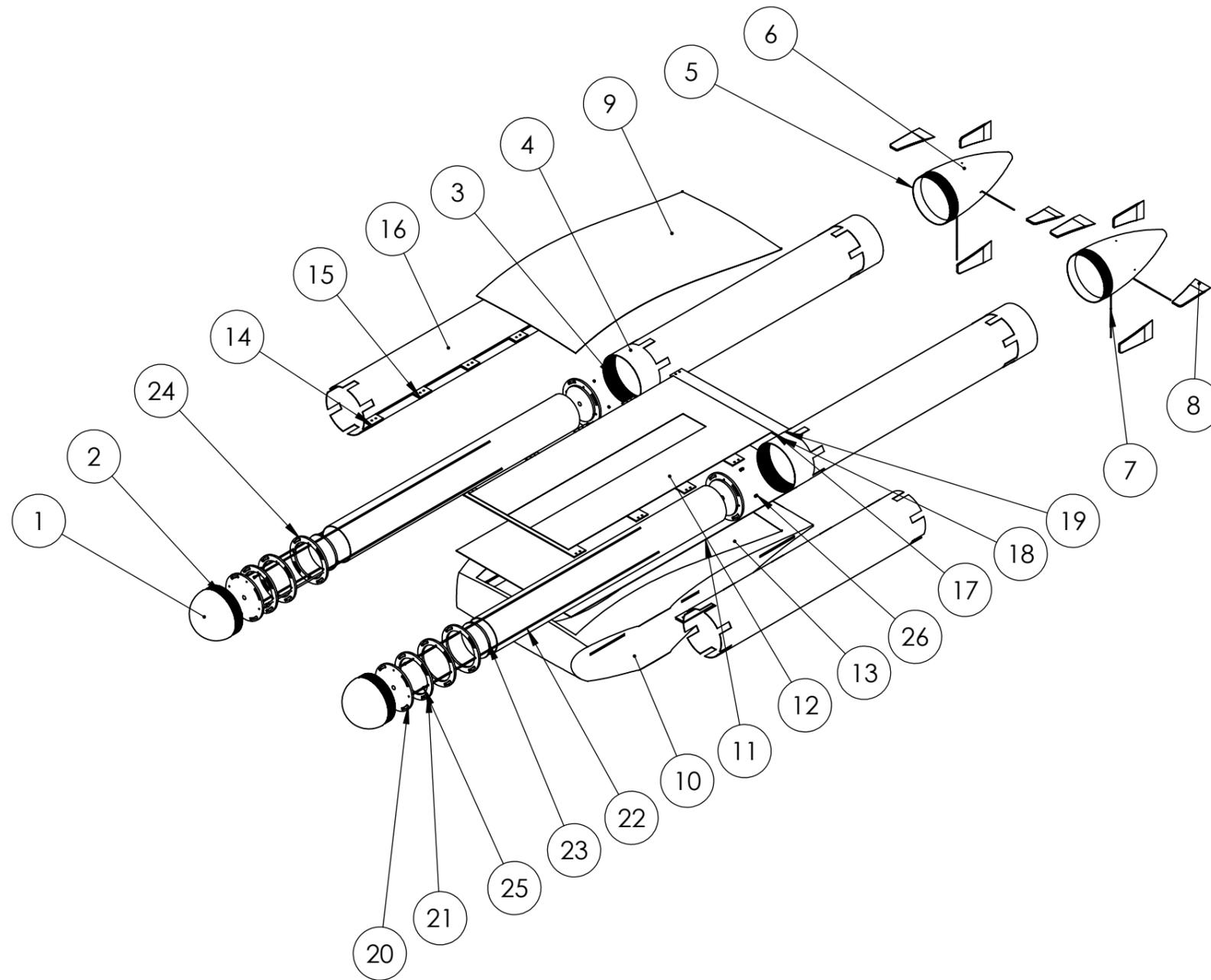
5.2 Saran

Adapun beberapa saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

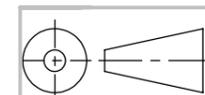
1. Pada analisa model uji 3D dirasa kurang akurat dalam analisa bodi kapal selam, karena *interval meshing* kurang rapat. Diharapkan untuk membuat *interval meshing* yang lebih kecil pada penelitian selanjutnya.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan aplikasi ansys untuk proses simulasi analisa fluida. Dikarenakan kelengkapan *tool* pada ansys lebih memadai untuk dilakukan proses analisa aliran fluida.

DAFTAR PUSTAKA

- Sato G. Takeshi, Hartanto N. Sugiarto. 1981. Mechanical Drawing According to ISO standards. Jakarta: PT. Pertja
- Mahardian ,D.2016. Analisa Struktur Multi-Platform Skywalker Dan Reaper Uav. Tugas Akhir D3 Teknik Mesin ITS. Surabaya
- Jati ,A . 2016. Simulasi Desain Geometri Untuk Mendapatkan Nilai Pusat Massa Dan Koefessien Hidrodinamika untuk AUV Segorogeni dan AUV Militus. Tugas Akhir D3 Teknik Mesin ITS. Surabaya
- Khan, A. 2016. Rancang Bangun Wind Tunnel (Dh=0.3m). Tugas Akhir D3 Teknik Mesin ITS.Surabaya
- Zainuri Achmad. 2010.Tegangan Maksimum Dan Faktor Keamanan Pada Poros Engkol *Daihatsu Zebra Espass* Berdasarkan Metode Numerik. Momentum, Vol 6, No2. Teknik Mesin Fakultas Teknik Mataram
- Pamuji, R dkk. Analisa Stabilitas Dan Equilibrium Kapal Selam Midget 150 Untuk Perairan Indonesia. Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- R.C. Hibbeler 2010, *Dynamics Engineering Mechanic. United State Of America*
- Imam,Z dkk .2014. Analisis Struktur *Overhead Crane* Kapasitas 35 Ton. Jurnal Teknik Pomits.Vol 3.No 1. Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya
- Anam. H dkk. *Design of Diver Propulsion Vehicle* Ganendra RI-1 *Using SolidWorks Flow Simulation. Marine Underwater Science and Teknology* Jatinangor, West Java, Indonesia
- Setiawan. J dkk 2016. Perancangan Struktur *Frame* Quadrotor. Rotasi Vol 17 No. 3, Teknik Mesin, Fakultas Teknik ,Diponegoro
- Solidworks, 2016, Solidworks Flow Simulation 2016 Tutorial.



No.	Jml.	Nama Bagian	Bahan	Catatan
1.	2	Nose	ASTM A36 Steel	
2.	2	Join Ulir Nose	ASTM A36 Steel	
3.	4	Join Ulir Hull	ASTM A36 Steel	
4.	2	Hull	ASTM A36 Steel	
5.	2	Join Ulir Tail	ASTM A36 Steel	
6.	2	Tail	ASTM A36 Steel	
7.	4	Poros Fin	ASTM A36 Steel	
8.	8	Fin	E-Glass Fiber	
9.	1	Atap Bridge	E-Glass Fiber	
10.	1	Bridge	ASTM A36 Steel	
11.	1	Atap Ballast Bridge	ASTM A36 Steel	
12.	1	Papan Bridge	Balsa	
13.	1	Sket Ballast Bridge	ASTM A36 Steel	
14.	8	Plat Join Hull 1	ASTM A36 Steel	
15.	12	Plat Join Hull 2	ASTM A36 Steel	
16.	2	Join Hull	ASTM A36 Steel	
17.	5	Penampang Join	ASTM A36 Steel	
18.	20	Baut Join Hull	S20C	
19.	20	Mur Join Hull	S20C	
20.	4	Tutup Ballast Hull	NYLON 101	
21.	6	Rangka Ballast Hull	ASTM A36 Steel	
22.	2	Tabung	ACRYLIC	
23.	2	Sket Ballast Hull	NYLON 101	
24.	32	Selubung Ballast Hull	STAINLESS STEEL	
25.	8	Baut Ballast Hull	S20C	
26.	8	Mur Ballast Hull	S20C	



DEPT T. MESIN
INDUSTRI

SKALA : 1 : 50
UKURAN : mm
TANGGAL : 08-12-2017

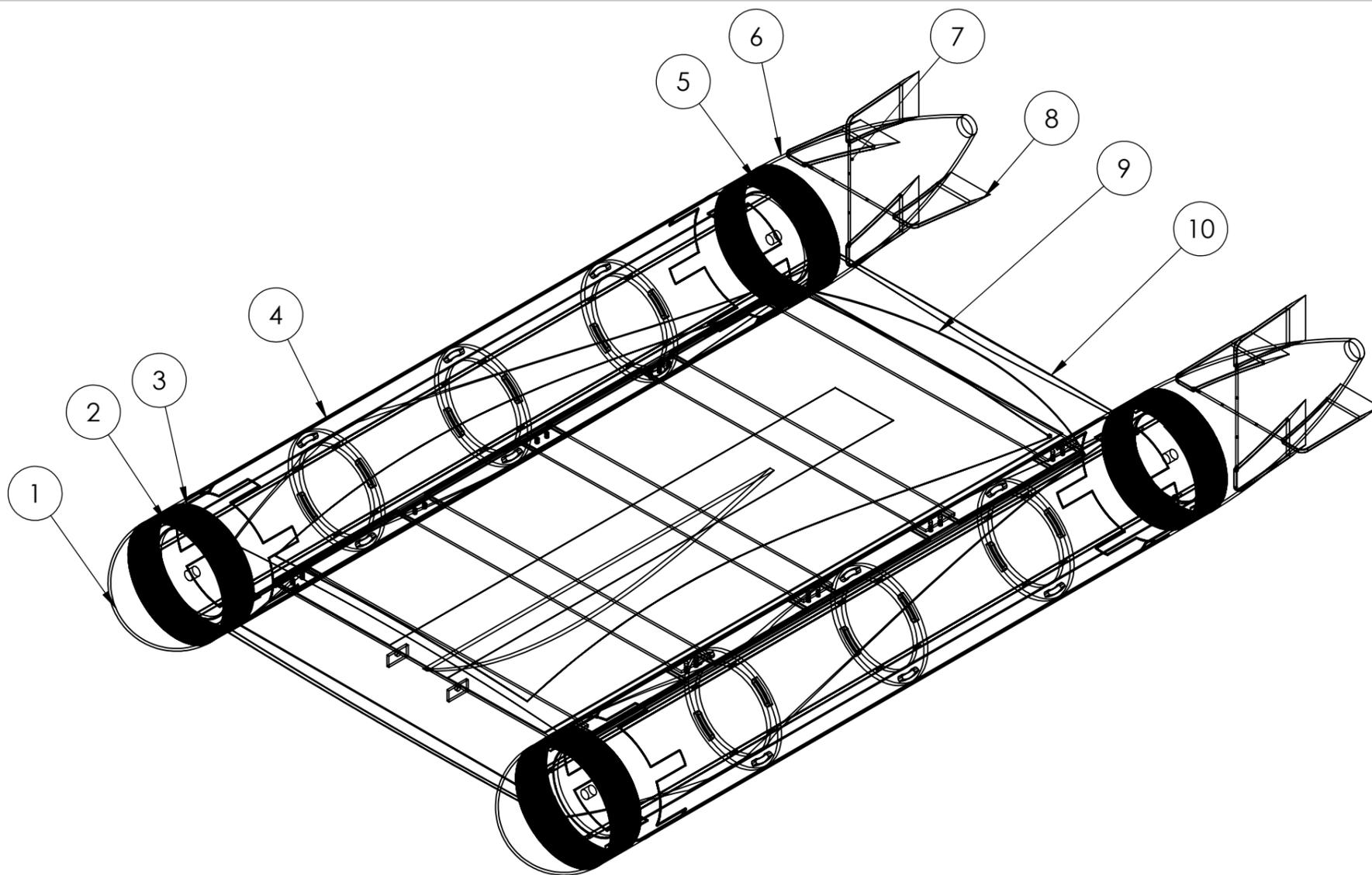
DIGAMBAR : ABDUL SAYYID A
NRP : 2114030081
DILIHAT : HENDRO NURHADI

KETERANGAN :

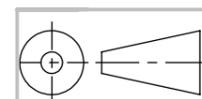
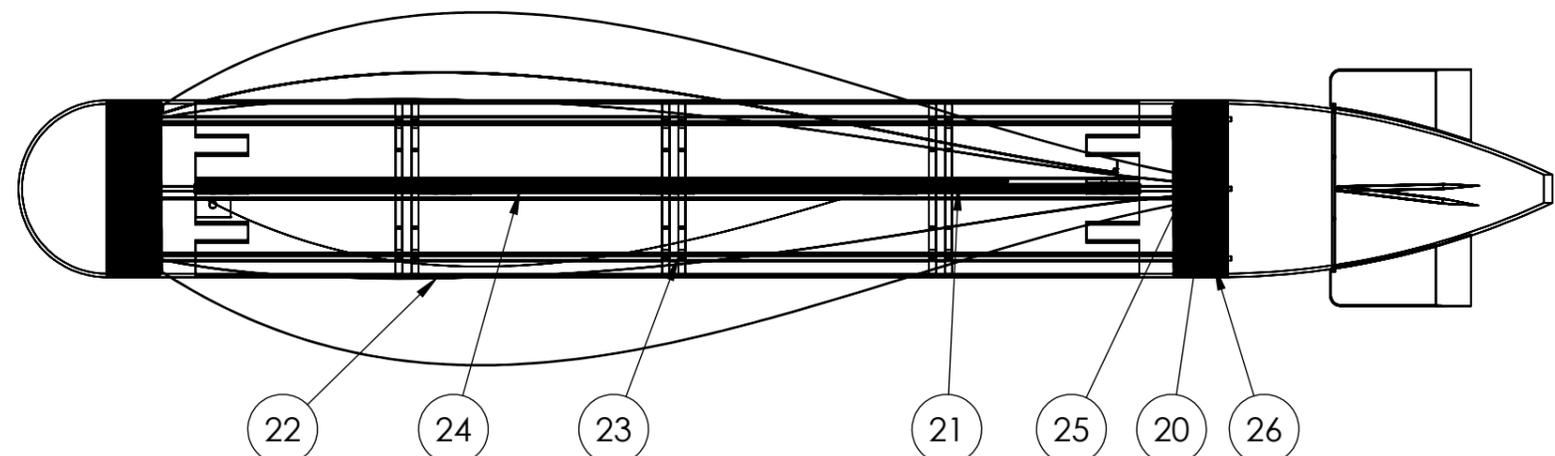
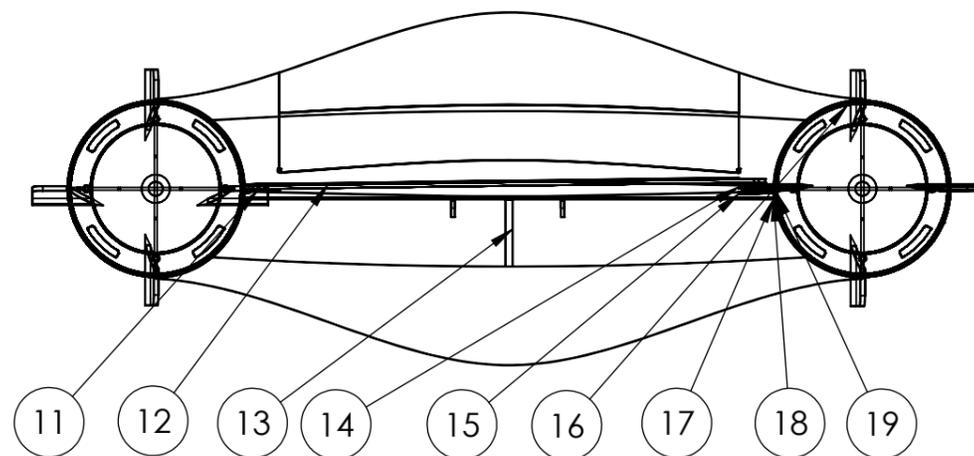
GAMBAR EXPLODE

NO: 02

A3



No.	Jml	Nama Bagian	Bahan	Catatan
1.	2	Nose	ASTM A36 Steel	
2.	2	Join Ulir Nose	ASTM A36 Steel	
3.	4	Join Ulir Hull	ASTM A36 Steel	
4.	2	Hull	ASTM A36 Steel	
5.	2	Join Ulir Tail	ASTM A36 Steel	
6.	2	Tail	ASTM A36 Steel	
7.	4	Poros Fin	ASTM A36 Steel	
8.	8	Fin	E-Glass Fiber	
9.	1	Atap Bridge	E-Glass Fiber	
10.	1	Bridge	ASTM A36 Steel	
11.	1	Atap Ballast bridge	ASTM A36 Steel	
12.	1	Papan Bridge	Balsa	
13.	1	Sket Ballast Bridge	ASTM A36 Steel	
14.	8	Plat Join Hull 1	ASTM A36 Steel	
15.	12	Plat Join Hull 2	ASTM A36 Steel	
16.	2	Join Hull	ASTM A36 Steel	
17.	5	Penampang Join	ASTM A36 Steel	
18.	20	Baut Join Hull	S20C	
19.	20	Mur Join Hull	S20C	
20.	4	Tutup Ballast Hull	NYLON 101	
21.	6	Rangka Ballast Hull	ASTM A36 Steel	
22.	2	Tabung	ACRYLIC	
23.	2	Sket Ballast Hull	NYLON 101	
24.	32	Selubung Ballast Hull	STAINLESS STEEL	
25.	8	Baut Ballast Hull	S20C	
26.	8	Mur Ballast Hull	S20C	



DEPT T. MESIN
INDUSTRI

SKALA : 1 : 20
UKURAN : mm
TANGGAL : 08-12-2017

DIGAMBAR : ABDUL SAYYID A
NRP : 2114030081
DILIHAT : HENDRO NURHADI

KETERANGAN :

GAMBAR SUSUNAN

NO: 01

A3

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 26 Nopember 1995, merupakan anak pertama . Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, MI Minhajul Huda PlosoBuden Lamongan, SMPN 2 Lamongan, SMAN 1 Lamongan . Pada tahun 2014 Penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin FTI – ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 2114030081. Penulis memilih bidang studi Manufaktur untuk dipelajari di perkuliahan. Penulis mengambil TA dengan dasar mata kuliah Manufaktur.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan baik di bidang akademik maupun non akademik. Penulis bergabung dalam organisasi Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin ITS (HMDM ITS) pada periode 2015/2016. Penulis juga pernah menjadi anggota BSO Bengkel HMDM . Pelatihan yang pernah diikuti penulis yaitu : Pelatihan PKTI (2014) dan LKMM Pra TD di Jurusan D3 Teknik Mesin, Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik selama satu bulan pada 17 Juni s/d 17 Juli 2017 di unit Candal . Untuk informasi lebih lanjut bisa email ke : azzindani.abdul@gmail.com