

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN TANGKI *UPPERGROUND* 15000 L DENGAN ANALISIS  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN *FLOW*  
*SIMULATION ANALYSIS* DENGAN *SOFTWARE* SOLIDWORKS**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin*



**Oleh**

**AZZUMARIVQY ASWARD**

**20160021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2024**

HALAMAN PENGESAHAN

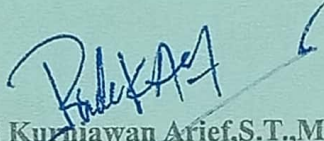
PERANCANGAN TANGKI *UPPERGROUND* 15000 L DENGAN ANALISIS  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN *FLOW SIMULATION*  
*ANALYSIS* DENGAN *SOFTWARE SOLIDWORKS*

Oleh

AZZUMARIVQY ASWARD

20160021

Dosen Pembimbing

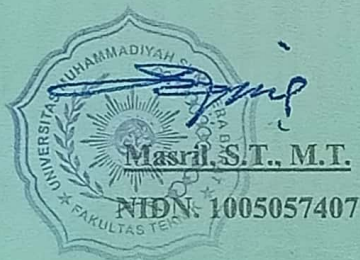
  
Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN. 1023068103

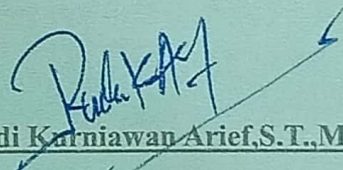
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi

UM Sumatera Barat

Teknik Mesin

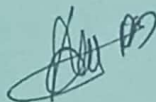


  
Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN. 1023068103

## LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 17 Februari 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 17 Februari 2024



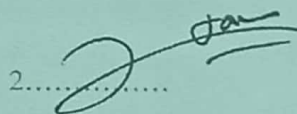
AZZUMARIVQY ASWARD  
20160021

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 17 Februari 2024 :

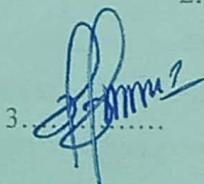
Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D.

1. 

Jana Hafiza, S.T, M.T.

2. 

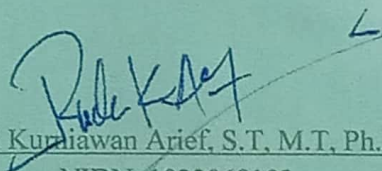
Muchlisinalahuddin, S.T, M.T.

3. 

Mengetahui

Ketua Program Studi

Teknik Mesin



Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D.  
NIDN. 1023068103



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : AZZUMARIVQY ASWARD  
Tempat dan tanggal lahir : Jakarta ,07 Agustus 2002  
NIM : 20160021  
Judul Skripsi : PERANCANGAN TANGKI  
*UPPERGROUND* 15000 L DENGAN  
ANALISIS MENGGUNAKAN METODE  
ELEMEN HINGGA DAN *FLOW*  
*SIMULATION ANALYSIS* DENGAN  
*SOFTWARE SOLIDWORKS*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 22 Februari 2024

Yang membuat pernyataan



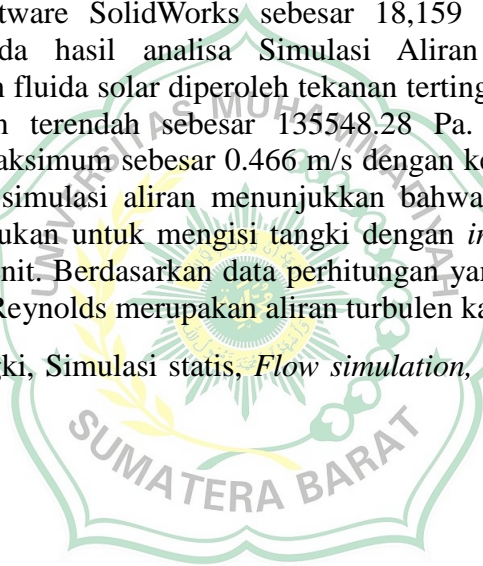
AZZUMARIVQY ASWARD

20160021

## ABSTRAK

Tangki bukan hanya sekedar wadah untuk menyimpan barang dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran akses terhadap barang dan bahan baku serta dapat melindungi barang atau bahan baku dari zat kontaminan (kontaminan dapat menurunkan kualitas barang atau bahan mentah). Pada umumnya produk atau bahan baku yang terdapat pada industri kimia berbentuk cairan atau gas, namun tidak menutup kemungkinan juga dalam bentuk padat. Persiapan pembuatan tangki memerlukan perencanaan yang baik mulai dari segi pengerjaan, rencana, bahan dan biaya. Standar desain tangki yang digunakan adalah API 650. Hasil kajian simulasi dan perhitungan teoritis yang digunakan pada desain tangki Upperground merupakan hasil simulasi statik menggunakan software SolidWorks pada tegangan *von misses* maksimum dengan material ASTM A36 yaitu 13,76 MPa dan perhitungan teoritis, yaitu 16,77 Mpa. Pada simulasi *displacement* menggunakan Software SolidWorks dengan material ASTM A36 sebesar 0,06 mm dan perhitungan teoritis sebesar 0,0589, sedangkan untuk Faktor Keamanan menggunakan Software SolidWorks sebesar 18,159 dan perhitungan teoritis sebesar 14,9. Pada hasil analisa Simulasi Aliran menggunakan aplikasi SolidWorks dengan fluida solar diperoleh tekanan tertinggi sebesar 135687.94 Pa, sedangkan tekanan terendah sebesar 135548.28 Pa. Pada bagian kecepatan diperoleh angka maksimum sebesar 0.466 m/s dengan kecepatan rata-rata sebesar 0.027 MS. Tahap simulasi aliran menunjukkan bahwa aliran bersifat turbulen. Waktu yang diperlukan untuk mengisi tangki dengan *inlet volume flow* 0,00556 m<sup>3</sup>/s adalah 45 menit. Berdasarkan data perhitungan yang telah dilakukan, aliran menurut bilangan Reynolds merupakan aliran turbulen karena  $10440000 > 4000$ .

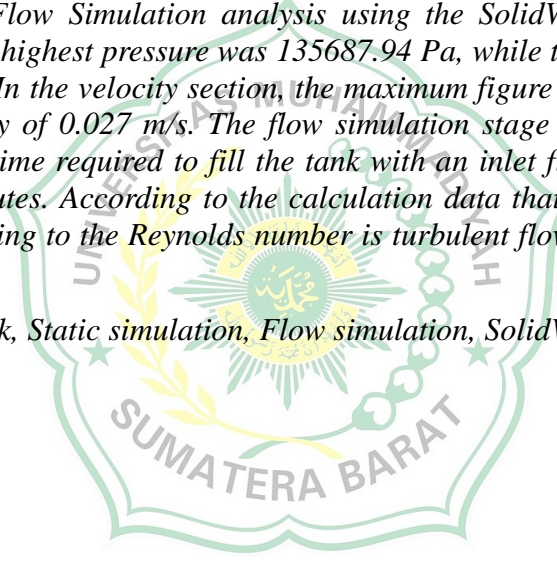
**Kata kunci** : Tangki, Simulasi statis, *Flow simulation*, SolidWorks, ASTM A36, API 650.



## ABSTRACT

Tanks are not just containers for storing goods and raw materials but also maintain smooth access to goods and raw materials and can protect goods or raw materials from contaminants (contaminants can reduce the quality of goods or raw fabrics). In general, the products or raw materials found in the chemical industry are in the form of liquids or gases, but it is also possible that they are in a strong form. Preparation for making a tank requires good planning starting in terms of workmanship, plans, materials and costs. The tank design standard used is API 650. The results of simulation studies and theoretical calculations used in the Underground tank design are the results of static simulations using SolidWorks software at the maximum von miss stress with ASTM A36 material, namely 13.76 MPa and theoretical calculations, namely 16.77 Mpa. In the simulation displacement using SolidWorks Software with ASTM A36 material, it is 0.06 mm and the theoretical calculation is 0.0589, while for the Factor of Safety using SolidWorks Software it is 18.159 and the theoretical calculation is 14.9. In the results of the Flow Simulation analysis using the SolidWorks application with diesel fluid, the highest pressure was 135687.94 Pa, while the lowest pressure was 135548.28 Pa. In the velocity section, the maximum figure was 0.466 m/s with an average velocity of 0.027 m/s. The flow simulation stage shows that the flow is turbulent. The time required to fill the tank with an inlet flow volume of 0.00556 m<sup>3</sup>/s is 45 minutes. According to the calculation data that has been carried out, the flow according to the Reynolds number is turbulent flow because  $10440000 > 4000$ .

**Keywords :** Tank, Static simulation, Flow simulation, SolidWorks, ASTM A36, API 650.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang yang tiada habisnya;
2. Bapak **Masril, S.T, M.T**, selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak **Hariyadi, S.Kom, M.Kom**, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak **Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D**, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin;
5. Bapak **Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D**, selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak **Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D**, selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Seluruh sahabat dan teman-teman saya di jurusan Teknik Mesin, Himpunan ataupun Unit Kegiatan Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat atas semangat dan masukan serta kritikan yang membangun;
9. Orang – orang yang telah membantu penulis
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Khususnya mahasiswa teknik mesin.

Bukittinggi, 17 Februari 2024

Penulis





## DAFTAR ISI

**HALAMAN PENGESAHAN**

**LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN**

**ABSTRAK**

**ABSTRACT**

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tangki.....	6
2.1.1 Jenis-Jenis Tangki.....	8
2.2 Persyaratan Untuk Elemen Elemen Tangki.....	11
2.2.1 Material.....	11
2.2.2 <i>Roof plate</i> .....	11

2.2.3 <i>Shell plate</i> .....	11
2.2.4 <i>Annular plate</i> .....	12
2.2.5 <i>Bottom plate</i> .....	12
2.3 Minyak Bumi.....	13
2.4 Sifat Minyak Bumi .....	14
2.4.1 Sifat Umum.....	14
2.4.2 Sifat Penguapan .....	15
2.4.3 Sifat Pengkaratan .....	15
2.4.4 Sifat Kemurnian.....	16
2.4.5 Sifat Kemudahan Mengalir.....	16
2.4.6 Sifat Keselamatan .....	16
2.5 Solar.....	17
2.5.1 Sifat – sifat Bahan Bakar Solar.....	17
2.6 Pengertian Fluida.....	21
2.6.1 Macam- macam aliran fluida.....	21
2.6.2 Penentuan jenis aliran menurut angka reynoldnya.....	22
2.7 Teori Distorsi Energi.....	23
2.8 Metode Elemen Hingga.....	26
2.8.1 Tahapan Metode Elemen Hingga.....	27
2.9 <i>Flow Simulation</i> .....	28
2.9.1 Tahapan utama dalam simulasi .....	29
2.9.2 Meshing.....	30
2.9.3 Rumus perhitungan.....	31
2.10 Standar Desain.....	31
2.11 SolidWorks 2022 .....	31
2.11.1 Indikator Analisa Pada Tangki dan Teoritis .....	32

2.12 Penelitian Terdahulu .....	35
BAB III .....	39
METODOLOGI PENELITIAN .....	39
3.1 Bagan Alir.....	40
3.2 Data Umum Perencanaan .....	41
3.3 Perancangan Tangki Minyak .....	41
3.3.1 Alat dan bahan. ....	41
3.3.2 Perancangan Geometri .....	42
3.4 Simulasi Statis .....	62
3.5 <i>Flow Simulation</i> .....	65
BAB IV .....	71
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	71
4.1 Perhitungan data umum perancangan.....	71
4.2 Hasil analisa dan simulasi statis.....	72
4.2.1 <i>Von Misses Stress</i> .....	72
4.2.2 <i>Displacement</i> .....	73
4.2.3 <i>Factor Of Safety</i> .....	74
4.3 Hasil perhitungan secara teoritis .....	75
4.3.1 <i>Von Mises stress</i> .....	75
4.3.2 <i>Displacement</i> . ....	76
4.3.3 <i>Factor Of Safety</i> .....	76
4.4 Hasil <i>Flow Simulation</i> .....	77
4.4.1 <i>Preassure</i> .....	77
4.4.2 <i>Velocity</i> .....	78
4.4.3 Jenis Aliran .....	79
4.5 Perhitungan.....	79

BAB V.....	81
PENUTUP.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketebalan minimum plat menurut API 650.....	12
Tabel 2. 2 Komposisi elemen berdasarkan berat.....	14
Tabel 2. 3 Komposisi molekul berdasarkan berat .....	14
Tabel 2. 4 Standar Solar .....	20
Tabel 2. 5 Tabel perbedaan jenis aliran fluida.....	23
Tabel 2. 6 Faktor keamanan yang disarankan .....	35
Tabel 2. 7 Penelitian terdahulu.....	36
Tabel 3. 1 Spesifikasi dari tangki .....	41
Tabel 3. 2 Spesifikasi dari material .....	41
Tabel 4. 1 Perbandingan perhitungan simulasi dan teoritis.....	77



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Aboveground tank</i> .....	8
Gambar 2. 2 <i>Underground tank</i> .....	9
Gambar 2. 3 <i>Cone Roof</i> .....	9
Gambar 2. 4 <i>Dome roof</i> .....	10
Gambar 2. 5 <i>Floating roof tank</i> .....	10
Gambar 2. 6 Potongan <i>bottom plate</i> dan <i>annular plate</i> .....	13
Gambar 2. 7 Aliran laminar.....	21
Gambar 2. 8 Aliran transisi .....	21
Gambar 2. 9 Aliran turbulen.....	22
Gambar 2. 10 Kurva tegangan regangan.....	24
Gambar 3. 1 Bagan alir .....	40
Gambar 3. 2 Tampak depan.....	43
Gambar 3. 3 Tampak atas.....	43
Gambar 3. 4 Tampak kiri.....	44
Gambar 3. 5 Tampak kanan.....	44
Gambar 3. 6 Tampak 3D.....	45
Gambar 3. 7 <i>Derive surface</i> .....	45
Gambar 3. 8 Sketsa tangki .....	46
Gambar 3. 9 <i>Surface</i> tangki.....	46
Gambar 3. 10 Pemotongan tangki.....	47
Gambar 3. 11 Pemotongan tangki .....	47
Gambar 3. 12 Pemotongan tangki.....	48
Gambar 3. 13 Pembuatan pipa .....	48
Gambar 3. 14 Ketebalan tangki.....	49
Gambar 3. 15 Sketsa <i>Leg Pads</i> .....	49
Gambar 3. 16 Membuat <i>Body Solids</i> .....	50
Gambar 3. 17 Lubang pada tangki .....	50
Gambar 3. 18 Pembuatan <i>plane</i> .....	51
Gambar 3. 19 Pembuatan pipa .....	51

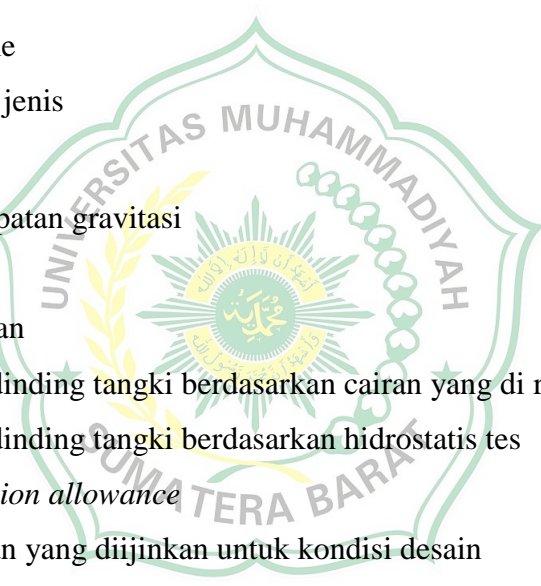
Gambar 3. 20 Pembuatan <i>flange</i> .....	52
Gambar 3. 21 Pembuatan <i>plane</i> .....	52
Gambar 3. 22 Sketsa rangka sasis .....	53
Gambar 3. 23 Sketsa rangka sasis .....	53
Gambar 3. 24 Duplikat objek sasis .....	54
Gambar 3. 25 sketsa sasis dan pembuatan besi rangka.....	54
Gambar 3. 26 sketsa sasis dan pembuatan besi rangka.....	55
Gambar 3. 27 Pembuatan plat besi.....	55
Gambar 3. 28 Pembuatan lubang <i>flange</i> .....	56
Gambar 3. 29 Pembuatan lubang <i>flange</i> .....	56
Gambar 3. 30 Pembuatan sketsa sasis tangga .....	57
Gambar 3. 31 Pembuatan sketsa sasis tangga .....	57
Gambar 3. 32 pemasangan besi <i>handril</i> .....	58
Gambar 3. 33 pemasangan besi <i>handril</i> .....	58
Gambar 3. 34 Pemasangan besi pipa <i>handril</i> selanjutnya.....	59
Gambar 3. 35 Pemasangan besi pipa <i>handril</i> selanjutnya.....	59
Gambar 3. 36 Pembuatan sasis pijakan tangga .....	60
Gambar 3. 37 Pembuatan sasis pijakan tangga .....	60
Gambar 3. 38 Pembuatan plat tangga .....	61
Gambar 3. 39 Pembuatan plat tangga .....	61
Gambar 3. 40 Pembuatan plat tangga .....	62
Gambar 3. 41 Pemilihan material .....	63
Gambar 3. 42 Penentuan titik tumpu .....	63
Gambar 3. 43 Pemberian beban .....	64
Gambar 3. 44 <i>Meshing</i> .....	65
Gambar 3. 45 Tentukan nama proyek .....	66
Gambar 3. 46 Pilih ketentuan satuan .....	66
Gambar 3. 47 Masukkan jenis fluida yang digunakan.....	67
Gambar 3. 48 Atur <i>initial condition</i> .....	67
Gambar 3. 49 <i>Data computational domain</i> .....	68
Gambar 3. 50 <i>Data inlet</i> .....	69
Gambar 3. 51 <i>Data outlet</i> .....	69

Gambar 3. 52 <i>Data goals</i> .....	70
Gambar 3. 53 <i>Data run</i> .....	70
Gambar 4. 1 <i>Von Misses Stress</i> .....	73
Gambar 4. 2 <i>Displacement</i> .....	74
Gambar 4. 3 <i>Factor of Safety</i> .....	75
Gambar 4. 4 <i>Simulasi Preasure</i> .....	78
Gambar 4. 5 <i>Simulasi Velocity</i> .....	78
Gambar 4. 6 <i>Jenis aliran</i> .....	79





## DAFTAR NOTASI



$V_c$	= Volume <i>Cylinder</i>
$V_h$	= Volume <i>Head</i>
$V_t$	= Volume Total
$D$	= Diamater
$T/H$	= Tinggi
$\pi$	= 3.14
$K_1$	= Ukuran Kedua <i>Head</i>
$B$	= Panjang ukuran <i>Head</i>
$m$	= Berat
$V$	= Volume
$\rho / G$	= massa jenis
$W$	= Gaya
$g$	= percepatan gravitasi
$A$	= Luas
$P / P_i$	= Tekanan
$t_d$	= tebal dinding tangki berdasarkan cairan yang di rencanakan
$t_t$	= tebal dinding tangki berdasarkan hidrostatis tes
$C_A$	= <i>corrosion allowance</i>
$S_d$	= tekanan yang diijinkan untuk kondisi desain
$S_t$	= tekanan yang diijinkan untuk kondisi <i>hydrostatic</i>
$Q$	= Debit
$v_{avg}$	= <i>Velocity</i> rata – rata
$\mu$	= Viskositas kinematik
$t$	= Waktu
$\sigma'$	= <i>Von Misses Stress</i>
$\sigma_h$	= <i>Hope Stress</i>
$\sigma_l$	= <i>Longitudinal Stress</i>
$\sigma_r$	= <i>Radial Stress</i>
$R$	= <i>Radius</i>

$T_p$  = Tebal Plat  
 $E$  = *Modulus Young*  
 $\nu$  = *Poisson Ratio*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara yang kaya akan sumber daya alam (*natural resources*), salah satunya ialah Indonesia. diantaranya mineral, pertambangan, minyak bumi, perikanan (kelautan), dan lain-lain. Dibidang tambang dan pengelolaannya, minyak bumi merupakan sumber daya alam yang diproduksi di Indonesia dan banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. di dalam pasal 1 ayat 1 Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2001 perihal minyak bumi berbunyi Minyak Bumi merupakan hasil dari proses alam berupa senyawa hidrokarbon dalam fase cair dibawah tekanan atmosfer dan kondisi suhu atau padatan, termasuk, lilin bitumen, aspal, mineral, atau ozokerit yang diperoleh melalui penambangan, kecuali batu bara dan cadangan hidrokarbon lainnya yang diperoleh melalui usaha yang tidak bersangkutan dengan operasi industri minyak dan gas alam.

Menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, terdapat dua jenis aktivitas usaha: hulu yang mencakup penemuan dan produksi; dan hilir, yang meliputi pengolahan, pengiriman, penimbunan, dan perdagangan. Dari semua itu, hanya yang dilakukan melalui tata cara persaingan yang terbuka dan transparan saja yang boleh dilaksanakan dengan izin usaha.

Menurut Telford,(1976) Sisa-sisa mikroorganisme laut yang terakumulasi selama jutaan tahun inilah yang menghasilkan minyak bumi; variasi suhu dan tekanan menyebabkan material ini berubah menjadi senyawa hidrokarbon. Minyak bumi tercipta dari fosil organisme penghuni laut yang telah terkubur selama puluhan ribu tahun. Pasir dan tanah di dasar laut adalah tempat terkuburnya tumbuhan dan hewan laut yang mati. Akibat suhu dan tekanan bumi yang ekstrim, lapisan pasir dan debu mengeras menjadi batuan setelah terkubur selama ratusan tahun. Minyak bumi dan bahan bakar nabati (*oil and fuel oline*), dengan jangka waktu sistematis yang biasa disebut minyak bumi, merupakan senyawa hidrokarbon (senyawa faktor kimia hidrogen dan karbon) diproduksi di bumi dan terperangkap di batuan keraknya. bisa berbentuk

padat, cair, atau gas. sebagai tar, bitumen, aspal, dan sebagainya jika berbentuk padat. Minyak mentah berbentuk cair, dan bahan bakar berbentuk gas. Bahan bakar dan minyak terdegradasi bersirkulasi dari sumbernya dan terperangkap di beberapa batuan. Debu berubah menjadi batu, dan area aslinya mengeras. Bahan bakar dan minyak bersirkulasi dari tempat yang lebih dalam ke batuan yang sesuai. Daerah tersebut umumnya berupa batu pasir yang berongga kecil atau batu gamping dan sepasang patahan yang terbentuk melalui bunga vulkanik yang berpotensi menyimpan minyak bumi dan bahan bakar. Yang paling penting adalah batuan tempat disimpannya minyak bumi dan bahan bakar nabati biasanya merupakan lapisan atas yang dimasukkan melalui lapisan batuan kedap air. Minyak bumi biasanya berada di bawah tekanan, meskipun bisa bocor melalui pengeboran atau mencapai permukaan bumi. Ketika tekanannya cukup tinggi, bahan bakar dan minyak akan naik dengan sendirinya; namun, bila tekanannya cukup rendah, dibutuhkan pompa agar minyak bumi dapat naik ke permukaan. Meskipun tidak semua lapisan bumi memiliki struktur geologi yang berbentuk memungkinkan terperangkapnya minyak dan gas, namun beberapa lapisan bumi memiliki struktur geologi yang memungkinkan terperangkapnya minyak dan gas. Demikian pula, kedalamannya bervariasi dari ratusan atau ribuan kilometer di dalam tanah hingga cukup dekat dengan permukaan, bahkan ada yang terlihat dipermukaan. Menurut Djuri dan Sudjarmiko (1998) Mengacu pada pemetaan geologi wilayah barat lembar Palopo dan lembar Majene, yang mengandung endapan batulempung terkelupas, napal, dan sisipan batu bara tipis dengan ketebalan formasi lebih dari 1000 meter dijelaskan oleh pemetaan dari geologi lembar Palopo, lembar dari Majene, dan bagian baratnya. Selain itu, terdapat rembesan—rembesan minyak pada formasi batuan. Badan Geologi (2009) menyatakan, salah satu subcekungan yang berpotensi menghasilkan hidrokarbon adalah subcekungan di Enrekang yang terletak di wilayah utara hingga tengah Sulawesi Selatan. Subcekungan ini terletak di Cekungan Sengkang, lebih spesifiknya di wilayah utara.. Menurut Badan 3 geologi (2009) ditemukan kebocoran minyak bumi di sejumlah lokasi tersebut, yang menunjukkan bahwa Sub-cekungan Enrekang telah matang. Ada dua



parameter analisis yang diperlukan untuk menentukan kualitas dan manfaat kandungan minyak bumi: parameter fisik dan parameter kimia. Nilai kalor dan berat jenis adalah dua contoh parameter fisik. Analisis sifat geokimia digunakan untuk menentukan parameter kimia. Sifat geokimia minyak bumi adalah hasil penerapan dari pengetahuan tentang kimia untuk menelaah asal dari minyak bumi. Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana kualitas, jenis, umur, dan tingkat kematangan minyak bumi serta lingkungan pengendapannya.

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Barat (2023), pada Desember 2023 Indonesia mengimpor minyak mentah 230 184,31 ton, meningkat 29% dibanding September tahun lalu (*yoy/years of years*). Total impor minyak bumi Indonesia pada Januari hingga Desember 2023 sebanyak 2.191.330,59 ton. Dibandingkan Januari dengan Desember 2022 (*cumulative-to-cumulative /ctc*), nilai ini naik sebesar 9%. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), menyatakan. Dalam sepuluh tahun terakhir ini , produksi dari minyak bumi di Indonesia secara umum mengalami penyusutan hingga mencapai rekor terendah pada tahun 2022.

Maka dalam kajian ini penulis tertarik untuk menganalisis Tanki 15000 L dengan Metode Elemen Hingga dan Analisis *Flow Simulation* dengan bantuan program komputer yaitu software SOLIDWORKS 2022. Analisis dilakukan sebagai analisa awal untuk mengidentifikasi tegangan maksimal dan aliran fluida yang bergerak .Peneliti bertujuan untuk menganalisis Tanki 15000 L terhadap beban yang diberikan dengan judul penelitian “**PERANCANGAN TANGKI UPPERGROUND 15000 L DENGAN ANALISIS MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN FLOW SIMULATION ANALYSIS DENGAN SOFTWARE SOLIDWORKS** ”. Analisis diharapkan dapat mengetahui kapasitas dan kinerja dari tangki tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Menurut latar belakang tersebut, maka dapat ditarik rumusan masalah penelitian ini:

1. Bagaimana konsep perancangan tangki *upperground* 15000 L dengan *software* Solidworks 2022?
2. Bagaimana hasil output analisis Statis pada penggunaan SolidWorks 2022?
3. Bagaimana hasil output pada analisis *Flow Simulation* SolidWorks 2022?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ini berguna untuk mengarahkan topik ini supaya tidak menyimpang dari sasaran yang ingin di tuju. Berikut adalah beberapa batasan masalah:

1. Peraturan yang digunakan yaitu API 650.
2. Material Yang di gunakan adalah ASTM A36 .
3. Analisis Metode Elemen Hingga dengan pembahasan mengenai *Von Misses stress, displacement, dan Factor of Safety* serta *Flow Simulation*
4. Menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2022

### 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

#### 1.4.1 Tujuan

Pembahasan ini mempunyai beberapa maskud yaitu:

1. Mengetahui kemampuan dari tangki *Upperground*.
2. Untuk mengetahui titik-titik yang mengalami perpindahan pada material.
3. Untuk mengetahui jenis aliran pada tangki.
4. Untuk mengetahui lama pengisian tangki.

#### 1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat yang diberikan nantinya yaitu:

1. Mampu mengetahui kemampuan suatu material menahan suatu beban.
2. Dapat mengetahui kelayakan dari tangki terhadap beban yang di berikan.

3. sebagai gambaran sumber referensi untuk penelitian kedepan.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Secara umum sistematika penulisan yang akan digunakan memiliki beberapa tahapan berikut:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam bab I ini ada beberapa uraian yaitu latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II ini menerangkan teori-teori dari buku, jurnal, pedoman teknis, dan sumber lain yang relevan untuk mengetahui apa itu Metode Elemen Hingga dan penjelasan mengenai *Flow Simulation*

#### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab III ini membahas data-data penelitian dan proses penelitian untuk menganalisis Tangki *Upperground* 15000 L menggunakan Solidworks 2022.

#### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab IV ini dijelaskan analisis mulai dari metoda yang digunakan sampai dengan tata cara analisis data dengan menggunakan program SolidWorks 2022 untuk menganalisis Tangki *Upperground* 15000L.

#### **BAB V : PENUTUP**

Bab V berisi kesimpulan yang didapatkan dari analisis data yang didapatkan dan beberapa saran untuk penelitian ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tangki

Tangki tidak hanya sekedar wadah untuk menampung barang dan bahan mentah tetapi juga menjaga kelancaran akses barang dan bahan mentah serta dapat mengamankan barang atau bahan mentah dari kontaminan (kontaminan dapat menurunkan kualitas barang atau bahan mentah). Secara umum, produk atau bahan mentah yang ditemukan dalam industri kimia berbentuk cairan atau gas, namun ada juga kemungkinan bahwa mereka berada dalam bentuk yang kuat. Persiapan pembuatan tangki memerlukan perencanaan yang baik mulai dari segi pengerjaan, rencana, bahan dan biaya. Kamus Besar Bahasa Indonesia menyatakan Tangki/tang•ki/ n wadah tempat menyimpan (menimbun) air, minyak tanah, dan sebagainya yang terbuat dari logam. Jadi, menurut pengertian diatas dapat ditarik kesimpulan jika tangki adalah wadah atau tempat penyimpanan yang bisa diisi cairan organik dan non organik, air maupun gas yang dapat menyesuaikan tempatnya dan biasanya terbuat dari logam.

Volume Total Tangki dapat di hitung dengan rumus :

$$V_c = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot t \dots\dots\dots [19](2.1)$$

$$V_h = \frac{1}{6} \pi \cdot K_1 \cdot D^3 \dots\dots\dots [7](2.2)$$

$$V_t = V_c + V_h \dots\dots\dots [7](2.3)$$

$$K_1 = \frac{2 \cdot b}{D} \dots\dots\dots [7](2.4)$$

Dimana :

$V_c$  : Volume *Cylinder* (L)

$V_h$  : Volume *Head* (L)

$V_t$  : Volume Total (L)

D : Diamater ( m)

T : Tinggi (m)

$\pi$  : 3.14

$K_1$  : Ukuran Kedua *Head*

B : Panjang ukuran *Head*

Berat muatan tangki dapat dihitung dengan rumus :

$$m = V \cdot \rho \dots\dots\dots [19](2.5)$$

m : Berat (Kg)

V : Volume (L)

$\rho$  : massa jenis Muatan (Kg/L)

Dari persamaan di atas didapatkan rumus gaya :

$$W = m \cdot g \dots\dots\dots [20](2.6)$$

W : Gaya (N)

m : Berat ( Kg )

g : percepatan Gravitasi ( 9,8 m/s<sup>2</sup>)

Untuk menentukan Luas pada tangki digunakan rumus :

$$A = \pi \cdot D \cdot t \dots\dots\dots [20](2.7)$$

A : Luas

D : Diameter (m)

T : tinggi (m)

$\pi$  : 3,14

Maka dapat di tentukan tekanan pada tangki dengan rumus :

$$P = \frac{W}{A} \dots\dots\dots [20](2.8)$$

P : Tekanan (N/m<sup>2</sup>)

W : Gaya (N)

A : Luas

### 2.1.1 Jenis-Jenis Tangki

*Storage tank* atau tangki penyimpanan memiliki berbagai macam jenis dan ukuran. Tiap – tiap jenis tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan serta kegunaannya tersendiri.

#### 2.1.1.1 Berdasarkan Letaknya

1. *Upperground Tank*, yaitu tangki penyimpanan yang terletak di atas permukaan tanah. Tangki ini sering dipergunakan untuk menyimpan minyak (*fuel oil*) dan cairan yang mengandung kimia.



Gambar 2. 1 *Aboveground tank*

Sumber : <https://tanksdirect.com/2021/09/29/aboveground-storage-tank-basics-preventing-water-contamination/> (diakses tanggal 2 januari 2024)



2. *Underground Tank*, yaitu tangki yang terletak di bawah permukaan tanah. Tangki ini dipergunakan untuk menyimpan bahan bakar minyak (BBM) di stasiun pompa bahan bakar untuk umum SPBU.



Gambar 2. 2 *Underground tank*

Sumber : <https://images.app.goo.gl/Us1otsYJ3wqzZAKi8> (diakses tanggal 2 januari 2024)

#### 2.1.1.2 Berdasarkan Bentuk Atapnya

##### 1.. *Fixed Roof Tank*

*Fixed Roof Tank* adalah tangki yang dapat digunakan untuk menyimpan semua jenis produk dan bahan baku yang bersifat korosif dan mudah terbakar.

##### a. *Cone Roof*

*Cone Roof* yaitu tangki penyimpanan ini paling sering digunakan untuk menyimpan fluida yang tidak terlalu volatil.



Gambar 2. 3 *Cone Roof*

Sumber : <https://5.imimg.com/data5/DC/AA/GLADMIN-62824818/cone-roof-tank-500x500.png> (diakses tanggal 2 januari 2024)

b. *Dome Roof*

*Dome Roof* yaitu atap yang dibentuk menyerupai permukaan bulatan dan hanya ditopang pada keliling kubah yang biasanya digunakan untuk menyimpan cairan kimia yang bersifat *volatile* pada tekanan rendah.



Gambar 2. 4 *Dome roof*

Sumber : <https://i0.wp.com/www.eurotanks.eu/wp-content/uploads/2017/10/2002-131-41024x768.jpg> (diakses tanggal 2 januari 2024)

2. *Floating Roof Tank.*

*Floating Roof Tank* adalah tangki dengan atap terapung yang dapat bergerak keatas dan kebawah sesuai dengan tinggi permukaan cairan di dalam tangki pada saat itu.



Gambar 2. 5 *Floating roof tank.*

Sumber : <https://www.gsctanks.com/wp-content/uploads/2021/03/floating-roof-tank.jpg>(diakses tanggal 2 januari 2024)

## 2.2 Persyaratan Untuk Elemen Elemen Tangki

### 2.2.1 Material

Material yang digunakan dalam mendesain tangki ini adalah material yang direkomendasikan oleh API 650 [16] yang secara kekuatan dan komposisinya telah sesuai dengan standar. Mengacu pada *Website Krakatau Steel*, bahwa jenis material yang digunakan dalam struktur sebuah pelat adalah ASTM A36.

### 2.2.2 Roof plate

*Roof plate* merupakan pelat yang menyusun bagian atap dengan ketebalan minimum pelat atap adalah 5 mm (API 650 paragraf 5.10.2.2)[16].

### 2.2.3 Shell plate

Ketebalan pelat dinding yang digunakan sebaiknya lebih besar ketebalan pelat dinding rencana, termasuk penambahan korosi atau ketebalan berdasarkan test hidrostatis. Tetapi ketebalan dinding tidak boleh kurang dari yang disyaratkan (API 650 tabel 5.2a)[16]. Perhitungan *shell plate* dilakukan dengan metode *one-foot* yaitu menghitung tebal shell pada titik peninjauan satu kaki di atas dasar atau alas masing-masing bagian *shell*.

- a. Berdasarkan cairan yang direncanakan

$$t_d = \frac{4,9D(H-0,3)G}{S_d} + CA \dots\dots\dots[16](2.9)$$

- b. Berdasarkan *hydrotest* tangki

$$t_t = \frac{4,9D(H-0,3)}{S_t} \dots\dots\dots[16](2.10)$$

dimana :

$t_d$  : tebal dinding tangki berdasarkan cairan yang di rencanakan (mm)

$t_t$  : tebal dinding tangki berdasarkan hidrostatis tes (mm)

D : diameter (m)

- H : tinggi tangki ( m)
- G : massa jenis cairan (  $\text{Kg/m}^3$  )
- $C_A$  : *corrosion allowance* (mm)
- $S_d$  : tekanan yang diijinkan untuk kondisi desain (MPa)
- $S_t$  : tekanan yang diijinkan untuk kondisi *hydrostatic* (MPa)

Tabel 2. 1 Ketebalan minimum plat menurut API 650[16]

Diameter Tangki	Minimum Ketebalan Pelat
m	mm
<15	5
15 - <36	6
36 - 60	8
> 60	10

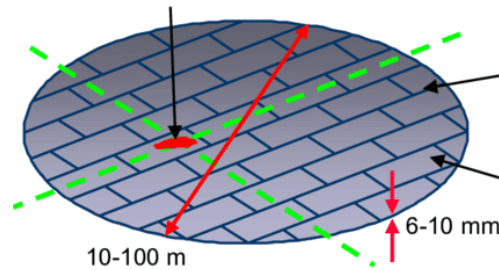
Sumber : API 650 10 th *edition*(1998)

#### 2.2.4 Annular plate

*Annular plate* menurut ketentuan API 650 [16] pada paragraf 5.4.1 yaitu minimum ketebalan yaitu sebesar 6 mm.

#### 2.2.5 Bottom plate

Sesuai ketentuan API 650 [16] pada paragraf 5.4.1 yaitu minimum ketebalan dari *bottom plate* yaitu sebesar 6 mm.



Gambar 2. 6 Potongan *bottom plate* dan *annular plate*

Sumber : Liudas MAŽEIKĀ (2006)

### 2.3 Minyak Bumi

Minyak bumi merupakan suatu bahan bakar yang berasal dari fosil. disebut bahan bakar fosil sebab dibentuk dari sisa binatang dan tumbuhan laut kecil atau organisme-organisme yang telah punah berjuta-juta tahun lalu. Istilah minyak bumi diterjemahkan dari bahasa latin (*petroleum*), artinya petrol (batuan) dan oleum (minyak). *Petroleum* merupakan fosil hewan dan tumbuhan yang ditemukan dalam kulit bumi berupa gas alam, batubara, dan minyak bumi.

Minyak bumi merupakan produk akhir dari suatu rangkaian proses kimia panjang (jutaan tahun) yang diawali dari proses terurainya material organik berupa molekul makro (kerogen) menjadi fluida cair dan gas di dalam bumi. Struktur molekul minyak bumi sebagian besar merupakan struktur molekul material organik yang asal-usulnya sedikit mengalami perubahan gugus fungsi seperti hilangnya ikatan rangkap, terbentuknya lingkaran organik dan lain-lain. (Powell and Kirdy., 1973).

Menurut undang-undang No. 44 Prp. Tahun 1960 Tentang : Pertambangan Minyak dan Gas Bumi, yang dimaksud dengan Minyak dan Gas Bumi adalah bahan –bahan galian minyak bumi, aspal, lilin minyak bumi, semua jenis bitumen, baik yang padat maupun yang cair dan semua gas bumi serta semua hasil-hasil pemurnian dan pengolahan bahan-bahan galian antrasit dan segala macam batu bara, baik yang tua maupun yang muda.

Minyak bumi adalah hasil proses alami berupa hidrokarbon yang dalam kondisi tekanan dan temperature atmosfer berupa fasa cair atau padat, termasuk aspal, lilin mineral atau ozokerit, dan bitumen yang diperoleh dari



proses penambangan, tetapi tidak termasuk batubara atau endapan hidrokarbon lain yang berbentuk padat yang diperoleh dari kegiatan yang tidak terkait dengan kegiatan usaha minyak dan gas bumi (Undang-undang no. 22 tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi).

Tabel 2. 2 Komposisi elemen berdasarkan berat

Elemen	Rentang persentase
Karbon	83 sampai 87%
Hidrogen	10 sampai 14%
Nitrogen	0.1 sampai 2%
Oksigen	0.05 sampai 1.5%
Sulfur	0.05 sampai 6.0%
Logam	< 0.1%

Sumber : [https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak\\_bumi](https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak_bumi) (diakses tanggal 2 januari 2024)

Tabel 2. 3 Komposisi molekul berdasarkan berat

Hidrokarbon	Rata-rata	Rentang
Parafin	30%	15 sampai 60%
Naptena	49%	30 sampai 60%
Aromatik	15%	3 sampai 30%
Aspaltena	6%	sisa-sisa

Sumber : [https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak\\_bumi](https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak_bumi) (diakses tanggal 2 januari 2024)

## 2.4 Sifat Minyak Bumi

Besarnya kandungan masing-masing komponen dalam minyak bumi akan berpengaruh terhadap sifat fisika dan sifat kimia dari suatu minyak bumi, dinyatakan sebagai karakteristik minyak bumi. Sifat-sifat minyak bumi :

### 2.4.1 Sifat Umum

Sifat umum minyak bumi sangat erat hubungannya dengan transportasi dan transaksi jual beli. Sifat umum minyak bumi ini sangat berkaitan dengan nilai *specific gravity*. *Specific gravity* (SG) minyak bumi berkisar antara 0,8000 – 1,0000. Besarnya SG untuk setiap minyak bumi sangat erat hubungannya dengan struktur molekul hidrokarbon,



kandungan sulfur dan nitrogen. Makin kecil SG minyak bumi itu akan menghasilkan produk- produk ringannya makin besar dan sebaliknya.

#### **2.4.2 Sifat Penguapan**

Volatilitas atau kemudahan menguap suatu cairan atau gas yang dicairkan dapat didefinisikan sebagai kecenderungan untuk menguap dari bentuk cairan menjadi uap atau gas. Karena salah satu dari tiga sifat pembakaran bahwa bahan bakar harus diubah menjadi bentuk gas, maka volatilitas (kemudahan menguap) dari bahan bakar cair merupakan sifat yang utama. Jadi, kecenderungan kemudahan menguap merupakan salah satu sifat pokok bahan bakar cair. Yang berhubungan dengan sifat penguapan ini adalah flash point dan distilasi. (Anonim : 2012) Dari ketiga komponen yang terdapat pada minyak bumi, yaitu parafin, naften dan aromatik maka komponen parafin lebih mudah menguap bila dibandingkan dengan naften maupun aromatik. (Mudjirhardjo, dkk : 2006) Minyak bumi yang mudah menguap berarti banyak mengandung parafin dan pada pengolahan banyak menghasilkan fraksi gas dan fraksi ringan. (Mudjirhardjo, dkk : 2006).

Minyak bumi yang mudah menguap berarti banyak mengandung parafin dan pada pengolahan banyak menghasilkan fraksi gas dan fraksi ringan. Ukuran dari sifat penguapan ini adalah kadar presentasi dari komponen-komponen ringan yang terkandung dalam minyak bumi yaitu, kadar volume fraksi minyak yang dapat dikeluarkan dengan distilasi sampai pada temperatur didih (*boiling point*) yaitu 3000C.

#### **2.4.3 Sifat Pengkaratan**

Makin tinggi sifat keasaman, sifat pengkaratan minyak bumi makin besar terutama bila minyak bumi. Terdapatnya garam-garam dalam minyak bumi juga menyebabkan korosi. (Mudjirhardjo, dkk : 2006). Senyawa unsur yang bersifat korosif adalah senyawa sulfur. Senyawa-senyawa sulfur dalam minyak bumi yang korosif dapat berupa hidrogen, sulfida, dll. Pada pembakaran, senyawaan sulfur akan teroksidasi oleh oksigen dalam udara menghasilkan oksida sulfur. Bila oksida sulfur ini bereaksi dengan uap air akan menghasilkan asam sulfat.

Terbentuknya asam sulfat ini dapat bereaksi dengan logam pada proses pengolahan. Jumlah sulfur dalam minyak bumi sangat bervariasi, untuk minyak bumi jenis parafin ringan 0,04 % dan untuk minyak bumi berat sampai kira-kira 5,00 %. Hal ini sangat bergantung dari asal minyak bumi.

#### **2.4.4 Sifat Kemurnian**

Sifat kemurnian minyak bumi yang berhubungan dengan ada atau tidaknya kotoran yang terdapat di dalam minyak bumi, sebab kotoran ini akan berpengaruh terhadap mutu, karena dapat mengakibatkan kegagalan dalam suatu operasi dan merusak mesin. Kotoran itu dapat berupa air, lumpur, endapan atau sisa pembakaran yang berupa abu dan karbon. Untuk itu semakin kecil kotoran yang terdapat di dalam minyak bumi maka semakin baik mutu bahan bakar tersebut.

#### **2.4.5 Sifat Kemudahan Mengalir**

Sifat kemudahan mengalir minyak bumi melalui viskositas dinamik dan viskositas kinetik. Viskositas dinamik adalah ukuran tahanan untuk mengalir dari suatu zat cair, sedang viskositas kinetik adalah tahanan zat cair untuk mengalir karena gaya berat. Bahan yang mempunyai viskositas kecil menunjukkan bahwa bahan tersebut mudah mengalir, sebaliknya bahan dengan viskositas tinggi sulit mengalir.

Suatu minyak bumi atau produknya mempunyai viskositas tinggi berarti minyak itu mengandung hidrokarbon berat (berat molekul besar), sebaliknya viskositas rendah maka minyak itu banyak mengandung hidrokarbon ringan. Viskositas minyak bumi erat kaitannya dengan kemudahan mengalir pada pemompaan. Apabila minyak bumi mempunyai viskositas tinggi, maka minyak tidak mudah mengalir sehingga kerja pompa menjadi berat.

#### **2.4.6 Sifat Keselamatan**

Sifat keselamatan minyak bumi meliputi keselamatan di dalam penyimpanan, transportasi dan penggunaan. Minyak bumi harus memiliki salah satu sifat keselamatan yaitu bahwa minyak bumi tidak terbakar akibat terjadi loncatan api. Dari aspek keselamatan, flash point pada

minyak bumi yaitu berkisar pada suhu 300C sampai 600C dalam kegiatan penyimpanan, transportasi, dan dalam penggunaan produk minyak cair baik dalam wadah terbuka ataupun wadah tertutup.

## 2.5 Solar

Solar merupakan bahan bakar mesin diesel yang dipisahkan dari minyak bumi. Bahan bakar diesel biasanya memiliki kandungan sulfur yang cukup tinggi. Kualitas minyak solar diukur dalam angka setana; solar yang beredar di pasaran memiliki angka setana 48. Jumlah dari kadar setana bahan bakar solar merupakan salah satu cara untuk mengatur kapasitas bahan bakar agar tercegahnya *knocking*. kemampuan yang lebih baik ditentukan oleh tingkatnya. Bahan bakar yang digunakan pada mesin diesel berkecepatan tinggi di atas 1000 rpm disebut bahan bakar solar atau minyak solar. Disebut juga *High Speed Diesel (HSD)* atau *Automotif Diesel Oil (ADO)*.

Minyak solar adalah campuran kompleks hidrokarbon C21-C30 dengan titik didih 105°C-135°C. Sifat-sifatnya harus memenuhi persyaratan dalam spesifikasi dalam semua cuaca. Minyak solar dapat teratomisasi menjadi partikel kecil, halus, sehingga dapat menyala dengan cepat dan terbakar dengan sempurna saat terjadi kompresi ruang bakar mesin.

### 2.5.1 Sifat – sifat bahan bakar Solar

Bahan bakar solar, juga dikenal sebagai minyak diesel, merupakan campuran hidrokarbon yang didistilasi dari bensin dan minyak tanah dari minyak mentah pada suhu 105 °C hingga 135 °C. Bahan bakar solar umumnya digunakan untuk mesin diesel. Sifat utama bahan bakar diesel adalah sebagai berikut:

- a. Mempunyai berat jenis 0,82-0,87.
- b. Mempunyai kandungan sulfur lebih besar dibanding bensin
- c. Mempunyai titik nyala tinggi (40°C-100°C).
- d. Terbakar spontan pada 350°C, sedikit dibawah temperatur bensin yang terbakar sendiri sekitar 500°C.
- e. Berwujud Encer

- f. Menimbulkan panas yang besar (sekitar 10.500 kcal/kg).
- g. Tidak berwarna atau sedikit kekuning-kuningan

Selain Sifat utama diatas, solar juga memiliki sifat tambahan dengan pengujian agar dapat digunakan dengan lebih baik, seperti dibawah ini:

1) Sifat Umum

Pemuatan, kontaminasi, dan keseimbangan material adalah karakteristik umum dari minyak solar.

2) Sifat Mutu Pembakaran (*Ignition Quality*)

Jika udara dikompresi ke dalam ruang bakar hingga tekanan 20-30 kgf/cm<sup>2</sup>, sehingga menghasilkan suhu 650–750°C, minyak solar dapat memberikan performa mesin yang memuaskan. Menyuntikkan udara panas untuk pembakaran sempurna memungkinkan bahan bakar menyala. Pembakaran yang terjadi menyebabkan tekanan dalam ruang bakar naik secara mendadak dan menimbulkan tenaga. Bila hal ini dipenuhi, maka tidak akan terjadi *knocking* di dalam mesin. *Knocking* di dalam mesin diesel terjadi akibat keterlambatan terbakarnya bahan bakar di dalam ruang bakar. Ini disebabkan oleh terjadinya akumulasi bahan bakar di dalam ruang bakar, dan begitu terbakar maka akan terjadi ledakan secara berturut-turut. Periode tunda, diukur dalam menit, adalah jumlah waktu yang berlalu antara menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar dan saat bahan bakar menyala. Waktu tunda yang panjang akan menyebabkan terakumulasinya bahan bakar cukup banyak, akibatnya terjadi penyalaan yang spontan dan akan menimbulkan suara yang keras dan kemudian disebut *Diesel Knock*. Sifat mutu pembakaran adalah salah satu ukuran sifat bahan bakar minyak solar. Sifat ini ditunjukkan oleh besar kecilnya angka setana.

3) Sifat penguapan (*Volatility*)

Dalam penggunaannya diharapkan minyak solar akan teruapkan sempurna dan terdistribusikan merata kedalam ruang bakar, sehingga dapat terbakar sempurna. Karena bahan bakar

dapat terbakar dengan sempurna, mengakibatkan mudahnya starting pada mesin. Waktu pemanasan mesin dan akselerasi. Jika minyak solar sulit untuk terjadi penguapan maka minyak solar tersebut akan sulit pula untuk memenuhi kemudahan start mesin dan rendahnya akselerasi mesin, bila tingkat penguapannya rendah. Ini menunjukkan bahwa di dalam minyak solar terdapat fraksi yang lebih berat.

4) Sifat Pengkaratan (*Corrosivity*)

Unsur-unsur dalam minyak solar disamping hidrokarbon terdapat pula unsur sulfur, oksigen, nitrogen, halogen dan logam. Unsur senyawa yang bersifat korosif adalah senyawa sulfur. Senyawa sulfur dalam minyak solar yang korosif dapat berupa *hydrogen sulfide*. Pada pembakaran bahan bakar senyawa sulfur akan teroksidasi oleh oksigen dalam udara menghasilkan oksida sulfur, bila oksida sulfur ini bereaksi dengan uap air akan menghasilkan asam sulfat. Terbentuknya asam sulfat dapat bereaksi dengan logam, terutama dalam gas buang. Terdapatnya senyawa sulfur dalam minyak solar dapat juga ditunjukkan dengan tingkat keasaman minyak solar. Makin tinggi sifat keasaman minyak solar itu, maka semakin tinggi pula nilai asam kuat (*strong acid number*).

5) Sifat Kebersihan (*Cleanless*)

Sifat kebersihan minyak solar yang berhubungan dengan ada/tidaknya kotoran yang terdapat di dalam minyak solar, sebab kotoran ini akan berpengaruh terhadap mutu, karena dapat mengakibatkan kegagalan dalam suatu operasi dan merusak mesin. Kotoran itu dapat berupa air, lumpur, atau endapan atau sisa pembakaran yang berupa abu dan karbon. Untuk itu makin kecil adanya kotoran di dalam minyak solar makin baik mutu bahan bakar tersebut

6) Sifat Keselamatan



Sifat keselamatan minyak solar meliputi keselamatan didalam pengangkutan, penyimpanan, dan penggunaan. Minyak solar harus memiliki salah satu sifat keselamatan yaitu bahwa minyak solar tidak akan terbakar akibat terjadi loncatan api.

7) Sifat Kemudahan Mengalir

Sifat kemudahan mengalir minyak solar dinyatakan sebagai viskositas dinamik dan viskositas kinetik. Viskositas dinamik adalah ukuran tahanan untuk mengalir dari suatu zat cair untuk mengalir disebabkan gaya berat. Bahan yang mempunyai viskositas menunjukkan bahwa bahan itu mudah mengalir, sebaliknya bahan dengan viskositas tinggi sulit mengalir. Produk minyak bumi yang viskositasnya tinggi berarti minyak itu mengandung hidrokarbon berat, sebaliknya jika viskositas rendah maka minyak itu mengandung hidrokarbon ringan. Viskositas minyak solar erat kaitannya dengan kemudahan mengalir pada pemompaan, kemudahan menguap untuk pengkabutan dan mampu melumasi *fuel pump plungers*. Penggunaan bahan bakar yang mempunyai viskositas rendah dapat menyebabkan keausan pada pompa bahan bakar dan jika viskositas tinggi, berarti tidak mudah mengalir sehingga kerja injektor menjadi berat.

Tabel 2. 4 Standar Solar

No	Jenis Pemeriksaan	Batasan		Metode Pemeriksaan
		Min	Maks	
1	<i>Viscosity kinematic at 40 C</i> (mm/sec)	2.0	4.5	ASTM D 445
2	<i>Flash point</i> ( C )	55	-	ASTM D 39
3	<i>Pour Point</i> ( C )		18	ASTM D 97
4	Berat jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	820	870	ASTM D 4052

Sumber : Jaya, D.(2022).

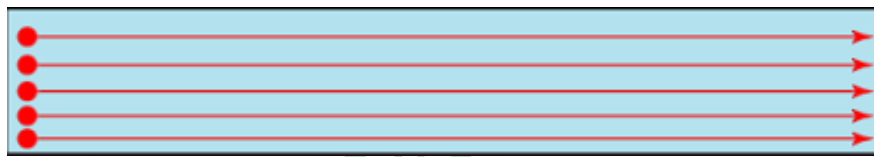


## 2.6 Pengertian Fluida

### 2.6.1 Macam- macam aliran fluida.

Menurut (Aya Snura, 2012) Fluida merupakan zat cair yang dapat berubah bentuk secara terus menerus jika terkena tegangan geser meskipun tegangan geser tersebut kecil. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida lebih kecil dari ikatan molekul zat padat, akibatnya fluida mengalami hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan.

#### a. Aliran *laminar*.



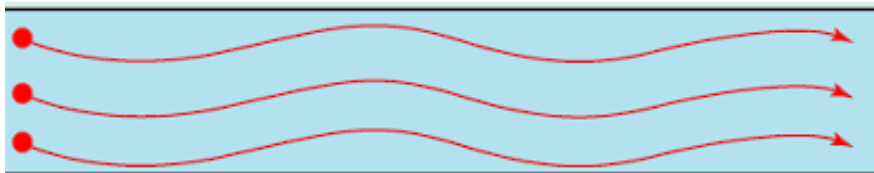
Gambar 2. 7 Aliran laminar

Sumber :

[https://moodle2.units.it/pluginfile.php/331252/mod\\_resource/content/0/04%20Trasporto%20dei%20sedimenti%20\(RJ%20Cheel%20chap4\).pdf](https://moodle2.units.it/pluginfile.php/331252/mod_resource/content/0/04%20Trasporto%20dei%20sedimenti%20(RJ%20Cheel%20chap4).pdf) (diakses tanggal 2 januari 2024)

Didalam aliran *laminier* partikel-partikel zat cair bergerak teratur mengikuti lintasan yang saling sejajar. Aliran laminar lebih mudah terjadi bila aliran relatif kecil sedangkan viskositas cairan besar dan pengaruh kekentalan cukup dominan dibandingkan dengan kecepatan aliran, sehingga partikel-partikel zat cair akan bergerak teratur mengikuti lintasan lurus (Aya Snura, 2012)

#### b. Aliran *transisi*.



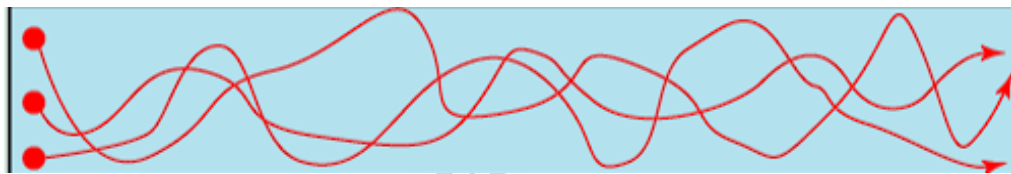
Gambar 2. 8 Aliran transisi

Sumber :

[https://moodle2.units.it/pluginfile.php/331252/mod\\_resource/content/0/04%20Trasporto%20dei%20sedimenti%20\(RJ%20Cheel%20chap4\).pdf](https://moodle2.units.it/pluginfile.php/331252/mod_resource/content/0/04%20Trasporto%20dei%20sedimenti%20(RJ%20Cheel%20chap4).pdf) (diakses tanggal 2 januari 2024)

Aliran *transisi* merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Ketika kecepatan aliran itu bertambah atau viskositasnya berkurang (dapat disebabkan temperatur meningkat) gangguan-gangguan akan terus teramati dan semakin membesar serta kuat yang akhirnya terjadi perubahan jenis aliran. Keadaan ini tergantung viskositas fluida, kecepatan lain-lain yang menyangkut geometri aliran.

c. Aliran *turbulen*.



Gambar 2. 9 Aliran turbulen

Sumber :

[https://moodle2.units.it/pluginfile.php/331252/mod\\_resource/content/0/04%20Trasporto%20dei%20sedimenti%20\(RJ%20Cheel%20chap4\).pdf](https://moodle2.units.it/pluginfile.php/331252/mod_resource/content/0/04%20Trasporto%20dei%20sedimenti%20(RJ%20Cheel%20chap4).pdf) (diakses tanggal 2 januari 2024)

Aliran turbulen adalah gerakan partikel zat cair yang tidak teratur antara satu dengan yang lain dan sembarang dalam waktu dan ruang. Turbulensi ditimbulkan oleh gaya-gaya viskos dan gerak lapis zat cair yang berdampungan pada kecepatan berbeda. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran yang menghasilkan percampuran partikel-partikel secara terus menerus antara partikel-partikel cairan didalam seluruh penampang aliran.

### 2.6.2 Penentuan jenis aliran menurut angka Reynoldnya.

Jika sebuah fluida didapati  $Re > 4000$  maka, jenis aliran fluida tersebut ialah turbulen. namun, jika didapati  $Re < 2000$  maka, jenis aliran fluida nya adalah laminar sedangkan untuk aliran transisi yaitu di antara keduanya ( $2000 > Re < 4000$ )

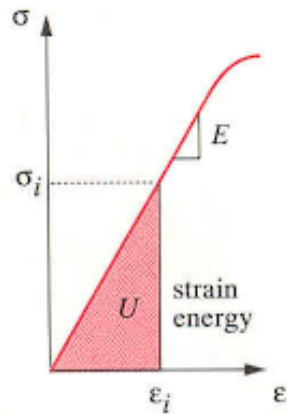
Tabel 2. 5 Tabel perbedaan jenis aliran fluida

LAMINAR	TURBULEN
Kecepatan fluida rendah	Kecepatan fluida tinggi
Diameter penampang kecil	Diameter penampang besar
Alirannya bergerak secara paralel dan tidak bercampur antar lapisan fluida yang bersampingan.	Alirannya bergerak secara bersilangan dan beracampur antar lapisan fluida yang bersampingan.
Angka reynoldnya berkisar 2000 kebawah	Angka reynoldnya berkisar 4000 keatas
Pergerakan dari aliran fluidanya sangat teratur	Pergerakan dari aliran fluidanya berantakan dan tidak dapat diprediksi.
Kecepatan fluida menentukan tegangan gesernya.	Densitas fluida menentukan tegangan gesernya.

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=H9z9sZx4jTI> (diakses 2 januari 2024).

### 2.7 Teori Distorsi Energi.

Teori Energi Distorsi (von Mises-Hencky) Teori kegagalan ini diperkenalkan oleh Huber (1904) dan kemudian disempurnakan melalui kontribusi Von Mises dan Hencky. Teori ini menyatakan bahwa "Kegagalan diprediksi terjadi pada keadaan tegangan multiaksial bilamana energi distorsi per unit volume sama atau lebih besar dari energi distorsi per unit volume pada saat terjadinya kegagalan dalam pengujian tegangan uniaksial sederhana terhadap spesimen dari material yang sama" Energi regangan akibat distorsi (berkaitan dengan perubahan bentuk) per unit volume,  $U_d$  adalah energi regangan total per unit volume,  $U$  dikurangi energi regangan akibat beban hidrostatis (berkaitan dengan perubahan volume) per unit volume, dibawah kurva tegangan-regangan.



Gambar 2. 10 Kurva tegangan regangan

Sumber : <https://masmukti.files.wordpress.com/2011/10/bab-05-kriteria-kegagalan-statik2.pdf>  
(diakses tanggal 2 januari 2024)

$$U = \frac{1}{2}(\sigma_1 \varepsilon_1 + \sigma_2 \varepsilon_2 + \sigma_3 \varepsilon_3)$$

$$U = \frac{1}{2E}[\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3)]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}(\sigma_1 - \nu\sigma_2 - \nu\sigma_3)$$

dimana :  $\varepsilon_2 = \frac{1}{E}(\sigma_2 - \nu\sigma_1 - \nu\sigma_3)$

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{E}(\sigma_3 - \nu\sigma_1 - \nu\sigma_2)$$

Tegangan utama terdiri dari atas komponen hidrostatik ( $\sigma_h$ ) dan distorsi ( $\sigma_{id}$ )

$$\sigma_i = \sigma_h + \sigma_{id}$$

Sehingga :

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 3\sigma_h + (\sigma_{1d} + \sigma_{2d} + \sigma_{3d})$$

$$3\sigma_h = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - (\sigma_{1d} + \sigma_{2d} + \sigma_{3d})$$

Komponen hidrostatik tegangan , ( $\sigma_h$ ) terjadi hanya akibat perubahan Volumetrik ( $\sigma_{id}=0$ ).

$$\sigma_h = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

Energi regangan hidrostatis,  $U_h$  didapatkan dengan mensubstitusi  $\sigma_h$  pada persamaan

$$U_h = \frac{1}{2E} [\sigma_h^2 + \sigma_h^2 + \sigma_h^2 - 2\nu(\sigma_h\sigma_h + \sigma_h\sigma_h + \sigma_h\sigma_h)] = \frac{3(1-2\nu)}{2E} \sigma_h^2$$

$$U_h = \frac{3(1-2\nu)}{2E} \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \right)^2$$

$$U_h = \frac{1-2\nu}{6E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3)]$$

Sehingga :

$$U_d = U - U_h$$

$$U_d = \frac{1}{2E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3)]$$

$$- \frac{1-2\nu}{6E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3)]$$

$$U_d = \frac{1+\nu}{3E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3]$$

Tegangan efektif *Von Mises* ( $\sigma'$ ) didefinisikan sebagai tegangan tarik uniaksial yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3}$$

atau :

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}}$$

untuk kasus 2 dimensi ( $\sigma_2 = 0$ )

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_3 + \sigma_3^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

Kegagalan akan terjadi apabila :  $\sigma' \geq \frac{S_y}{n_x}$

Untuk geseran murni  $\sigma_1 = \tau = \sigma_3$  dan  $\sigma_2 = 0$

$$S_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_1\sigma_1 + \sigma_1^2 = 3\sigma_1^2 = 3\tau_{\max}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{S_y}{\sqrt{3}} = 0.577 S_y = \tau_{\max}$$

dari persamaan diatas didefinisikan kekuatan *yield* terhadap geser ( $S_{ys}$ ) dari material ulet adalah fraksi dari kekuatan *yield* yang didapat dari uji tarik ( $S_y$ )

$$S_{ys} = 0.577 S_y.$$

## 2.8 Metode Elemen Hingga

Perkembangan dunia komputer telah begitu cepatnya mempengaruhi bidang-bidang penelitian dan industri, sehingga impian para ahli dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan industri telah menjadi kenyataan. Pada trend sekarang ini, metoda dan analisa desain telah banyak menggunakan perhitungan matematis yang rumit dalam penggunaan sehari-hari. Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk mengatasi masalah nilai batas yang dikarakteristikkan dengan persamaan diferensial parsial dan kondisi batas. *Domain geometrik* dari masalah nilai batas didiskritisasi menggunakan elemen subdomain, yang disebut sebagai elemen hingga, dan persamaan diferensial tersebut diterapkan terhadap elemen tunggal setelah diubah ke dalam bentuk integral-diferensial. Satu set bentuk fungsi digunakan untuk mewakili variabel utama yang tidak diketahui dalam domain elemen. Satu set persamaan linier diperoleh untuk setiap elemen dalam domain diskrit. Sebuah sistem matriks global dibentuk setelah menyusun seluruh elemen. Ada beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan oleh metode elemen hingga diantaranya adalah permasalahan fisik. Berikut adalah jenis masalah fisik yang dapat dipecahkan. oleh metode elemen hingga diantaranya pemecahan masalah tegangan (*stress*), *buckling* (tekukan) dan analisis getaran. Metode elemen hingga (*Finite Elemen Method*) banyak memberikan andil dalam melahirkan penemuan-penemuan bidang riset dan industri, Hal ini dikarenakan dapat berperan sebagai *research tool* pada eksperimen numerik. Aplikasi banyak dilakukan pada problem kompleks diselesaikan dengan metode elemen hingga seperti rekayasa



struktur, *steady state dandime dependent heat transfer, fluid flow...*(Santoso Mulyadi ,2011).

Metode ini adalah suatu cara atau metode numeris untuk mendapatkan penyelesaian dari persamaan diferensial maupun persamaan integral. Penyelesaian persamaan diferensial didasarkan pada penyederhanaan persamaan diferensial yang kompleks dan banyak menjadi persamaan diferensial biasa, kemudian diselesaikandengan mengintegalkan secara numeris dengan menggunakan metode Euler atau Runge Kutta. Dalam FEA, obyek baik berupa luasan (2D) maupun volume (3D) dipecah menjadi elemen kecil-kecil kemudian dengan memasukan nilai batasan (biasanya pada permukaan) dan nilai awal (sebagai *trial and error*) pada rumus-rumus yang ada (misalnya persamaan diferensial). Perhitungan seperti itu dilakukan berulang-ulang (iterasi) sehingga diperoleh hasil yang tepat (masuk toleransi). Perhitungan ini bila dilakukan secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang lama, namun dengan bantuan sebuah komputer, perhitungan menjadi mudah dan cepat. Dengan perkembangan komputer yang pesat, maka bermunculan banyak *software* FEA untuk membantu merancang suatu komponen dan sistem.

### **2.8.1 Tahapan Metode Elemen Hingga**

1. Pembuatan geometri awal struktur yang akan dianalisis.
2. Penentuan jumlah elemen yang akan diberikan pada model geometri tersebut.
3. Pembuatan elemen dari hasil pemodelan geometri struktur yang akan dianalisa.
4. Pemberian kondisi batas (*constraint/boundary condition*).

Kondisi batas diperlukan untuk menentukan bagaimana model tersebut tertumpu padaudukannya dalam kondisi nyata. Hal ini sangat menentukan bagaimana hasil dari analisa model geometri tersebut. Berbagai macam kondisi batas yang biasa digunakan antara lain (*fixed-fixed, fixed-free, free, dsb.*).

5. Penentuan jenis material dan properti dari material yang digunakan hal ini berkenaan dengan massa jenis dari material tersebut,

*modulus elastisitas ( young modulus,  $E$  ), poisson's ratio, dll.*

6. Pemberian kondisi pembebanan ( *loading condition* ).

Kondisi pembebanan yang diberikan pada model struktur bergantung dengan kondisi nyatanya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sedekat mungkin dengan kondisi kenyataannya. Beban yang biasa digunakan antara lain beban gaya, momen, atau tekanan baik statik maupun dinamik.

7. Analisa.

Langkah ini merupakan langkah terakhir dalam tahapan analisa metode elemen hingga. Analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak FEM ( *Finite Element Method* ). Jenis analisa yang dapat dilakukan juga bervariasi dari jenis analisa statik, dinamik, buckling, maupun analisa perpindahan panas.

## **2.9 Flow Simulation.**

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah *tool* berbasis komputer untuk mensimulasikan perilaku suatu sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas dan proses fisik lainnya. Cara kerjanya dengan memecahkan persamaan-persamaan aliran fluida (dalam bentuk tertentu) meliputi suatu daerah yang diinginkan, dengan kondisi pada batas-batas daerah tersebut adalah spesifik dan diketahui.

Kumpulan persamaan yang menggambarkan proses-proses momentum-momentum, transfer massa dan transfer panas dikenal sebagai persamaan Navier Stokes. Persamaan ini merupakan persamaan parsial differensial dan diturunkan pada awal abad ke-19 oleh Sir George Stokes seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris dan Henry Navier berkebangsaan Prancis. Solusi analitik umum dari persamaan ini tidak diketahui namun persamaan ini dapat didiskritkan dan dipecahkan secara numerik.

Persamaan-persamaan yang menggambarkan proses lain seperti pembakaran dapat dipecahkan dengan persamaan Navier Stokes. Model aproksimasi sering digunakan untuk menurunkan persamaan tambahan ini, model turbulensi adalah salah satu contohnya.

Ada beberapa jumlah metode solusi yang digunakan untuk kode CFD. Metode solusi yang paling banyak digunakan juga untuk *ANSYS Fluent* adalah teknik volume hingga (*finite volume*). Dalam teknik ini daerah analisis dibagi dalam beberapa sub daerah yang disebut volume atur (*control volume*). Persamaan atur lalu didiskritkan dan dipecahkan secara iterasi untuk setiap volume atur. Hasilnya adalah aproksimasi dari nilai setiap variabel pada titik tertentu dalam domain. Dengan cara ini didapatkan gambaran penuh perilaku aliran yang diinginkan. ( Erifive P, 2016).

### 2.9.1 Tahapan utama dalam simulasi

#### 1. *Pre Processor*:

*Pre processor* berupa *input* dari masalah fluida. Beberapa kegiatan yang masuk dalam bagian ini adalah:

- a. Pendefinisian dari geometri daerah kajian dan *domain* komputasi.
- b. *Grid-generation* yaitu pembagian *domain* ke *domain-domain* yang lebih kecil yaitu *grid* atau *mesh* dari elemen-elemen kecil (*cells*).
- c. Pemilihan fenomena fisik dan kimia dari masalah yang dimodelkan. Pendefinisian properti fluida.
- d. Spesifikasi kondisi batas yang sesuai pada *cell* yang bersinggungan dengan batas *domain*.

Solusi dari masalah fluida didefinisikan pada titik di dalam tiap *cell*. Akurasi solusi CFD diatur oleh banyaknya jumlah *cell* dalam *grid*. Secara umum semakin besar jumlah *cell* maka akurasi dari solusi yang dihasilkan menjadi lebih baik. Semakin banyak jumlah *grid* maka akurasi biaya komputasi juga semakin besar. Oleh karena itu *grid* yang optimal memiliki *mesh* yang tidak seragam, dengan *mesh* yang halus di area yang terjadi perubahan dari titik satu ke titik lain dan *mesh* yang lebih kasar di area dengan perubahan *property relative* sedikit. Kemampuan yang juga dikembangkan adalah *self-adaptive meshing*

yaitu kemampuan memperhalus *grid* di daerah dengan variasi properti tinggi. Secara umum terdapat dua bagian yang dominan di tahap *Pre Processor* ini yaitu definisi geometri dari *domain* dan *grid generation*

## 2. *Solver*.

Terdapat beberapa teknik utama dalam mencari solusi numerik yaitu *finite difference*, *finite element* dan *spectral method*. Secara garis besar metode *numeric* yang menjadi dasar dari *solver* melakukan hal-hal sebagai berikut:

- a. Aproksimasi dari aliran yang tidak diketahui dengan memakai fungsi fungsi sederhana.
- b. Diskritisasi dengan melakukan substitusi dari aproksimasi tersebut ke persamaan-persamaan atur aliran dan dilanjutkan dengan manipulasi matematis.
- c. Solusi dari persamaan aljabar. Metode lain dikembangkan dari ketiga metode tersebut, salah satunya metode volume hingga (*finite volume*). Metode ini merupakan pengembangan dari metode *finite difference* yang memiliki formulasi khusus.

## 3. *Post Processor*

Bagian ini mengandung kemampuan grafis yang dibutuhkan untuk menampilkan hasil termasuk kemampuan visual yang lain seperti animasi. Hal ini yang juga termasuk adalah *display grid* dan *domain geometri*, *plot vector*, plot kontur, plot permukaan 2D atau 3D, *particle tracking*, animasi dan lain sebagainya.

### 2.9.2 *Meshing*.

Proses *meshing* bertujuan untuk membagi *solution domain* menjadi bagian bagian yang lebih kecil lagi yang disebut dengan *cell*. Keakuratan dan perhitungan tergantung dari dan ukuran serta struktur *cell*. Proses perhitungan yaitu melalui iterasi diantara *cell-cell* dalam *mesh*. Jumlah pembagian *mesh* ini nantinya akan menentukan keakuratan dari hasil komputasi numerik yang dilakukan. Semakin halus hasil *meshing* maka hasil komputasi numerik akan semakin akurat, namun waktu proses

komputasi numerik akan menjadi lebih lama. *Software Solidworks Flow Simulation* akan menyeimbangkan gaya dan aliran-aliran massa pada setiap *cell* hingga *error* dapat diprediksi dan diperkecil. Kualitas *meshing* dapat diukur menggunakan *mesh metric*.

### 2.9.3 Rumus perhitungan

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mengukur waktu pengisian tangki :

$$t = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots[21](2.11)$$

Dimana :

t = Waktu (m)

V = Volume (L)

Q = Debit *inlet* (L/m)

Rumus untuk menentukan jenis aliran menurut angka Reynold :

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{avg} \cdot d}{\mu} \dots\dots\dots[22](2.12)$$

Dimana :

$\rho$  = Massa jenis ( $kg/m^3$ )

$v_{avg}$  = *Velocity* rata – rata (m/s)

d = Diameter dalam (m)

$\mu$  = Viskositas kinematik ( $m^2/s$ )

### 2.10 Standar Desain

Berikut merupakan peraturan-peraturan yang dipakai dalam merancang sebuah tangki baja penimbun minyak yaitu Perencanaan tebal *Shell plate*, *annular plate*, *bottom plate*, *roof plate*, *rafter*, *girder* dan kolom sesuai dengan “*Welded Steel Tank for Oil Storage API 650 13th edition, 2020*”.

### 2.11 SolidWorks 2022

SolidWorks 2022 adalah versi SolidWorks yang rilis pada tanggal 16 September 2021 dari perangkat lunak desain CAD (*Computer-Aided Design*) yang sangat populer dan kuat yang dikembangkan oleh *Dassault Systèmes SolidWorks Corporation*. SolidWorks 2022 menghadirkan antarmuka



pengguna yang diperbarui dan disempurnakan, memperbaiki pengalaman pengguna dengan lebih intuitif dan efisien. Ini mencakup pembaruan pada ikon, warna, dan layout agar lebih bersih dan mudah digunakan. SolidWorks 2022 menawarkan peningkatan performa yang signifikan, termasuk waktu pemuatan yang lebih cepat, waktu respon yang lebih baik, dan kinerja umum yang lebih lancar. Ini memungkinkan pengguna untuk bekerja dengan desain yang lebih kompleks tanpa mengalami penurunan performa. Terdapat sejumlah fitur desain yang ditingkatkan dalam SolidWorks 2022, termasuk alat-alat pemodelan yang lebih canggih dan efisien. Pengguna dapat dengan mudah membuat, mengedit, dan memanipulasi model 3D dengan lebih baik daripada sebelumnya. SolidWorks 2022 memperkuat kemampuan kolaborasi antara tim dengan fitur-fitur seperti SolidWorks PDM (*Product Data Management*) yang diperbarui dan integrasi yang lebih baik dengan platform kolaboratif lainnya. Ini memungkinkan tim untuk bekerja bersama secara lebih efisien dan efektif. Peningkatan Kinerja Rangkaian Mesin. SolidWorks 2022 menghadirkan peningkatan kinerja dalam pemodelan rangkaian mesin, memungkinkan pengguna untuk merancang dan menguji rangkaian mesin dengan lebih baik dan lebih cepat. Ini termasuk fitur-fitur seperti perhitungan kekuatan, analisis keausan, dan simulasi dinamis yang ditingkatkan.

### 2.11.1 Indikator Analisa Pada Tangki dan Teoritis

#### 1. *Von Misses Stress*

Untuk melihat penyebaran tegangan yang terjadi pada material maka dilakukan simulasi dengan menunjukkan nilai *Von Mises stress*. *Von Mises stress* merupakan indikator yang mengukur kegagalan material dengan menganalisis resultan 3 Tegangan utama atau biasa disebut *Principal Stress*, kegagalan diprediksi jika nilai tegangan *Von Mises stress* lebih besar dari tegangan luluh material ( $\sigma_v > \sigma_y$ ).

Rumus :



$$\sigma_h = \frac{P_i \cdot r}{T_p} \dots\dots\dots [1] (2.13)$$

$$\sigma_l = \frac{P_i \cdot D}{4t} \dots\dots\dots [1] (2.14)$$

$$\sigma_r = - P_i \dots\dots\dots [1] (2.15)$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{2}{2} [(\sigma_l - \sigma_h)^2 + (\sigma_r - \sigma_h)^2 + (\sigma_r - \sigma_l)^2]}^{1/2} \dots\dots\dots [1] (2.16)$$

Dimana :  $\sigma'$  = Von Misses Stress (MPa)

$\sigma_h$  = Hoop Stress (MPa)

$\sigma_l$  = Longitudinal Stress (MPa)

$\sigma_r$  = Radial Stress (MPa)

$P_i$  = Tekanan (MPa)

$R$  = Radius (mm)

$D$  = Diameter (mm)

$T_p$  = Tebal Plat (mm)

## 2. Displacement.

*Displacement* adalah perpindahan atau pergeseran yang terjadi pada suatu material akibat diberikanya suatu beban. Tujuannya untuk mendapatkan pemahaman terhadap keamanan seperti umur penggunaan material dalam suatu konstruksi, dimana jika semakin besar suatu tegangan maka *Displacement* pun semakin besar serta tingkat keamanannya juga akan semakin kecil begitu pun sebaliknya.

Dengan rumus :

$$\Delta R e z = \left( \frac{R}{E} \right) \times (\sigma_h - \nu \cdot \sigma_l) \dots\dots\dots [1] (2.17)$$

Dimana :  $R$  = Radius (mm)

$E$  = Modulus Young (MPa)

$\sigma_h$  = Hoop Stress (MPa)

$\sigma_l$  = Longitudinal Stress (MPa)

$\nu$  = Poisson Ratio

### 3. Factor of Safety.

Salah satu hasil analisa dengan menggunakan *software* Solidworks adalah faktor keamanan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa desain yang dibuat tidak gagal ,dalam situasi ini semakin tinggi nilai faktor keamanan, semakin stabil struktur yang dirancang untuk menyerap beban yang tidak dihitung.Nilai faktor keamanan (N) minimum yang ditentukan pada penelitian ini adalah 1 berdasarkan nilai faktor keamanan bahan ulet .

$$\text{Faktor keamanan} = N = \frac{\text{Yield Strength}}{\sigma'} \dots\dots\dots [1] \quad (2.18)$$

Dalam buku “ *Machine Design Projects*” [28] ,Joshep P Vidosic menyatakan *safety factor* berdasarkan tegangan luluhnya yaitu sebagai berikut :

1.  $sf = 1,25 - 1,5$  : untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat di tentukan dengan pasti.
2.  $sf = 1,5 - 2,0$  : untuk bahan yang sudah di ketahui , dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat di tentukan dengan mudah.
3.  $sf = 2,0 - 2,5$  : untuk beban yang beroperasi secara rata – rata dengan batasan beban yang di ketahui.
4.  $sf = 2,5 - 3,5$  : untuk bahan yang diketahui tanpa melalui tes,pada kondisi beban dan tegangan rata – rata .
5.  $sf = 3,0 - 4,5$  : untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti, kondisi lingkungan yang juga tidak pasti.
6. Beban berulang : 1 s/d 5
7. Beban kejut : 3 s/d 5
8. Beban getas : 2 s/d 5 dikalikan 2

Penentuan nilai numeric faktor keamanan sangat tergantung pada

berbagai parameter. Parameter yang harus di perhatikan seperti jenis material, tipe material, mekanisme pengaplikasian beban, penentuan titik berat beban, dan keadaan diberi tegangan serta faktor – faktor lainnya, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 6 Faktor keamanan yang disarankan

No	Faktor Keamanan	Parameter dan tingkat ketidakpastian
1	1,25 - 1,5	Data material yang sangat akurat dan andal, jenis pembebanan yang pasti ,metoda perhitungan tegangan yang akurat
2	1,5 - 2	Data material yang cukup baik, kondisi lingkungan yang stabil, dan beban serta tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan baik.
3	2,0 - 2,5	Average material, komponen di operasikan pada lingkungan normal, beban dan tegangan dapat dihitung dengan material
4	2,5 - 3,0	Untuk material yang datanya kurang baik, atau material getas dengan pembebanan, dan lingkungan rata- rata.
5	3,0 – 4,0	Untuk material yang belum teruji, dengan pembebanan, dan lingkungan rata- rata. Angka ini juga di sarankan untuk material yang teruji dengan baik , namun komdisi lingkungan dan pembebanan yang tidak dapat ditentukan dengan pasti.

Sumber : L. Dobrovlosky, V. Zablonsky (1978)

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan dari penelitian terdahulu. Berikut beberapa penelitian terdahulu mengenai analisis kekuatan material menggunakan *FEA ( Finiite Element Analysis)*.

Tabel 2. 7 Penelitian terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
(Delin Fitrianis,2022)	PERANCANGAN DAN ANALISIS TANGKI HORIZONTAL DAN <i>PORTABLE SKID</i> UNTUK PENYIMPANAN SOLAR KAPASITAS 50.000 LITER MENGUNAKAN <i>FINITE ELEMENT ANALYSIS</i>	Rancangan tangki horizontal kapasitas 50.000 liter dengan <i>portable skid</i> telah selesai dirancang sesuai kebutuhan PT. X. Variasi konsep yang terpilih melalui metode VDI 2221 yaitu tangki horizontal kapasitas 50.000 liter dengan komponen silinder <i>horizontal shell, ellipsoidal head, platform, fixed ladder</i> dan <i>portable skid</i> sesuai dengan kebutuhan PT.X. <i>Ellipsoidal head</i> memiliki diameter 2900 mm dengan ketinggian 700 mm. Silinder horizontal shell memiliki diameter 2900 mm dengan ketinggian 6400 mm. <i>Portable skid</i> memiliki lebar 3068 mm dan panjang 7743 mm. <i>Platform</i> dan <i>fixed ladder</i> digunakan untuk memudahkan perawatan dan pengoperasian tangki horizontal.
(Ampala Khoryanton, Ardien Devri Karuniawan,& Farika Tono Putri, 2023)	Analisis Pembebanan Rangka Penopang Tangki <i>IBC Dumping Table</i> Hidrolik	Konstruksi ini memiliki tegangan <i>von misses</i> pada dudukan silinder hidrolik sebesar 1.222,582 MPa dan pada rangka dudukan tangki sebesar 116.223 MPa atau lebih kecil

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		dari kekuatan yield. Dari hasil simulasi diketahui bahwa tidak terjadi regangan serta hasil simulasi pada FOS secara umum berwarna merah menunjukkan jika keseluruhan konstruksi berada dalam batas aman
(Dwi Surya Prayogi, dan Nafsan Upara, 2020 )	Perancangan Tangki Bahan Bakar Biodiesel B30 Pada <i>Engine Diesel</i> Jiang FA R175 A	perancangan dilakukan menggunakan metode Pahl & Beitz, yang digunakan untuk merancang tangki bahan bakar B30 berbentuk Silinder Vertikal. Dan material yang akan digunakan yaitu stainless steel 304 dengan tebal plat 3mm, dengan menggunakan rangka Profil persegi empat bentuk leg dengan ketebalan 3mm. Hasil simulasi kekuatan rangka utama saat menahan beban yang dilakukan menggunakan software solidworks 2018 menunjukkan nilai <i>safety factors</i> sebesar 342.90
(Allendro G. Pompana, Stenly Tangkuman, Tritiya Arungpadang,2023)	RANCANG BANGUN TANGKI PEMANAS PADA DISTILATOR NIRA AREN PENGHASIL ALKOHOL	Hasil penelitian perancangan tangki pemanas yaitu berkapasitas 20 liter dengan dimensi, diameter tangki pemanas 0,265 m, jari-jari tangki pemanas 0,1325 m, tinggi tangki pemanas 0,42 m, lebar sirip

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		<p>tutup tangki 0,058 m, tinggi tutup kerucut 0,195 m, dan diameter alas tutup kerucut 0,265 m. Berdasarkan hasil simulasi Solidworks tegangan von mises maksimum tangki 40,07 Mpa. Untuk tangki pemanas yang dirancang dibuat mengikuti dimensi pada hasil perancangan, menggunakan bahan pelat Stainless Steel 304. Hasil alkohol yang didapatkan memiliki kadar alkohol tertinggi yaitu, 55%.</p>





## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Tindakan yang diambil untuk mengatasi masalah penelitian atau menyelesaikan proses analitik semuanya termasuk dalam metodologi penelitian ini, dimulai dari perhitungan tebal pelat tangki *Upperground* dan gambarnya serta model Tangki *Upperground* untuk mendapatkan hasil simulasi berupa *Von misses stress*, *Displacement* dan *Factor of Safety* (Faktor keamanan) pada struktur untuk memastikan tingkat keamanannya.

Identifikasi dan perumusan masalah. Langkah awal ialah mengenali dan mendefinisikan persoalan yang ada. Dalam penelitian ini, persoalan yang muncul terlebih dahulu dikenali kemudian dikaji. Penelitian ini membahas tentang reaksi yang terjadi pada tangki pada tekanan tertentu.

Studi Literatur adalah tahap mencari sumber bacaan untuk dijadikan acuan ketika mengerjakan skripsi. Referensi yang digunakan harus relevan dengan topik dan judul penelitian. Buku, makalah, jurnal, tugas akhir, dan karya online semuanya dapat dianggap sebagai sumber literatur.

Pengumpulan data adalah untuk mempelajari lebih lanjut tentang informasi dan data tentang kapasitas tangki *Upperground*.

Pembuatan Konsep berasal dari data yang dikumpulkan dari berbagai sumber diubah menjadi sejumlah konsep desain yang berbeda melalui proses pembentukan konsep; konsep-konsep ini berfungsi sebagai ide dan gagasan dasar untuk analisis tangki *Upperground*.

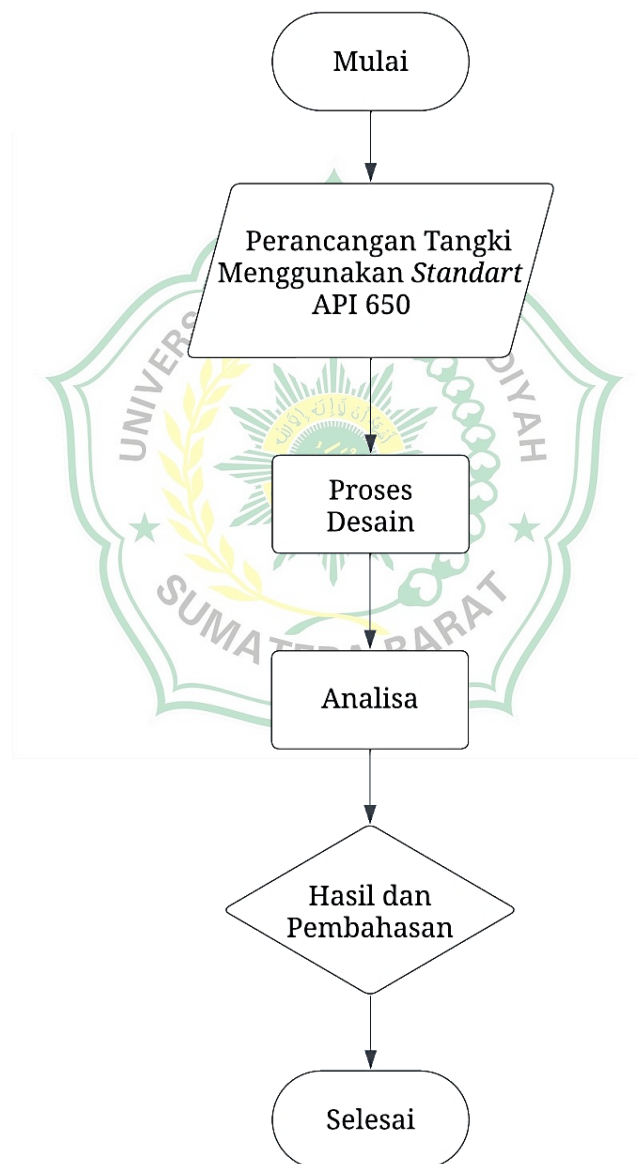
Pemodelan, Pada tahap ini, perangkat lunak SolidWorks 2022 digunakan untuk memodelkan konsep yang dimaksud.

Analisis model, analisis data dilakukan berdasarkan model tangki *Upperground* atas kekuatan material yang akan digunakan yaitu: *Von Misses*, *displacement* dan *factor of safety*.

Model Akhir, setelah dilakukan analisa, maka model tangki bisa dibuat sesuai dengan yang dibutuhkan maka model tangki dapat diidentifikasi sebagai model tangki *Upperground Final*.

Penarikan kesimpulan, jika analisa model dan perhitungan dapat diterima, maka dapat ditarik kesimpulan dari model desain tangki *Upperground* yang telah dirancang.

### 3.1 Bagan Alir



Gambar 3. 1 Bagan alir

### 3.2 Data Umum Perencanaan

Dalam proses perancangan tangki *Upperground* ini ada beberapa data umum. Berikut merupakan data umum perancangan yang digunakan:

Tabel 3. 1 Spesifikasi dari tangki

No	Data	Keterangan
1	<i>Desain Code</i>	API 650 13 <sup>th</sup> edition
2	<i>Size</i>	4750 mm
3	<i>Type</i>	<i>Upperground Tank</i>
4	Tebal Plat	10 mm
5	<i>Inside diameter</i>	2000 mm
6	<i>Corrosion allowance</i>	4 mm
7	<i>Tank volume</i>	15000 L / 15 m <sup>3</sup>
8	Isi Tangki	Solar
9	Berat jenis isi tangki	870 Kg/m <sup>3</sup>
10	<i>Inlet volume Flow</i>	0.00556 m <sup>3</sup> /s atau 5,56 L/s

Sumber : SolidWorks 2022

Tabel 3. 2 Spesifikasi dari material [29]

No	Data	Keterangan
1	Material	ASTM A36
2	Sd	160 MPa
3	St	171 MPa
4	Kekuatan <i>Yield</i>	250 MPa
5	Kekuatan Tarik (X)	400 MPa
6	<i>Modoulus Young</i>	200000 MPa
7	<i>Poissons Ratio</i>	0,26

Sumber : [www.astm.org](http://www.astm.org), diakses 11 Feb 2024)

### 3.3 Perancangan Tangki Minyak

Desain tangki ini menggunakan standar API 650 edisi ke-13 [16]

#### 3.3.1 Alat dan bahan.

Adapun alat-alat berikut yang digunakan dalam perancangan ini yaitu :

### 1) Laptop Lenovo Ideapad Slim 3

Laptop yang digunakan adalah Laptop Lenovo dengan seri merek Ideapad Slim 3 dengan Processor: AMD Ryzen 3 3250U (2C / 4T, 2.6 / 3.5GHz, 1MB L2 / 4MB L3) serta ram dengan kapasitas sebesar 4 GB. Laptop ini di gunakan untuk menjalankan *software* perancangan seperti SolidWorks , AutoCad, maupun Inventor .

### 2) *Software* SolidWorks 2022

SolidWorks 2022 adalah versi SolidWorks yang rilis pada tanggal 16 September 2021 dari *Software* desain CAD (*Computer-Aided Design*) yang dikemukakan oleh *Dassault Systèmes SolidWorks Corporation*. *SolidWorks* 2022 menghadirkan antarmuka pengguna yang diperbarui dan disempurnakan, memperbaiki pengalaman pengguna dengan lebih intuitif dan efisien. Ini mencakup pembaruan pada ikon, warna, dan layout agar lebih bersih dan mudah digunakan. *SolidWorks* 2022 menawarkan peningkatan performa yang signifikan, termasuk waktu pemuatan yang lebih responsif, waktu respon yang lebih efisien, dan kinerja umum yang lebih lancar. Ini memungkinkan pengguna untuk bekerja dengan desain yang lebih kompleks tanpa mengalami penurunan performa.

### 3) Studi Literaur

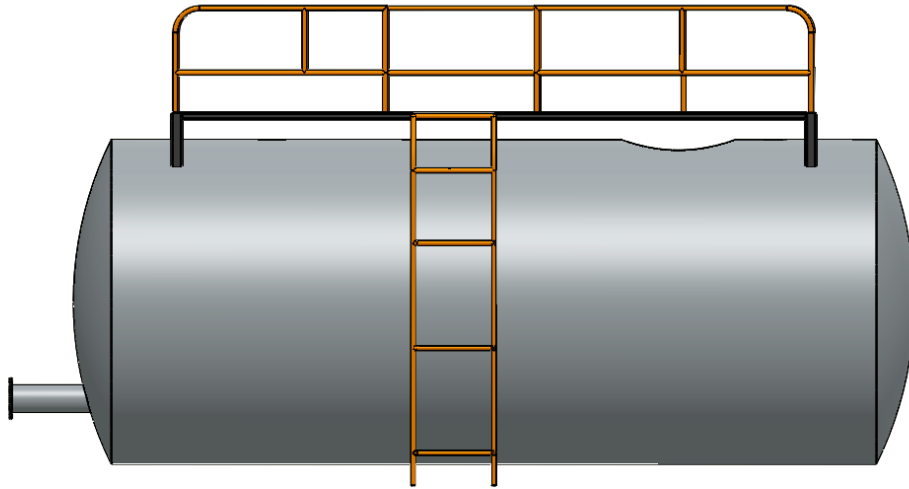
Sumber – sumber bacaan dari jurnal maupun buku seperti buku *Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia Kompetensi I Finalisasi Revisi 2016* dan *Elemen Mesin*.

## 3.3.2 Perancangan Geometri

### a. Gambar Teknik

Gambar teknik merupakan suatu alat untuk menyatakan maksud, pokok-pokok pikiran atau gagasan dari seseorang perencana teknik (juru gambar) kepada operator pemesinan atau konsumen yang memerlukan informasi teknik (Emrizal, 2006).

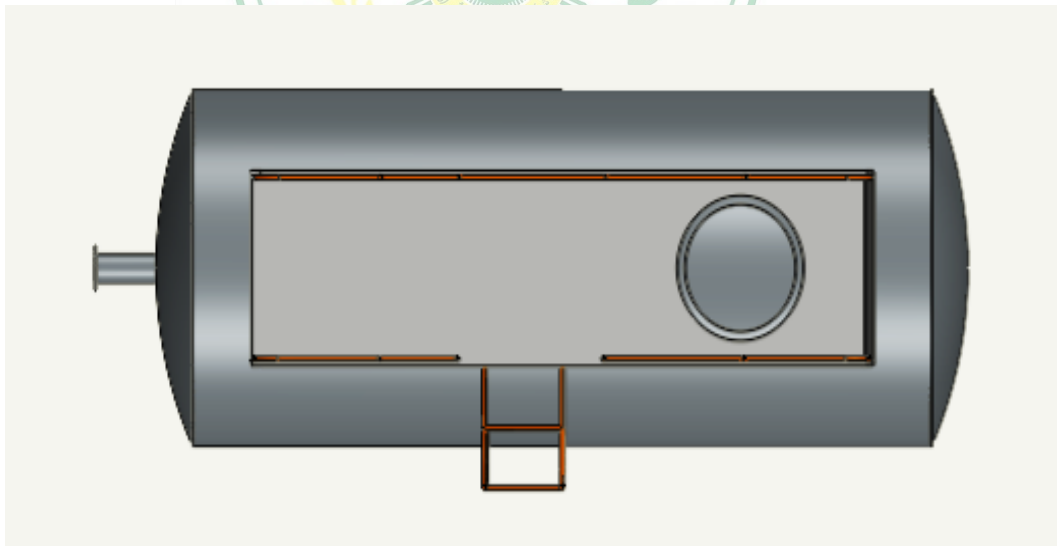
1) Tampak Depan



Gambar 3. 2 Tampak depan

Sumber : Solidworks 2022

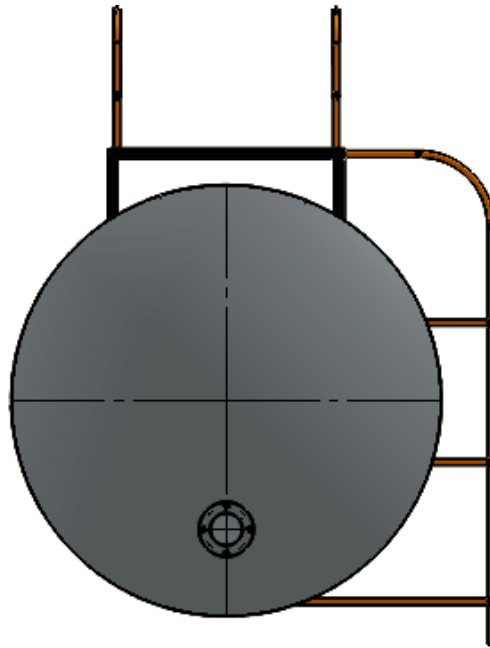
2) Tampak Atas



Gambar 3. 3 Tampak atas

Sumber : Solidworks 2022

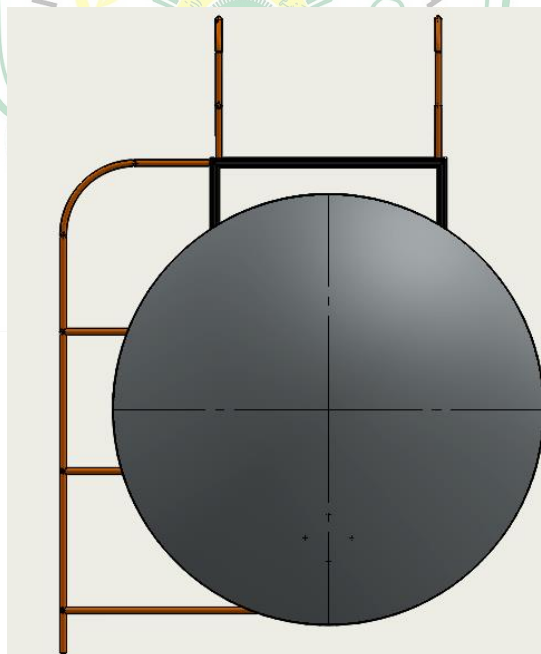
3) Tampak Kiri



Gambar 3. 4 Tampak kiri

Sumber : Solidworks 2022

4) Tampak Kanan

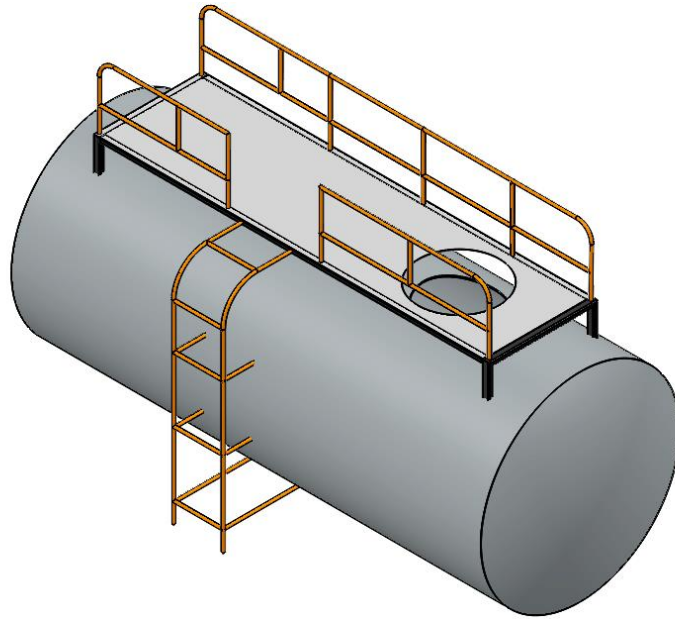


Gambar 3. 5 Tampak kanan

Sumber : Solidworks 2022

5) Tampak 3D



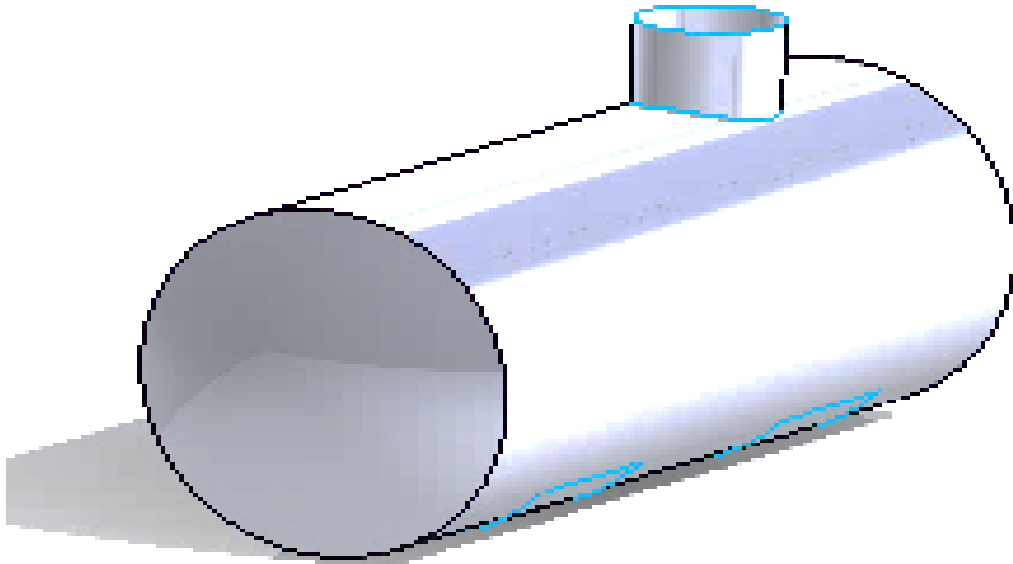


Gambar 3. 6 Tampak 3D

Sumber : Solidworks 2022

b. Langkah – langkah

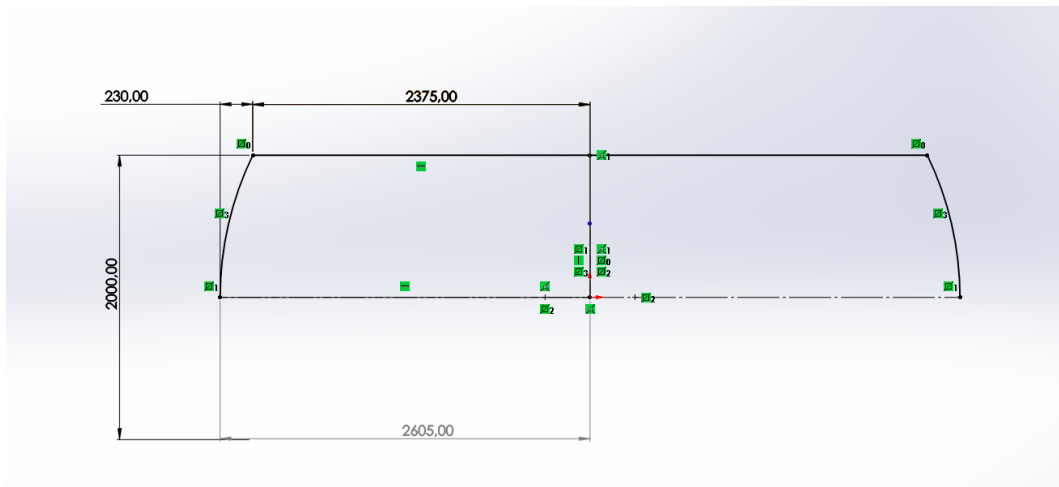
1) Pembuatan Tangki dengan metode *derive surface*



Gambar 3. 7 *Derive surface*

Sumber : Solidworks 2022

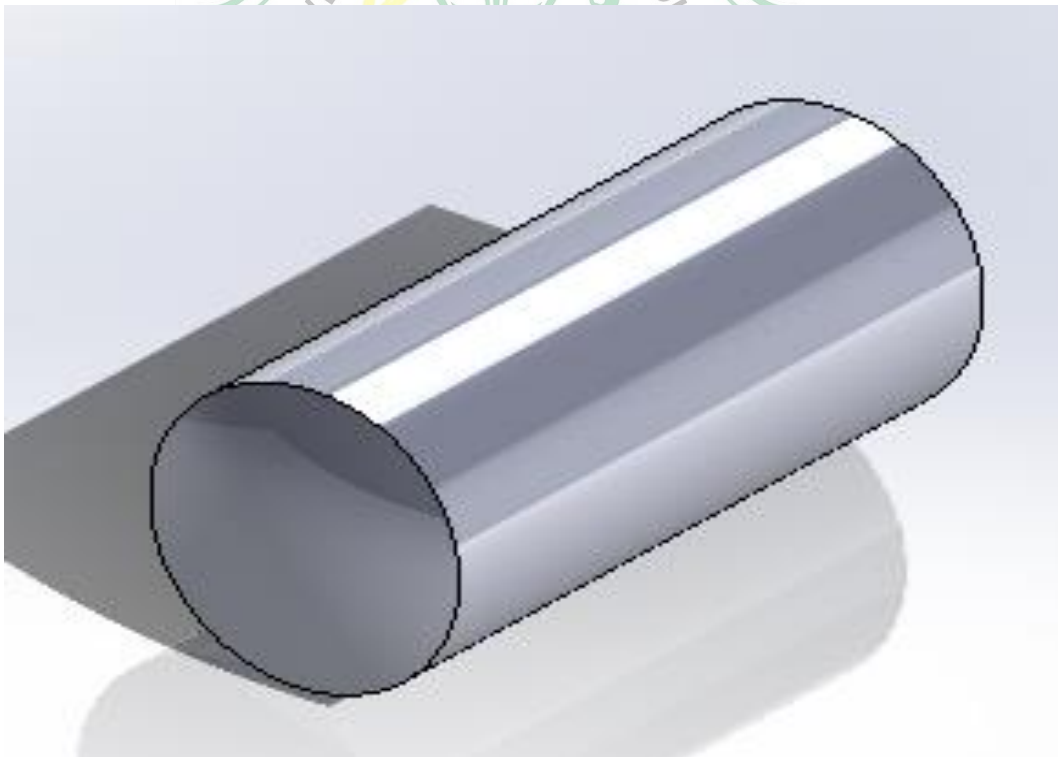
- 2) Membuat sketsa tangki terlebih dahulu dengan contoh seperti pada gambar., satuan yang digunakan ialah millimeter.



Gambar 3. 8 Sketsa tangki

Sumber : Solidworks 2022

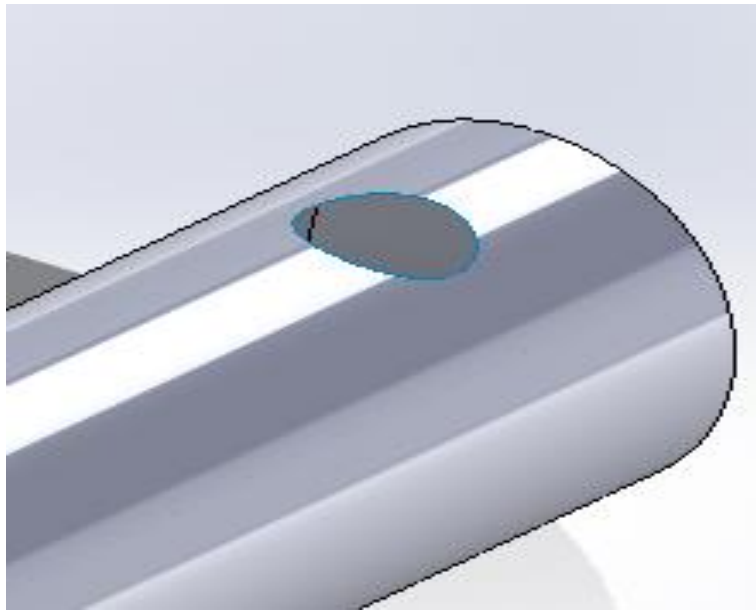
- 3) Setelah itu membuat *body* membulat menjadi seperti pada gambar.



Gambar 3. 9 *Surface* tangki

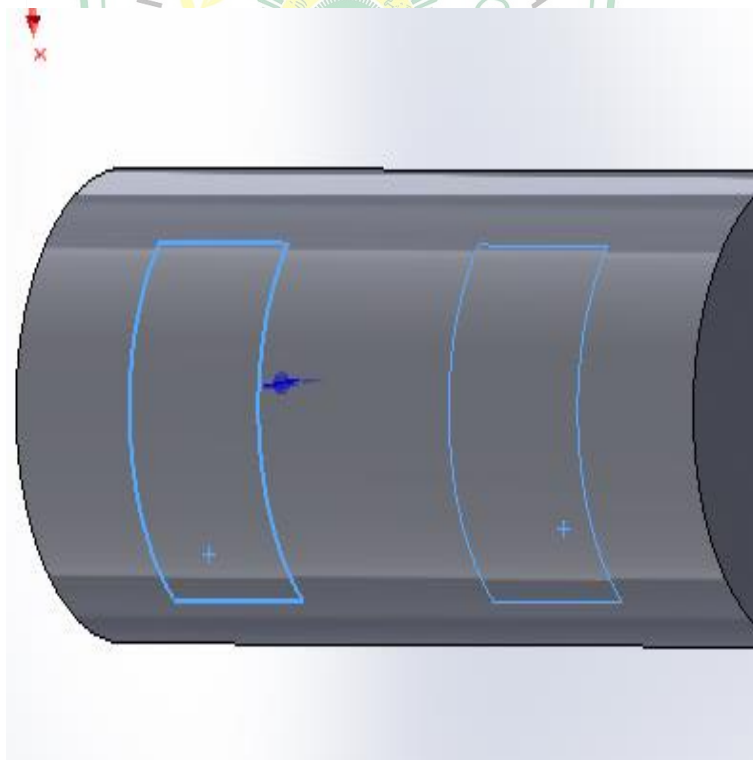
Sumber : Solidworks 2022

- 4) Selanjutnya memotong bagian lubang untuk ke atas dan membuat alas kaki bagian bawah.



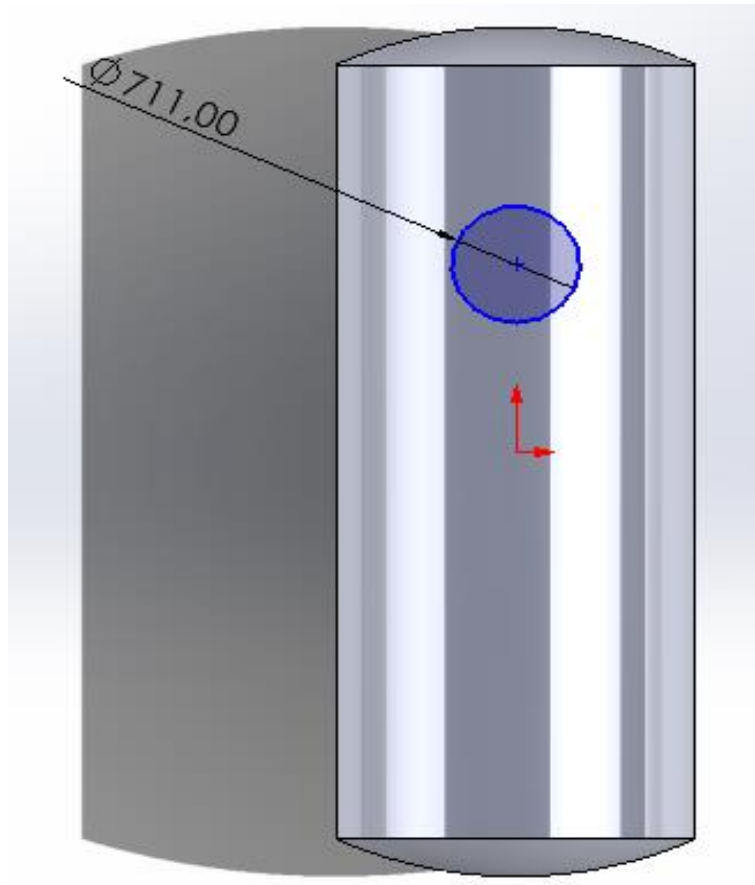
Gambar 3. 10 Pemotongan tangki

Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 11 Pemotongan tangki

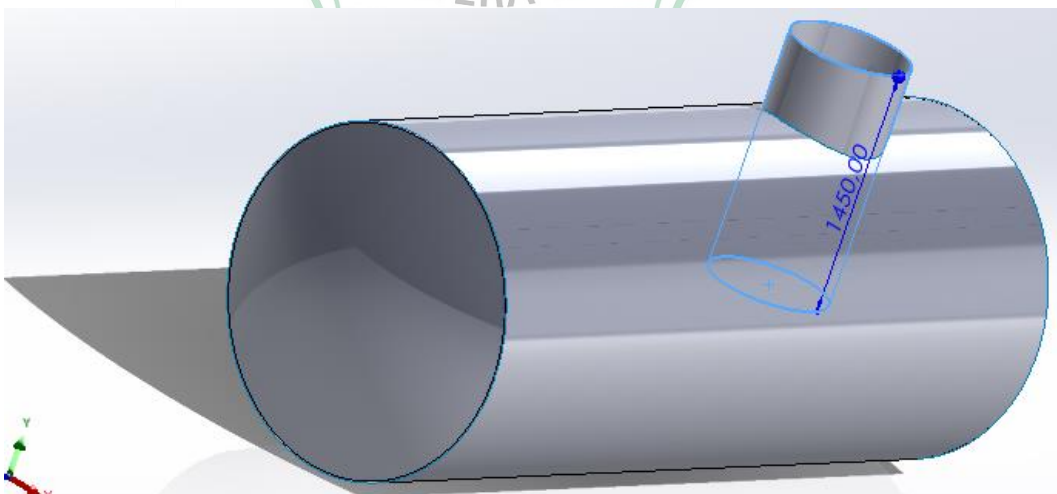
Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 12 Pemotongan tangki

Sumber : Solidworks 2022

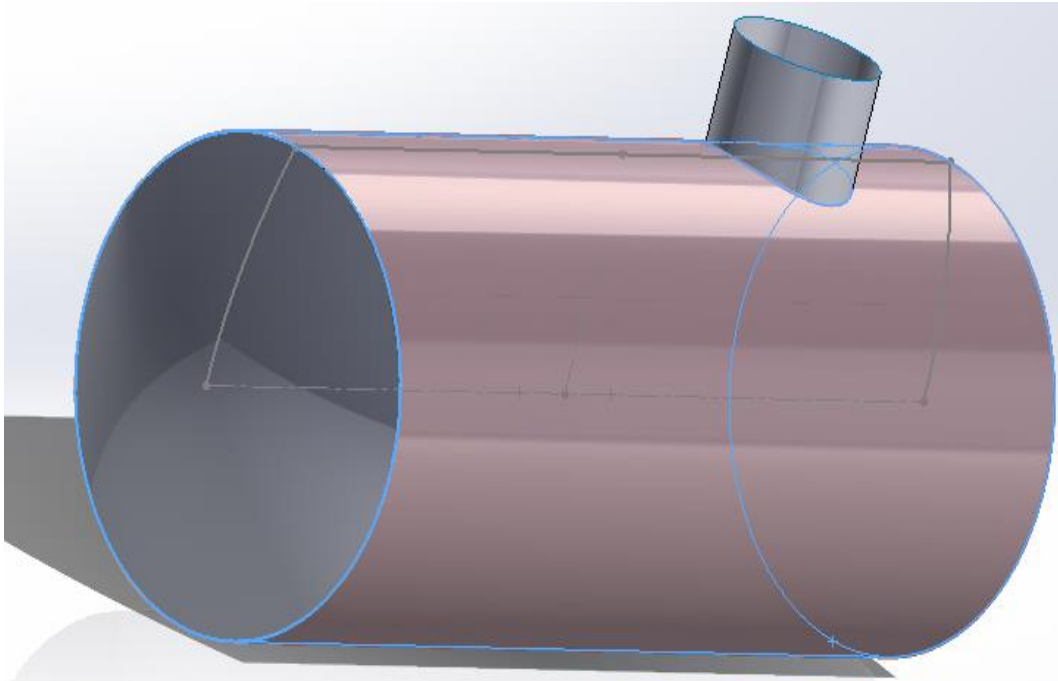
5) Membuat pipa pada lubang tersebut



Gambar 3. 13 Pembuatan pipa

Sumber : Solidworks 2022

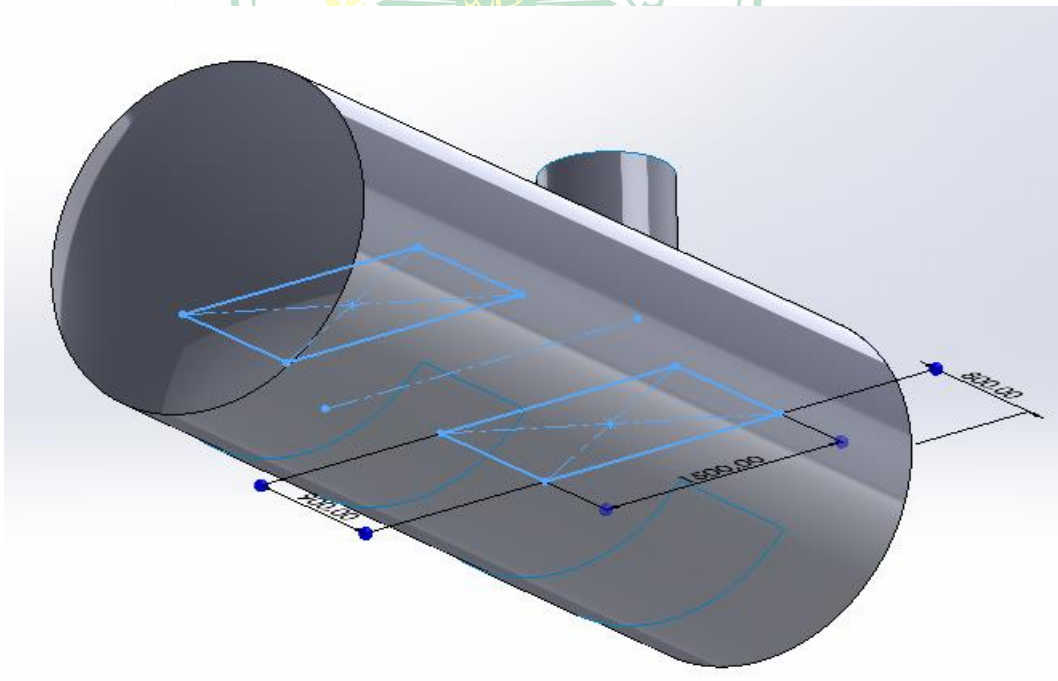
6) Memberi ketebalan sebesar 10 mm



Gambar 3. 14 Ketebalan tangki

Sumber : Solidworks 2022

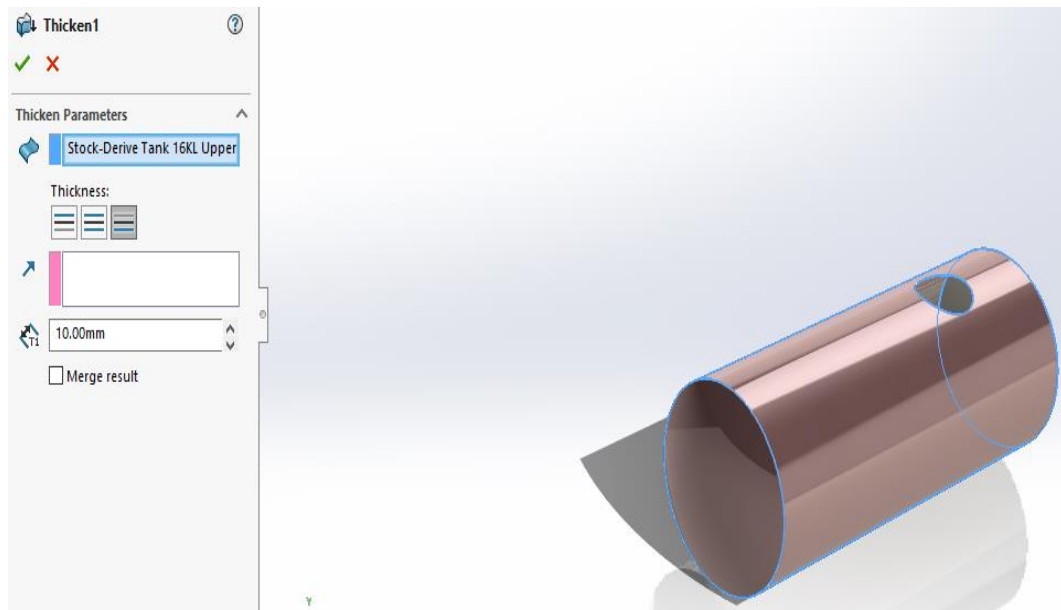
7) Membuat *legs pad* pada tangki.



Gambar 3. 15 Sketsa *Leg Pads*

Sumber : Solidworks 2022

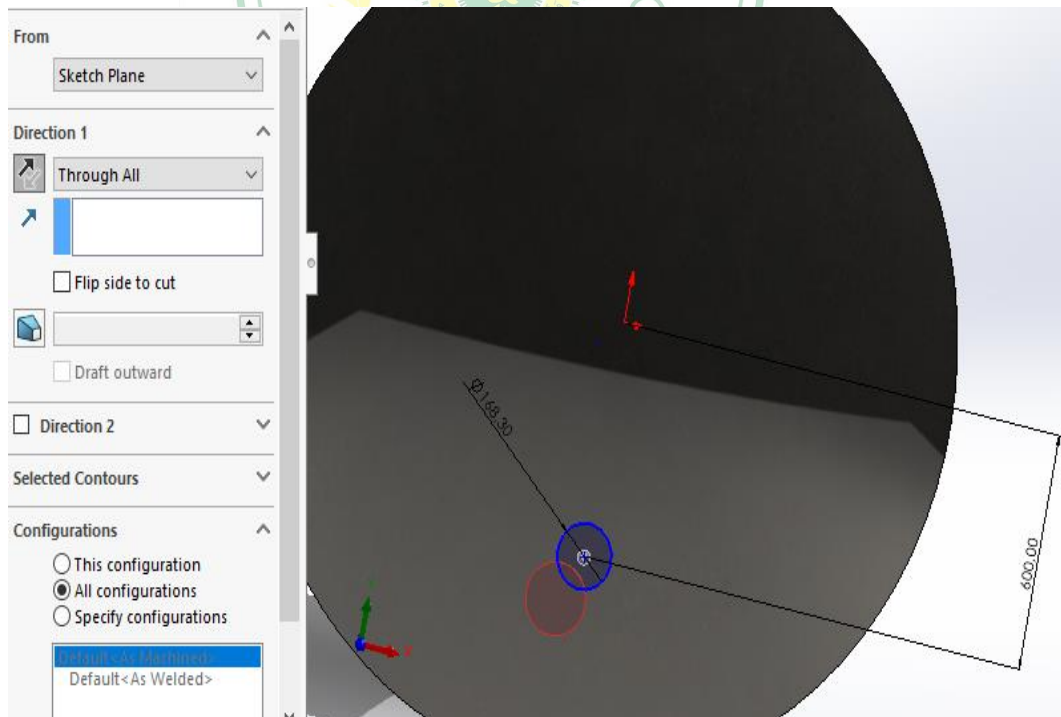
8) Buatlah tangki menjadi benda Solid dengan ketebalan 10 mm.



Gambar 3. 16 Membuat *Body Solids*

Sumber : Solidworks 2022

9) Membuat lubang pada tangki bagian bawah .

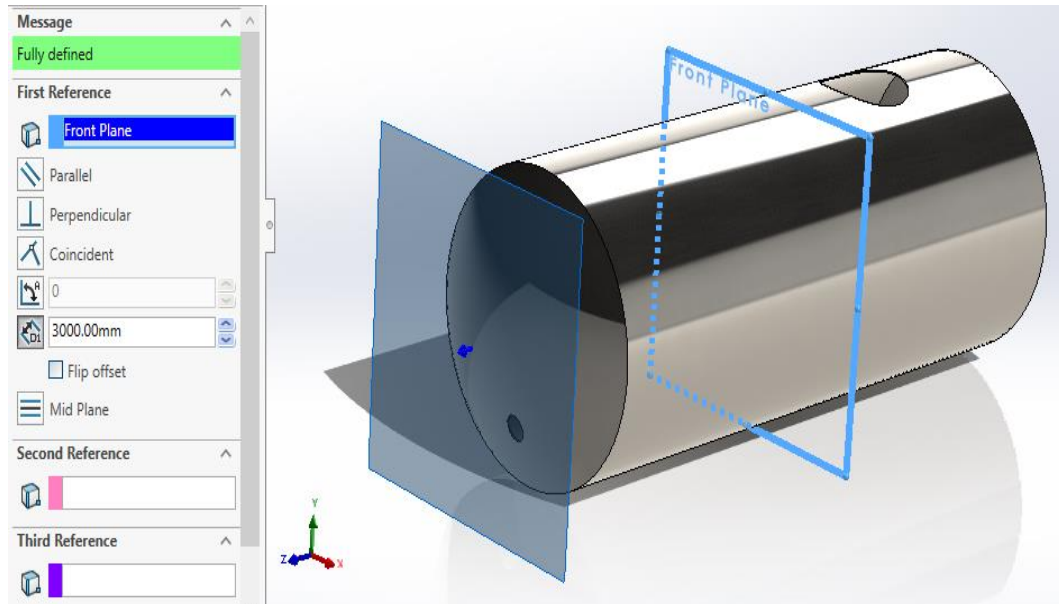


Gambar 3. 17 Lubang pada tangki

Sumber : Solidworks 2022



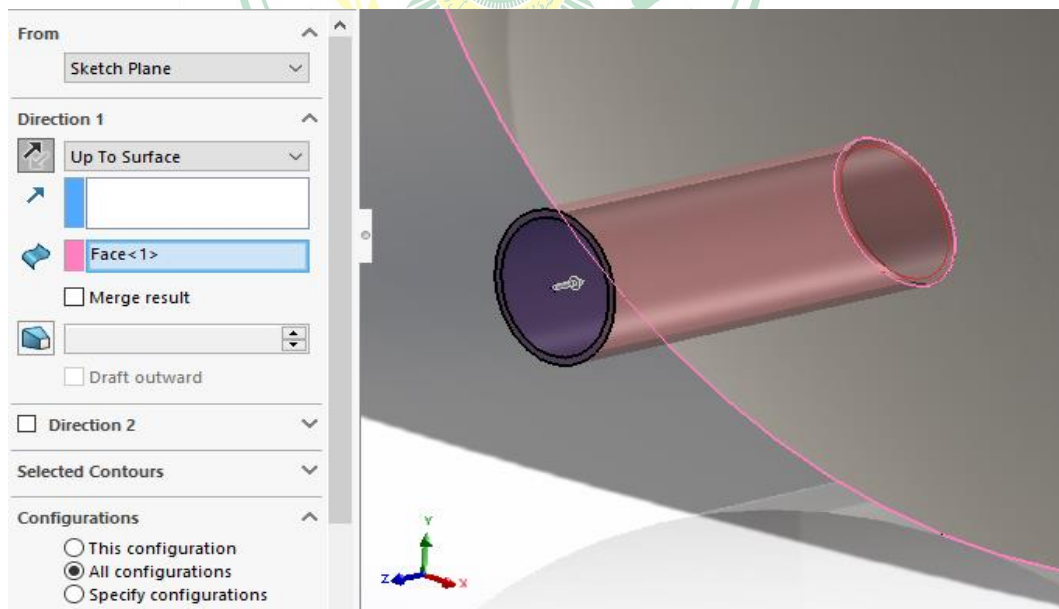
10) Pembuatan *plane* baru untuk membuat pipa.



Gambar 3. 18 Pembuatan *plane*

Sumber : Solidworks 2022

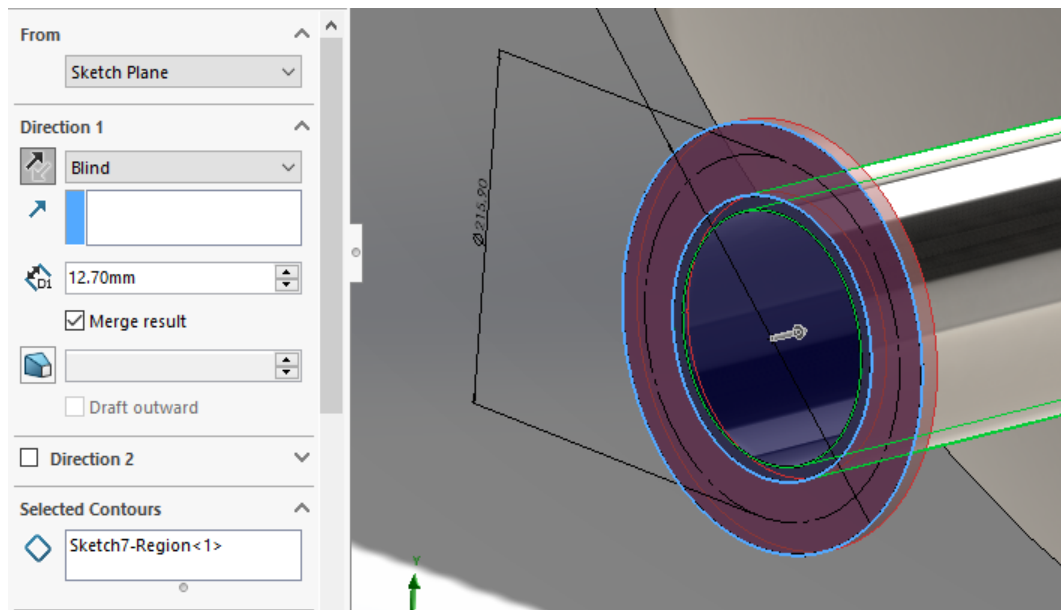
11) Membuat lubang pipa pada tangki.



Gambar 3. 19 Pembuatan pipa

Sumber : Solidworks 2022

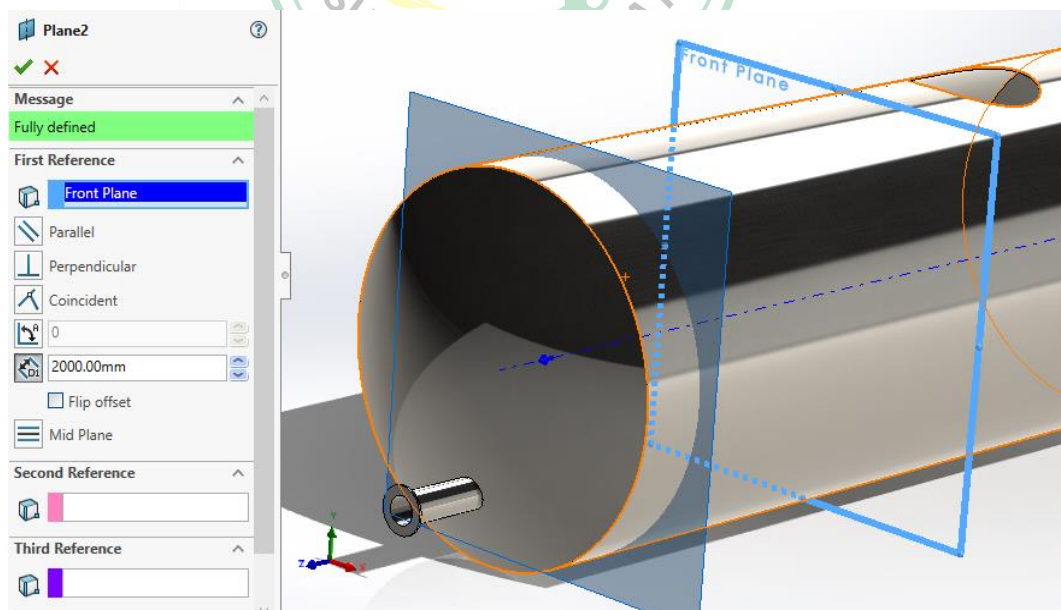
12) Pembuatan *flange* pada tangki.



Gambar 3. 20 Pembuatan *flange*

Sumber : Solidworks 2022

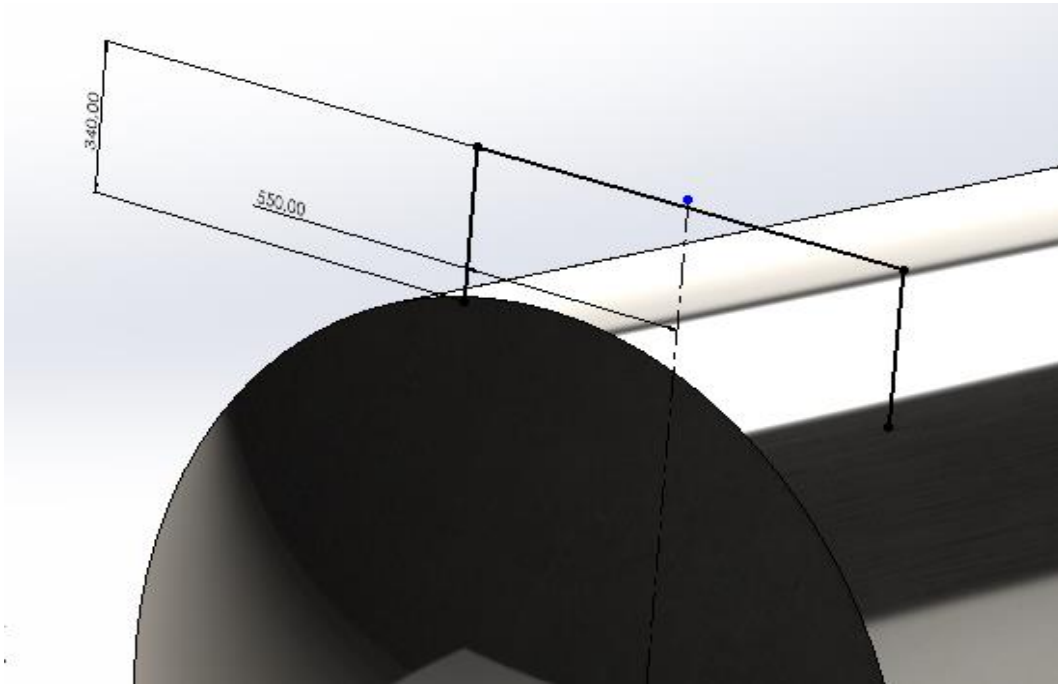
13) Pembuatan *plane* baru untuk membuat rangka atas.



Gambar 3. 21 Pembuatan *plane*

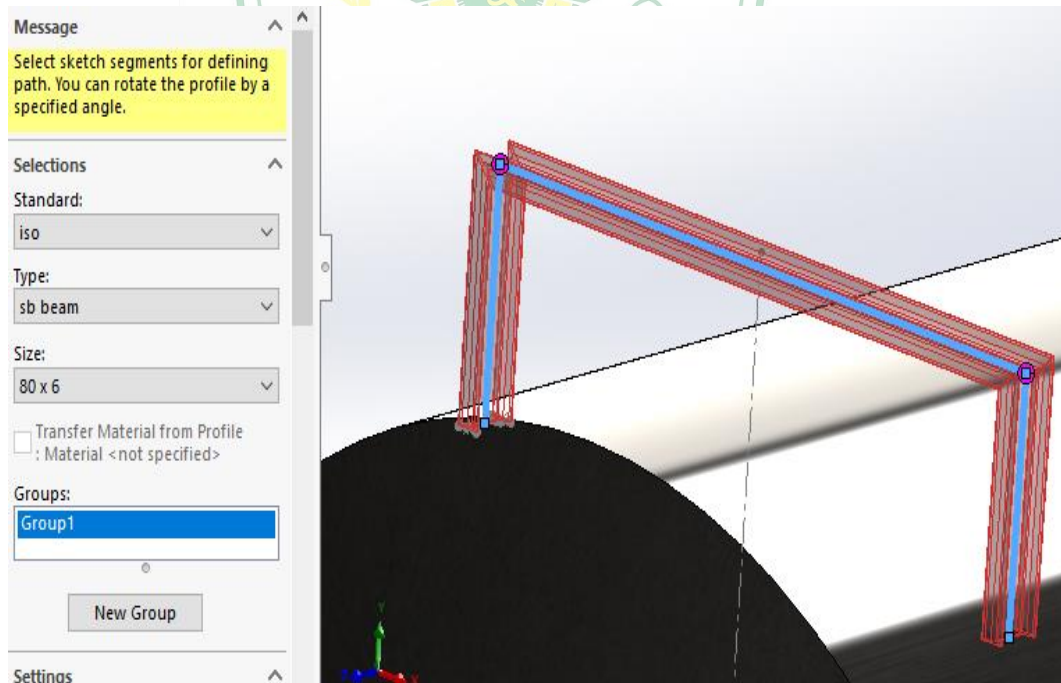
Sumber : Solidworks 2022

14) Pembuatan rangka sasis untuk pembuatan tangga.



Gambar 3. 22 Sketsa rangka sasis

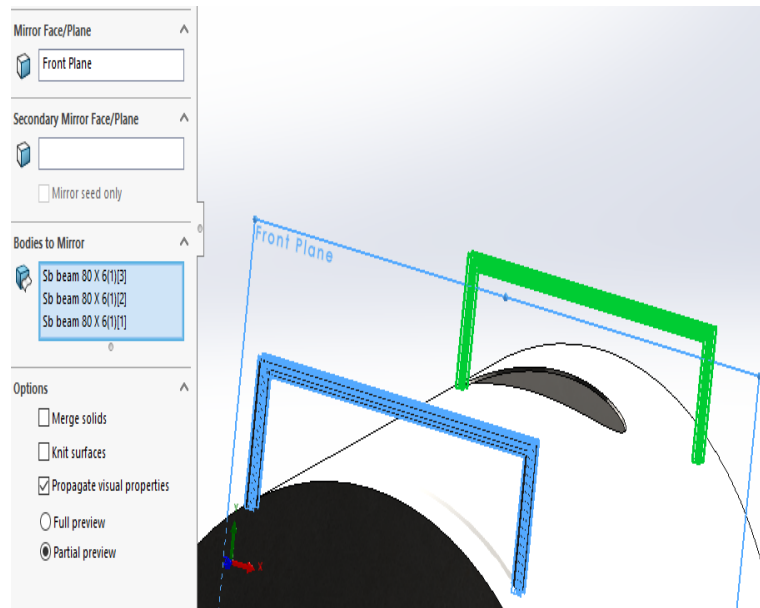
Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 23 Sketsa rangka sasis

Sumber : Solidworks 2022

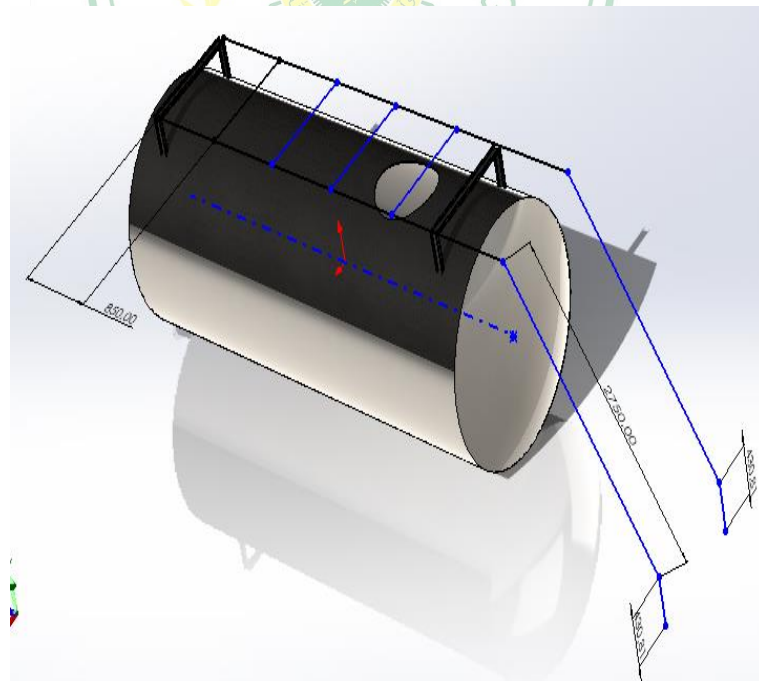
15) Menduplikat rangka agar tidak membuat sketsa rangka baru.



Gambar 3. 24 Duplikat objek sasis

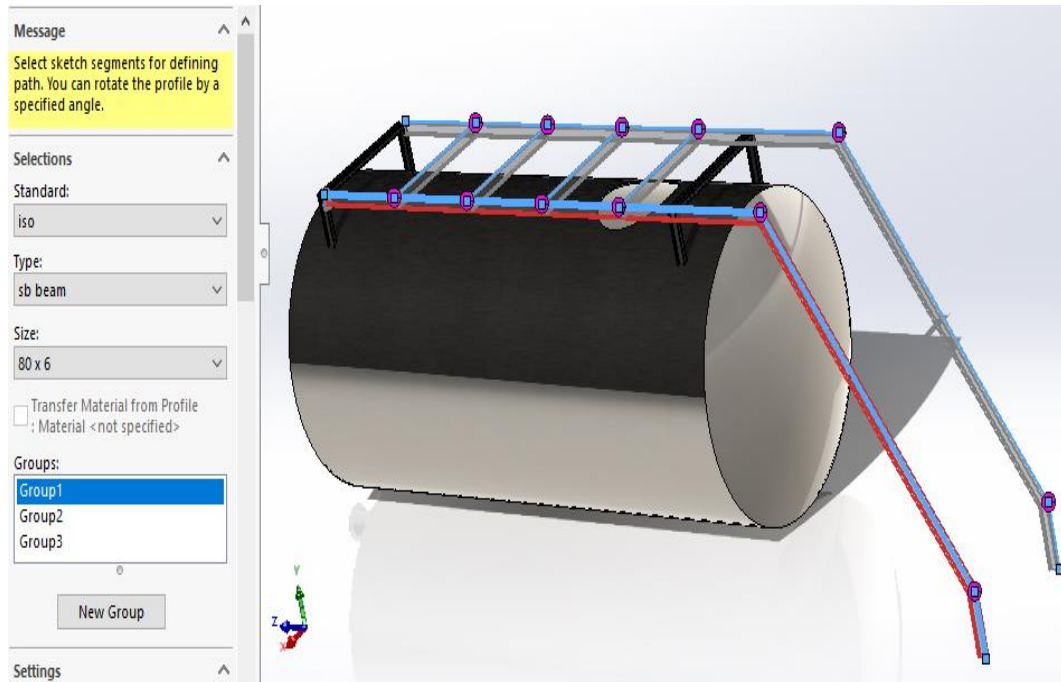
Sumber : Solidworks 2022

16) Membuat sasis untuk tempat pijakan



Gambar 3. 25 sketsa sasis dan pembuatan besi rangka

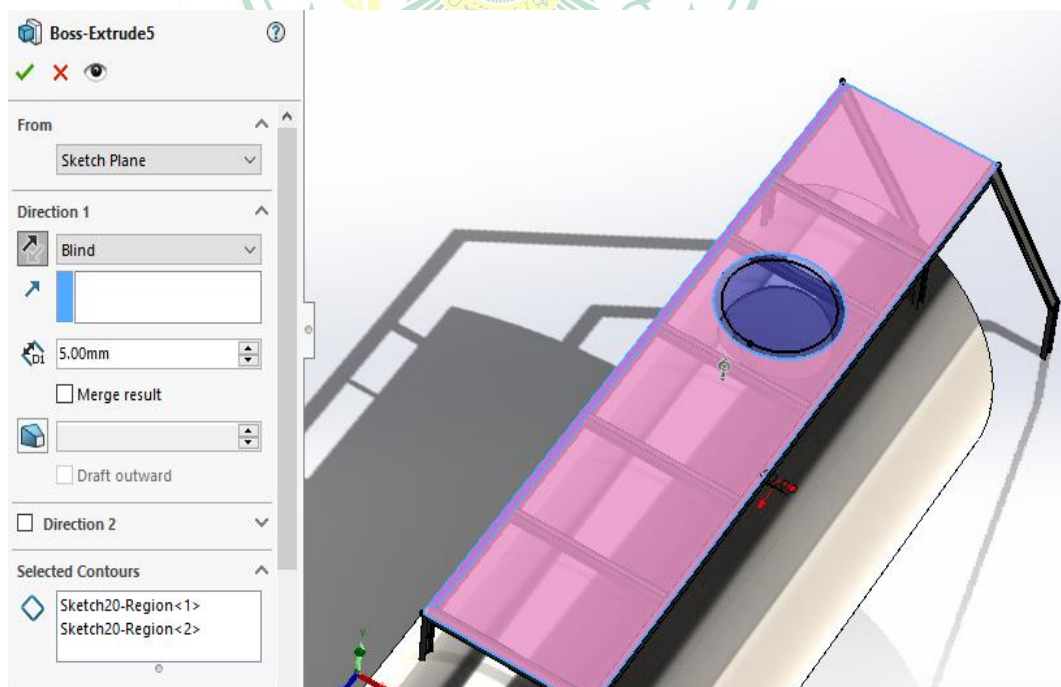
Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 26 sketsa sasis dan pembuatan besi rangka

Sumber : Solidworks 2022

17) Membuat plat dengan ketebalan 5 mm.

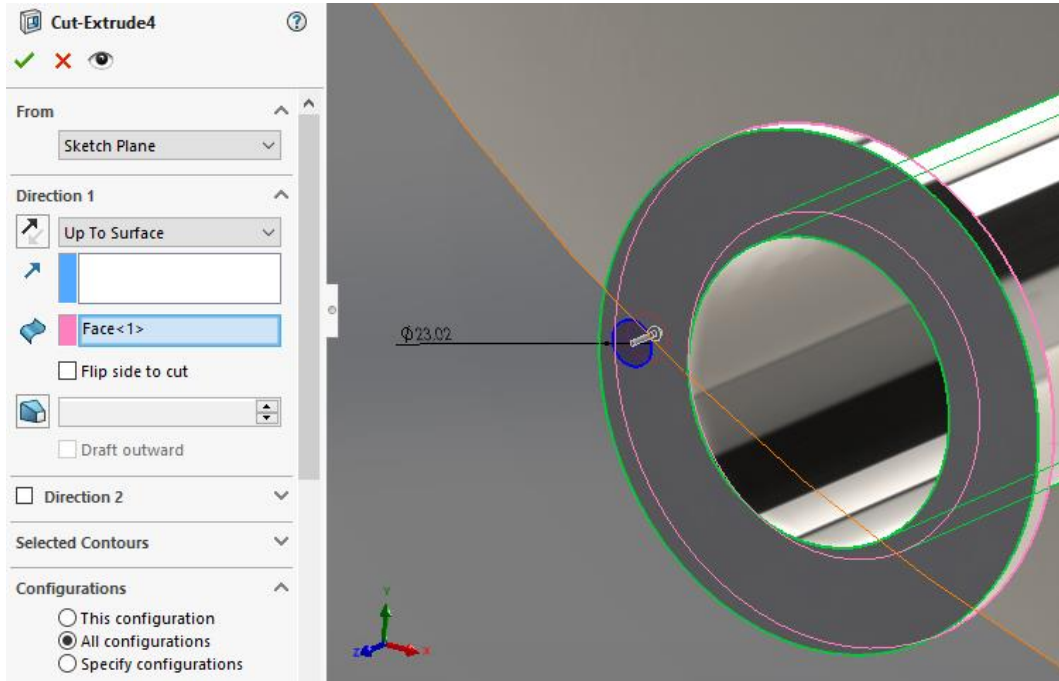


Gambar 3. 27 Pembuatan plat besi

Sumber : Solidworks 2022

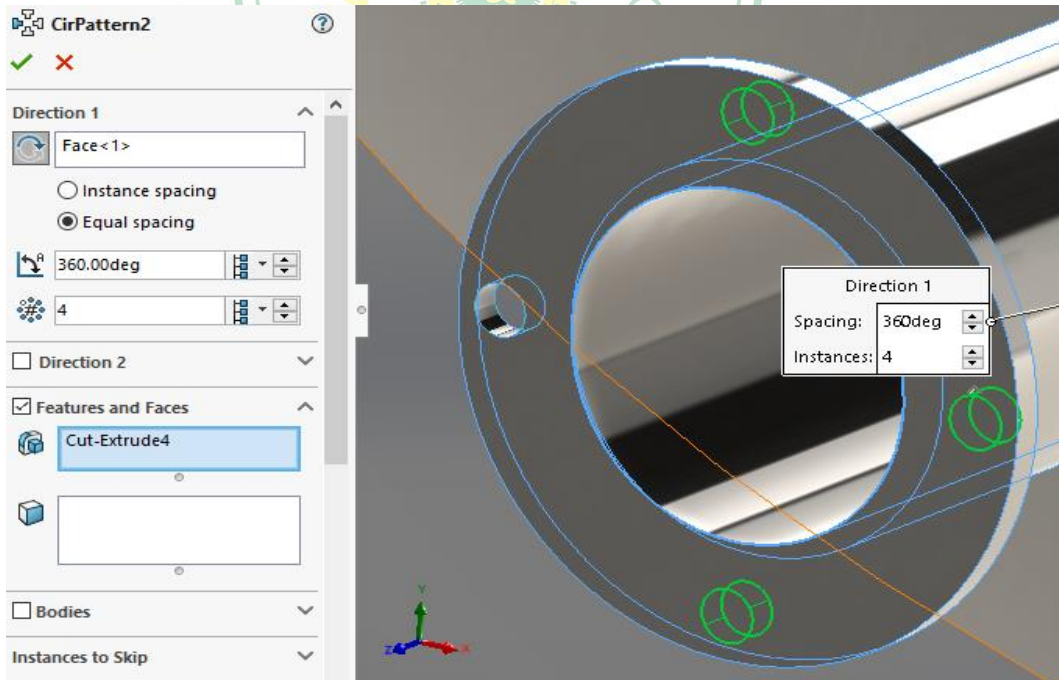


18) Membuat lubang pada *flange*



Gambar 3. 28 Pembuatan lubang *flange*

Sumber : Solidworks 2022

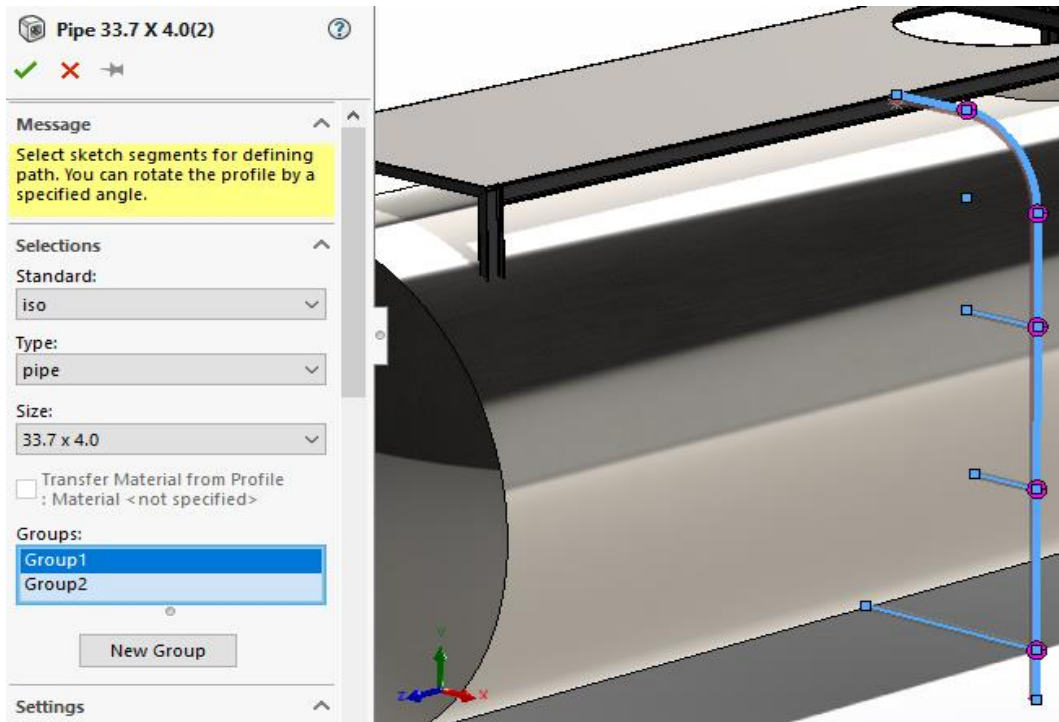


Gambar 3. 29 Pembuatan lubang *flange*

Sumber : Solidworks 2022

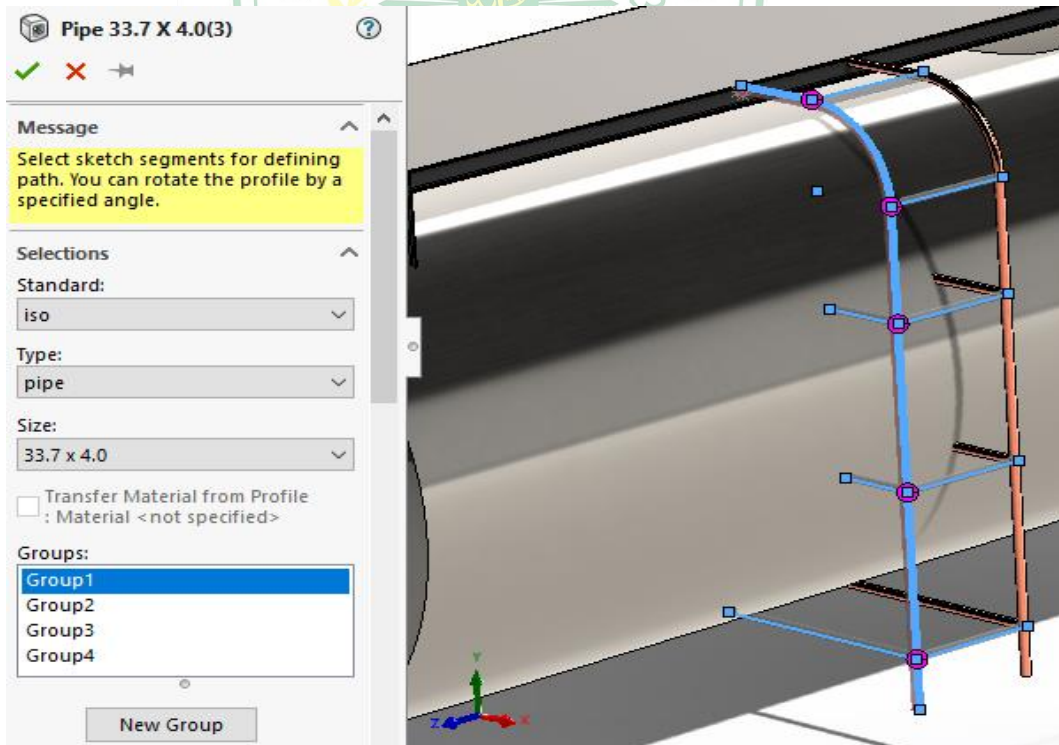


19) Pembuatan sasis tangga.



Gambar 3. 30 Pembuatan sketsa sasis tangga

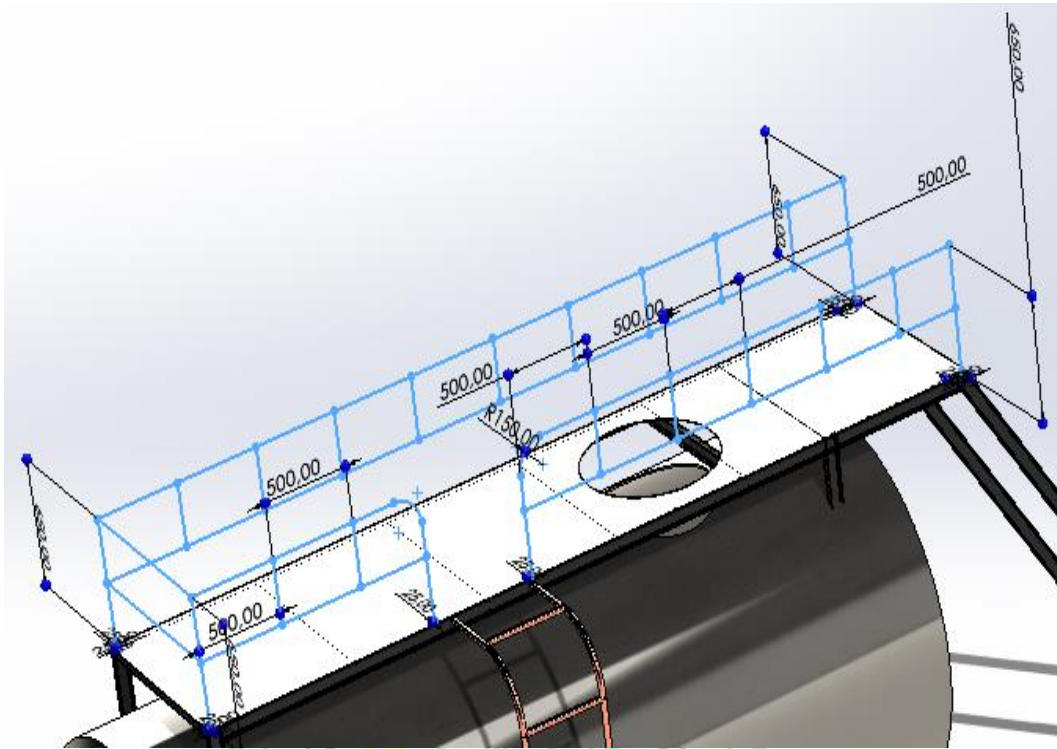
Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 31 Pembuatan sketsa sasis tangga

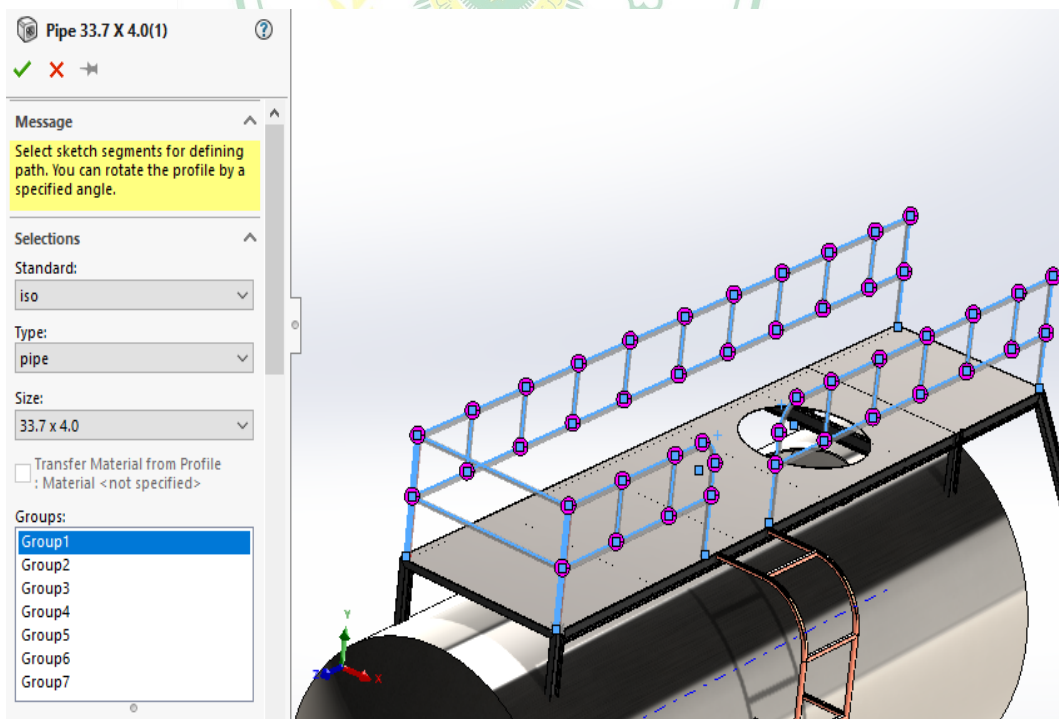
Sumber : Solidworks 2022

20) Pembuatan sasis *handrill* pada tangki.



Gambar 3. 32 pemasangan besi *handril*

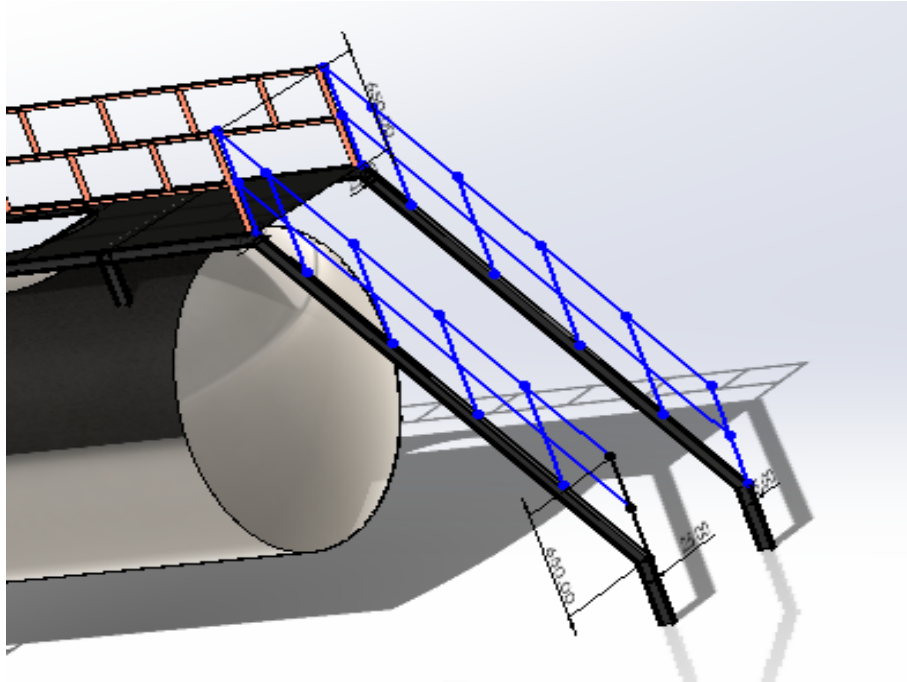
Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 33 pemasangan besi *handril*

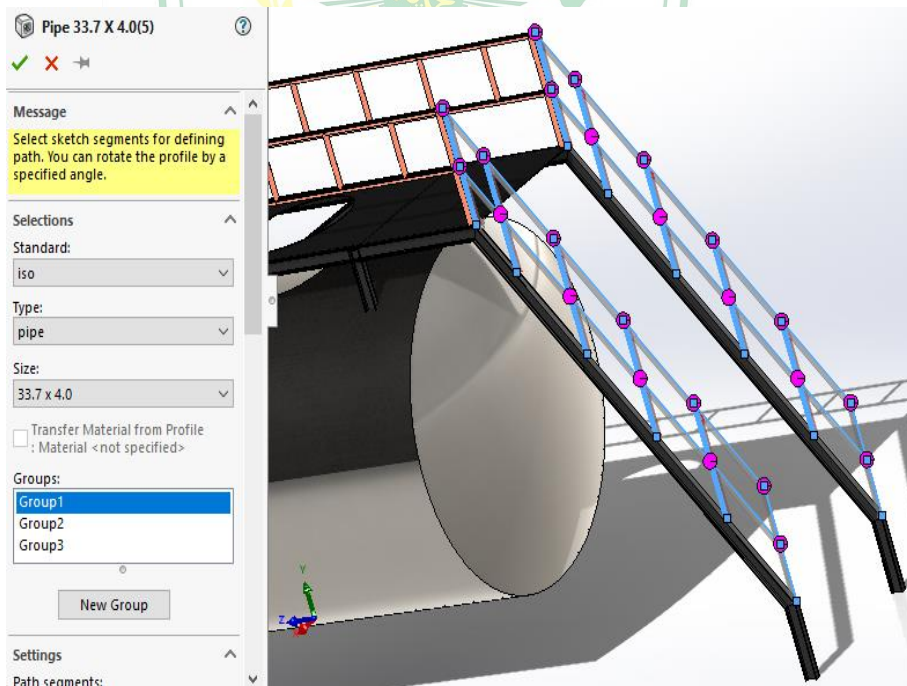
Sumber : Solidworks 2022

21) Pembuatan sasis handril selanjutnya



Gambar 3. 34 Pemasangan besi pipa handril selanjutnya

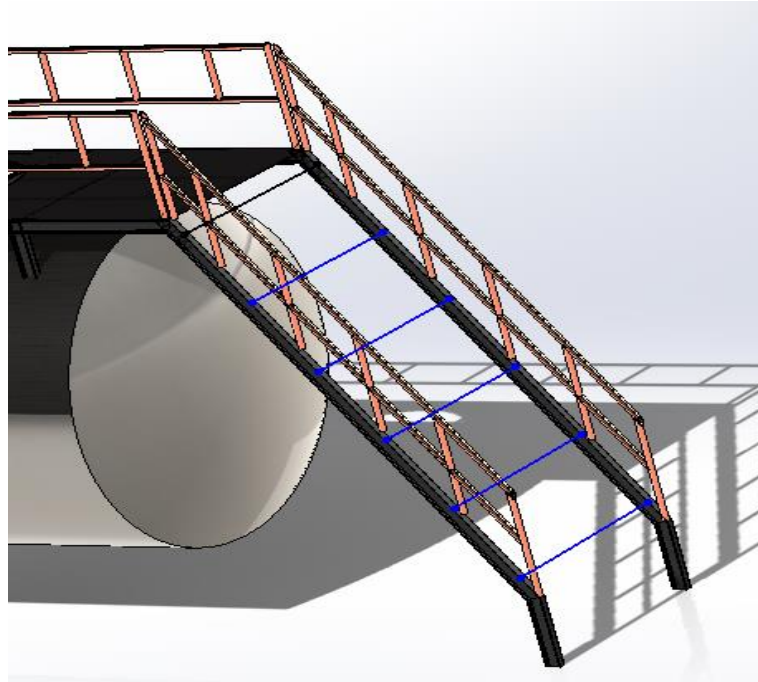
Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 35 Pemasangan besi pipa handril selanjutnya

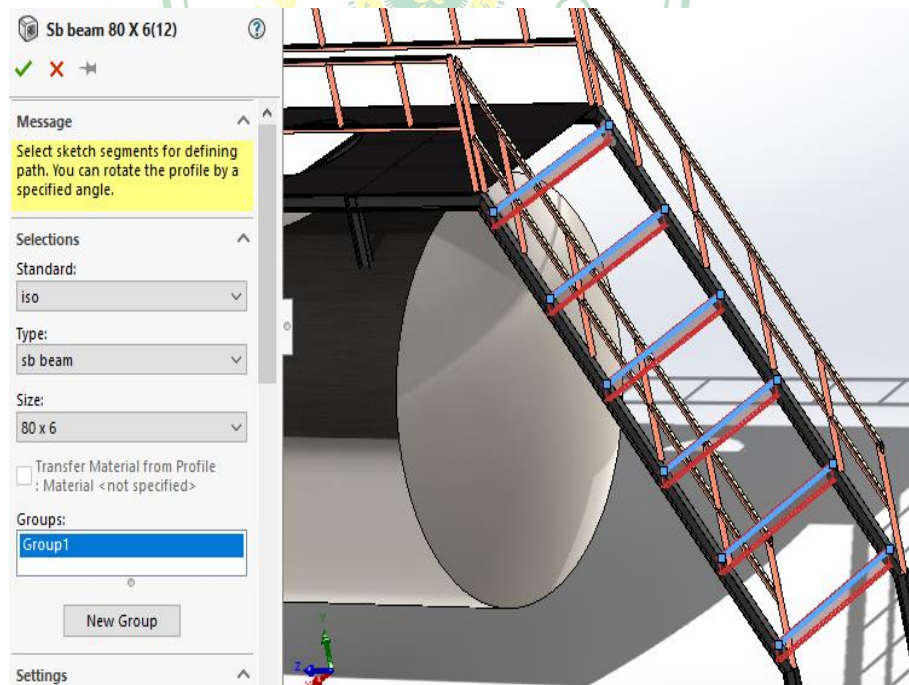
Sumber : Solidworks 2022

## 22) Pembuatan sasis tangga



Gambar 3. 36 Pembuatan sasis pijakan tangga

Sumber : Solidworks 2022

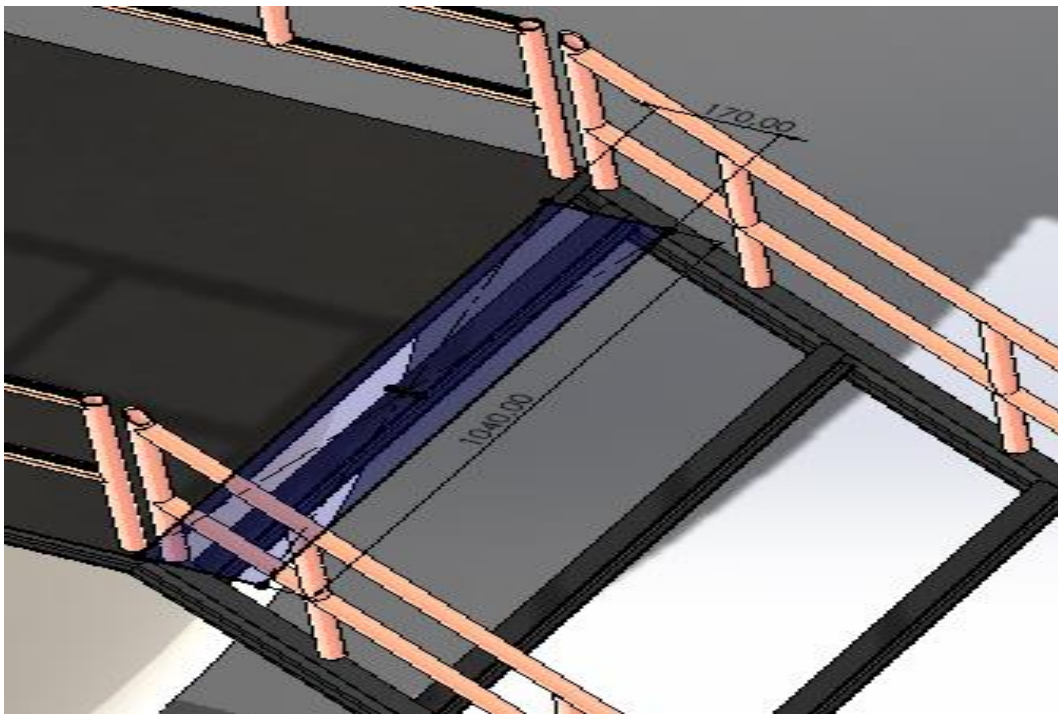


Gambar 3. 37 Pembuatan sasis pijakan tangga

Sumber : Solidworks 2022

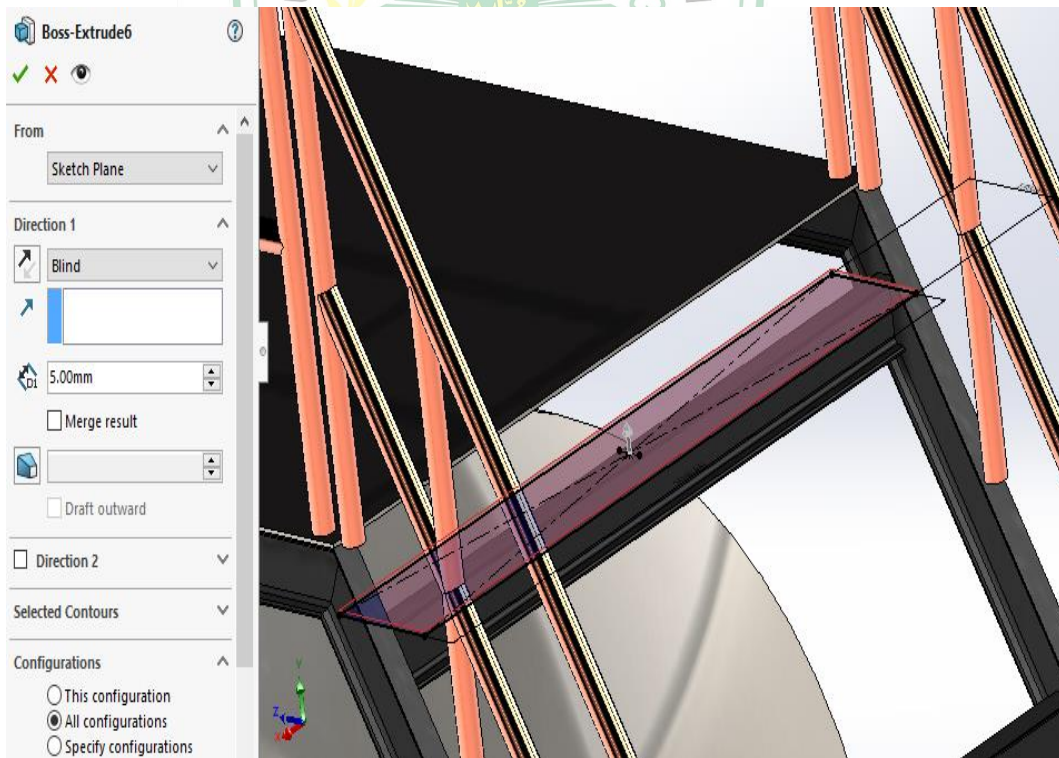


### 23) Pembuatan plat tangga



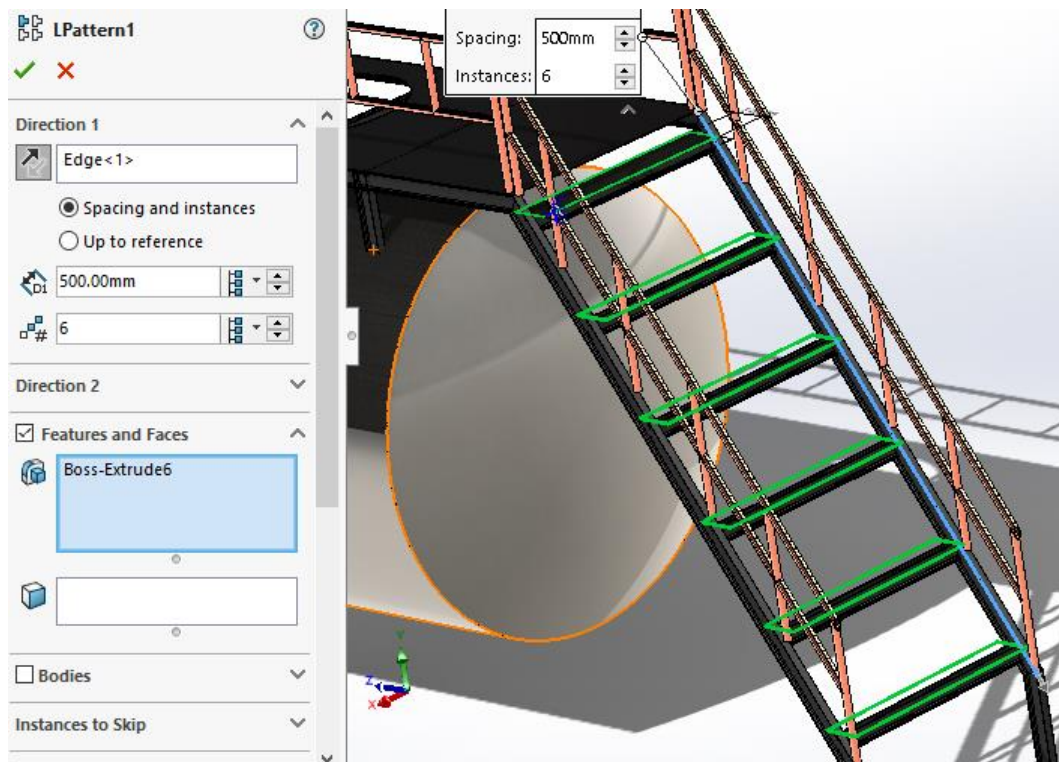
Gambar 3. 38 Pembuatan plat tangga

Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 39 Pembuatan plat tangga

Sumber : Solidworks 2022



Gambar 3. 40 Pembuatan plat tangga

Sumber : Solidworks 2022

24) Simpan dengan nama tangki.

### 3.4 Simulasi Statis

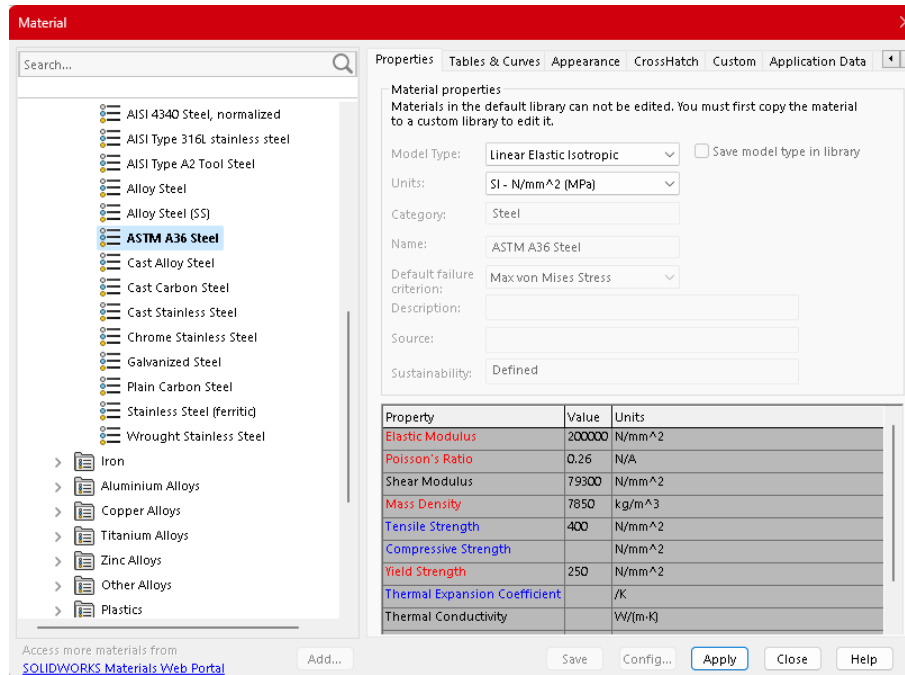
Simulasi Statis merupakan jenis pembebanan yang bersifat tetap, Model yang digunakan untuk menunjukkan suatu sistem dimana kegagalan tidak berpengaruh terhadap waktu.

#### 1 Tahap Simulasi

##### a. *Apply Material*

Material yang digunakan yaitu material ASTM A36.



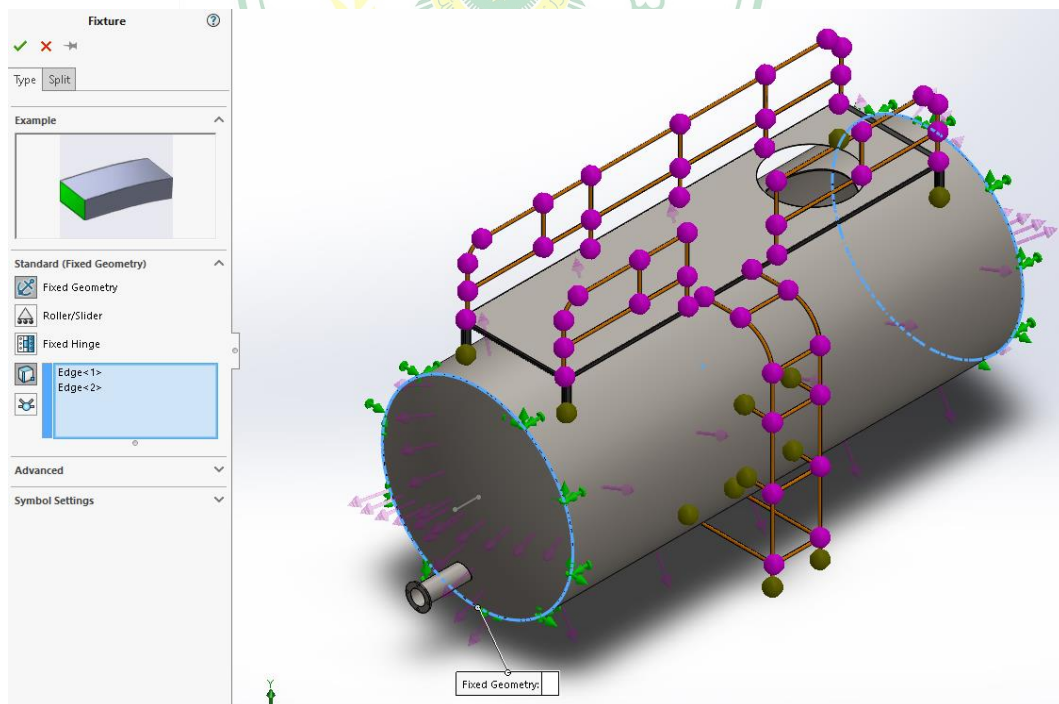


Gambar 3.41 Pemilihan material

Sumber : Solidworks 2022

b. *Fixed Geometry*

Pada bagian ini menentukan titik tumpunya .

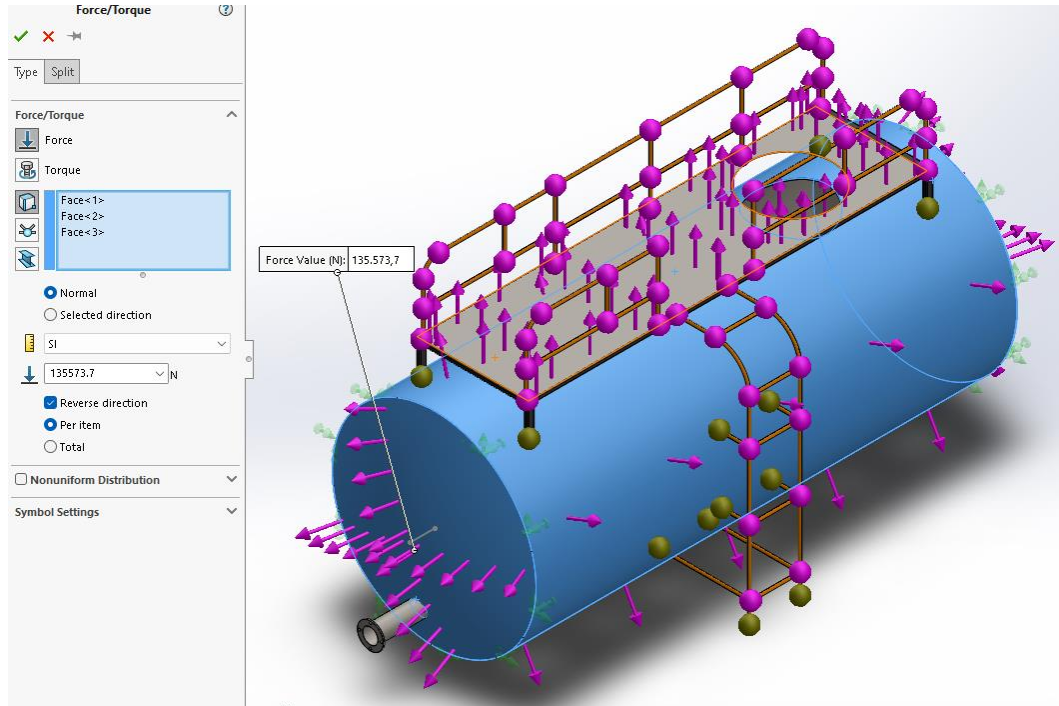


Gambar 3.42 Penentuan titik tumpu

Sumber : Solidworks 2022

c. *Force*

Penulis memasukkan beban internal bertipe tekanan. Beban yang diberikan sesuai dengan perhitungan yaitu sebesar 0.135573 MPa.

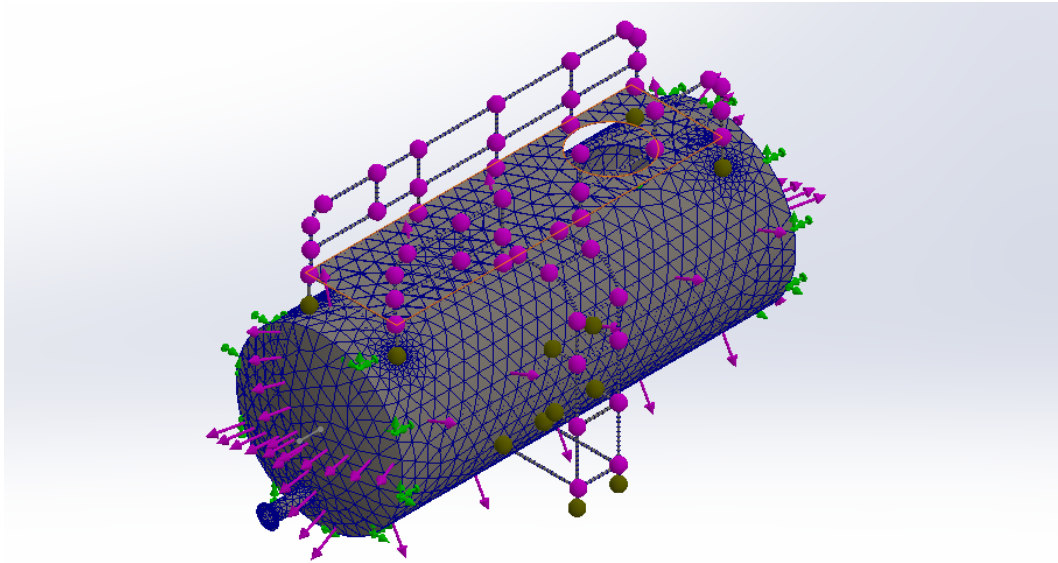


Gambar 3. 43 Pemberian beban

Sumber : Solidworks 2022

d. *Meshing*

*Meshing* adalah tindakan menciptakan *mesh* (atau *grid*) yang sesuai dengan kebutuhan karena jumlah pembagian *mesh* ini nantinya akan menentukan keakuratan dari hasil komputasi numerik yang dilakukan.



Gambar 3. 44 Meshing

Sumber : Solidworks 2022

e. *Run.*

Jalankan simulasi lalu tunggu hasil

2. Hasil

Pada tahap ini hasil analisa akan dibahas pada bab IV

### 3.5 Flow Simulation

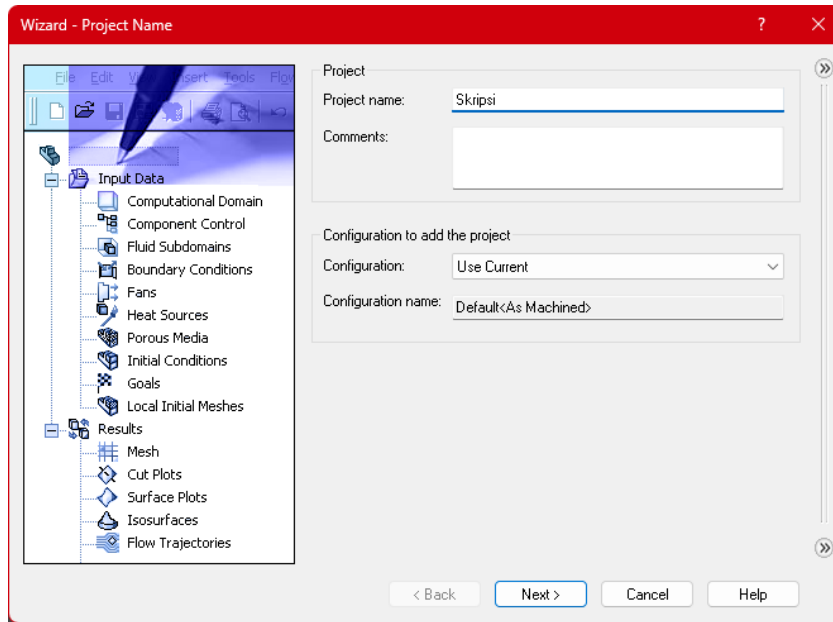
Alat analisis simulasi aliran fluida paling sederhana ialah *SOLIDWORKS® Flow Simulation*. Dengan perangkat lunak ini dapat menghemat waktu dan uang dengan mendesain menggunakan Simulasi Aliran *SOLIDWORKS* sebelum dilakukannya proses fabrikasi atau manufaktur.

Dengan kemampuan analisis CFD yang terintegrasi. Maka, dapat dengan cepat menilai dampak aliran fluida, perpindahan panas, dan gaya terkait pada komponen - komponen di sekitarnya. serta dapat memodelkan aliran fluida dan gas dalam kondisi apapun.

1. Tahap Simulasi

a. *Wizard*

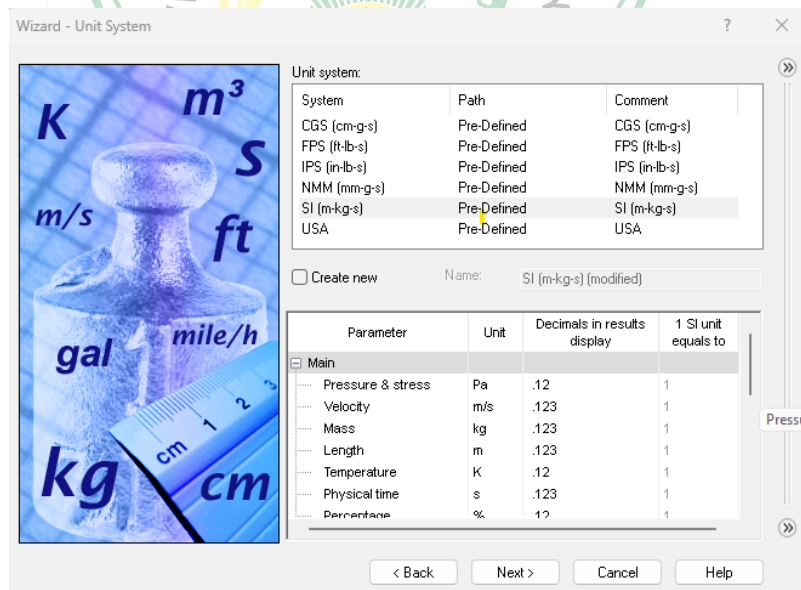
1) Atur ketentuan nama dari spesifikasi fluida



Gambar 3. 45 Tentukan nama proyek

Sumber : Solidworks 2022

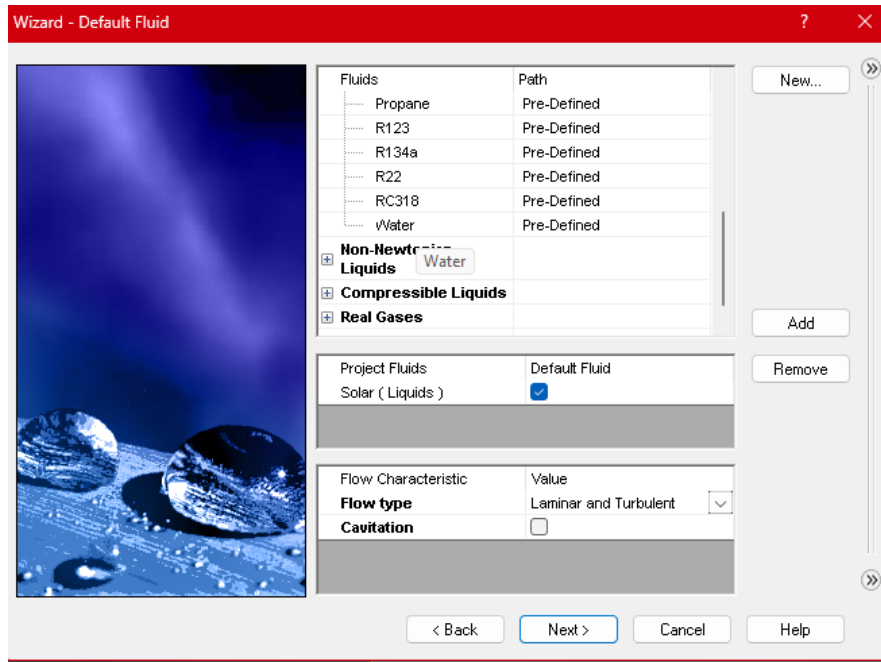
2) Atur satuan yang akan digunakan



Gambar 3. 46 Pilih ketentuan satuan

Sumber : Solidworks 2022

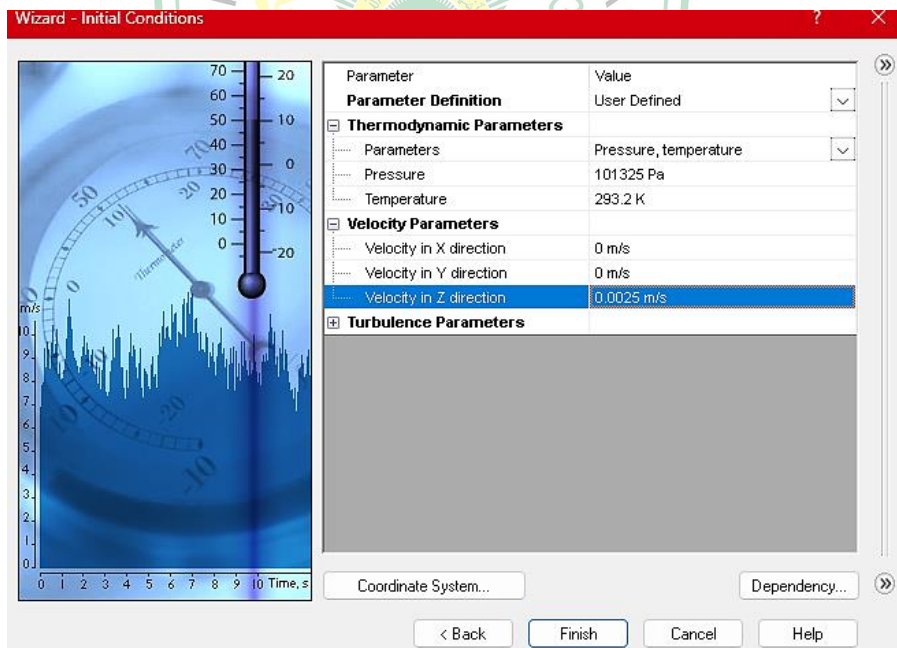
3) Pilih jenis fluida yang ingin digunakan



Gambar 3. 47 Masukan jenis fluida yang digunakan

Sumber : Solidworks 2022

4) Atur *initial condition* nya klik *finish*



Gambar 3. 48 Atur *initial condition*

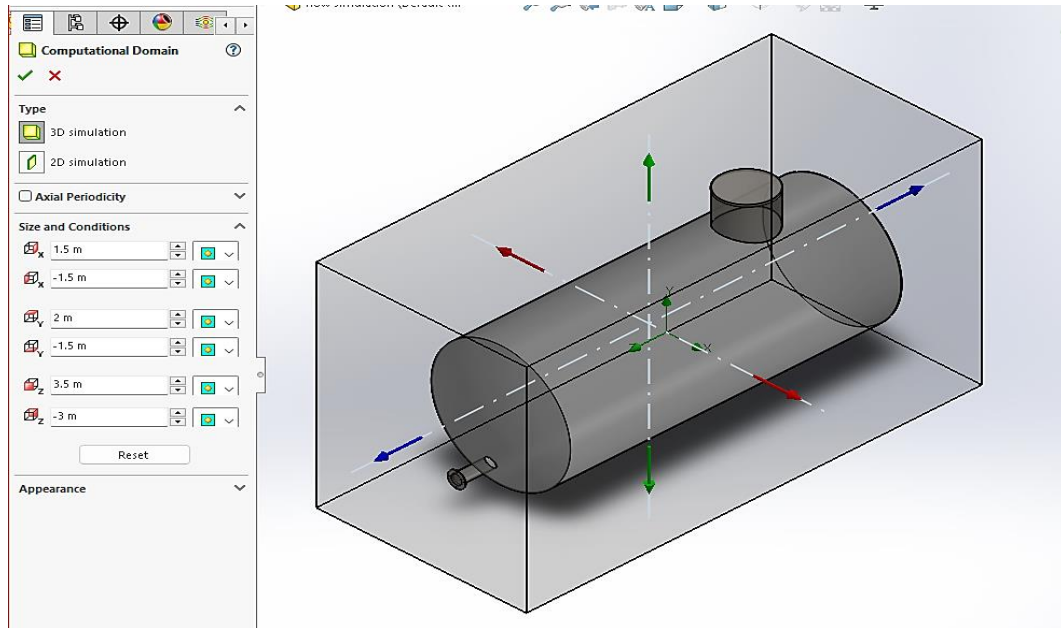
Sumber : Solidworks 2022

b. Input Data.

1) *Computational Domain*.



Klik kanan pada *Computational Domain*, lalu *Edit Definition*,  
Kemudian masukan data seperti dibawah ini.



Gambar 3. 49 Data computational domain

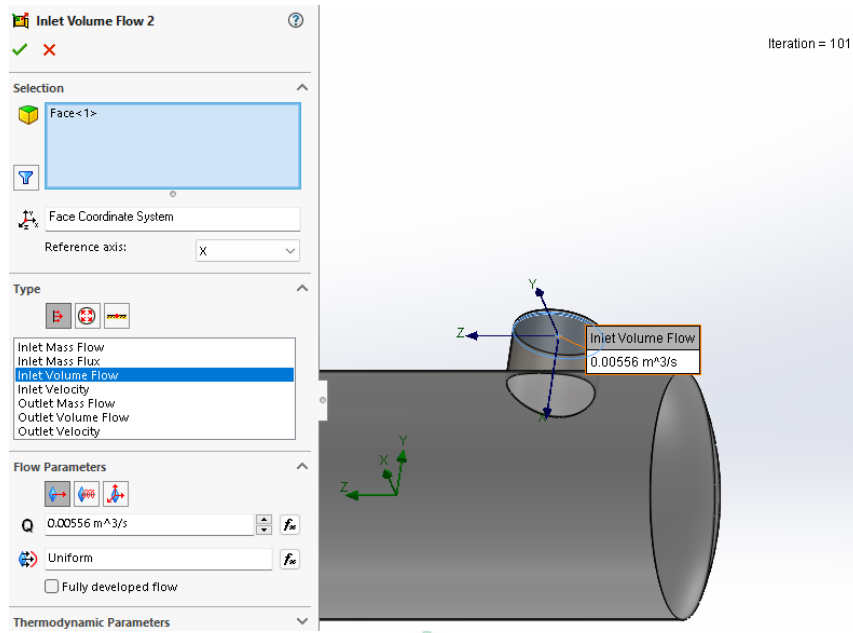
Sumber : Solidworks 2022

## 2) *Boundary condition.*

Klik kanan pada *boundary condition*, lalu klik *insert boundary condition*, Kemudian masukan data seperti dibawah ini.

### a. *Data inlet.*

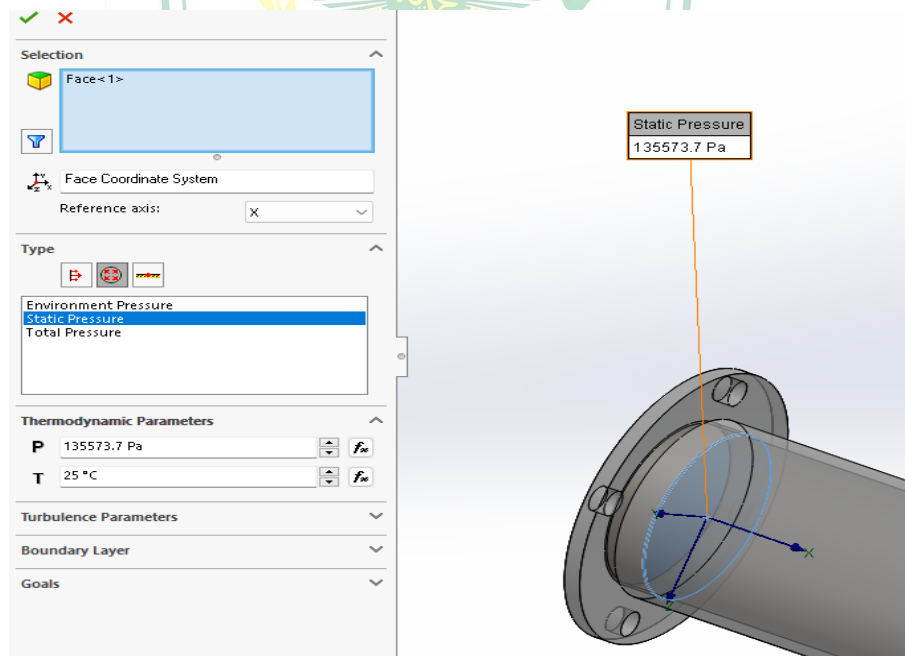




Gambar 3. 50 Data inlet

Sumber : Solidworks 2022

b. Data outlet.

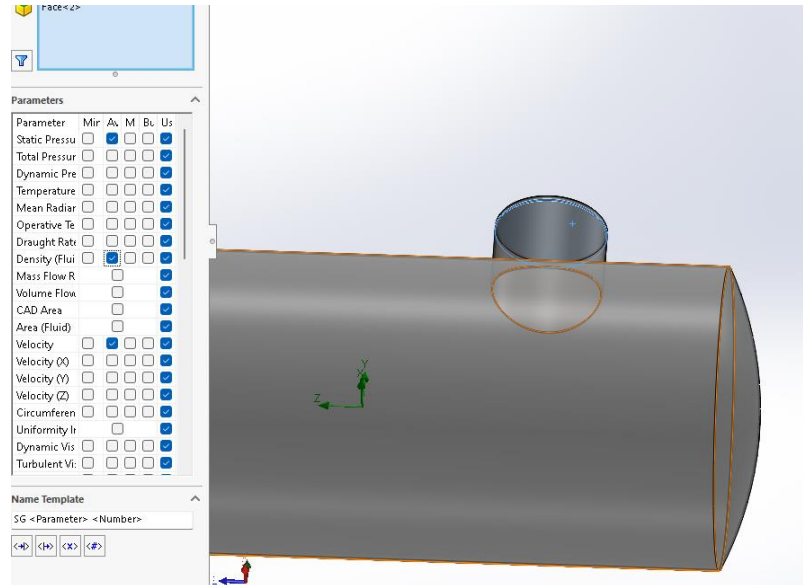


Gambar 3. 51 Data outlet

Sumber : Solidworks 2022

### 3) Insert Goals

Klik kanan pada *Goals* lalu pilih *insert surface goals*, kemudian masukan data berikut.

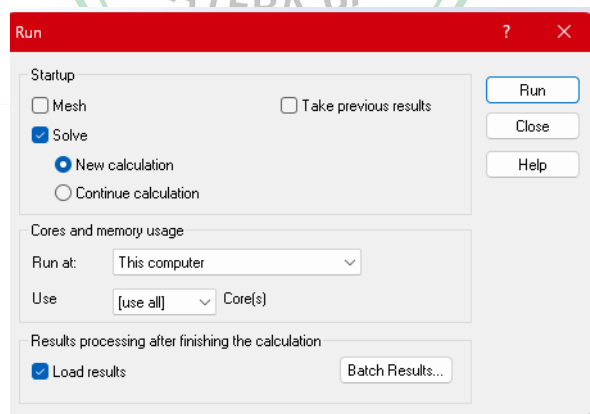


Gambar 3. 52 Data goals

Sumber : Solidworks 2022

### 4) Run

Klik kanan pada nama proyek, lalu pilih *run* masukan data berikut dan klik *run*.



Gambar 3. 53 Data run

Sumber : Solidworks 2022

## 2. Hasil

Pada tahap ini hasil analisa akan dibahas pada bab IV

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perhitungan data umum perancangan

A. Perhitungan volume silinder tangki menggunakan persamaan (2.1)

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 2^2 \cdot 4,75 \\ &= 14,9225\end{aligned}$$

B. Perhitungan *head* tangki menggunakan persamaan (2.4)

$$K_1 = \frac{2 \cdot b}{D} = \frac{2 \cdot 0,23}{2} = 0,23$$

C. Perhitungan volume *head* tangki menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned}V_h &= \frac{1}{6} \pi \cdot K_1 \cdot D^3 \\ &= \frac{1}{6} \pi \cdot 0,23 \cdot 2^3 \\ &= 0,9634\end{aligned}$$

D. Perhitungan volume total tangki menggunakan persamaan (2.3)

$$\begin{aligned}V_t &= V_c + V_h \\ &= 14,9225 + 0,9634 \\ &= 15,885 \approx 15000 \text{ L}\end{aligned}$$

E. Perhitungan berat muatan tangki menggunakan persamaan (2.5)

$$\begin{aligned}m &= V \cdot \rho \\ &= 15,885 \times 870 \\ &= 13819,95 \text{ Kg}\end{aligned}$$

F. Perhitungan tekanan tangki menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned}
 W &= m \cdot g \\
 &= 13819,95 \cdot 9,81 = 135573,7 \text{ N/m} \approx 0,135573 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

G. Perhitungan luas tangki menggunakan persamaan (2.7)

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot D \cdot t \\
 &= \pi \cdot 2 \cdot 4,75 \\
 &= 29,8 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

H. Perhitungan tekanan dinding tangki menggunakan persamaan (2.8)

$$P = \frac{W}{A} = \frac{0,135573}{29,8} = 4549,45 \text{ N}$$

I. Perhitungan tebal dinding tangki menggunakan persamaan

1. Berdasarkan cairan yang direncanakan (2.9)

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{4,9 \cdot 2(4,75 - 0,3)0,87}{160} + 4 \\
 &= 4,237 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Berdasarkan *hydrottest* tangki (2.10)

$$\begin{aligned}
 t_t &= \frac{4,9 \cdot 2(4,75 - 0,3)}{171} \\
 &= 0,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka digunakan tebal sebesar 10 mm sesuai dengan batas minimum ketebalan plat tangki sesuai standar API 650.( tabel 2.1)

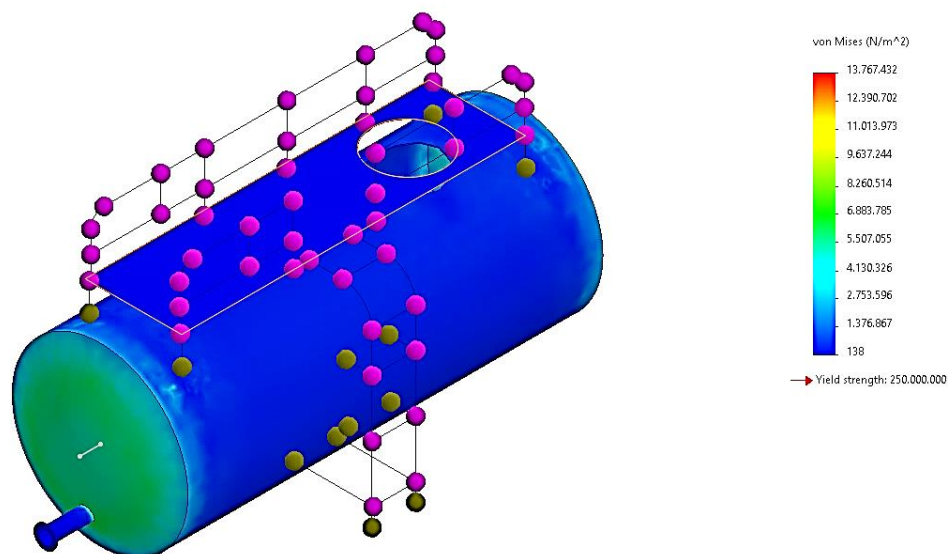
#### 4.2 Hasil analisa dan simulasi statis.

Tangki *Upperground* dikenakan beban statis, yang merupakan beban tetap. Dalam hal ini, bebannya adalah beban berat muatan total tangki.

##### 4.2.1 Von Misses Stress

*Von Misses Stress* adalah beberapa gaya yang bekerja pada permukaan suatu benda. Gayanya lebih besar pada permukaan yang lebih sempit. Akibatnya tegangan permukaan meningkat. Tegangan menunjukkan letak tegangan maksimum dan minimum suatu benda

akibat beban yang diberikan. Tegangan yang terjadi pada tangki *Upperground* terbesar ditandai dengan warna merah, sedangkan pada warna biru tegangan tangki *Upperground* yang terkecil. Hijau, biru muda, dan kuning digunakan untuk menunjukkan area yang mengalami tegangan sedang. Tegangan tangki *Upperground* maksimum berada pada angka 13.767.432 N/m<sup>2</sup> atau setara dengan **13,76 MPa**, ditunjukkan pada gambar berikut.

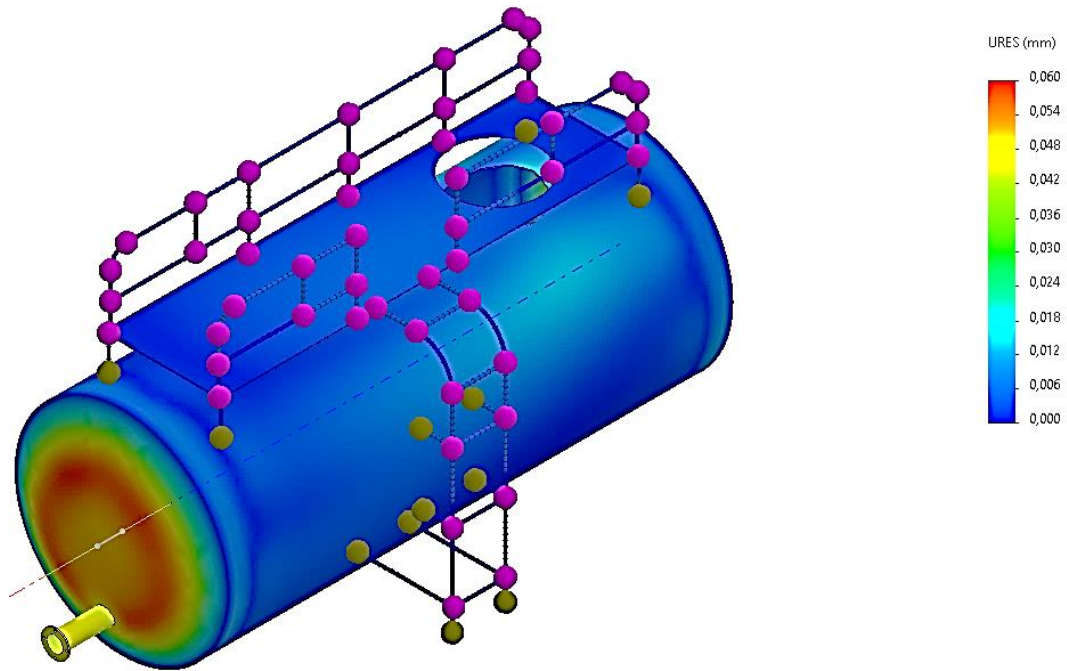


Gambar 4. 1 *Von Misses Stress*

Sumber : Solidworks 2022

#### 4.2.2 *Displacement.*

*Displacement* adalah perubahan suatu material yang disebabkan terkena oleh gaya (deformasi). Daerah yang paling besar terdeformasi dari desain tangki *Upperground* ini yaitu pada bagian *head* tangki *Upperground* yang ditunjukkan pada warna merah dengan deformasi sebesar **0,060 mm**, dan biru menandai area di mana tidak ada deformasi. Perubahan bentuk yang terjadi dari tangki *Upperground* (*Displacement*) ditunjukkan pada gambar berikut.



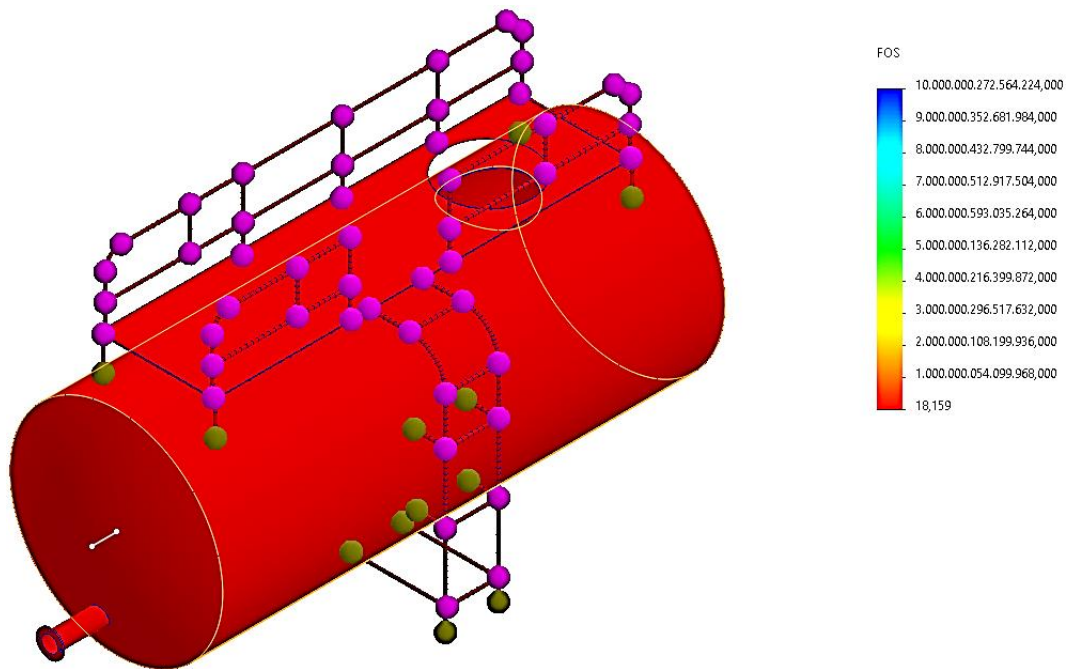
Gambar 4.2 Displacement

Sumber : Solidworks 2022

#### 4.2.3 Factor Of Safety

*Factor Of Safety* merupakan acuan paling penting untuk menilai kualitas suatu desain. Apabila nilai *Factor of Safety* lebih besar dari 1 maka desain tersebut aman, bermutu, dan dapat digunakan. Jika nilai Faktor Keamanan minimum kurang dari 1 maka desain dianggap tidak layak digunakan karena kualitasnya buruk dan berpotensi menimbulkan bahaya, *Factor Of Safety* juga menentukan kekuatan benda dalam menerima beban tekan. Faktor Keamanan jika nilai minimumnya adalah tiga digit atau lebih, maka desainnya aman dan berkualitas tinggi, namun mahal dan seringkali besar. Pada analisa tangki *Upperground* di dapatkan nilai FOS sebesar **18,159**, ditunjukkan pada gambar berikut.





Gambar 4.3 *Factor of Safety*

Sumber : Solidworks 2022

#### 4.3 Hasil perhitungan secara teoritis

##### 4.3.1 *Von Mises stress*

Perhitungan menggunakan persamaan (2.13) :

$$\sigma_h = \frac{P_i \cdot r}{t} = \frac{0,135573 \times 1000}{10} = 13,557 \text{ MPa} \dots\dots\dots(1)$$

Tegangan internal yang timbul dalam tangki penyimpanan solar selama pengoperasian dikenal sebagai "*hoop stress*", dan hal ini berdampak pada diameter dan ketebalan dinding tangki. [1], sesuai perhitungan yang telah dilakukan diatas (1), hasil *hoop Stress* yang terjadi adalah sebesar 13,557 MPa.

$$\sigma_l = \frac{P_i \cdot D}{4t} = \frac{0,135573 \times 2000}{4 \times 10} = 6,778 \text{ MPa} \dots\dots\dots(2)$$

*Longitudinal stress* dapat menggunakan persamaan(2.14) Hal ini sama dengan *hoop Stress*, yaitu tegangan yang timbul selama pengoperasian pada internal tangki atau silinder. [7], sesuai perhitungan yang telah dilakukan diatas (2) didapatkan 6,778 Mpa.

Untuk *radial stress* di gunakan persamaan (2.15) :

$$\sigma_r = - P_i = - 0,135573 \text{ MPa} \dots\dots\dots(3)$$

*Radial stress* sama hal nya dengan *Longitudinal stress* dan *hoop stress* mengacu pada tegangan yang terjadi pada internal tangki, sesuai perhitungan yang telah dilakukan diatas (3), maka didapatkan nominal sebesar -0,135573 MPa

Dari ke- 3 persamaan diatas tersebut maka di gunakan persamaan (2.16), untuk menentukan *Von Misses Stress* :

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sqrt{\frac{2}{2}} \left[ (\sigma_l - \sigma_h)^2 + (\sigma_r - \sigma_h)^2 + (\sigma_r - \sigma_l)^2 \right]^{1/2} \\ \sigma' &= \sqrt{\frac{2}{2}} \left[ (6,778 - 13,557)^2 + (-0,135573 - 13,557)^2 + (-0,135573 - 6,778)^2 \right]^{1/2} \dots\dots(4) \\ &= 16,77 \text{ MPa} \end{aligned}$$

*Von misses stress* pada material desain yaitu ASTM A36 dianggap aman, dikarenakan nilai dari *yield strength* adalah sebesar 250 MPa, sesuai perhitungan yang telah dilakukan diatas (4). Angka *von misses stress* yaitu sebesar **16,77 MPa** Ini menunjukkan bahwa desain tersebut aman untuk digunakan.

**4.3.2 Displacement.**

Untuk *displacement* digunakan persamaan (2.17) :

$$\begin{aligned} \Delta R_e z &= \left( \frac{R}{E} \right) x (\sigma_h - \nu \cdot \sigma_l) \dots\dots\dots(5) \\ &= \left( \frac{1000}{200000} \right) x (13,557 - 0,26 x 6,778) = 0,0589 \text{ mm} \end{aligned}$$

Deformasi yang disebabkan oleh pembebanan pada desain tangki *Upperground* menunjukkan bahwa tidak terjadi nya kegagalan pada desain, sesuai perhitungan yang telah dilakukan diatas (5), hasil deformasi ialah sebesar **0,0589 mm**.

**4.3.3 Factor Of Safety**

Pada *Factor of Safety* digunakan persamaan (2.18) :

$$N = \frac{\text{Yield Strength}}{\sigma'} = \frac{250 \text{ MPa}}{16,77 \text{ MPa}} = 14,9 \dots\dots\dots(6)$$

Nilai *Factor Of Safety* dihitung terhadap *Yield strength of material*, sesuai perhitungan yang telah dilakukan diatas (6), nominal *Factor of Safety (FoS)* yaitu **14,9** . Nominal ini memenuhi persyaratan keamanan desain.

Tabel 4. 1 Perbandingan perhitungan simulasi dan teoritis

<b>Perhitungan</b>	<b>Von Misses(Mpa)</b>	<b>Displacement (mm)</b>	<b>Factor Of Safety</b>
<b>SolidWorks</b>	13,76	0,06	18,159
<b>Aktual</b>	16,77	0,0589	14,9

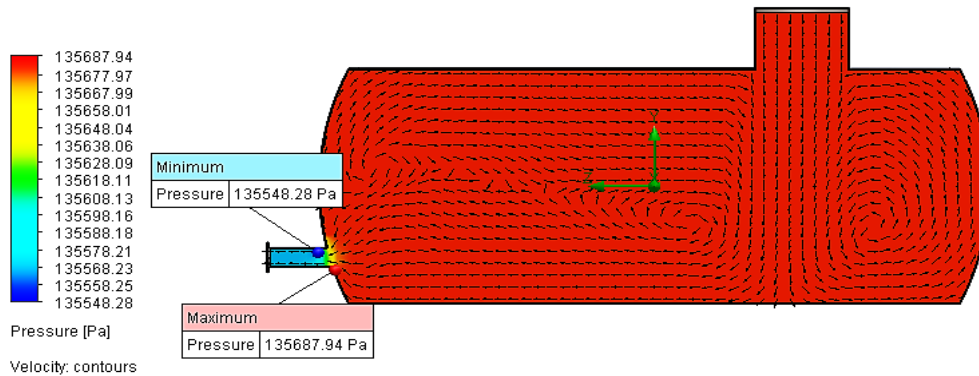
Sumber : Solidworks 2022

#### **4.4 Hasil Flow Simulation.**

Pada tahap ini fluida yang digunakan adalah solar dengan *inlet volume flow* sebesar 0.00556 m<sup>3</sup>/s.

##### **4.4.1 Preassure**

Tekanan cairan dikenal sebagai tekanan hidrostatik. Alasan terjadinya tekanan ini adalah karena berat cairan menyebabkan cairan memberikan tekanan. Kedalaman cairan di dalam ruangan mempengaruhi tekanannya, dan gravitasi juga berdampak pada tekanan cairan tersebut. tekanan tertinggi ditandai pada warna merah dengan nilai sebesar **135687,94** Pa, sedangkan untuk tekanan terendah ditandai dengan warna biru dengan angka sebesar **135548,28** Pa.

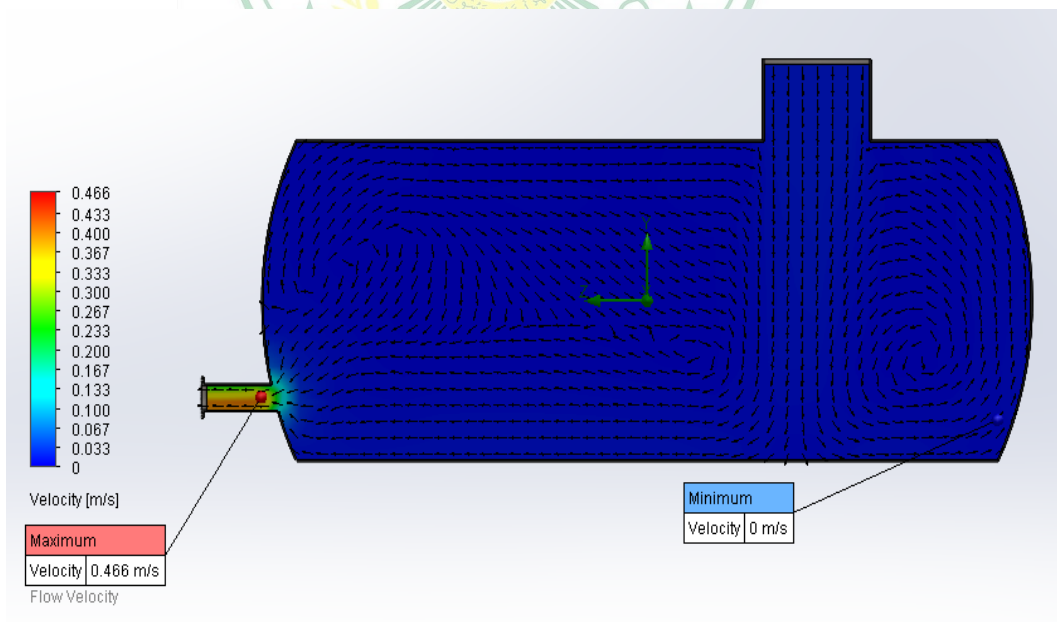


Gambar 4. 4 Simulasi Preasure

Sumber : Solidworks 2022

#### 4.4.2 Velocity

Dalam fisika, kecepatan dengan arah gerak suatu benda disebut *Velocity*. Dapat dilihat pada gambar di bawah (Gambar 4.5) bahwasanya *velocity* maksimum berada pada warna merah dengan angka sebesar **0.466 m/s** dan serta rata rata *velocity* nya adalah sebesar **0.027 mm/s**.

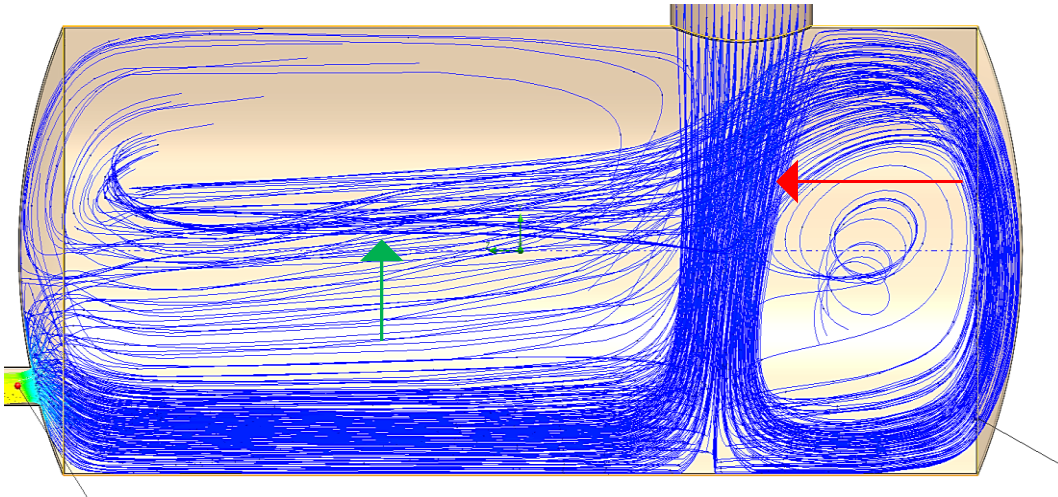


Gambar 4. 5 Simulasi Velocity

Sumber : Solidworks 2022

#### 4.4.3 Jenis Aliran

Aliran yang terjadi pada tangki adalah aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar ditunjukkan dengan panah berwarna merah dan aliran turbulen ditunjukkan dengan panah berwarna hijau



Gambar 4. 6 Jenis aliran

Sumber : Solidworks 2022

#### 4.5 Perhitungan

1. Waktu yang digunakan dalam pengisian tangki dapat menggunakan persamaan (2.11)

Diketahui :

$$D = 0,00556 \text{ m}^3/\text{s} = 5,56 \text{ l/s} = 333,6 \text{ l/m}$$

$$V = 15000 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{V}{D} \\ &= \frac{15000 \text{ L}}{333,6 \text{ l/m}} \\ &= 44,96 \text{ menit} \approx 45 \text{ menit.} \end{aligned}$$

Menurut persamaan yang telah dilakukan diatas tersebut maka waktu untuk mengisi tangki adalah selama 45 menit.

2. Penentuan jenis aliran fluida menurut angka *reynold* nyamenggunakan persamaan (2.12)

Diketahui :

$$\rho = 870\text{kg/m}^3$$

$$V_{\text{avg}} = 0,027\text{m/s}$$

$$d = 2\text{m}$$

$$\mu = 0,0000045$$

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V_{\text{avg}} \cdot d}{\mu}$$

$$\begin{aligned}\text{Re} &= \frac{870 \cdot 0,027 \cdot 2}{0,0000045} \\ &= 10440000\end{aligned}$$





## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil studi simulasi dan perhitungan teoritis yang digunakan dalam desain tangki *Upperground* :

1. Nilai pada hasil simulasi statis menggunakan *Software SolidWorks* pada *von misses stress* maksimum dengan material ASTM A36 yaitu 13,76 MPa dan perhitungan secara teoritis yaitu 16,77 Mpa. Pada *displacement* simulasi menggunakan *Software SolidWorks* dengan material ASTM A36 yaitu sebesar 0.06 mm berada pada bagain head tangki dan perhitungan secara teoritis yaitu 0,0589, sedangkan untuk *Factor of Safety* menggunakan *Software SolidWorks* sebesar 18,159 dan perhitungan secara teoritis yaitu sebesar 14,9.
2. Berdasarkan hasil perhitungan tebal plat yang digunakan yaitu sebesar 10 mm.
3. Pada hasil analisa *Flow Simulation* menggunakan aplikasi *SolidWorks* dengan fluida solar di dapatkan tekanan tertinggi sebesar 135687,94 Pa, sedangkan untuk tekanan terendah sebesar 135548,28 Pa. Pada bagian *velocity* di dapatkan angka maksimum sebesar 0,466 m/s dengan rata rata *velocity* sebesar 0,027 m/s. Pada tahap *flow simulation* menunjukkan bahawa aliran bersifat turbulen.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tangki dengan *inlet volume flow* sebesar 0.00556 m<sup>3</sup>/s ialah 45 menit.
5. Menurut data perhitungan yang telah dilakukan maka aliran menurut angka *reynold* adalah aliran turbulen karena 10440000 > 4000.

## 5.2 Saran

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya dapat diberikan berdasarkan temuan penelitian ini, salah satunya adalah merancang tangki berdasarkan teori atau literatur yang sudah ada sebelumnya. Kode desain umum untuk tangki meliputi API, ASME, ASTM, ANSI, ASCE, dan UBC. Perangkat lunak desain tangki khusus dapat memanfaatkan *PV Elite*, *AME Tank*, *COMPRESS*, dan perangkat lunak *NEXTGEN* untuk memastikan hasil yang lebih akurat dengan desain yang memenuhi standar keselamatan desain tangki.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kharisma, A. A., Givari, A. F., & Mulyana, I. S. (2021). DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN TANGKI FIRE WATER STORAGE TANK TIPE FIX CONE ROOF KAPASITAS 1500 KL DENGAN PERHITUNGAN AKTUAL DAN SIMULASI SOFTWARE. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 26(1), 69–78. <https://doi.org/10.35760/tr.2021.v26i1.3692>
- [2] Telford W., Geldart P., Sheriff E., Keys A., 1976, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York
- [3] Djuri, Sudjatmiko, S. Bachri dan Sukido, 1998; Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo, Sulawesi, (Edisi kedua), Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi, Republik Indonesia, Bandung.
- [4] Badan Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009.
- [5] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, 2023.
- [6] Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia, , Jakarta: Dirjen Migas Kementerian ESDM RI.
- [7] GSPA. (2004). *ENGINEERING DATA BOOK*. Oklahoma: Gas Processors Suppliers Association.
- [8] Powell T. G. and McKirdy D. M. (1973) *Relationship between ratio of pristane to phytane, crude oil composition and geological environment in Australia. Nature* 243, 37-39.
- [9] Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) Republik Indonesia
- [10] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia
- [11] Mudjirahardjo,dkk, 2006. Pengetahuan Minyak Bumi dan Minyak Bakar. PT. Akamigas.Cepu.
- [12] Aya Snura, (2012). Aliran fluida dalam pipa, dikutip dari <http://aya-snura.blogspot.com>.
- [13] <https://masmukti.files.wordpress.com/2011/10/bab-05-kriteria-kegagalan-statik2.pdf>
- [14] Mulyadi, Santoso .2011. ANALISA TEGANGAN-REGANGAN PRODUK TONGKAT LANSIA DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA.jurnal ROTOR

- [15] Erifive Pranatal. (2016). Studi Numerik Turbin Darriues Savonius Untuk Konversi Energi Arus Laut Kecepatan Rendah Dengan Menggunakan Simulasi Cfd. Teknik Sistem Dan Pengendalian Kelautan Program Pascasarjana Teknologi Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [16] API Standart 650, 2020. *Welded Steel Tank For Oil Storage 13th Edition*. American Petroleum Institute, Washington, D.C
- [17] Clemens, & Kaminski. (2005). *Stress analysis & Pressure Vessels*. London : University of Cambridge.
- [18] E, P., & Popov. (1984). Mekanika teknik ( *Mechanic of Material*) second edition. Barkeley : University of California. American Petroleum institute 650. (2020). 13th Edition.
- [19] Mahardhika, P., & Ratnasari, A. (2018). Perancangan Tangki Stainless Steel untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m3. Jurnal Teknologi Rekayasa, 3(1), 39.
- [20] Prayogi, D. S., & Upara, N. (n.d.). Perancangan Tangki Bahan Bakar Biodiesel B30 Pada Engine Diesel Jiang FA R175 A.
- [21] Meutia, S., & Syara Nasution, R. (n.d.). 2018. ANALISIS EFISIENSI PENYALURAN PRODUK PERTAMAX KE TANGKI DAERAH KERTAPATI PALEMBANG SUMATERA SELATAN (Studi Kasus di PT. PERTAMINA RU III Plaju) (Vol. 12, Issue)
- [22] Budihadi, A. (2023). OPTIMALISASI LUBE OIL COOLER TIPE FIN & TUBE HEAT EXCHANGER PADA PROSES PELUMASAN MENGGUNAKAN METODE NTU (NUMBER TRANSFER OF UNIT). Jurnal Teknik Mesin, 12(3), 184.
- [23] Delin Fitriani, (2022) PERANCANGAN DAN ANALISIS TANGKI HORIZONTAL DAN PORTABLE SKID UNTUK PENYIMPANAN SOLAR KAPASITAS 50.000 LITER MENGGUNAKAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS*. PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN MANUFAKTUR, JURUSAN TEKNIK MESIN, POLITEKNIK NEGERI JAKARTA.
- [24] Pompana, A. G., Tangkuman, S., & Arungpadang, T. (2023). RANCANG BANGUN TANGKI PEMANAS PADA DISTILATOR NIRA AREN PENGHASIL ALKOHOL. Jurnal Tekno Mesin, 9.
- [25] Khoryanton, A., Devri Karuniawan, A., & Tono Putri, F. (2023). Analisis Pembebanan Rangka Penopang Tangki IBC Dumping Table Hidrolik. In

Jurnal Rekayasa Mesin (Vol. 18, Issue 2).  
<https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>

- [26] Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia : Vol. Finalisasi Revisi (Kompetensi I). (2016).
- [27] L, Dobrovolsky., V, Zablonsky., K, Mak., S, Radchik., & A, Erlikh. (1978). *Machine elements*. PEACE PUBLISHER, 2nd ed.Moscow
- [28] J.P. Vidosic, (1957). *Machine design Projects*.RonaldP Press Co. New York.
- [29] Designation: A 36/A 36M-05 Standard Specification for Carbon Structural Steel 1. (n.d.). [www.astm.org](http://www.astm.org),



6

5

4

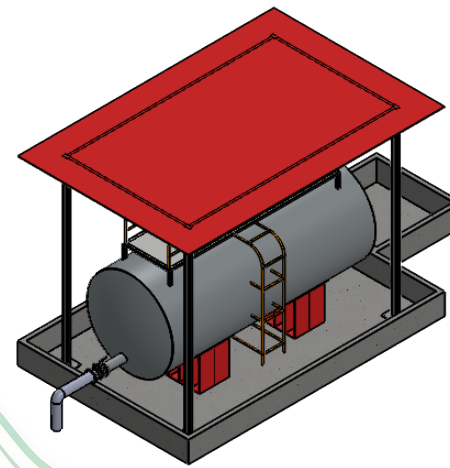
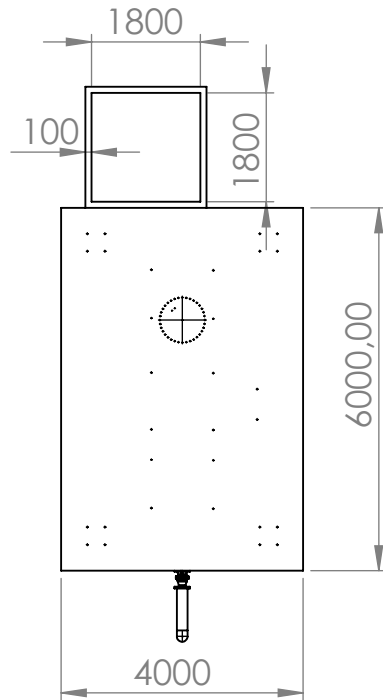
3

2

1

D

D

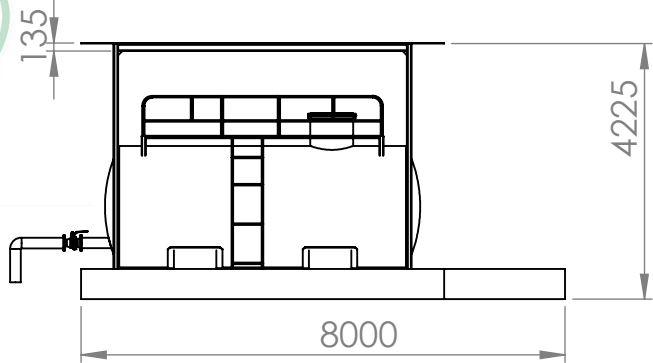
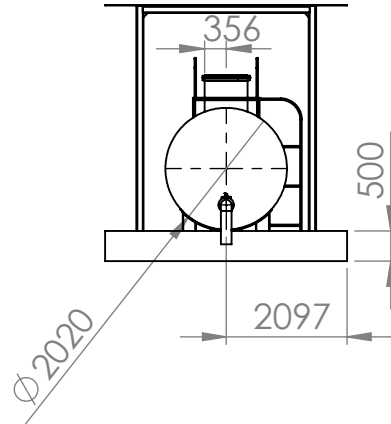


C

C

B

B



A

A

	SKALA : 1: 125	DIGAMBAR : AZZUMARIVQY ASWARD KET.	
	SATUAN : milimeter	DIPERIKSA :	
	TANGGAL : 12/03/2024	KELAS : A	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat		Tank 15 KL Assembly	
			A4

6

5

4

3

2

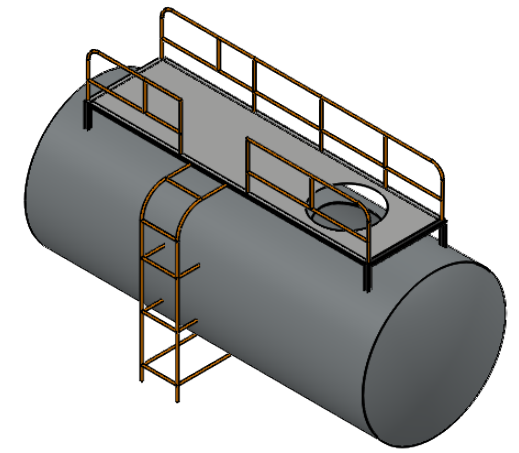
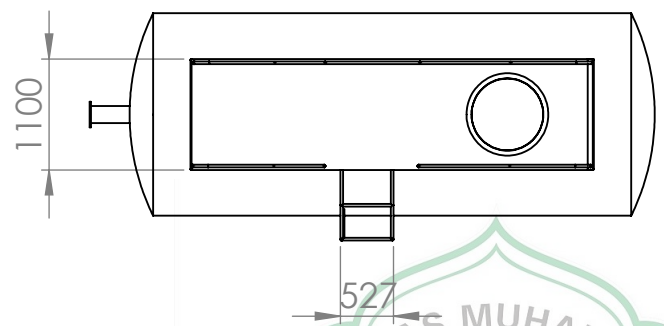
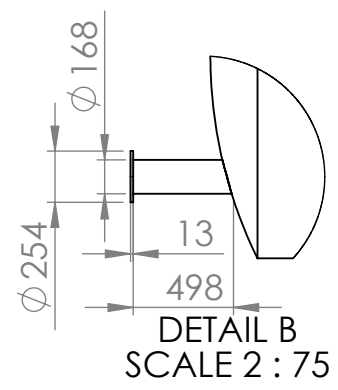
1



6 5 4 3 2 1

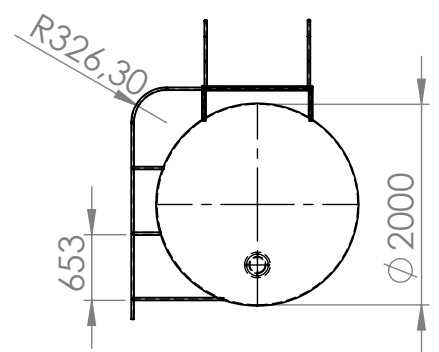
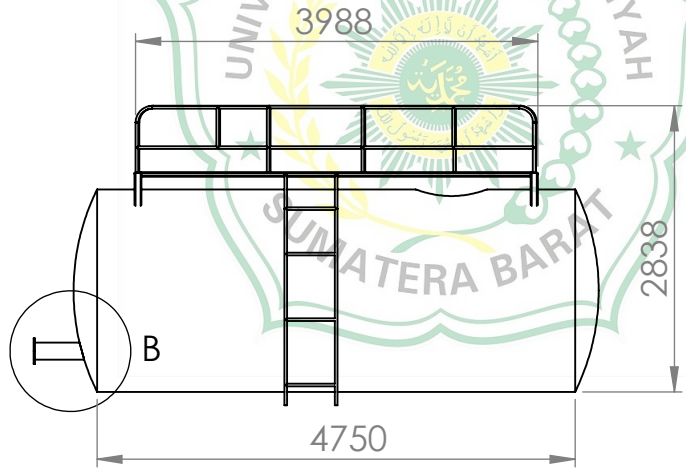
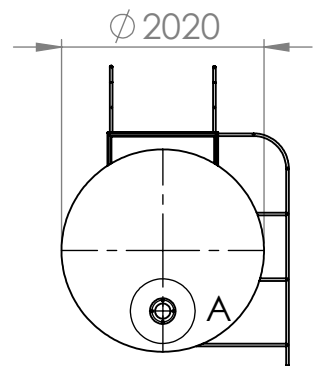
D

D



C

C


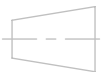


B

B

A

A

 	SKALA : 1:100	DIGAMBAR : AZZUMARIVQY ASWARD KET.	
	SATUAN : milimeter	DIPERIKSA :	
	TANGGAL : 12/03/2024	KELAS : A	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat		Tangki Upperground 15000 L	
			A4

6 5 4 3 2 1

6

5

4

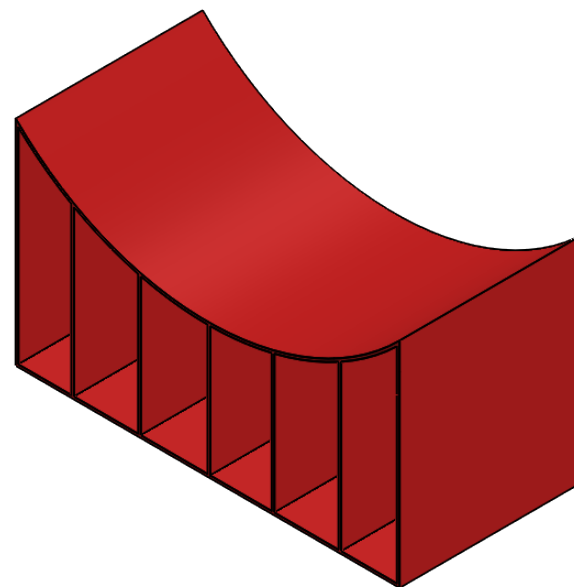
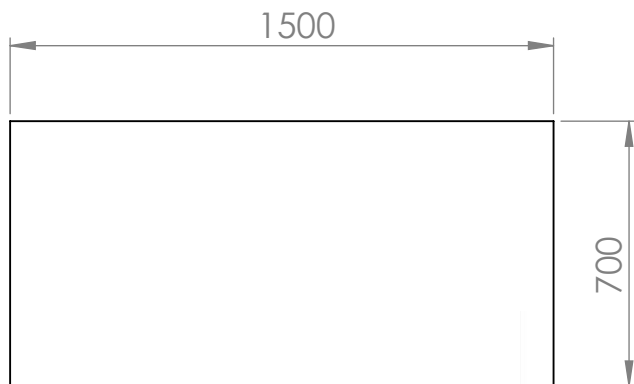
3

2

1

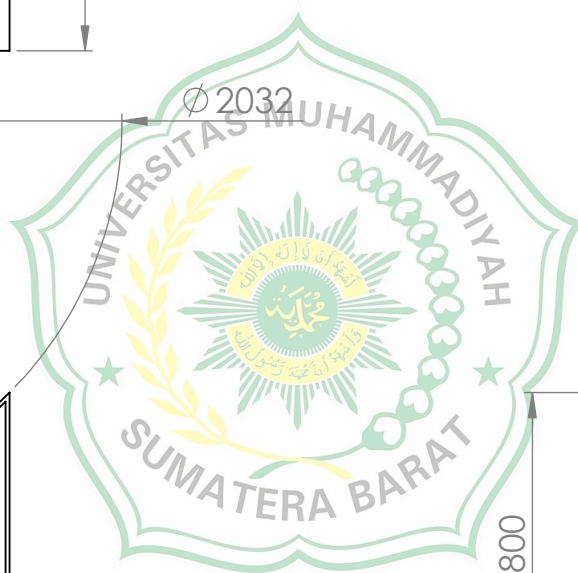
D

D



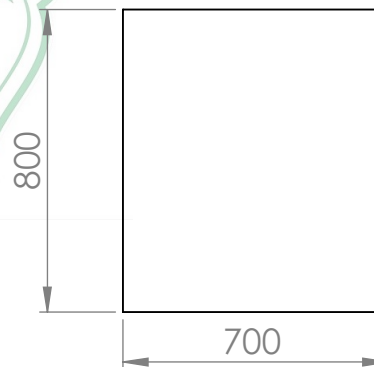
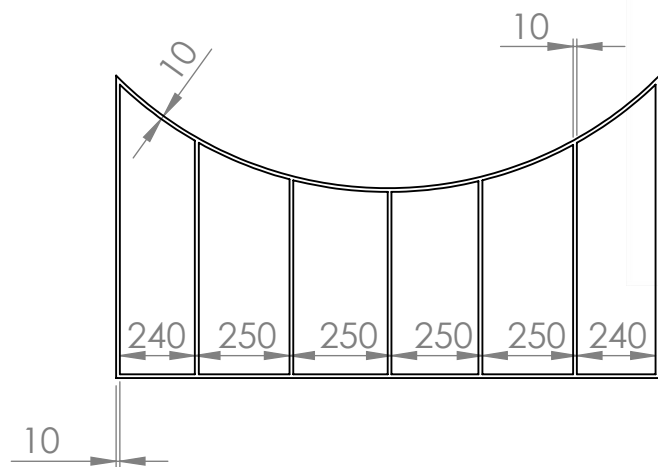
C

C



B

B



A

A

	SKALA : 1: 125	DIGAMBAR : AZZUMARIVQY ASWARD KET.	
	SATUAN :	DIPERIKSA :	
	TANGGAL : 12/03/2024	KELAS : A	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat		Lag Pads	
		A4	

6

5

4

3

2

1