

# **TUGAS AKHIR**

## **PERANCANGAN RANGKA PADA ALAT PENGUBAH LIMBAH SAMPAH PLASTIK PADAT PP MENJADI LIMBAH CAIR DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**HARDIANSYAH**

**2007230116**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hardiansyah  
NPM : 2007230116  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Perancangan Rangka Pada Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat PP Menjadi Limbah Cair Dengan Metode Pirolisis Menggunakan Software Solidworks  
Bidang ilmu : Konstruksi & Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., MT

Dosen Penguji III



Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Program studi Teknik Mesin  
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Hardiansyah  
NPM : 2007230116  
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 15 April 2003  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

**“PERANCANGAN RANGKA PADA ALAT PENGUBAH LIMBAH SAMPAH PLASTIK PADAT PP MENJADI LIMBAH CAIR DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karna hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi turberat berupa pembatalan kelulusan / kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, /0 September 2024



HARDIANSYAH

## ABSTARK

Desain mesin pirolisis untuk konversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair memerlukan analisis struktur dan ketahanan. Simulasi Finite Element Method (FEM) dengan *SolidWorks* digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan keamanan komponen. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain rangka mesin pirolisis dengan kapasitas 1 kg untuk konversi sampah plastik padat menjadi limbah cair tanpa oksigen. Rangka mesin ini dirancang menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk memastikan efisiensi dan keandalannya. Proses desain mencakup pembuatan rangka, reaktor, kondensor, dan pipa penghubung, serta analisis teknik pengelasan menggunakan metode MIG. Evaluasi desain dilakukan melalui simulasi *Finite Element Method* (FEM) untuk menganalisis kekuatan material, *displacement*, dan faktor keamanan dari rangka yang terbuat dari stainless steel 316. Hasil simulasi menunjukkan bahwa material stainless steel 316 dapat menahan beban dengan nilai *Stress Von Mises* maksimum sebesar 0,397877 MPa pada tekanan 78,4 N, *displacement* maksimum 0,00272 mm, dan *Factor of Safety* (FoS) sebesar 4,3, yang melebihi standar aman yang dianjurkan. Uji tarik pengelasan menunjukkan bahwa metode MIG dengan elektroda E60 menghasilkan sambungan las yang kuat, meskipun terdapat variasi dalam nilai *Stress von Mises* pada berbagai beban uji. Berdasarkan hasil penelitian, desain mesin pirolisis ini terbukti cukup kuat dan aman untuk digunakan dalam kondisi operasional yang bervariasi.

**Kata kunci:** Desain SolidWorks, stainless steel 316, *Finite Element Method* (FEM)

## **ABSTRACT**

*The design of a pyrolysis machine for the conversion of plastic waste into liquid fuel requires structural and durability analysis. Finite Element Method (FEM) simulation with SolidWorks is used to evaluate the strength and safety of the components. This study aims to optimize the design of a pyrolysis machine frame with a capacity of 1 kg for converting solid plastic waste into liquid waste without oxygen. The machine frame is designed using SolidWorks software to ensure efficiency and reliability. The design process includes the construction of the frame, reactor, condenser, and connecting pipes, as well as welding analysis using the MIG method. The design evaluation is conducted through Finite Element Method (FEM) simulation to analyze material strength, displacement, and safety factors of the frame made of stainless steel 316. The simulation results show that stainless steel 316 can withstand loads with a maximum Von Mises stress value of 0.397877 MPa under a load of 78.4 N, a maximum displacement of 0.00272 mm, and a Factor of Safety (FoS) of 4.3, which exceeds the recommended safety standards. Tensile testing of the welding showed that the MIG method with E60 electrodes produced strong weld joints, although there were variations in Von Mises stress values at different test loads. Based on the research results, this pyrolysis machine design has proven to be strong and safe for use under various operational conditions.*

*Keywords: SolidWorks design, stainless steel 316, Finite Element Method (FEM).*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “Perancangan Rangka Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat PP Menjadi Limbah Cair Dengan Metode Pirolisis Menggunakan Software Solidworks”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Arya Rudi Nasution, S.T.,M.T. Dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam proses penelitian hingga penyelesaian laporan tugas akhir .
2. Bapak Chandra A Siregar ,S.T,M.T. dan Bapak Ahmad Marabdi ,S.T,M.T. ketua dan Sekertaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan banyak nasehat dan bimbingan dalam penyelesaian proposal penelitian penulis.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar ,S.T., M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah mendukung seluruh aktifitas akademik mahasiswa/I di Fakultas Teknik.
4. Bapak/Ibu seluruh Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin kepada penulis.
5. Orang tua penulis, Supriadi & Parwatik, yang selalu memberikan doa serta dukungan yang tiada henti kepada penulis demi kesuksesan serta keberhasilan penulis dalam perkuliahan.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah membantu penulis dalam proses administrasi selama proses perkuliahan.

7. Sahabat-sahabat penulis: Muhammad Diyo Bakti, Puja Deva Aditya, Rahmad Iqbal, Lutvia Aristy dan teman-teman kelas B1 Pagi lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, September 2024



HARDIANSYAH

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Solidworks</i>	5
2.2 Pirolisis ( <i>pyrolysis</i> )	6
2.2.1 Pengertian Pirolisis	6
2.2.2 Jenis - Jenis Pirolisis	8
2.3 Proses Pirolisis	12
2.4 <i>welding</i> (Pengelasan)	12
2.4.1 Jenis – Jenis Pengelasan	13
2.5 Sampah Plastik	18
2.5.1 Pengertian Sampah Plastik	18
2.5.2 Jenis – Jenis Plastik	19
2.5.3 Sifat Thermal Bahan Plastik	22
2.6 Komponen Pirolisis	23
2.6.1 Reaktor	23
2.6.2 Kondensor	25
2.6.3 Tungku Pembakaran	26
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>28</b>
3.1 Tempat Dan Waktu	28
3.1.1 Tempat Penelitian	28
3.1.2 Waktu Penelitian	28
3.2 Bahan dan Alat	28
3.2.1 Bahan Penelitian	28
3.2.2 Alat yang Digunakan	29
3.3 Bagan Alir Penelitian	31
3.4 Rancangan Alat Penelitian	32
3.5 Prosedur Perancangan Rangka	33
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>38</b>
4.1 Hasil Pembuatan Desain	38
4.1.1 Perancangan Desain Mesin Pirolisis	38
4.1.2 <i>Assembly Part</i>	45
4.1.3 <i>Welding</i>	50
4.2 Pembahasan	51

4.2.1	Uji Tekan Rangka	51
4.2.2	Pembahasan Hasil Uji Tarik <i>Welding</i>	59
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		64
<b>Lampiran 1</b>	<b>Hasil Penelitian (jika ada)</b>	
<b>Lampiran 2</b>	<b>Gambar Teknik (jika ada)</b>	
<b>Lampiran 3</b>	<b>Lembar Asistensi</b>	
<b>Lampiran 4</b>	<b>SK Pembimbing</b>	
<b>Lampiran 5</b>	<b>Berita Acara Seminar Hasil Penelitian</b>	
<b>Lampiran 6</b>	<b>Daftar Riwayat Hidup</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sejarah <i>SolidWorks</i> (Rio Prasetyo, 2016)	5
Tabel 2.2 Tipe Reaktor, Suhu dan Jenis Pirolisis terhadap Rendemen Bio-oil (Mondal et al., 2021)	9
Tabel 2.3 Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik(Landi (2017)	22
Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian	28
Tabel 4.1 Spesifikasi Baja Stainless 316 ( <i>solidworks</i> 2020)	51
Tabel 4.2 Spesifikasi <i>Carbon Steel Sheet</i> ( <i>solidworks</i> 2020)	52
Tabel 4.3 Spesifikasi <i>A268 Iron Base Superalloy</i> ( <i>Solidwors</i> 2020)	52
Tabel 4.2 Hasil uji bending rangka mesin pirolisis	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pirolisis	6
Gambar 2.2 Skema sederhana proses pirolisis	12
Gambar 2.3 Las SMAW	13
Gambar 2.4 Las TIG	17
Gambar 2.5 Las MIG	18
Gambar 2.6 Jenis-Jenis plastik	22
Gambar 2.7 Reaktor pirolisis	24
Gambar 2.8 Kondensor	26
Gambar 3.1 Kertas	29
Gambar 3.2 PC	29
Gambar 3.3 Tampilan software solidworks	30
Gambar 3.4 Diagram alir penelitian	31
Gambar 3.5 Desain mesin pirolisis	32
Gambar 3.6 Tampilan awal pirolisis	33
Gambar 3.7 Membuka software solidworks	33
Gambar 3.8 Proses Masuk aplikasi solidworks	34
Gambar 3.9 Tampilan awal solidworks	34
Gambar 3.10 Membuat dokumen baru	34
Gambar 3.11 Pemilihan part	35
Gambar 3.12 Tampilan menu awal	35
Gambar 3.13 Pemilihan sudut pandang	35
Gambar 3.14 memulai desain alat	36
Gambar 3.15 Perbandingan mesin pirolisis	37
Gambar 4.1 Desain mesin pirolisis	38
Gambar 4.2 Sketsa desain rangka	39
Gambar 4.3 Pemilihan sudut pandang	39
Gambar 4.4 Pembuatan ukuran baja	40
Gambar 4.5 <i>Boss Extrude</i>	40
Gambar 4.6 Pemilihan sudut pandang	41
Gambar 4.7 <i>Sketch</i> reaktor	41
Gambar 4.8 <i>Boss extrude</i>	42
Gambar 4.9 <i>Boss extrude</i> leher reaktor	42
Gambar 4.10 tutup reaktor	43
Gambar 4.11 Pemilihan sudut pandang	43
Gambar 4.12 <i>sketch</i> dasar kondensor	44
Gambar 4.13 <i>Boss extrude</i>	44
Gambar 4.14 Spiral	45
Gambar 4.15 <i>Assembly</i> reaktor dan rangka	46
Gambar 4.16 <i>Assembly</i> plat dudukan kompor	46
Gambar 4.17 <i>Assembly</i> kondensor	47
Gambar 4.18 <i>Assembly</i> plat dudukan kompor	47
Gambar 4.19 <i>Assembly</i> kompor	48
Gambar 4.20 <i>Assembly</i> plat dudukan tabung air	48
Gambar 4.21 <i>Assembly</i> tabung air	49
Gambar 4.22 <i>Assembly</i> napel selang	49
Gambar 4.23 Pipa penghubung	49

Gambar 4.24 Detail pengelasan pada <i>solidworks</i>	50
Gambar 4.25 Simbol <i>welding</i>	50
Gambar 4.26 Hasil simulasi <i>stress von mises</i> menggunakan material <i>stainless</i>	53
Gambar 4.27 Hasil simulasi <i>stress von mises</i> menggunakan material <i>carbon steel sheet</i>	54
Gambar 4.28 Hasil simulasi <i>stress von mises</i> menggunakan material <i>A268 iron base sheet</i>	54
Gambar 4.29 Hasil simulasi <i>displacement</i> material <i>stainless steel 316</i>	55
Gambar 4.30 Hasil simulasi <i>displacement</i> material <i>carbon steel sheet</i>	56
Gambar 4.31 Hasil simulasi <i>displacement</i> material <i>carbon steel sheet</i>	56
Gambar 4.32 Hasil simulasi <i>displacement</i> material <i>A268 iron base sheet</i>	57
Gambar 4.31 Hasil simulasi FOS material <i>stainless steel 316</i>	58
Gambar 4.32 Hasil simulasi FOS material <i>carbon steel sheet 316</i>	58
Gambar 4.33 Hasil simulasi FOS material <i>A268 iron base sheet</i>	59
Gambar 4.34 Uji tarik <i>welding</i>	60
Gambar 4.35 Uji tarik <i>welding</i>	61
Gambar 4.36 Uji tarik <i>welding</i>	61

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan kebutuhan dalam kehidupan manusia sehari-hari, salah satunya digunakan sebagai tempat pengemasan makanan dan minuman, karena plastik praktis, bersih, dan lebih mudah untuk memenuhi kebutuhan manusia. Peningkatan penggunaan plastik merupakan hasil dari teknologi industri dan perkembangan penduduk. Sampah plastik merupakan limbah yang sangat sulit terurai kecuali dalam waktu yang sangat lama. Selain itu sampah plastik memberikan dampak buruk pada kehidupan manusia antara lain kesehatan, lingkungan, dan sosial ekonomi. Indonesia negara terbesar kedua penyumbang sampah plastik dunia. Jenis Sampah plastik yang banyak dijumpai terutama di wilayah perkotaan yaitu PET, HDPE, PVC, LDPE, dan PP. Semakin tinggi kebutuhan akan penggunaan plastik untuk berbagai keperluan termasuk untuk kegunaan rumah tangga akan berdampak pada tingginya laju penumpukan sampah plastik. Secara kimiawi plastik adalah polimer yang terdiri dari monomer rantai Panjang.(Situmorang, 2022)

Sebagaimana Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI ibu Siti Nurbaya mengatakan di Indonesia sampah plastik sebesar 67,8 juta ton. Seperti penetapan target pengurangan dan penanganan sampah yaitu 30% pengurangan sampah dan 70% penanganan sampah serta pelarangan beberapa jenis plastik sekali pakai seperti kantong belanja, kantong kresek, sedotan plastik, dan jenis plastik lainnya. Salah satu alternatif memanfaatkan limbah plastik pada bidang Teknik Mesin adalah dengan mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Pemanfaatan tersebut selain menjadi bahan bakar minyak (BBM) alternatif, juga dapat mengurangi dampak negatif dari pencemaran akibat limbah plastik. (Ardiyansyah, 2021)

Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, sehingga tinggal dikembalikan ke bentuk semula. Selain itu plastik juga mempunyai nilai kalor cukup tinggi, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar, walaupun bahan bakar hasil pirolisis sangat sulit untuk memenuhi kuota

kebutuhan akan bahan bakar nasional beberapa penelitian seputar konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar telah dilakukan dan menunjukkan hasil yang cukup prospektif untuk dikembangkan. Walaupun penggunaan alat pirolisis memiliki banyak kelebihan, pada umumnya desain alat pirolisis sederhana yang telah di buat sebelumnya menghasilkan bahan bakar minyak yang gelap dan pekat, sebenarnya hal tersebut dapat di atasi dengan proses destilasi dan penyaringan namun prosesnya akan memperumit kerja, memakan biaya produksi tinggi dan konstruksi non portable. (Harto, 2022a)

Mesin pirolisis ini merupakan sistem kompleks yang terdiri dari berbagai komponen yang harus bekerja secara sinergis, membentuk sebuah kesatuan yang dapat menjalankan fungsinya dengan optimal. Keberhasilan alat ini dapat diukur dari sejauh mana alat tersebut mampu berfungsi sesuai dengan tujuan penggunaannya.. (Wahyudi et al., 2020)

Namun demikian, perlu diakui bahwa produk hasil rancangan manusia tidak selalu mencapai tingkat keberhasilan 100% atau sesuai dengan harapan. Oleh karena itu, langkah penting dalam perancangan suatu alat adalah melakukan analisis struktur dan ketahanan kerja komponen penyusunnya. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang dirancang dapat bekerja efektif dalam mengatasi beban dan getaran yang mungkin terjadi dalam batas ukuran tertentu.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memeriksa ketahanan dan kekuatan struktural alat yang akan dirancang adalah melalui simulasi numerik dengan menggunakan metode elemen hingga. *SolidWorks* menjadi salah satu perangkat lunak simulasi yang terkenal, memanfaatkan pendekatan numerik untuk memprediksi berbagai kemungkinan kegagalan dari komponen alat yang dirancang.

Teknologi pirolisis sudah lama dikembangkan, tapi proses yang terjadi selama pirolisis tidak sepenuhnya dapat dijelaskan secara rinci sampai sekarang. Pirolisis adalah proses penguraian biomassa dengan metode pemanasan dari fase padat ke gas dan fase cair. Banyak pengujian yang telah dilakukan untuk menyelidiki hasil gas, arang dan tar dengan berbagai metode pirolisis pada masa sekarang ini. Mengkonversi sampah menjadi bahan bakar minyak menggunakan teknologi pirolisis merupakan pilihan yang sangat prospektif untuk mendaur ulang plastik yang tidak dapat didaur ulang secara mekanis karena pertimbangan

keekonomian. Sehubungan dengan uraian diatas, maka tertarik untuk mengembangkan alat pirolisis sebagai karya ilmiah yang dituangkan dalam bentuk skripsi dengan judul **“Perancangan Rangka Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat PP Menjadi Limbah Cair dengan Metode Pirolisis Menggunakan Software Solidworks”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah : Menentukan desain komponen-komponen mesin yang akan digunakan pada saat proses pirolisis, Menganalisa bentuk komponen pembuatan alat pirolisis sampah plastic dengan simulasi pada software solidworks.

## 1.3 Ruang Lingkup

1. Bagaimana mendesain rangka mesin pirolisis dengan kapasitas 1 kg untuk mengolah sampah plastik secara efisien dan ramah lingkungan
2. Apa material yang digunakan dalam pembuatan komponen utama mesin pirolisis pengubah sampah plastik agar dapat diolah dengan baik melalui mesin pirolisis
3. Menggunakan perangkat lunak Solidworks untuk mengoptimalkan desain rangka mesin.

## 1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang, maka penelitian ini dengan tujuan adalah untuk mengetahui alat pirolisis sebagai alat pengubah sampah plastik menjadi limbah cair yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar minyak.

1. Mengoptimalkan desain rangka mesin menggunakan *Software Solidworks*
2. Desain Mesin Pirolisis Kapasitas 1Kg Sampah Plastik PP
3. Menentukan material rangka mesin pirolisis yang digunakan dalam pengolahan limbah sampah Plastik

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini memungkinkan untuk melakukan optimalisasi desain rangka mesin pengubah limbah sampah plastic padat menjadi limbah cair dengan metode pirolisis berkapasitas 1kg menggunakan Solidworks. Dengan demikian, dapat menghasilkan struktur yang lebih efisien dan kuat, serta mengurangi potensi kegagalan yang dapat terjadi selama operasi.
2. Analisis kekuatan struktural menggunakan SolidWorks memungkinkan penilaian yang mendalam terhadap faktor keamanan mesin pirolisis tersebut. Dengan mengetahui batas-batas kekuatan dan keamanan dari rangka mesin press, dapat diambil langkah-langkah pencegahan yang tepat untuk menghindari kegagalan struktural yang berpotensi berbahaya..
3. Dengan memahami kekuatan rangka mesin pirolisis, Mesin yang dirancang secara optimal akan mengurangi waktu dan biaya produksi, sehingga meningkatkan daya saing dan kualitas mesin.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Solidworks*

*Solidworks* adalah sebuah program *Computer Aided Design* (CAD) 3D yang menggunakan platform Windows. Software ini dikembangkan oleh *Solidworks Corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari Dassault System, S.A. *Solidworks* merupakan program rancang bangun yang banyak digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain mould, desain konstruksi, ataupun keperluan teknik lainnya. (Haryanti, N., Sanjaya F.L., dan Suprihadi, 2021a)

Sebagai *software* CAD, *solidworks* dipercaya sebagai perangkat lunak untuk membantu proses mendesain suatu benda atau alat dengan mudah. Di Indonesia sendiri terdapat banyak perusahaan manufaktur yang mengimplementasikan perangkat lunak *solidworks*. Keunggulan *solidworks* dari *software* CAD lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat di-*upgrade* menjadi bentuk 3D. Selain itu pemakaiannya pun mudah karena memang dirancang khusus untuk mendesain benda sederhana maupun yang rumit sekalipun. Inilah yang membuat *solidworks* menjadi populer dan menggeser ketenaran *software cad* lainnya (Haryanti, N., Sanjaya F.L., dan Suprihadi, 2021b)

Tabel 2.1 Sejarah *SolidWorks* (Rio Prasetyo, 2016)

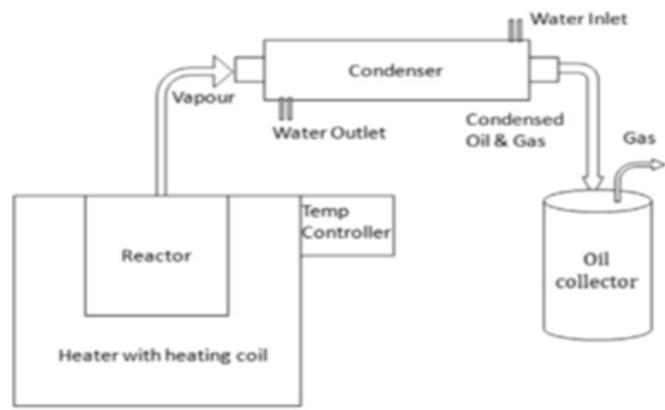
Tahun	Versi <i>SolidWorks</i>
1995	<i>SolidWorks</i> 95
1997	<i>SolidWorks</i> 97
1998	<i>SolidWorks</i> 98
2011	<i>SolidWorks</i> 2011

*Solidworks* ini digunakan untuk merancang komponen *manufacturing* seperti permesinan, *furniture* dan sebagainya yang membutuhkan *part*, *assembly* dan analisis dengan tampilan tiga dimensi. *Solidworks* mampu melakukan desain serta pengeditan dalam bentuk solid modeling. Dengan kemampuan ini memungkinkan bagi drafter memodifikasi desain yang sudah dibuat tanpa harus membuat desain Kembali. (Pradana & Ekawati, 2022)

## 2.2 Pirolisis (*phyrolysis*)

### 2.2.1 Pengertian pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses pemanasan zat tanpa adanya oksigen, yang menyebabkan penguraian komponen penyusun kayu keras. Istilah lain untuk pirolisis adalah penguraian tak teratur dari bahan organik yang diinduksi oleh pemanasan tanpa keterlibatan udara luar. Ini berarti bahwa ketika suatu bahan, seperti tempurung, dipanaskan tanpa kontak udara dan mencapai suhu tinggi, terjadi reaksi penguraian dari senyawa kompleks yang menyusun kayu keras, menghasilkan zat dalam tiga bentuk: padatan, gas, dan cair. Pirolisis juga dapat didefinisikan sebagai proses tidak teratur penguraian bahan organik atau senyawa kompleks menjadi tiga bentuk zat, yaitu padatan, cairan, dan gas, yang dipicu oleh pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar pada suhu yang mencukupi. Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan dari biomassa alam tergantung pada kandungan mineral dalam bahan baku. Luas permukaan secara dramatis menurun dengan kandungan mineral yang tinggi dibandingkan dengan komposisi lignin komersial, selulosa, dan hemiselulosa setara. Bahan asing dapat memicu reaksi samping selama proses perlakuan panas, dan reaksi ini dapat bervariasi tergantung pada sifat reaksi spesifik. (Jamilatun et al., 2015)



Gambar 2.1 Pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses penguraian material organik secara thermal pada temperatur tinggi tanpa adanya oksigen (Bhattacharya P et al. 2009). Pirolisis berasal dari bahasa Yunani “*pyr*” artinya api dan “*lysis*” artinya memisahkan. Produk yang dihasilkan melalui proses pirolisis adalah padatan, minyak, dan gas. Padatan mempunyai struktur seperti grafit. Padatan tersusun atas karbon murni pada

temperatur tinggi. Struktur ini bisa juga ditemukan pada membran *fuel cell*. Gas yang dihasilkan berupa *COX*, *NOX*, *H2*, dan *Alkana*.

Pirolisis secara umum didefinisikan sebagai pembakaran atau pemanasan terkontrol sebuah bahan tanpa adanya oksigen. Dalam pirolisis plastik, struktur makromolekul polimer hancur menjadi molekul kecil atau oligomer dan terkadang menjadi unit monomer. Parameter utama yang dapat mempengaruhi pirolisis adalah: kadar air, ukuran partikel, laju pemanasan, temperatur, bahan, komposisi bahan uji, laju nitrogen, waktu tinggal padatan, waktu tinggal volatil, dan tipe pirolisis. Proses pirolisis merupakan salah satu alternatif pengolahan sampah plastik yang dapat mengurangi berat dan volume yang dipandang cukup prospektif untuk dikembangkan. (Lubi et al., 2017)

Pirolisis merupakan salah satu proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan suatu bahan bakar minyak dari material berbahan dasar plastik (polymer). Berdasarkan kaji literatur dan kaji eksperimental, bahan bakar yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki sifat-sifat fisis dan kimia yang tidak jauh berbeda dengan bahan bakar minyak bumi (fossil). Berkaitan dengan hal tersebut, maka penelitian mengenai metoda *pyrolysis* ini sangat menarik untuk dilakukan guna mengetahui sejauh manakah metoda ini dapat membantu masyarakat dalam mengatasi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, serta dapat menjadikannya sebagai referensi untuk menghasilkan sumber energi alternatif ditengah semakin krisisnya sumber daya minyak fosil.

Metode pirolisis sendiri dapat diterapkan dalam penggunaan untuk menghasilkan suatu senyawa yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar berupa cairan. Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses *cracking* (perekahan). *Cracking* adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses perekahan plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses perekahan yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic*. (Lubi et al., 2017)

Istilah lain dari pirolisis adalah *destructive distillation* atau *destilasi kering*, dimana merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Pada umumnya pirolisis dipengaruhi oleh waktu, kadar air bahan, suhu, dan ukuran bahan. Uraian lengkapnya sebagai berikut:

- a. Kadar air umpan yang tinggi menyebabkan waktu pirolisis menjadi lama dan hasil cair menjadi rendah konsentrasinya, tetapi keaktifan 8 arang akan meningkat karena uap air dapat berperan sebagai oksidator zat-zat yang melekat pada permukaan arang. (Agra dkk, 1973)
- b. Ukuran bahan terkait jenis bahan dan alat yang digunakan. Semakin kecil ukuran bahan luas permukaan per satuan massa semakin besar, sehingga dapat mempercepat perambatan panas keseluruhan umpan dan frekuensi tumbukan meningkat misalnya serbuk gergaji cetak dipirolisis dengan diameter 1,5 cm (Budhijanto, 1993). Ukuran bahan juga berpengaruh terhadap kapasitas pengolahan.
- c. Suhu proses yang tinggi akan menurunkan hasil arang, sedangkan hasil cair dan gas meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya zat-zat yang terurai dan teruapkan. Pirolisis serbuk gergaji kayu memerlukan suhu 4560C (Budhijanto, 1993).

### 2.2.2 Jenis-Jenis Pirolisis

#### 1) Pirolisis Lambat (*Slow Pyrolysis*)

Slow pirolisis yang menggunakan suhu yang rendah dari 400 0C, dengan waktu yang lama untuk menghasilkan jumlah maksimal *biochar*. Proses ini digunakan terutama untuk produksi arang dan dipecah menjadi dua jenis yaitu *karbonisasi* dan *konvensional*. Produk hasil dari slow pirolisis adalah *biochar* 35%, *bio-oil* 30% dan gas 35%. Pirolisis lambat dapat memberikan manfaat lingkungan yang lebih besar karena menghasilkan lebih banyak *biochar* yang dapat diterapkan pada tanah untuk meningkatkan kualitasnya dan untuk menyerap karbon. Namun, pirolisis cepat memiliki keuntungan ekonomi yang lebih baik karena produksi produk bernilai lebih tinggi. Pirolisis lambat secara umum dikenal sebagai cara produksi minyak nabati yang tidak tepat karena menghasilkan cairan yang rendah  $\pm 30\%$  wt .

Arang yang dihasilkan dari proses slow pirolisis menggunakan tingkat laju pemanasan yang rendah (0.1–0.8 °C/s) dan waktu tinggal yang lebih panjang (5-30 menit) pada suhu 300–550 °C. Suhu pirolisis, laju pemanasan dan komposisi senyawa penyusun biomassa berperan sangat penting dalam menentukan jumlah arang dan *bio-oil* yang dihasilkan.

## 2) Pirolisis Cepat (*Fast pyrolysis*)

Jenis pirolisis ini digunakan terutama untuk produksi *bio-oil* dan gas, adalah dua jenis utama yaitu *flash* dan ultra-cepat. *Fast* pirolisis yang dilakukan pada sekam padi menggunakan suhu 400-600 °C, dengan menggunakan pirolisis kontiniu dengan reaktor berbentuk kerucut dan pembuangan arang secara langsung. Rendemen *bio-oil* yang paling tinggi adalah pada suhu 450 °C yaitu 70% karena kapasitas bahan dan perpindahan panas yang terjadi didalam alat.

Pirolisis cepat adalah metode termokimia yang memproduksi bahan bakar yang bisa diperbaharui dan komponen kimia dari biomassa dan limbah lainnya. Kajian tekno-ekonomi menunjukkan bahwa *bio-oil* dari pirolisis cepat mungkin kompetitif dengan bahan bakar minyak bumi di masa mendatang, namun saat ini hanya ada sedikit pabrik yang beroperasi secara komersial.

Selain itu, minyak pirolisis mentah tidak dapat langsung digunakan dalam infrastruktur energi saat ini, karena sifat yang tidak diinginkan seperti kandungan energi yang rendah dan sifat korosif akibat kandungan oksigennya yang tinggi. Oleh karena itu, perlu ditingkatkan dan *difraksinasi* menjadi spesifikasi yang diinginkan

Tabel 2.2. Tipe Reaktor, Suhu dan Jenis Pirolisis terhadap Rendemen Bio-oil (Mondal et al., 2021)

Jenis biomassa	Tipe Reaktor	Suhu Pirolisis °C	Rendemen Bio-oil (%)	Jenis Pirolisis
<i>Wine dregs</i>	<i>Stainless steel fixed-bed reactor</i>	550	27,6	<i>Fast pyrolysis</i>
<i>Pine hard and soft wood</i>	Tubular vakum	450	55	<i>Fast pyrolysis</i>
<i>Rice husk</i>	<i>Fluidized-bed reactor</i>	450	60	<i>Fast pyrolysis</i>
<i>Woddbust</i>	<i>Cyclone reactor</i>	650	74	<i>Fast pyrolysis</i>
<i>Corn cob</i>	<i>Fluidized-bed reactor</i>	550	56,8	<i>Fast pyrolysis</i>
<i>Potato peel</i>	<i>Stainless Steel fixed-bed reactor</i>	550	24,8	Fast pyrolysis
<i>Sawdust</i>	<i>Conical spouted bed reactor</i>	500	75	Fast pyrolysis
<i>Pinewood</i>	<i>Auger reactor</i>	450	50	Fast pyrolysis
<i>Furniture powder waste</i>	<i>Fluidized-bed reactor</i>	450	65	Fast pyrolysis
<i>Sugar cane waste</i>	<i>Fixed-bed fire-tube heating reactor</i>	475	56	Fast pyrolysis
<i>Corn cobs and stalks</i>	<i>Bubbling fluidized bed reactor</i>	650	61,6	Fast pyrolysis
<i>Laurel (Laurus nobilis L) Extraction</i>	<i>Fixed-bed reactor</i>	500	21,9	Fast pyrolysis
<i>Jute stick Continius Feeding</i>	<i>Fluidized bed reactor</i>	500	66,7	Fast pyrolysis
<i>Apricot pulp</i>	<i>Fixed-bed reactor</i>	550	22,4	Fast pyrolysis

*Fast pirolisis* lebih baik dari pada *slow pirolisis* karena laju pemanasan yang cepat (>100 0C/min) dan waktu tinggal gas yang rendah (< 2 s) bergantung pada zona panas (Mohan et al., 2006). Dengan menggunakan cara *fast pirolisis* mampu menghasilkan biooil diatas 75% wt dari sumber biomassa kayu atau bahan baku yang kering dan dengan ukuran partikel bahan 2-3 mm. Para peneliti juga mencoba untuk memodifikasi desain reaktor untuk meningkatkan jumlah biooil dengan berbagai tipe pengembangan reaktor *slow pirolisis*.

### 3) *Flash Pyrolysis*

*Flash pyrolysis* dapat dipertimbangkan sebagai *fast pyrolysis* yang ditingkatkan dan dimodifikasi. Suhu *flash* pirolisis adalah 900 sampai 1200 °C, dengan kecepatan laju pemanasan sangat cepat berkisar 0.1 – 1 detik (Li et al., 2012). Proses *transfer* panas dan massa bersama dengan reaksi kinematika kimia dan fase transisi komposisi senyawa biomassa dalam menghasilkan produk flash pirolisis. Laju pemanasan yang cepat dikombinasikan dengan suhu tinggi dan waktu tinggal uap yang rendah menyebabkan hasil cairan yang tinggi tetapi hasil arang menurun. Suhu *flash pyrolysis* adalah suhu operasi yang tinggi yaitu > 600 0C dan laju pemanasan yang tinggi (1000 0C/menit). Biasanya proses ini menghasilkan lebih banyak gas dari pada cairan dan solid.

Tantangan terbesar untuk menggunakan *flash* pirolisis pada skala industri adalah mengkonfigurasi reaktor untuk *flash* pirolisis dimana biomassa masukan dapat berada dalam waktu yang sangat singkat di bawah laju pemanasan yang sangat tinggi. Masalah dalam reaktor *flash* pirolisis adalah stabilitas dan kualitas bio-oil karena sangat dipengaruhi oleh arang / abu yang ada dalam produk. Tidak hanya itu, arang yang ada dalam biooil dapat mengkatalis reaksi polimerisasi didalam produk cair yang menyebabkan peningkatan viskositas minyak.

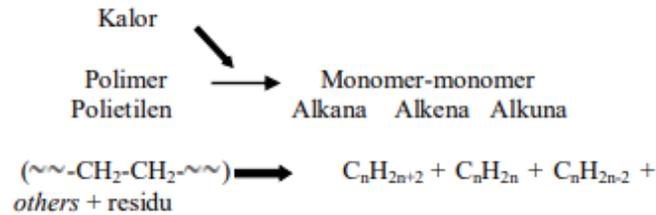
### 4) *Terofaksi*

*Terofaksi* merupakan proses pirolisis pada temperatur 200-300 oC dengan laju pemanasan yang lambat (5-7 oC/menit) dimana produk utama yang dihasilkan adalah padatan yang kaya akan karbon. Pirolisis cepat dan pirolisis lambat (termasuk *torrefaction*) adalah proses termokimia yang melibatkan konversi biomassa menjadi produk cair atau padat. Pirolisis cepat umumnya digunakan untuk memaksimalkan hasil produk bio-oil, manfaatnya adalah bio-oil memiliki nilai kalori yang setara dengan bahan bakar minyak (Nachenius et al., 2013/ Sri Aulia Novita dkk. Agroteknika 4 (1): 53-67 (2021)).

### 2.3 Proses Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan dengan sedikit oksigen atau reagen lainnya dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis adalah kasus khusus termolisis. Pirolisis *ekstrim* yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu disebut karbonisasi. Pada proses pirolisis minyak yang dipanaskan pada suhu tinggi dalam ketidakadaan oksigen menyebabkan oli terpecah menjadi beberapa campuran gas, cairan, dan meterial padat.

Gas-gas dan cairan dapat diubah menjadi bahan bakar. Pirolisis diawali dengan pemanasan tanpa atau sedikit oksigen, sehingga zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap. Uap tersebut bergerak menuju kondensor yaitu pendingin, proses pendinginan terjadi karena kita mengalirkan air ke dalam dinding (bagian luar kondensor), sehingga uap yang dihasilkan akan kembali cair. Proses ini berjalan terus menerus dan akhirnya kita dapat memisahkan seluruh senyawa-senyawa yang ada dalam campuran homogen tersebut.(Mardyaningsih & Leki, 2018)



Gambar 2.2 Skema Sederhana Proses Pirolisis

### 2.4 *Welding* (Pengelasan)

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan industri logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu. Di dalam dunia teknik pengelasan atau dunia industri saat ini baja karbon rendah merupakan salah satu logam yang sering digunakan dalam pembangunan konstruksi. Untuk industri yang menyangkut logam atau baja, khususnya bidang pembangunan dengan menggunakan pengelasan dibutuhkan berbagai penelitian agar dapat sambungan las yang bermutu tinggi, karena menyangkut keselamatan dan umur pakai. Seiring dengan pemakaian sambungan las baja yang semakin meningkat, maka teknologi proses yang berkaitan dengan

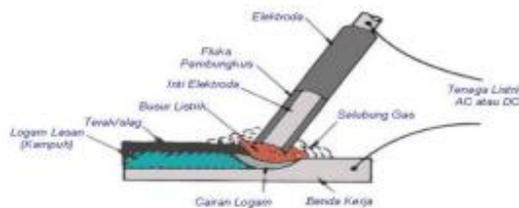
perubahan sifat dan karakteristik memiliki peranan yang tak kalah pentingnya. (Santoso et al., 2011)

Pengelasan berdasarkan klasifikasi kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair adalah suatu pengerjaan pengelasan dimana benda yang ingin disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas, metode pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan las busur (las busur listrik) dan gas. (Munawar et al., 2023)

#### 2.4.1 Jenis-Jenis Pengelasan

##### 1). Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

SMAW adalah proses pengelasan manual dengan busur listrik yang menghasilkan panas untuk pengelasan. Panas ini berasal dari busur listrik antara elektroda yang dilapisi flux dan benda kerja. Ujung elektroda, busur, cairan logam las, dan area sekitar benda kerja dilindungi dari udara oleh gas pelindung yang terbentuk dari pembakaran lapisan elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan flux atau slag yang terbentuk. Logam tambahan atau filler metal disuplai oleh inti kawat elektroda, atau pada beberapa elektroda, berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan elektroda.



Gambar 2.3 Las SMAW

##### 2). Gas Tungsten Arc Welding

Pada pengelasan dengan proses GTAW, panas dihasilkan dari busur yang terbentuk dalam perlindungan inert gas (gas mulia) antara elektroda tidak terumpan dengan benda kerja. GTAW mencairkan daerah benda kerja di bawah busur tanpa elektroda tungsten itu sendiri ikut meleleh. Gambar 100-3 memperlihatkan peralatan untuk proses GTAW. Proses ini bisa dikerjakan secara manual atau otomatis. GTAW disebut juga dengan Heliarc yaitu istilah yang berasal dari merek dagang Linde Company atau Tig (tungsten inert gas).

Filler metal ditambahkan ke dalam daerah las dengan cara mengumpankan sebatang kawat polos.

Hasil pengelasan dengan proses GTAW mempunyai permukaan halus, tanpa slag dan kandungan hydrogen rendah. Jenis lain proses GTAW adalah pulsed GTAW, dengan menggunakan sumber listrik yang membuat arus pengelasan pulsasi. Hal ini membuat arus rata-rata menjadi lebih tinggi untuk mendapatkan penetrasi dan kontrol kawah las yang lebih baik, terutama untuk pengelasan root pass. Pulsed GTAW terutama bermanfaat untuk pengelasan pipa posisi-posisi sulit pada stainless steel dan non ferrous material seperti paduan nikel. GTAW sudah diaplikasikan juga untuk pengelasan otomatis.

### 3). Backup Gas Purge

Backup gas purge digunakan pada bahan-bahan yang sensitif terhadap kontaminasi udara pada sambungan-sambungan las tunggal yang tidak di backgouging. Backup gas perlu pada baja-baja chrome-moly tertentu ( $\geq 3\%$  chromium), stainless steel, paduan-paduan nikel tinggi, paduan tembaga dan titanium. Gas purge tidak diperlukan pada pengelasan carbon steel atau low alloy steels apabila kandungan chromium kurang dari 3%. Baik argon atau helium bisa digunakan sebagai purge gas.

Hasil terbaik pada stainless steel atau high nickel steel akan diperoleh apabila baja ini di purging sehingga kandungan oxygen kurang dari 1%. Purging dengan empat hingga sepuluh kali volume yang diperlukan, dilakukan untuk mendapatkan secara relatif gas inert di udara. Apabila keberadaannya tidak tertentu berkaitan dengan kecukupan purge gas tersebut, bisa digunakan mine safety oxygen analyzer untuk memeriksa kandungan oxygen pada purge gas yang dikeluarkan dari daerah pengelasan. Gas purging pertama kali dilakukan dengan kecepatan aliran tinggi, misalnya 30 hingga 90 CFH untuk membilas sistim, kemudian diturunkan hingga 5 sampai 8 CFH pada proses pengelasan.

### 4). Gas Metal Arc Welding

Proses las GMAW dikerjakan dengan mempergunakan elektroda solid atau tubular sesuai dengan komposisi diinginkan, yang diumpankan melalui suatu spool atau gulungan. Elektroda ini diumpankan secara kontinyu dari

sebuah gun atau torch sambil mempertahankan busur yang terbentuk antara ujung elektroda dengan base metal. Ada tiga jenis proses GMAW yang banyak dipakai yaitu:

1. Short-circuiting (GMAW-S).
2. Spray atau globular transfer GMAW.
3. Pulsed arc (GMAW-P).

Short-circuiting atau hubungan singkat adalah suatu jenis transfer busur (disebut juga dengan short arc atau dip transfer). Pada GMAW jenis ini, cairan logam dari ujung kawat elektroda menyentuh genangan kawah las, sehingga terbentuk hubungan singkat. Pada awal siklus hubungan singkat, ujung elektroda cair berbentuk bola kecil, yang bergerak menuju benda kerja. Ketika cairan logam ini menyentuh benda kerja, terjadi hubungan singkat.

Spray atau globular transfer GMAW.

Pada spray transfer GMAW, pemindahan logam melintasi busur, seperti aliran tetesan-tetesan kecil dengan diameter sama atau lebih kecil dari diameter kawat elektroda. Spray transfer hanya terjadi pada gas pelindung argon tinggi (80 % argon atau lebih). Transfer yang terjadi di atas arus minimum, disebut arus transisi, tergantung pada komposisi dan diameter filler metal. Misalnya arus transisi untuk filler metal baja diameter 0,045 inci adalah 220 amper. Apabila arus di bawah arus transisi, ukuran tetesan menjadi lebih besar dari diameter kawat elektroda, dan menjadi globular transfer. Globular transfer GMAW selalu dilakukan dengan memakai gas pelindung CO<sub>2</sub>. GMAW Spray transfer menghasilkan percikan las paling sedikit dari berbagai jenis transfer logam. Panas masukan yang tinggi menghasilkan penetrasi yang bagus dan laju pengisian tinggi, tetapi aplikasi proses spray transfer ini hanya terbatas pada pengelasan posisi datar dan horizontal saja. GMAW globular transfer dengan tetesan besar, membuat pengelasan pada posisi-posisi sulit menjadi lebih sukar dan percikan las menjadi lebih banyak.

Kualitas dari sambungan las sangat menentukan kekuatan dari hasil sambungan las tersebut. Pengelasan yang baik akan menghasilkan kualitas sambungan dan masukan panas (*heat input*) yang baik. Masukan panas (*heat*

*input*) dalam pengelasan ditentukan oleh beberapa parameter pengelasan diantaranya adalah tegangan busur las, arus listrik, dan kecepatan pengelasan.

Dimana, HI adalah *Heat Input* (Joule/cm), I adalah Kuat Arus (*Ampere*), E adalah Tegangan Busur (volt), dan v adalah Kecepatan Las (cm/menit). (Santoso et al., 2011)

#### 5). Flux Cored Arc Welding

Flux cored arc welding atau las busur berinti flux mirip dengan proses las GMAW, yaitu menggunakan elektroda solid dan tubular yang diumpangkan secara kontinyu dari sebuah gulungan. Elektroda diumpangkan melalui gun atau torch sambil menjaga busur yang terbentuk diantara ujung elektroda dengan base metal. FCAW menggunakan elektroda dimana terdapat serbuk flux di dalam batangnya.

Ada dua jenis variasi FCAW yang memiliki kegunaan berbeda-beda tergantung dari metode gas pelindung.

- Gas Shielded (FCAW-G).
- Self-shielded (FCAW-SS).

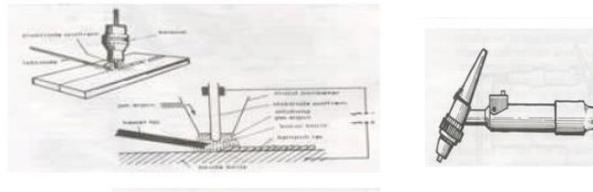
Proses (FCAW-G) atau berpelindung gas memerlukan shielding gas yang berasal dari sumber luar (biasanya CO<sub>2</sub> atau campuran argon-CO<sub>2</sub>). Proses (FCAW-SS) memiliki pelindung sendiri misalnya Lincoln Innershield, seperti tampak dalam gambar 100-11. FCAW dapat dikerjakan secara otomatis atau semiotomatis, tetapi yang paling banyak dipakai adalah proses semi-otomatis.

#### 6). Las TIG

Las listrik TIG (Tungsten Inert Gas = Tungsten Gas Mulia) menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas, untuk pengelasan. Titik cair elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410° C, sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik.

Tangkai listrik dilengkapi dengan nosel keramik untuk penyembur gas pelindung yang melindungi daerah las dari luar pada saat pengelasan. Sebagian bahan tambah dipakai elektroda selaput yang digerakkan dan

didekatkan ke busur yang terjadi antara elektroda wolffram dengan bahan dasar. Sebagian gas pelindung dipakai angin, helium atau campuran dari kedua gas tersebut yang pemakaiannya tergantung dari jenis logam yang akan di las. Tangkai las TIG biasanya didinginkan dengan air bersikulasi.(Santoso et al., 2011)

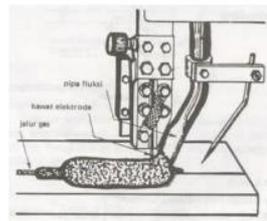


Gambar 2.4 Las TIG

#### 7). Las MIG

Seperti halnya pada alas listrik TIG, pad alas listrik MIG juga panas ditimbulkan oleh busur listrik antara dua electron dan bahan dasar. Elektroda merupakan gulungan kawat yang berbentuk rol yang gerakannya diatur oleh pasangan roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik. Gerakan dapat diatur sesuai dengan keperluan.

Tangkai las dilengkapi dengan nosel logam untuk menghubungkan gas pelindung yang dialirkan dari botol gas melalui slang gas. Gas yang dipakai adalah CO<sub>2</sub> untuk pengelasan baja lunak dan baja. Argon atau campuran argon dan helium untuk pengelasan aluminium dan baja tahan karat. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatis atau otomatis. Semi otomatis dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatis adalah pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Elektroda keluar melalui tangkai Bersama-sama dengan gas pelindung.(Santoso et al., 2011)



Gambar 2.5 Las MIG

## 2.5 Sampah Plastik

### 2.5.1 Pengertian Sampah Plastik

Plastik merupakan polimer yang berat molekulnya tidak bisa ditentukan, ataupun dihitung. Karena itu, kecepatan reaksi dekomposisi didasarkan pada perubahan massa atau fraksi massa per satuan waktu. Produk pirolisis selain dipengaruhi oleh suhu dan waktu, juga oleh laju pemanasan. Plastik merupakan bahan yang sangat sulit tergantikan untuk berbagai kebutuhan masyarakat sehari-hari seperti tas, produk-produk elektronik, mainan, otomotif, kemasan makanan, dan lain-lain. Kebutuhan plastik akan terus meningkat mengingat sifat-sifat plastik antara lain ringan, *fleksibel*, kuat, tahan terhadap korosi, transparan dan mudah diwarnai, serta sifat insulasinya yang cukup baik sehingga secara otomatis produksi sampah plastik akan terus meningkat dari tahun ke tahun. (Studi et al., 2017)

Saat ini kehidupan manusia sehari-hari tidak terlepas dari penggunaan plastik dikarenakan karakteristiknya yang *fleksibel*, ringan, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, tidak mudah pecah, hingga harganya yang relative murah bila dibandingkan dengan material lainnya. Namun disisi lain, plastik merupakan bahan anorganik yang membutuhkan waktu ratusan bahkan ribuan tahun untuk dapat terurai dalam tanah, sehingga perlu dikembangkan solusi yang tepat agar dapat mengurangi sampah jenis plastik tersebut sekaligus dapat menghasilkan produk lain yang bermanfaat dan berdayaguna. (Studi et al., 2017)

Proses daur ulang plastik yaitu pemanfaatan sampah plastik menjadi produk yang lebih bermanfaat menjadi sangat populer saat ini dengan semaraknya kepedulian berbagai pihak akan lingkungan yang berkelanjutan. Salah satunya dapat dilakukan dengan cara melakukan konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak setara bensin dan solar. Proses ini dapat dilakukan karena pada dasarnya plastik adalah polimer atau rantai panjang atom mengikat satu sama lain yang berasal dari minyak bumi, sehingga proses ini hanya mengembalikannya ke dalam bentuk asal mulanya.

Sampah plastik merupakan salah satu sampah organik yang diproduksi setiap tahun oleh seluruh dunia. Pada umumnya sampah plastik tersebut memiliki komposisi 46 % *polyethylene* (HDPE dan LDPE), 16 % *polypropylen* (PP), 16 %

*polystyrene* (PS), 7 % *polyvinyl chloride* (PVC), 5 % *polyethylene terephthalate* (PET), 5 % *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS), dan 5 % polimer-polimer yang lainnya. Secara umum, kelebihan plastik dibanding dengan material lain, diantaranya adalah kuat, ringan, *fleksibel*, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, serta isolator panas dan listrik yang baik.

### 2.5.2 Jenis-Jenis Plastik

#### 1. *Polyethylene terephthalate* (PET)

PET adalah jenis plastik yang digunakan secara luas sebagai kemasan berbagai produk makanan dan minuman seperti air mineral, botol minuman ringan dan wadah jus buah. Hal ini adalah karena sifat dasar PET yang keras dan kuat, ringan dan tahan terhadap tekanan, sangat cocok untuk digunakan sebagai kemasan termasuk juga jika digunakan untuk kemasan dengan kapasitas yang besar. Selain itu, PET juga digunakan sebagai isolasi listrik, pita magnetik, *Xray* dan film fotografi lainnya. Penggunaan PET yang sangat besar ini, dimana meningkat 12 % per tahun, akan menyebabkan tumpukan PET di tempat pembuangan sampah semakin besar. Daur ulang limbah PET tidak ekonomis karena membutuhkan biaya pemisahan yang tinggi. Oleh karena itu, alternatif lain pemanfaatan limbah PET dengan cara mengkonversinya menjadi bahan bakar cair menggunakan teknologi pirolisis telah dieksplorasi oleh beberapa peneliti. Potensi konversi PET untuk menghasilkan minyak cair menggunakan *reactor fixed Bed* dengan proses pirolisis pada suhu 500°C telah dilakukan. Dilaporkan bahwa dengan metode ini diperoleh bahan bakar cair 30 - 40 % berat sementara bahan bakar gas 60 - 80 % berat dan padatan residu 10 -20 % berat.

#### 2. *High-density polyethylene* (HDPE)

HDPE adalah sebuah polimer senyawa hidrokarbon panjang rantai lurus yang memiliki kekerasan tinggi serta tidak mudah terdegradasi oleh paparan matahari, perubahan cuaca (panas atau dingin). Berdasarkan sifat-sifat ini, HDPE banyak digunakan untuk kemasan botol susu, wadah detergen, botol minyak, mainan anak dan lain sebagainya. Jenis plastik ini menghasilkan limbah 18-30 % volume dari total limbah padat rumah tangga. Untuk itu persoalan ini merupakan hal yang sangat serius untuk diatasi. Dari beberapa

hasil penelitian melaporkan bahwa limbah HDPE dapat dirubah menjadi bahan bakar menggunakan proses pirolisis. Dapat disimpulkan bahwa kondisi suhu yang digunakan berkisar antara 300 – 400°C di dalam reaktor *fluidized-Bed*. Hasil penelitian memperoleh bahan bakar cair 60 - 70 % berat sementara bahan bakar gas 20 - 30 % berat dan padatan residu sampai 10 % berat. (Herliati et al., 2019)

### 3. *Low-density polyethylene (LDPE)*

Berbeda dengan HDPE, LDPE adalah jenis polimer yang memiliki banyak cabang sehingga memiliki gaya intermolekul yang lebih lemah tentu saja konsekuensinya memiliki kekuatan tekan dan kekerasan yang lebih rendah dibandingkan HDPE. Namun demikian, LDPE memiliki keunggulan dalam hal mudah dibentuk dan resisten terhadap air. Untuk itu LDPE banyak digunakan untuk kantong plastik, pembungkus foil untuk Kemasan, kantong sampah dan lain sebagainya. Sebagai konsekuensi LDPE banyak dijumpai di tempat pembuangan akhir sampah dimana menempati urutan kedua sebagai penyumbang sampah padatan setelah polipropilen. Sebagai salah satu cara untuk mengatasi persoalan limbah ini adalah dengan mengkonversi LDPE menjadi energi. Teknologi pirolisis, untuk merubah limbah LDPE menjadi bahan bakar, telah menjadi perhatian oleh banyak peneliti saat ini.

Berbeda dengan pirolisis HDPE, reaktor *fluidized-bed* pada kisaran suhu 400 - 500°C dengan laju pemanasan 10°C/menit digunakan pada pirolisis LDPE. Dimana gas nitrogen berfungsi sebagai agen fluidisasi. Dengan bahan LDPE, bahan bakar cair yang dihasilkan lebih tinggi yaitu antara 70 – 90 % berat, gas yang dihasilkan sedikit dan tidak ada sama sekali padatan yang tersisa. (Herliati et al., 2019)

### 4. *Polypropylene (PP)*

PP adalah polimer jenuh dengan rantai hidrokarbon lurus memiliki sifat tahan terhadap panas yang baik. Tidak seperti HDPE, PP tidak mencair pada suhu di bawah 160°C. PP memiliki densitas lebih rendah dibandingkan HDPE tetapi memiliki kekerasan tinggi dan kekakuan yang lebih sehingga PP lebih disukai sebagai plastik industri. PP memberikan kontribusi limbah plastik sekitar 24% dimana merupakan limbah plastik terbesar yang terdapat di

tempat pembuangan akhir. Aplikasi PP sangat beragam termasuk pot bunga, folder arsip, ember, karpet, mebel, kotak penyimpanan dan lain sebagainya.

Tingginya pemakaian PP dalam kehidupan sehari-hari menyebabkan jumlah limbah PP limbah akan meningkat setiap tahun dan oleh karena itu, proses pirolisis merupakan metode alternatif yang telah dipelajari untuk mengkonversi limbah plastik menjadi energi terbarukan sekaligus mengatasi masalah penumpukan limbah. Beberapa peneliti telah melakukan evaluasi terhadap metode pirolisis PP menggunakan berbagai parameter guna mengetahui sifat dan mengukur bahan bakar cair yang dihasilkan. Pirolisis PP dilakukan pada kondisi suhu berkisar antara 250 - 350°C di dalam sebuah dilaporkan bahwa hasil terbaik diperoleh pada suhu sekitar 300°C dimana konversi plastik hampir 99 % dengan solid residu sebesar 1,5 %. Ketika suhu mendekati 400°C hasil yang diperoleh menjadi turun dimana terjadi kenaikan solid residu menjadi 5 % berat. Hal ini memperlihatkan bahwa pembentukan coke terjadi pada suhu tinggi. Fakta ini telah dikonfirmasi oleh peneliti lainnya dimana pirolisis pada suhu > 400°C dijumpai hasil berupa liquid 80 % berat, gas 6,6 % berat dan padatan 13,3 % berat. Kondisi suhu yang ekstrim yaitu 750°C di dalam reaktor batch menghasilkan liquid 48,8 % berat liquid, gas 49,6 % berat dan 1,6 % berat padatan.(Sadly et al., 2008)



Gambar 2.6 Jenis- Jenis Plastik

### 2.5.3 Sifat Thermal Bahan Plastik

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur ( $T_m$ ), temperatur transisi ( $T_g$ ) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih *fleksibel*. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih

bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya. (Surono, 2017)

Tabel 2.3 Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik(Landi (2017)

No.	Jenis Plastik	Tm (°C)	Tg(°C)	Temperatur Proses Maks (°C)
1.	Pp	168	5	80
2.	HDPE	134	-110	82
3.	LDPE	330	-115	260
4.	PA	260	50	100
5.	PET	250	70	100
6.	ABS	-	110	85
7.	PMMA	-	100	85
8.	PS	-	90	70
9.	PC	-	150	246
10.	PVC	-	90	71

## 2.6 Komponen Pirolisis

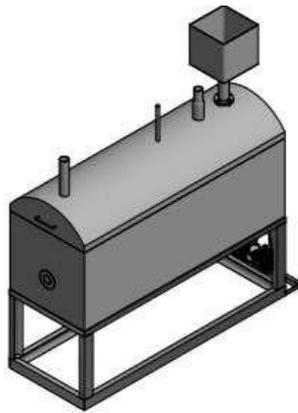
Pirolisis merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organic yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Reaksi pirolisis akan menghasilkan produk berupa padatan, cairan dan gas. Pirolisis memiliki tujuan untuk melepaskan volatile matter yang terkandung pada biomassa cukup tinggi. Bahan yang dapat dikonversi secara pirolisis adalah bahan yang mempunyai kandungan selulosa tinggi. Pembakaran tidak sempurna pada tempurung kelapa, sabut, serta cangkang sawit menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida dan peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. (Harto, 2022b)

Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai, sebagian besar menjadi karbon atau arang. Istilah lain dari pirolisis adalah “*destructive distillation*” atau destilasi kering. Produk dekomposisi termal yang dihasilkan melalui reaksi pirolisis

komponen-komponen kayu adalah sebanding dengan jumlah komponen-komponen tersebut dalam kayu. Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas pengasapan yaitu dengan menggunakan asap cair yang diperoleh dengan cara pirolisis kayu atau serbuk kayu kemudian dilakukan kondensasi, sehingga diperlukan alat pirolisis yang menghasilkan produk yang optimal. (Situmorang, 2022b)

### 2.6.1 Reaktor

Reaktor pirolisis plastik adalah alat pengurai senyawa – senyawa kimia yang dilakukan dengan cara pemanasan tanpa tercampur dengan udara luar. Sebuah reaktor adalah alat utama dalam proses pirolisis yang dimana bahan baku diubah menjadi minyak. Reaktor adalah suatu alat proses tempat dimana terjadinya suatu reaksi berlangsung, baik itu reaksi kimia atau reaksi nuklir dan bukan secara fisika. Reaktor kimia adalah segala tempat terjadinya reaksi kimia, baik dalam ukuran kecil seperti tabung reaksi sampai ukuranyang besar seperti reaktor skala industri. Reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) beroperasi pada kondisi *steady state* dan mudah dalam control temperatur, tetapi waktu tinggal reaktan dalam reaktor ditentukan oleh laju alir dari umpan yang masuk atau keluar, maka waktu tinggal sangat terbatas sehingga sulit mencapai konversi reaktan per volume reaktor yang tinggi karena dibutuhkan reaktor dengan volume yang sangat besar. (Studi et al., 2017)



Gambar 2.7 Reaktor Pirolisis

Secara umum reaktor dibagi menjadi dua jenis yaitu reaktor nuklir dan reaktor kimia. Reaktor nuklir adalah suatu alat untuk mengendalikan reaksi fisi berantai dan sekaligus menjaga kesinambungan reaksi fisi tersebut dan reaktor kimia adalah alat yang dirancang sebagai tempat terjadinya reaksi kimia untuk

mengubah bahan baku menjadi produk. Pada pembuatan reaktor kimia harus memastikan bahwa reaksi menghasilkan efisiensi yang paling tinggi ke arah produk keluaran yang diinginkan, agar industri yang membuat reaktor dapat meminimalisir biaya operasional untuk memperoleh produk yang maksimal. Reaktor yang umumnya terdapat di industri adalah reaktor berpengaduk atau yang dikenal dengan CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*).

#### 2.6.1.1 Jenis-Jenis Reaktor Pirolisis

Jenis-jenis reaktor pirolisis adalah sebagai berikut:

a. *Fixed or moving bed*

*Fixed or moving bed* yang beroperasi pada reaktor tetap, keuntungan menggunakan reaktor ini adalah sederhana, lebih murah, teknologi yang sudah terbukti (*proven*), dan dapat menangani biomassa yang memiliki kandungan air dan mineral anorganik tinggi. Sedangkan 28 kekurangan dari penggunaan reaktor ini adalah kandungan tar yang mencapai 10-20% berat massa bahan uji, sehingga perlu dibersihkan sebelum menggunakan ke pengoperasian berikutnya.

b. *Bubbling-Bed Pirolisis*

Reaktor ini dapat beroperasi pada tekanan normal 1atm dengan *temperature* sedang  $400^{\circ}\text{C}$ - $600^{\circ}\text{C}$  dan dapat menghasilkan minyak bio oil hingga 75% dari total massa. Biomassa masuk ke reaktor ini melalui *screw feeder* dan akan bercampur dengan media berupa pasir *silica* atau *katalis*, sementara itu dari bawah *bed* mengalir *fluidizing* gas untuk mempercepat uap pirolisis keluar dari *reactor*

c. *Circulating Fluidized Bed*

*Circulating fluidized bed* merupakan jenis reaktor pirolisis yang mirip dengan *Bubbling-Bed pyrolyzer*. Letak perbedaannya pada saluran keluar uap pirolisis yang dilengkapi dengan *cyclone* untuk memisahkan antara uap pirolisis dan partikel pengikat (arang dan pasir *silica* atau *katalis*). Biomassa dan pasir *silika* panas bercampur dan dihembuskan *fluidizing* gas dari bawah reaktor sehingga biomassa dan pasir masuk kedalam *cyclone* sementara uap pirolisis 8 keluar melalui saluran *outlet cyclone*. Reaktor ini

memiliki keuntungan yang memperoleh *konversi* yang tinggi dan tar yang diproduksi rendah.

*d. Ultra-Rapid Prolyzer Reaktor*

Ini adalah tipe reaktor dengan laju pemanasan yang cukup tinggi dengan capaian suhu 650°C. Dengan suhu tinggi mampu menghasilkan produk cairan hingga 90% dari biomassa yang digunakan.

*e. Rolating Clone*

Reaktor ini bekerja dengan mencampurkan pasir silika panas dengan biomassa yang kemudian menjadi uap pirolisis. Volatile matter yang keluar dari biomassa kemudian gas. Sisa arang yang diperoleh digunakan sebagai media pemanas pasir silika. (Damanik, 2020)

### 2.6.2 Kondensor

Kondensor merupakan suatu perangkat penukar panas yang berfungsi untuk mengubah fase fluida kerja menjadi bentuk cair. Kondensasi terjadi ketika suhu bahan berada di bawah suhu saturasi gas, yang mengakibatkan perubahan fase dari gas menjadi cair. Proses kondensasi di dalam kondensor melibatkan dua jenis utama, yaitu kondensasi lapisan dan kondensasi titik. Dalam kondensasi lapisan, dimulai dengan pembentukan lapisan film yang melapisi dinding dalam pipa, dan seiring waktu, lapisan tersebut menjadi semakin tebal dan akhirnya mengalir ke bawah karena pengaruh gravitasi. Sementara itu, kondensasi titik melibatkan pembentukan titik-titik yang kemudian berkembang menjadi tetesan cairan dan jatuh ke bawah karena gaya gravitasi. (Mustaqim, 2019)



Gambar 2.8 Kondensor

### 2.6.3 Tungku pembakaran

Tungku pembakaran pirolisis adalah suatu sistem khusus yang dirancang untuk menjalankan proses pirolisis, suatu metode termal di mana bahan organik

atau biomassa dipanaskan tanpa adanya oksigen atau dengan oksigen yang sangat terbatas. Dalam operasinya, bahan baku dimasukkan ke dalam tungku ini, yang kemudian dipanaskan hingga suhu tinggi. Proses pirolisis yang terjadi mengubah bahan baku tersebut menjadi gas, bio-oli, dan arang, tanpa membakarnya sepenuhnya. (Yunianto, 2021)

Tungku ini dilengkapi dengan kontrol suhu yang presisi, saluran gas, dan sistem pengumpanan bahan baku untuk memastikan proses berjalan efisien. Keuntungan utama dari penggunaan tungku pembakaran pirolisis adalah kemampuannya untuk mengelola limbah biomassa dengan menghasilkan produk bernilai, seperti bioenergi atau bahan kimia. Dengan demikian, teknologi ini bukan hanya membantu mengurangi dampak lingkungan dari limbah organik, tetapi juga menyediakan sumber energi terbarukan dan produk yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. (Mesin & Jambi, 2009)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat dan waktu pelaksanaan pembuatan penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

##### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 9 bulan dengan kegiatan yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Waktu kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu ( Bulan )								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Pengajuan Judul	■								
2.	Studi Literatur	■	■							
3.	Bimbingan Laporan		■	■	■					
4.	Perbaikan Laporan		■	■	■	■				
5.	Penyelesaian Laporan			■	■	■	■			
6.	Seminar Proposal				■	■	■	■		
7.	Pembuatan alat					■	■	■	■	
8.	Pengujian alat						■	■	■	■
9.	Bimbingan laporan							■	■	■
10.	Penyelesaian laporan								■	■
11.	Seminar Hasil									■

#### 3.2 Bahan dan Alat

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam perancangan Mesin Pirolisis adalah sebagai berikut :

##### 1. Kertas

Kertas digunakan untuk melihat hasil print gambar yang sudah dikerjakan melalui *software solidworks*



Gambar 3.1. Kertas

### 3.2.2 Alat yang digunakan

#### 1. Komputer

Komputer digunakan sebagai media untuk mengedit dan membuat perancangan alat dari aplikasi *Solidworks*.

Untuk spesifikasi PC yang digunakan adalah sebagai berikut:

Processor : intel xeon 3.50GHz

Ram : 8 GB

Processpr Windows : Windwos 10 Pro- 64 Bit



Gambar 3.2 PC

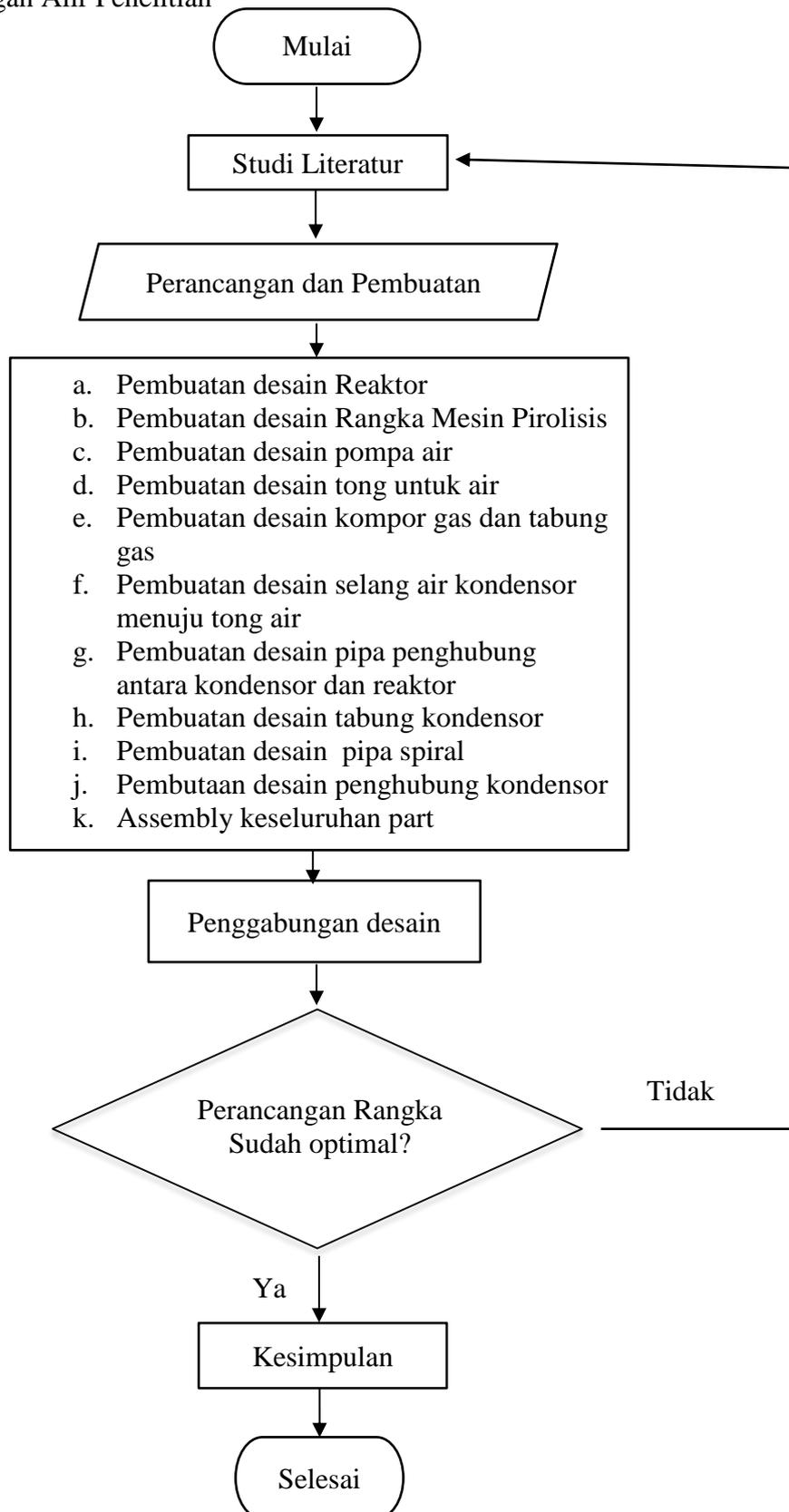
#### 2. *Software Solidwork*

*Software solidworks digunakan* sebagai alat media penghantar untuk mendesain alat yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan



Gambar 3.3 tampilan *software solidwork*

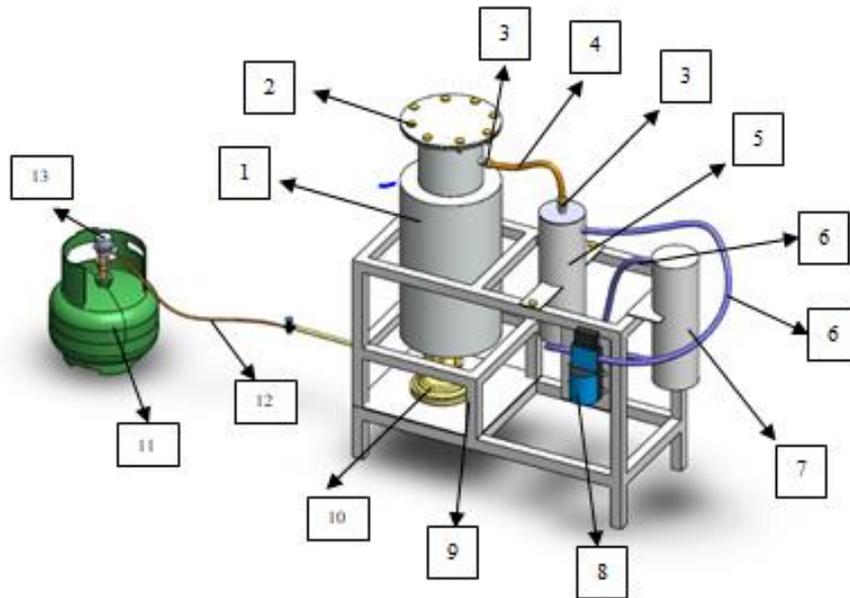
### 3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Rancangan Alat Penelitian

Desain yang saya gunakan memakai bahan baja *stainless steels* pada pembuatan mesin pirolisis dan untuk kapasitas sampah ialah seberat 3 kg.



Gambar 3.5 Desain Mesin Pirolisis

Berikut keterangan pada gambar diatas:

1. Tabung reaktor
2. Baut dan mur
3. *Nepel chamber AC*
4. Pipa tembaga
5. Tabung Kondensor
6. Selang air
7. Tabung air
8. Pompa air
9. Rangka Mesin Pirolisis
10. kompor
11. Tabung gas 3 kg
12. Selang tabung gas
13. Regulator gas

### 3.5 Prosedur Perancangan Rangka

Prosedur perancangan menggunakan aplikasi *solidworks* dapat melibatkan beberapa langkah umum dalam pembuatan desain. Berikut adalah panduan umum untuk perancangan menggunakan *Solidworks*:

1. Hidupkan terlebih dahulu komputer yang akan kita gunakan dengan menekan tombol power pada cpu.



Gambar 3.6 Tampilan awal PC/komputer

2. Membuka aplikasi *solidworks* 2020 dengan cara klik kiri dua kali pada ikon *software solidworks 2020*.



Gambar 3.7 Membuka *software solidwork 2020*

3. Tampilan proses masuk ke aplikasi *solidwork* 2020



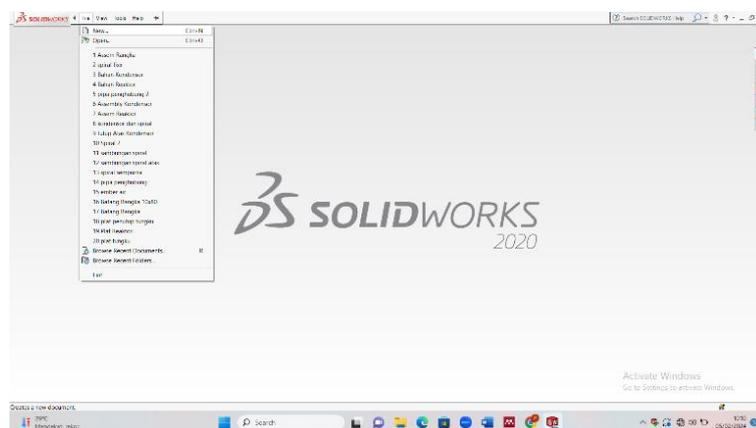
Gambar 3.8 Proses masuk aplikasi *solidwork* 2020

4. Setelah itu akan muncul tampilan utama pada aplikasi *solidwork*



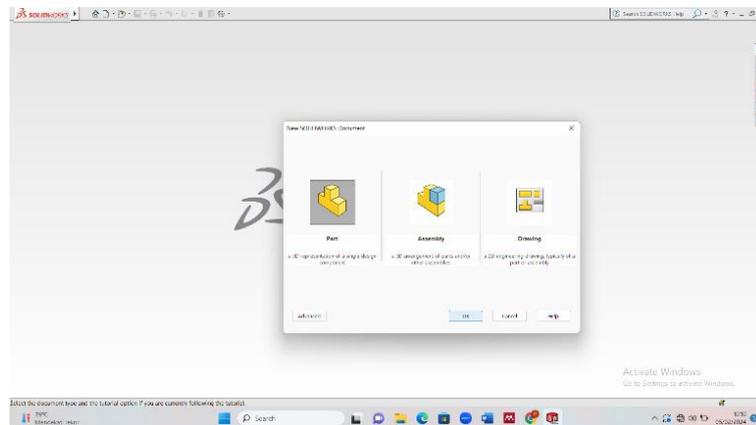
Gambar 3.9 Tampilan awal *solidwork*

5. Klik file pada sudut kiri atas untuk membuat dokumen baru, dengan memilih “new”



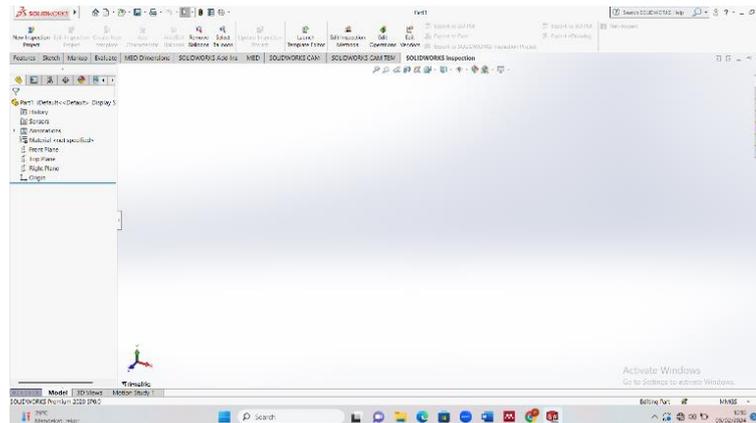
Gambar 3.10 Membuat dokumen baru

6. Kemudian pemilihan untuk pembuatan perancangan alat dengan memilih “part”



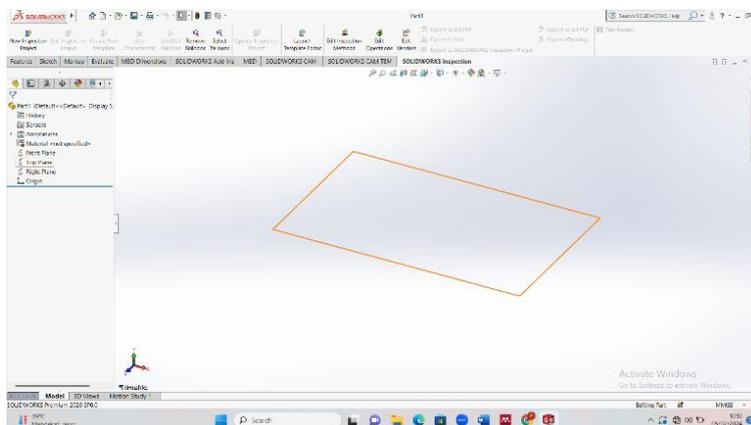
Gambar 3.11 Pemilihan part

7. Selanjutnya akan muncul tampilan menu awal solidwork



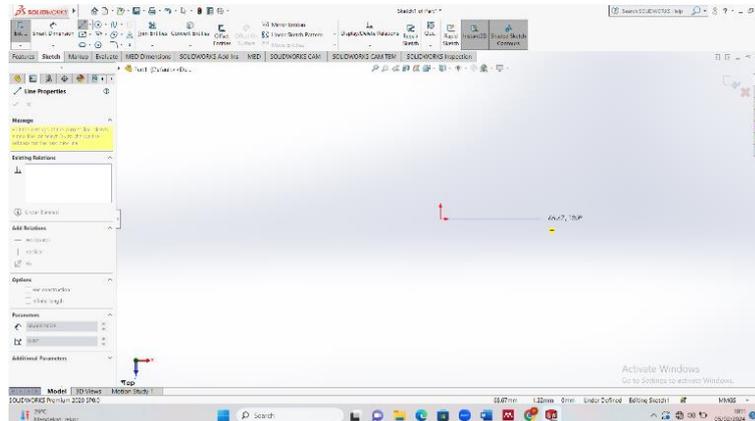
Gambar 3.12 Tampilan menu awal

8. Pemilihan sudut pandang sesuai kebutuhan perancangan alat yang akan Digambar



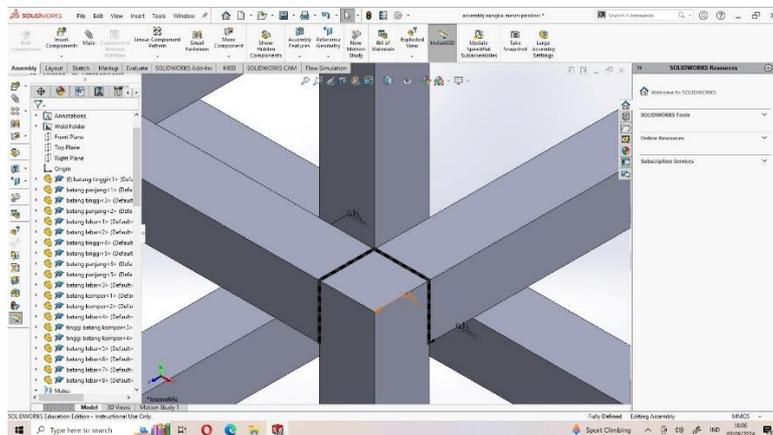
Gambar 3.13 Pemilihan sudut pandang

9. Memulai membuat desain yang di butuhkan sesuai perancangan.



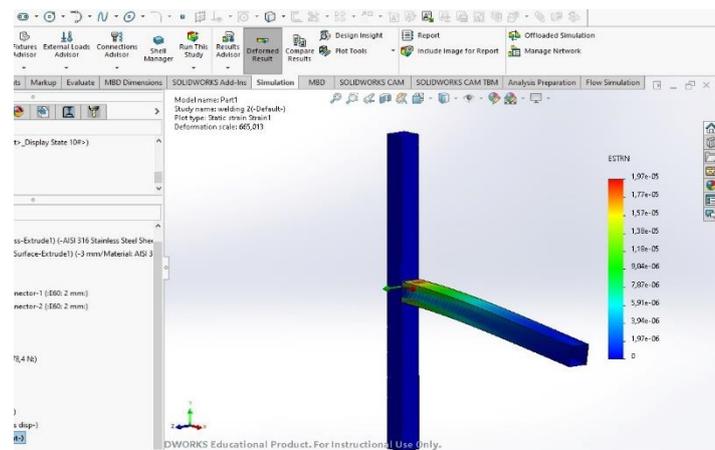
Gambar 3.14 Memulai mendesain alat

10. Membuat pengelasan dengan fitur welding



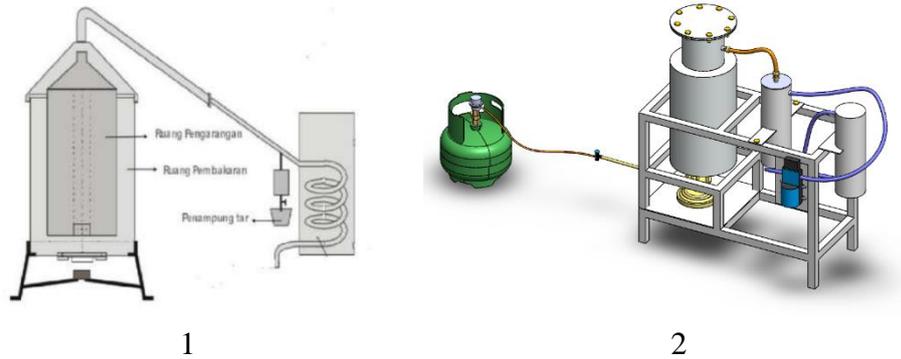
Gambar 3.15 Membuat tampilan welding

11. Membuat simulasi rangka dengan fitur simulation



Gambar 3.16 fitur Simulation

Perbandingan desain rangka Mesin pirolisis pengubah limbah sampah plastik Menjadi Limbah cair:



Gambar 3.15 Perbandingan Mesin Pirolisis

Pada gambar 1 teknologi ini sudah digunakan. Rangka yang digunakan hanya untuk tumpu reaktor saja dan pada kondensor tidak memakai sirkulasi . Pada gambar 2 desain lebih simple yang saya buat dan juga memakai bahan baja *stainless* 316 sehingga lebih cepat memanaskan reaktor. Pada gambar 2 juga telah memakai sirkulasi menggunakan campuran air dengan es pada kondensor sehingga pendinginan uap lebih maksimal.

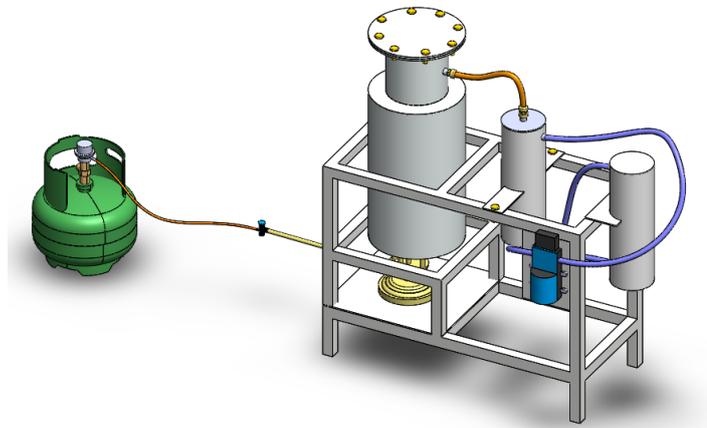
Sumber gambar 1 (B. P. Putra et al., 2022)

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pembuatan Desain

Pada bab ini menjelaskan tentang pembuatan desain rangka, reaktor, kondensor, spiral, dan juga membahas tentang welding serta uji bending mesin pirolisis sesuai dengan tujuan penelitian yang ada pada Bab 1. Mesin pirolisis ini dirancang untuk mengubah limbah sampah plastic padat menjadi limbah cair tanpa adanya oksigen. Berikut langkah-langkah rinci dalam pembuatan desain mesin pirolisis.

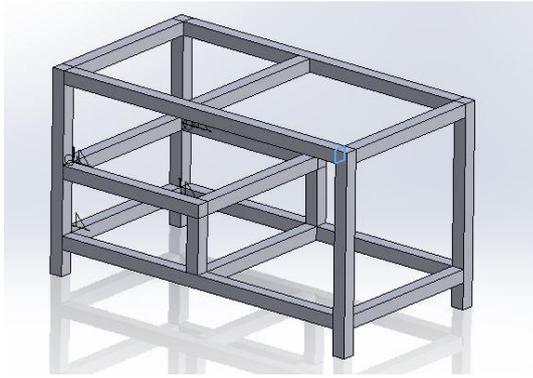


Gambar 4.1 Desain Mesin Pirolisis

##### 4.1.1 Perancangan desain mesin pirolisis

###### 4.1.1.1 Perancangan desain rangka mesin pirolisis dengan solidworks

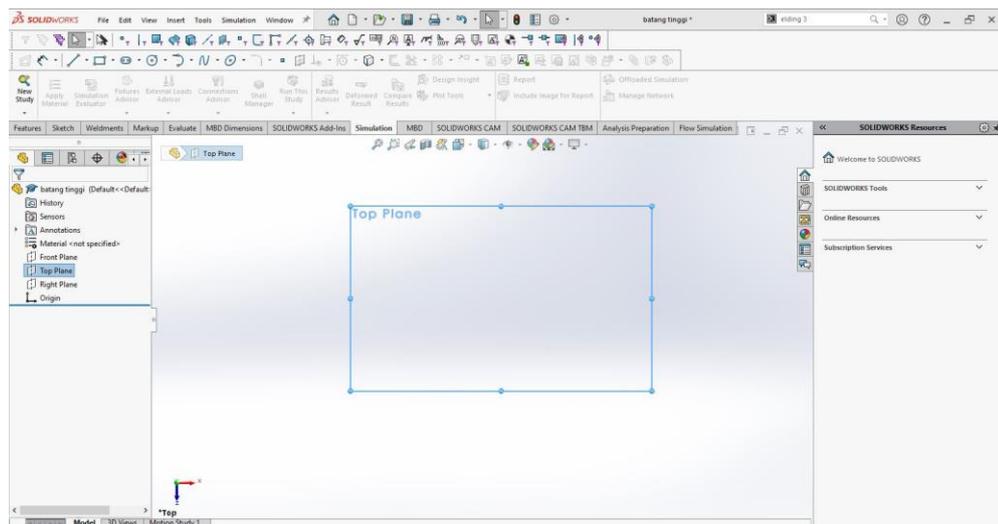
Desain rangka mesin pirolisis 1kg dengan menggunakan baja stainless ukuran 25x25 mm dengan panjang 650 mm dan lebar 300 mm ini dikembangkan sebagai solusi menggantikan rangka mesin terdahulu yang hanya menggunakan besi biasa. Rangka mesin pirolisis sengaja dibuat menggunakan baja stainless agar tahan terhadap panas serta tidak mudah karatan. Dengan demikian, rangka ini diharapkan dapat bertahan terhadap karat untuk pemakaian jangka panjang.



Gambar 4.2 Sketsa Desain Rangka

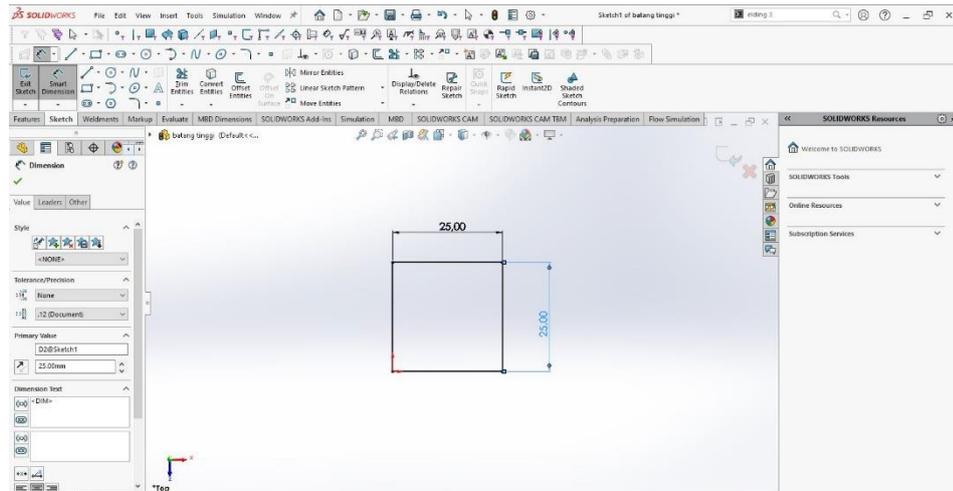
#### 4.1.1.2 Proses pembuatan

Pada awal pembuatan rangka saya memilih sudut pandang terlebih dahulu, saya memilih sudut pandang *TOP* untuk pembuatan desain rangka mesin pirolisis. Pemilihan sudut pandang ini sangat mempengaruhi dari mana saya akan memulai membuat rangka mesin pirolisis.



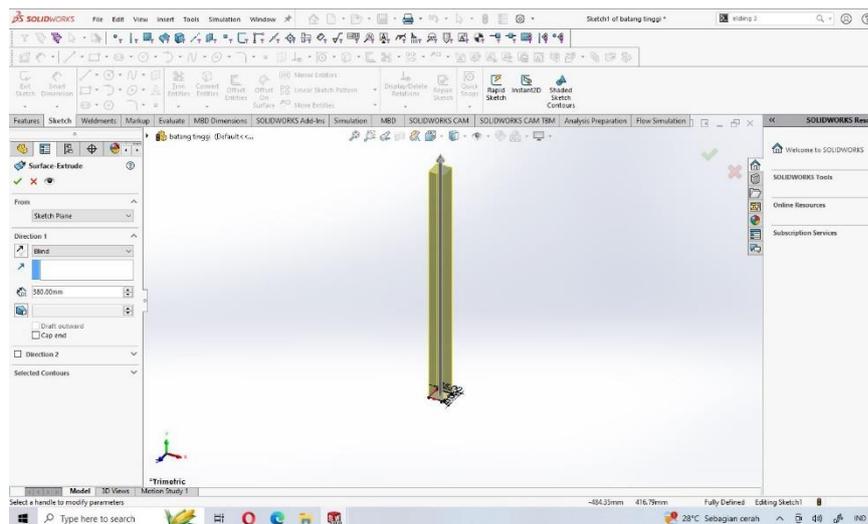
Gambar 4.3 pemilihan sudut pandang

Selanjutnya, desain untuk besi hollo dengan berukuran 25x25mm dibuat menggunakan *rectangle* lalu di *smart dimension* dengan ukuran 25x25mm.



Gambar 4.4 Pembuatan ukuran baja stainless

Selanjutnya, desain di *boss extrude* dengan ukuran 300 mm, *boss extrude* pada desain rangka ini berguna untuk menentukan panjang dari desain rangka mesin pirolisis kapasitas 1kg.

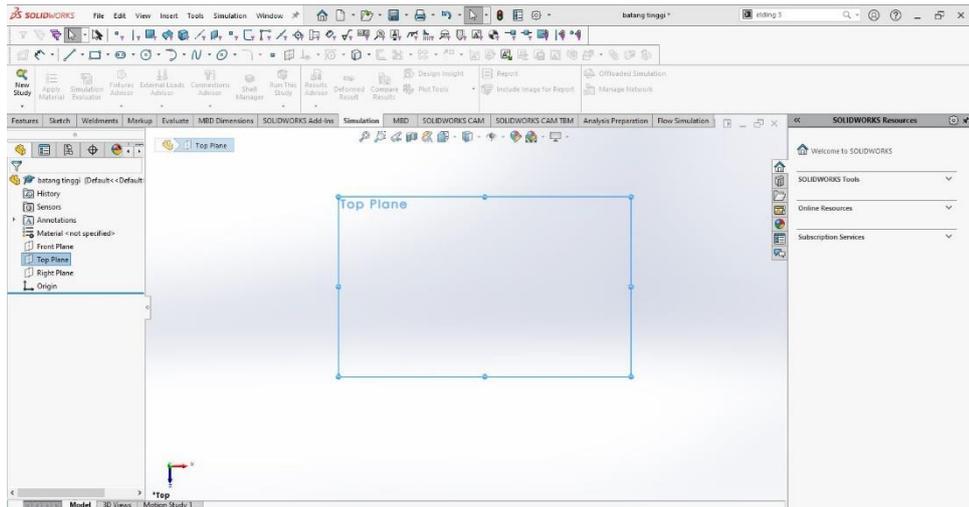


Gambar 4.5 *Boss Extrude*

#### 4.1.1.3 Proses pembuatan desain reaktor

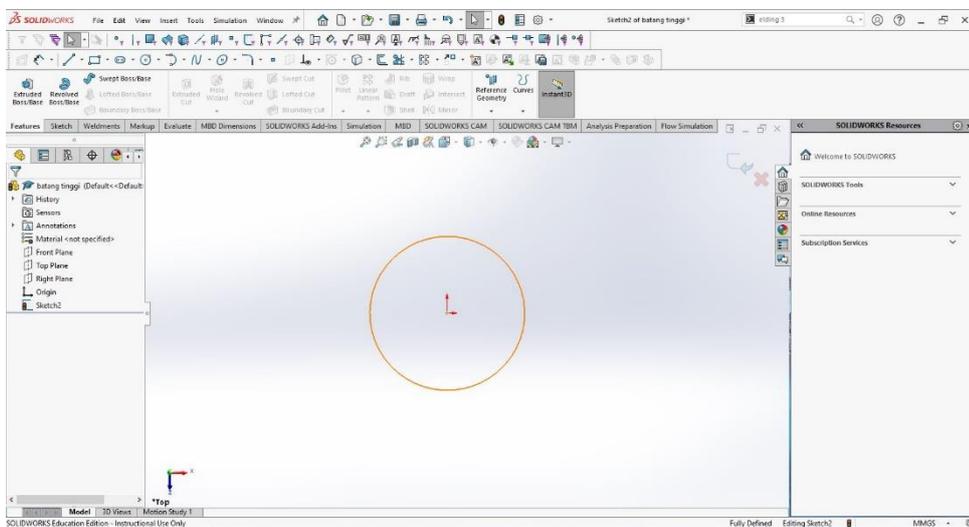
Desain pembuatan reaktor ini memiliki beberapa part yang tidak akan bisa dibuat sekaligus, desain pembuatan reaktor pada desain ini menggunakan fitur assembly part dan me- mate keseluruhan part pada tempatnya.

Pada awal pembuatan reaktor saya memilih sudut pandang terlebih dahulu, saya memilih sudut pandang *TOP* untuk pembuatan desain reaktor mesin pirolisis. Pemilihan sudut pandang ini sangat mempengaruhi *extrude boss* pada saat akan menentukan tinggi dari reaktor.



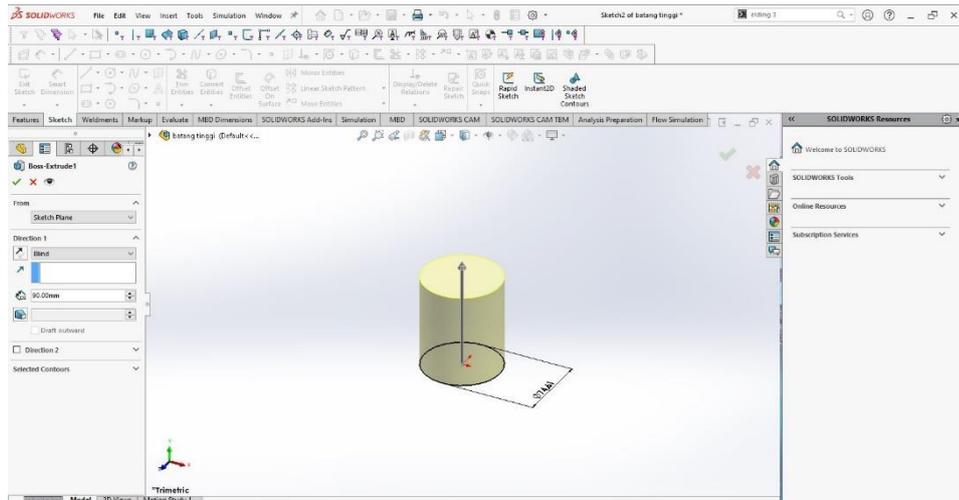
Gambar 4.6 Pemilihan sudut pandang

Selanjutnya, menggambar lingkaran untuk dasar sketch dari reaktor yaitu dengan menggunakan fitur *circle* dan menentukan ukuran sketch reaktor menggunakan *smart dimension*. fungsi dari sketch ini sebagai acuan seberapa besar diameter reaktor yang dibutuhkan untuk menyesuaikan dengan banyaknya sampah plastik yang akan dibakar dalam 1 kali pembakaran.



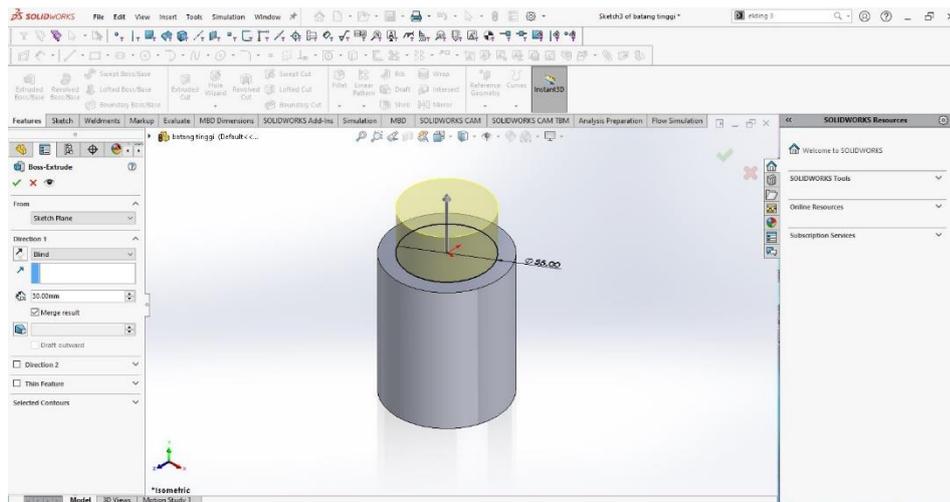
Gambar 4.7 Sketch reaktor

Dalam desain ini, sketch lingkaran yang ada diatas di *boss extrude* untuk menentukan juga seberapa tinggi reaktor yang akan dibuat, dan juga *boss extrude* pada desain ini sebagai penentu untuk kapasitas reaktor yang dibutuhkan.



Gambar 4.8 boss extrude

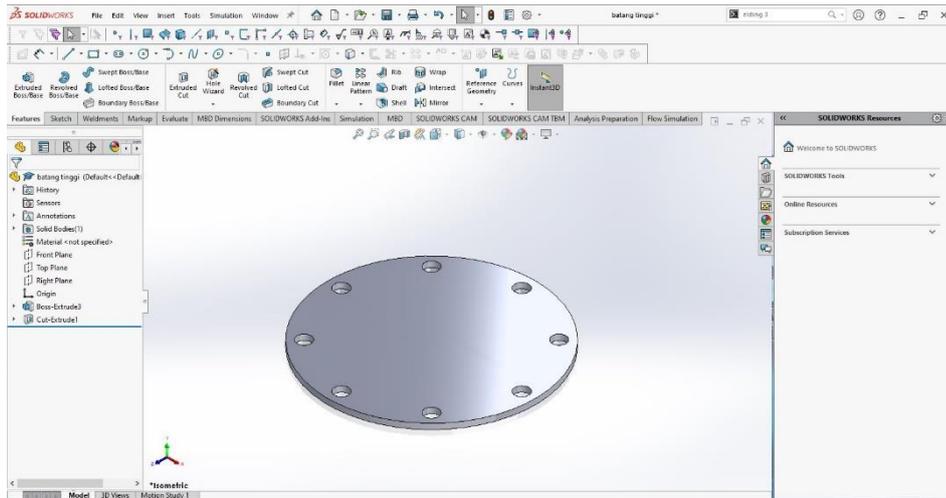
*Boss extrude* pada leher reaktor ini sekaligus juga menggunakan fitur *extrude cut* sebagai tempat masuknya sampah plastik untuk dilakukan pembakaran nanti pada saat mesin sudah dalam bentuk unit.



Gambar 4.9 boss extrude leher reaktor

Selanjutnya, desain reaktor pembuatan tutup atas reator yang akan berguna agar uap yang sudah di panaskan tidak keluar dari yang tidak menjadi jalur uap yang akan keluar dari reaktor. Terdapat juga berapa lubang yang berfungsi sebagai tempat baut.

Pada saat pembuatan lubang untuk dudukan baut saya menggunakan fitur *assembly hole* untuk membuat lubang. Serta saya juga menggunakan fitur *linear sketch pattern* agar memudahkan dalam membuat keseluruhan lubang dengan jarak serta diameter lubang secara akurat.

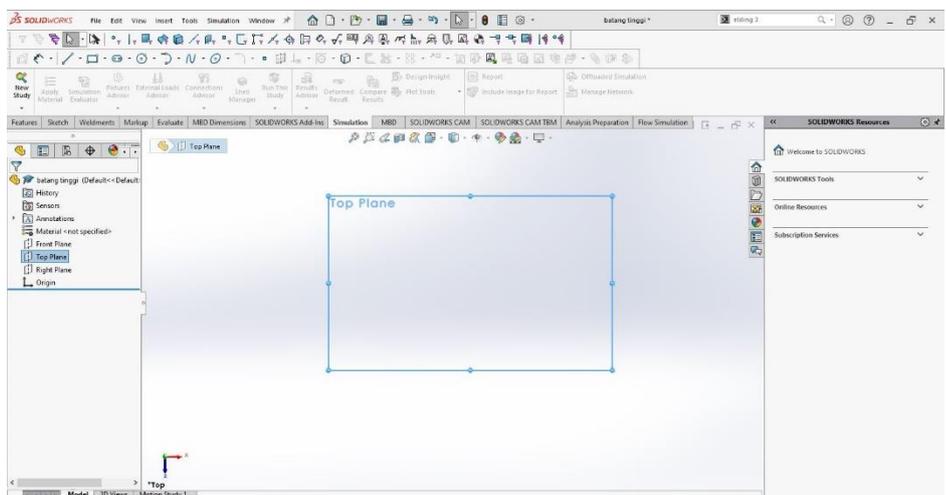


Gambar 4.10 tutup reaktor

#### 4.1.1.4 Perancangan desain kondensor

Pada saat perancangan desain kondensor keseluruhan part tidak dapat dibuat sekaligus dikarenakan part-part yang terdapat pada kondensor ini tidak terhubung sekaligus. Terutama pada spiral yang terdapat didalam tabung kondensor.

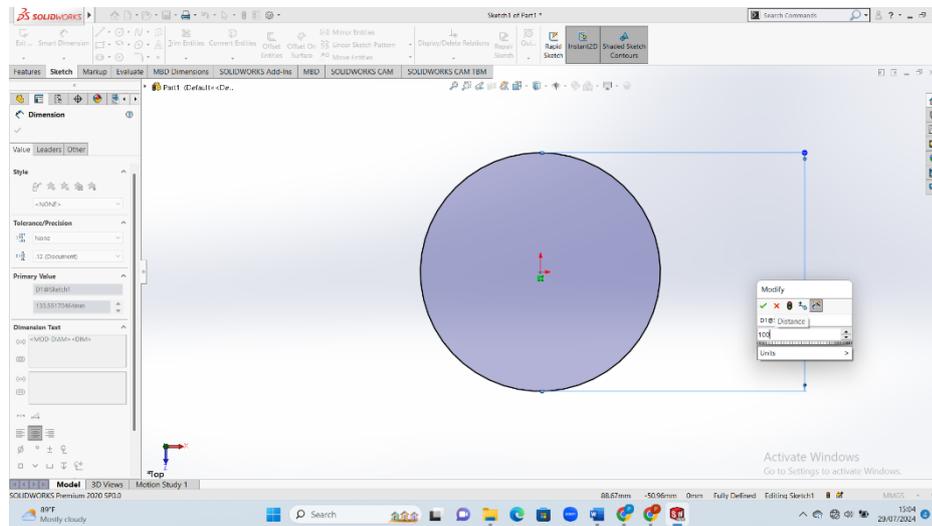
Pada awal pembuatan kondensor saya memilih sudut pandang terlebih dahulu, saya tetap menggunakan sudut pandang *TOP* untuk pembuatan desain kondensor mesin pirolisis. Pemilihan sudut pandang ini sangat mempengaruhi *extrude boss* pada saat akan menentukan tinggi dari reaktor.



Gambar 4.11 Pemilihan sudut pandang

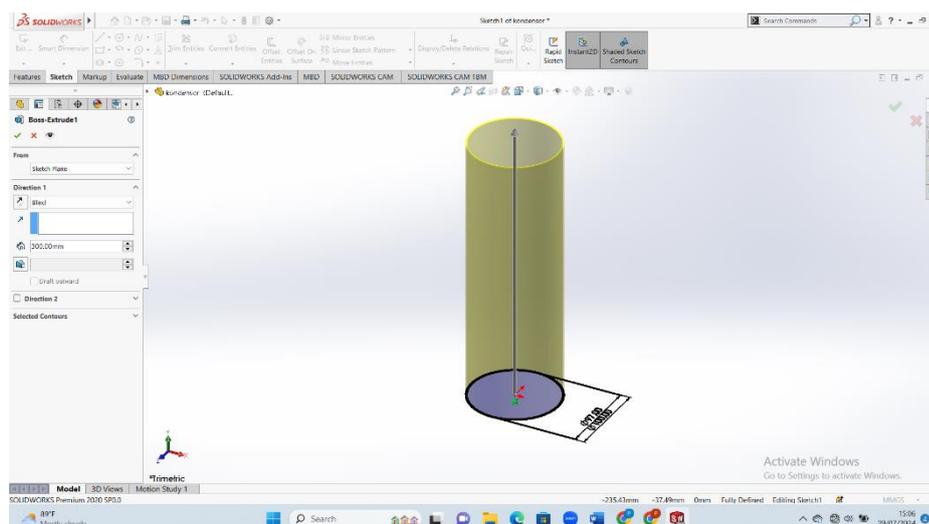
Selanjutnya, menggambar lingkaran untuk dasar sketch dari reaktor yaitu dengan menggunakan fitur *circle* dan menentukan ukuran sketch reaktor menggunakan *smart dimension*. Fungsi dari sketch ini sebagai penentu besarnya diameter yang akan dibuat untuk kondensor. Dan juga nantinya sebagai wadah

volume air yang akan bersiklus untuk mendinginkan spiral yang terdapat didalam kondensor.



Gambar 4.12 Sketch dasar Kondensor

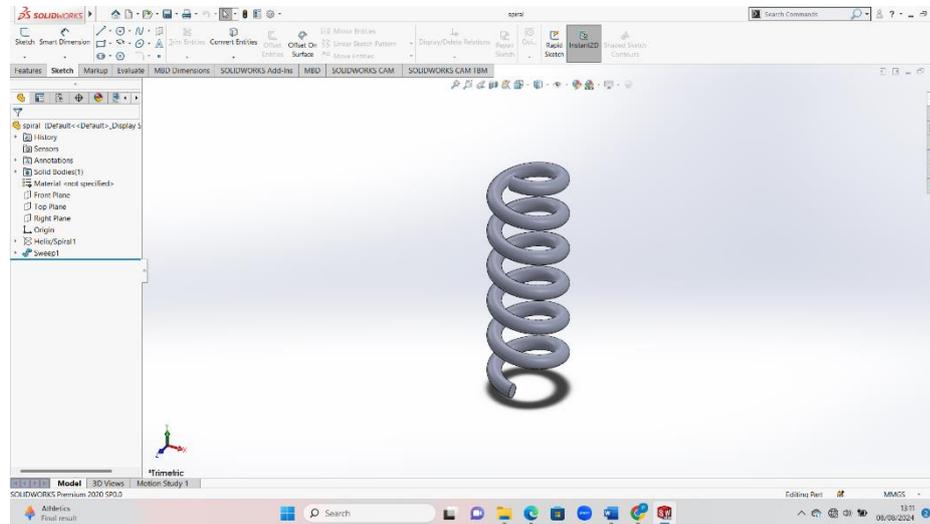
Pada tahap ini, sketch lingkaran sebelumnya di *boss extrude* untuk membuat seberapa tinggi desain kondensor yang akan dibuat. Pada bagian ini setelah di boss extrude, Pada bagian atas boss extrude dibuat sketch lingkaran baru dengan diameter sedikit lebih kecil dari sketch lingkaran sebelumnya yang berfungsi sebagai *extrude cut*. Fungsi pada *extrude cut* tersebut ialah sebagai wadah untuk sirkulasi air yang mendinginkan spiral.



Gambar 4.13 boss extrude

Komponen yang tak kalah penting pada desain kondensor ini ialah spiral. Pembuatan spiral ini saya menggunakan fitur helix. Spiral yang saya desain ini

memiliki 6 lilitan dengan diameter 100 mm. Material yang digunakan pada spiral ini ialah tembaga dikarenakan tembaga tahan terhadap tekanan uap yang panas dan juga tembaga dengan mudah melepas panas.

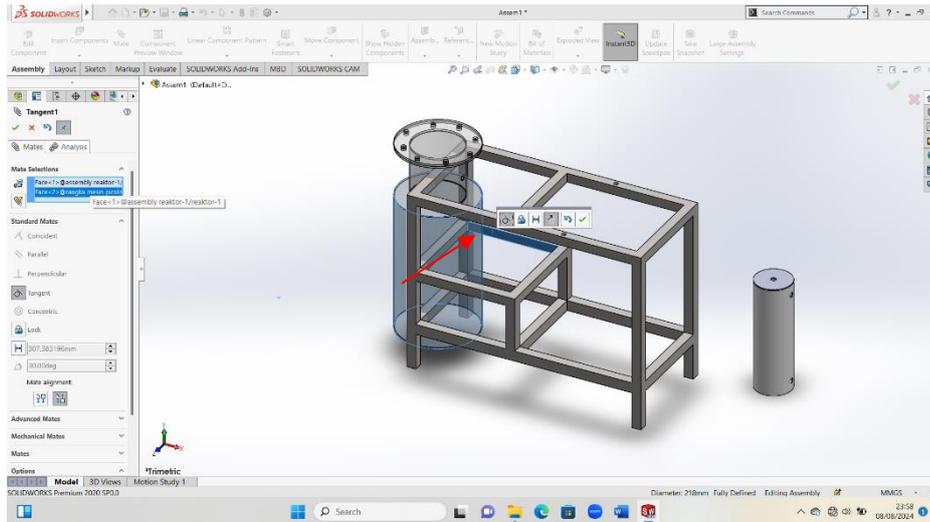


Gambar 4.14 Spiral

#### 4.1.2 Assembly Part

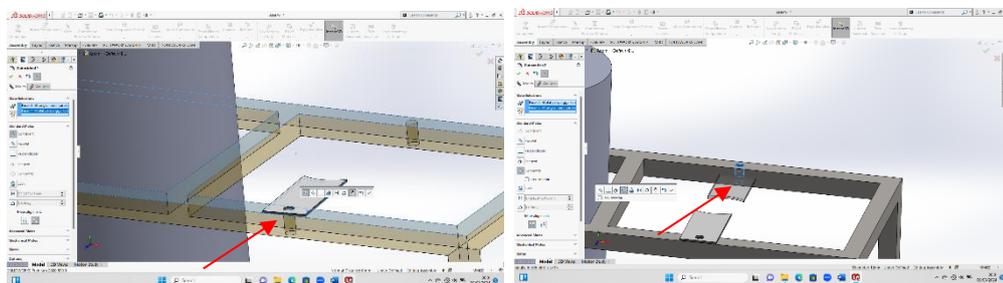
Pada sub bab ini menjelaskan tentang *assembly* keseluruhan part yang telah didesain agar desain perancangan mesin pirolisis ini menjadi optimal dengan beberapa pertimbangan seperti material yang dipakai, tata letak komponen, teknik welding yang dipakai, serta pengujian terhadap rangka didalam *software solidrworks*. Untuk menentukan tata letak yang sebenarnya serta akurat didalam software solidworks saya menggunakan fitur *assembly part*.

Pada awal proses *assembly part*, digabungkan rangka dengan reaktor menggunakan fitur *mate*. Disini *face* reaktor di *assembly* dengan *face* pada rangka dengan fitur *assembly cosentric* dikarenakan *face* pada reaktor memiliki permukaan yang berbentuk lingkaran. Lalu *face* reaktor di *assembly* kembali dengan sisi *face* lain pada rangka dan ditentukan titik tengahnya lalu setelah itu di *lock*.



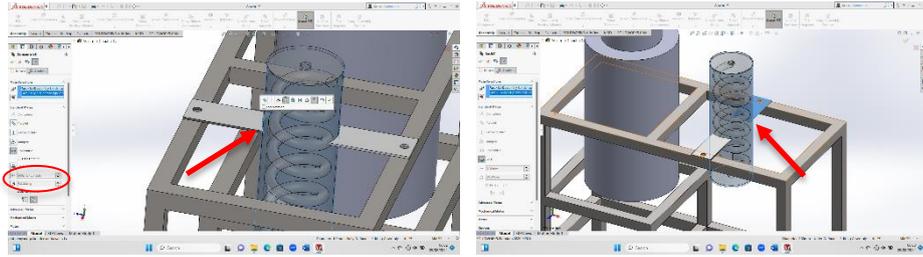
Gambar 4.15 *Assembly* reaktor dan rangka

Selanjutnya, sebelum melakukan proses *assembly* kondensor dengan rangka, terdapat *assembly* plat dengan rangka yang berguna sebagaiudukan kondensor. Pada langkah awal lubang yang terdapat ditengah plat di *mate* dengan lubang yang sudah terdapat pada rangka dengan menggunakan fitur *mate* cossentric bertujuan agar lubang baut pada plat dan rangka senter. Setelahnya *mate* rangka dengan *face* yang berada pada plat dudukna kondensor tersebut.



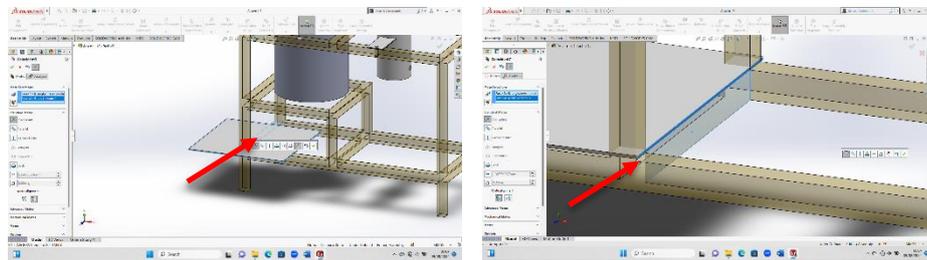
Gambar 4.16 *assembly* plat dudukan kondensor dengan rangka

Pada tahap ini, kondensor di *assembly* menggunakan fitur *mate* dengan memanfaatkan mate pada ujung *face* plat dudukan kondensor dengan *face* lingkaran pada kondensor. Lalu untuk menentukan jarak tinggi kondensor yang sesuai, *face* kondensor di mate dengan *face* bagian atas plat dudukan kondensor dengan menentukan ukuran pada fitur seperti pada gambar dibawah.



Gambar 4.17 *assembly* kondensor

Selanjutnya sebelum *assembly* kompor dilakukan, terlebih dahulu plat dudukan kompor di *assembly* dengan rangka. Pada *assembly* plat dudukan kompor menggunakan fitur *mate* dengan *me-mate* face bagian bawah plat dengan rangka seperti pada gambar dibawah ini:

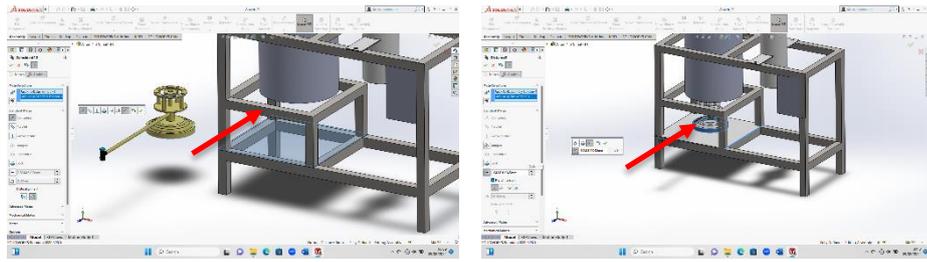


Gambar 4.18 *assembly* plat dudukan kompor

Lalu, *face* samping plat dudukan rangka di *mate* dengan *face* bagian samping rangka. Dari *mate* tersebut kita dapat menentukan *face* dudukan kompor dengan rangka sudah sejajar sehingga desain terlihat lebih rapi. terlihat seperti gambar diatas:

Setelah selesai *mate assembly* plat dudukan kompor, *assembly* kembali dilakukan dengan meng-*assembly* kompor yang telah di desain sebelumnya. Kompor juga salah satu bagian yang penting dalam proses pirolisis. Kompor pada desain ini memakai material *cast iron*.

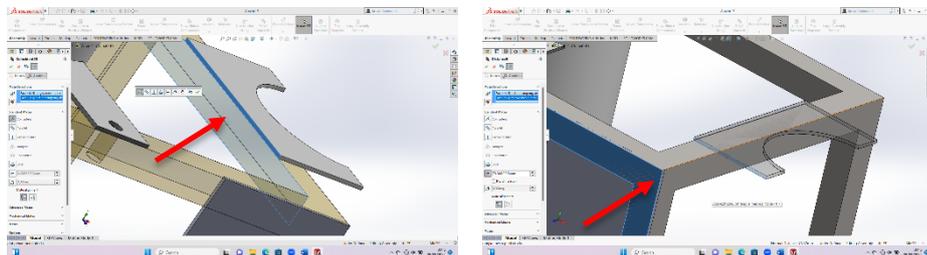
Pada awal *assembly* kompor ini, *face* pada bagian bawah kompor di *mate* dengan plat dudukan kompor yang telah di *assembly* pada proses sebelumnya. Lalu setelahnya, *face* pada lingkaran bawah kompor di *mate* dengan rangka bagian samping. Untuk menentukan titik senter pada *assembly* kompor ini memerlukan fitur *mate lock* dengan mengatur jarak *mate* pada angka 164,88mm .



Gambar 4.19 *assembly* kompor

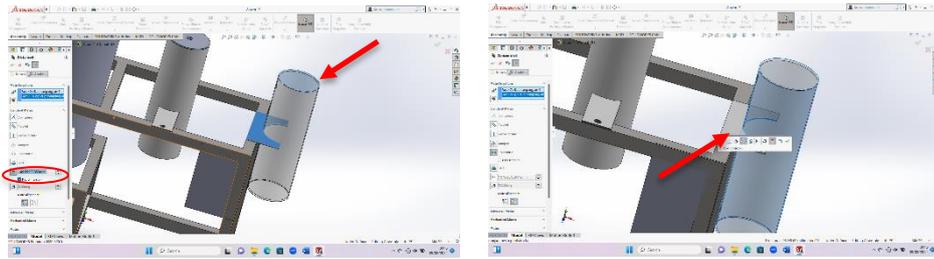
Selanjutnya, *assembly* plat untuk dudukan tabung air yang berguna sebagai penampung air yang selanjutnya air tersebut akan bersiklus kedalam tabung kondensor guna mendinginkan uap yang berada dalam spiral. Pada *assembly* plat iniin masih menggunakan *mate* untuk menyambungkan plat dengan rangka mesin pirolisis.

*Face* plat bagian samping kiri di *mate* dengan *face* bagian dalam rangka seperti gambar dibawah. Lalu, pada *face* bagian belakang plat di *mate* dengan area belakang rangka bagian luar dan memberikan jarak 73,36 mm agar plat tepat berada ditengah-tengah rangka serta agar nantinya tabung air sejajar lurus dengan kondensor.



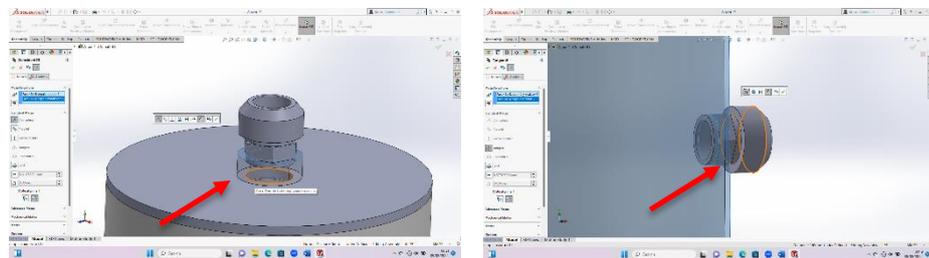
Gambar 4.20 *assembly* plat dudukan tabung air

Selanjutnya, *assembly* tabung air dengan plat dudukan yang telah di *mate* sebelumnya dengan rangka, *mate* bagian *face* atas plat dengan *face* atas tabung air dan diberikan jarak 149,59 mm agar tabung air memiliki jarak tinggi yang seimbang dengan kondensor. Setelahnya, *assembly* *face* tabung air dengan *face* plat setengah lingkaran dengan menggunakan fitur *mate cossentric* dikarenakan permukaan pada tabung serta plat yang di *mate* memiliki diameter.



Gambar 4.21 *assembly* tabung air

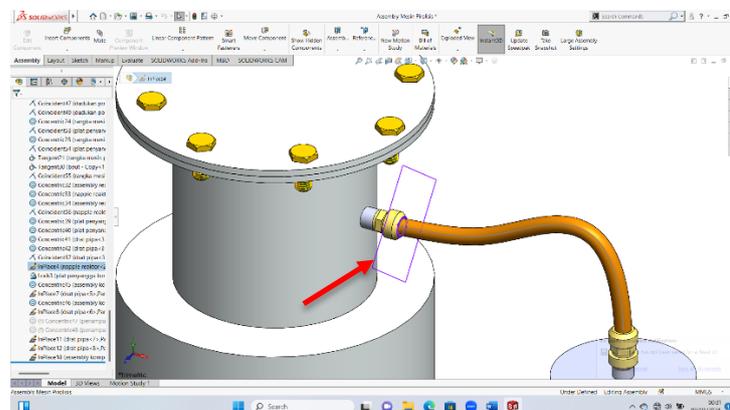
Pada tahap ini napel sengaja di tambahkan pada mesin pirolis yang berguna sebagaiudukan untuk pipa penghubung yang akan menyalurkan uap dari reaktor menuju kondensor. *Assembly* napel disini cukup mudah hanya menggunakan fitur *mate concentric* untuk menyatukan napel dengan kondensor serta reaktor.



Gambar 4.22 *assembly* napel selang

Pada tahap ini, terdapat sedikit kesulitan dikarenakan saya harus membuat 3D *sketch* terlebih dahulu lalu bisa untuk meng-*assembly* selang penghubung pipa dari reaktor menuju kondensor. Setelah masuk pada fitur 3D, plane pada napel reaktor. Kemudian saya memilih fitur *convert entities* untuk membuat pipa penghubung sebagai penyaluran uap panas dari reaktor menuju kondensor.

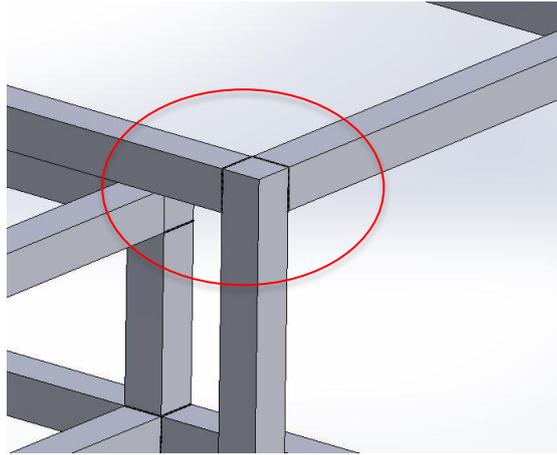
Sebagai tambahan pipa penghubung penyalur uap panas reaktor menuju kondensor ini berbahan material tembaga. Dikarenakan tembaga tahan terhadap uang panas yang tinggi.



Gambar 4.23 pipa penghubung

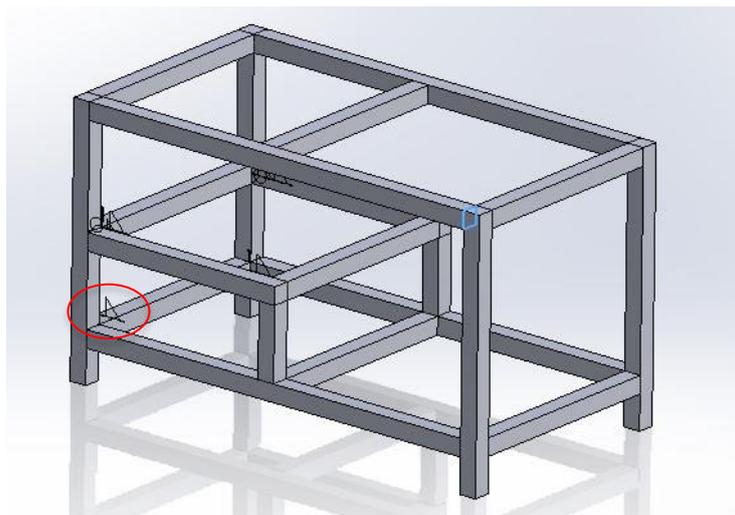
#### 4.1.3 Welding

Pada sub bab ini, menjelaskan tentang hasil detail desain mesin pirolisis yaitu tentang pembuatan *welding* didalam aplikasi *solidworks*. Didalam *solidworks* terdapat sebuah fitur yaitu *welding*, *welding* sendiri sering dipergunakan didalam *solidworks* apabila suatu part memerlukan untuk menganalisa suatu pengelasan. Seperti menganalisa kekuatan tarik terhadap suatu pengelasan.



Gambar 4.24 Detail Pengelasan pada *solidworks*

Sebelum menggunakan fitur *welding* pada *solidworks* keseluruhan *part* wajib terlebih dahulu di *assembly* dengan fitur *mate*. Atau juga bisa membuat 3D sketch lalu memilih fitur *Weldment* pada tools *solidworks*. Pada gambar diatas menunjukkan detail fitur *welding* (pengelasan) yang sudah diterapkan pada rangka mesin pirolisis.



Gambar 4.25 Simbol *welding*

Selain untuk memberikan efek *welding* pada rangka, fitur ini sekaligus memberikan simbol *welding* juga yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Untuk menggunakan fitur *welding* pada *solidworks* yaitu dengan me-mate part yang akan diberi *welding*.

Selanjutnya, didalam menu insert dan terdapat menu welding lalu pilih face batang face 1 dan face yang berhubungan dan juga pada face 1. Selanjutnya untuk menampilkan contoh efek welding pada *solidworks* yaitu dengan mencari fitur yang begambar mata dan menghidupka fitur langsung welding.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Uji Tekan Rangka

Pada penelitian ini, jenis bahan struktur rangka yang digunakan pada desain rangka mesin pirolisis ini ialah baja stainless 316 dengan ketebalan 1,5 mm. dan memiliki ukuran hollo 25x25 mm. lebar pada rangka desain mesin pirolisis ini ialah 300 mm serta panjang 650 mm dan tinggi 380 mm, *Simulasi Finite Element Method* (FEM) akan dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk mengevaluasi material yang digunakan dalam mendesain struktur rangka pada mesin pirolisis berkapasitas 1kg. berikut table spesifikasi baja stainless 316 dapat dilihat pada *material properties* di *SolidWorks 2020*

Tabel 4.1 Spesifikasi Baja Stainless 316 (*solidworks 2020*)

Property	Value	Units
Elastic Modulus	1968040.273	kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.27	N/A
Shear Modulus		kgf/cm <sup>2</sup>
Mass Density	0.0080000001	kg/cm <sup>3</sup>
Tensile Strength	5914.318008	kgf/cm <sup>2</sup>
Compressive Strength		kgf/cm <sup>2</sup>
Yield Strength	1757.66324	kgf/cm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.6e-05	/°C
Thermal Conductivity	0.0389579	cal/(cm·sec·°C)
Specific Heat	119.503	cal/(kg·°C)
Material Damping Ratio		N/A

Tabel 4.2 Spesifikasi *Carbon Steel Sheet (solidworks 2020)*

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2090405.484	kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	815767.9987	kgf/cm <sup>2</sup>
Mass Density	0.007858	kg/cm <sup>3</sup>
Tensile Strength	4333.767533	kgf/cm <sup>2</sup>
Compressive Strength		kgf/cm <sup>2</sup>
Yield Strength	2882.567713	kgf/cm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.2e-05	/°C
Thermal Conductivity	0.124283	cal/(cm·sec·°C)
Specific Heat	116.157	cal/(kg·°C)
Material Damping Ratio		N/A

Tabel 4.3 Spesifikasi *A268 Iron Base Superalloy (solidworks 2020)*

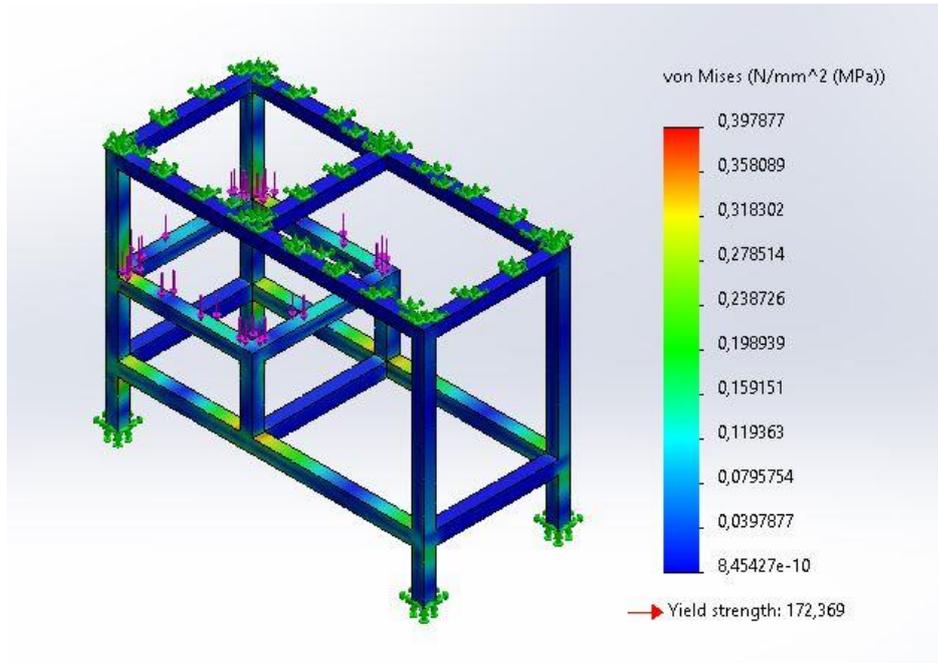
Property	Value	Units
Elastic Modulus	2049617.1	kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.31	N/A
Shear Modulus	785176.7	kgf/cm <sup>2</sup>
Mass Density	0.00792	kg/cm <sup>3</sup>
Tensile Strength	6322.202	kgf/cm <sup>2</sup>
Compressive Strength		kgf/cm <sup>2</sup>
Yield Strength	2804.2025	kgf/cm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.65e-05	/°C
Thermal Conductivity	0.0360899	cal/(cm·sec·°C)
Specific Heat	100.382	cal/(kg·°C)
Material Damping Ratio		N/A

Berikut adalah beberapa hasil simulasi kekuatan dengan metode FEM menggunakan *software SolidWorks 2020*.

#### 1. *Stress Von Misses*

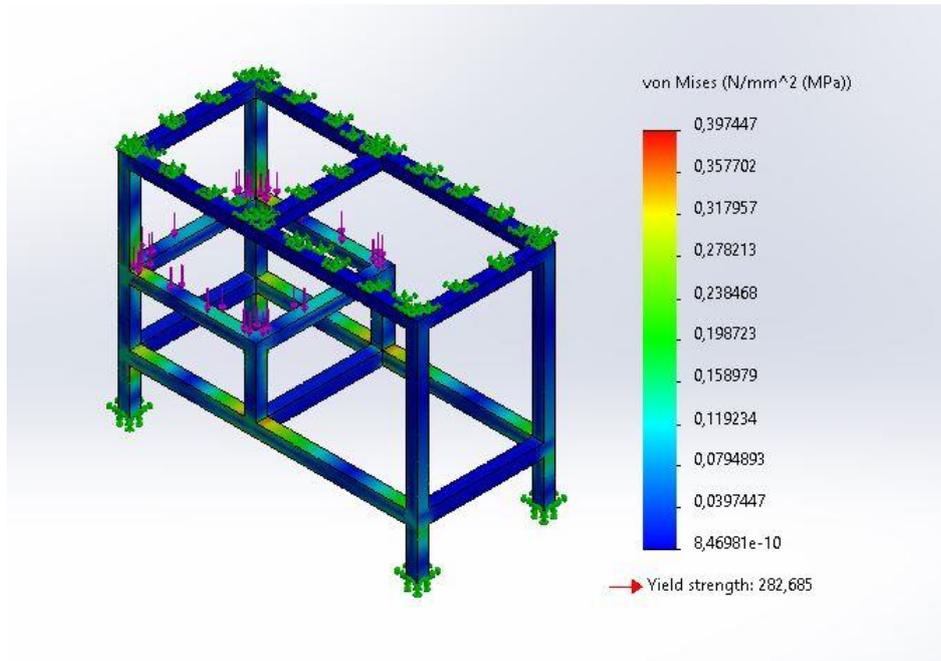
*Stress von misses* adalah parameter yang digunakan dalam mekanika bahan untuk mengukur tingkat tegangan yang bekerja pada suatu bahan dalam keadaan tertentu. Disebut juga sebagai tegangan *ekivalen*, *stress von Mises* memberikan representasi skalar dari kombinasi tegangan normal dan tegangan geser yang bekerja pada suatu titik dalam suatu struktur. Metode ini mengambil keuntungan dari prinsip superposisi untuk menyederhanakan kombinasi tegangan yang kompleks menjadi satu nilai tegangan ekivalen tunggal. Dengan

demikian, *stress von Mises* digunakan untuk mengevaluasi tingkat tegangan yang mungkin menyebabkan kegagalan material dengan mempertimbangkan efek dari tegangan normal dan tegangan geser pada suatu titik tertentu. Berikut adalah hasil simulasi *stress von misses* dari beberapa material yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



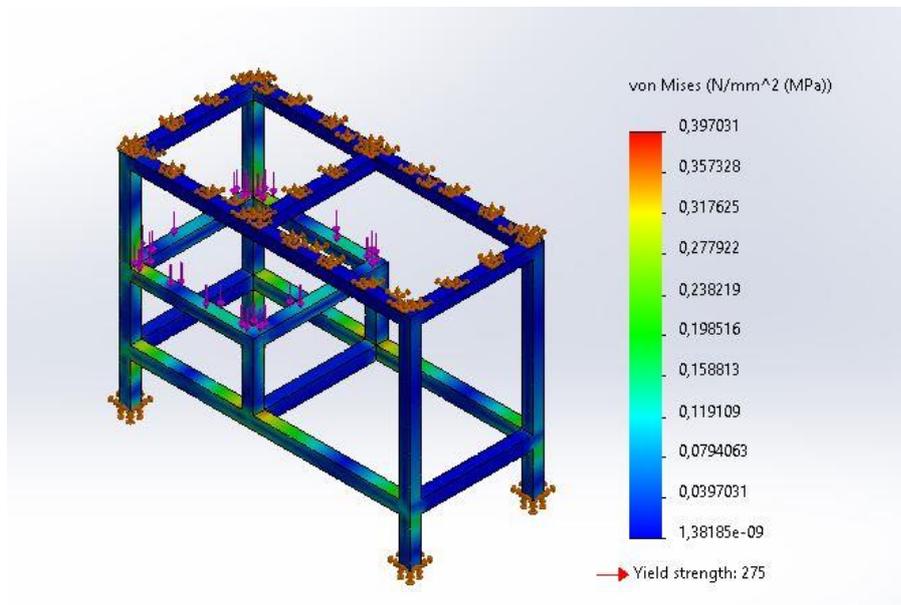
Gambar 4.26 Hasil simulasi *stress von misses* menggunakan material stainless 316

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *stress von misses* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material stainless steel 316 adalah 0,397877 Mpa dan *strees von misses minimum* adalah 8,45427e-10 (0,000383) Mpa.



Gambar 4.27 Hasil simulasi *stress von misses* menggunakan material *Carbon Steel Sheet*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *stress von misses* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material *Carbon Steel Sheet* adalah 0,397447 Mpa dan *strees von misses minimum* adalah 8,46981e-10 (0,000846) Mpa.

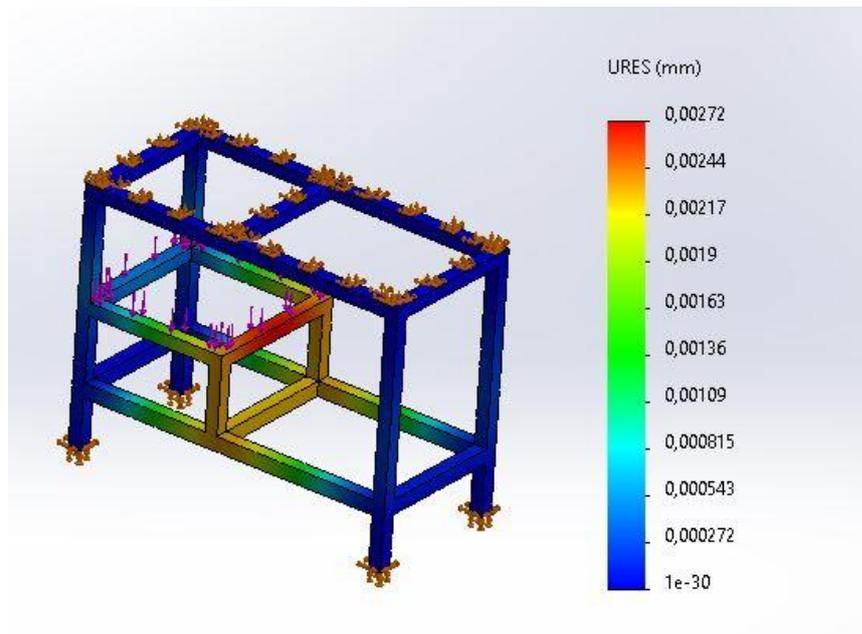


Gambar 4.28 Hasil simulasi *stress von misses* menggunakan material *A268 Iron Base Superalloy*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *stress von misses* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material *Iron Base Supperalloy 316* adalah 0,397031 Mpa dan *strees von misses minimum* adalah 1,38185e-10 (0,0001705) Mpa.

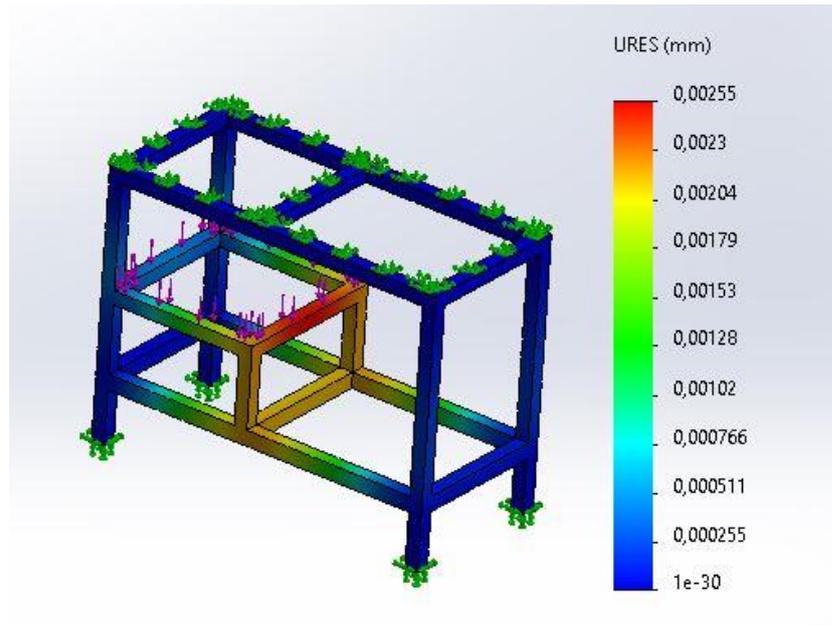
## 2. *Displacement*

*Displacement* dalam analisis Metode Elemen Hingga (FEM) merujuk pada perubahan posisi atau perpindahan dari elemen-elemen struktur atau objek yang sedang dianalisis. Dalam konteks FEM, struktur atau objek direpresentasikan sebagai elemen-elemen diskrit yang terhubung satu sama lain, dan perpindahan pada setiap titik dalam elemen-elemen tersebut dihitung. Berikut adalah hasil simulasi *displacement* dengan beberapa material yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



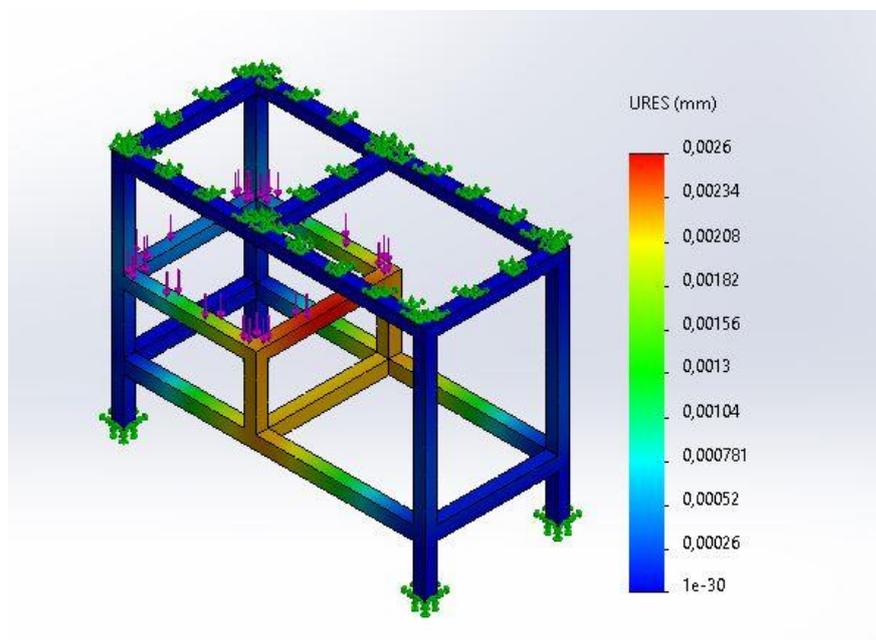
Gambar 4.29 Hasil simulasi *displacement* menggunakan material *stainless steel 316*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material *stainless steel 316* adalah 0,00272 mm dan hasil *displacement* minimum adalah 0,000272 mm



Gambar 4.30 Hasil simulasi *displacement* menggunakan material *Carbon Steel Sheet*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material stainless steel 316 adalah 0,00255 mm dan hasil *displacement* minimum adalah 0,000255 mm

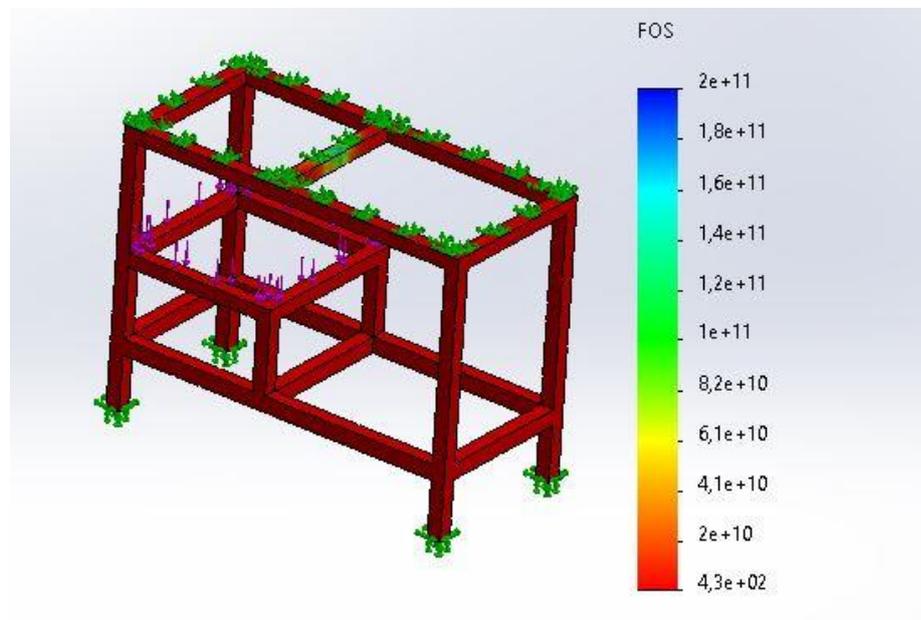


Gambar 4.31 Hasil simulasi *displacement* menggunakan material *A268 Iron Base Sheet*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material *Iron Base Sheet* adalah 0,0026 mm dan hasil *displacement* minimum adalah 0,00026 mm

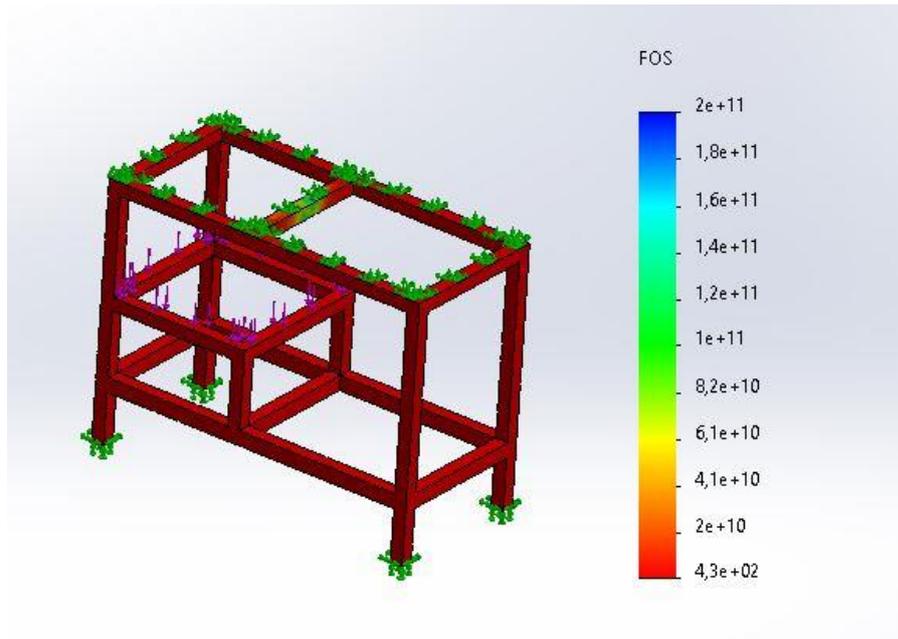
### 3. *Factor of safety* (FoS)

*Factor of Safety* (FoS) dalam analisis *Finite Element Method* (FEM) merupakan parameter yang digunakan untuk menilai seberapa aman atau kuat suatu struktur berdasarkan hasil analisis numerik. Faktor keamanan ini mengukur seberapa besar kapasitas beban maksimum suatu struktur dibandingkan dengan beban yang diterapkan secara aktual. Berikut adalah hasil simulasi *Factor of Safety* dari beberapa material yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



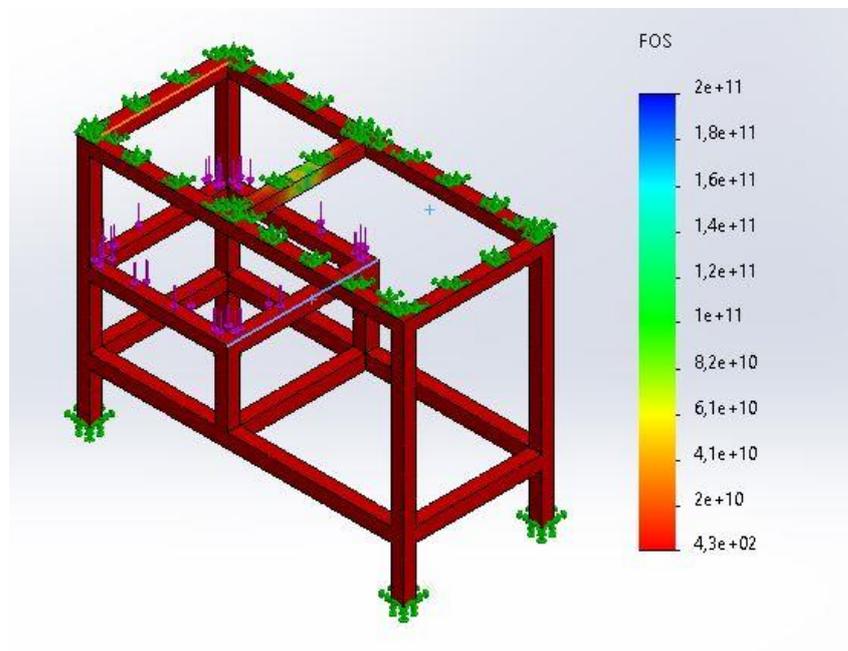
Gambar 4.32 Hasil simulasi *Factor of Safety* menggunakan material stainless steel 316

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *Factor of Safety* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada material stainless steel 316 adalah 4,3 . Dan hasil *Factor of Safety* minimum adalah 2.



Gambar 4.33 Hasil FOS menggunakan material *A268 Carbon Steel Sheet*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *Factor of Safety* maksimum pada tekanan  $78,4\text{ N}$  yang terjadi pada material *Carbon Steel Sheet* adalah  $4,3$  . Dan hasil *Factor of Safety* minimum adalah  $2$ .



Gambar 4.34 Hasil simulasi *FOS* menggunakan material *A268 Iron Base Sheet*

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *Factor of Safety* maksimum pada tekanan 78,4 N yang terjadi pada *Iron Base Sheet* adalah 4,3 . Dan hasil *Factor of Safety* minimum adalah 2.

Tabel 4.4 Hasil uji bending rangka mesin pirolisis

Material	<i>Yield Strenght</i> Mpa	<i>Stress Von Misses</i> Mpa	<i>Displacement</i> mm	FOS
<i>Stainless Steel</i> 316	172,369	0,397877	0,00272	4,3
<i>Carbon Steel</i> <i>Sheet</i>	282,685	0,397447	0,00255	4,3
<i>A268 Iron</i> <i>Base Sheet</i>	275	0,397031	0,0026	4,3

Berdasarkan hasil simulasi yang tergambar pada gambar diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai *Stress Von Misses* maksimum terjadi terhadap material stainless steel 316 dengan beban 78,4 N mencapai 0,397877 Mpa, Pada material *Carbon Steel Sheet* dengan beban 78,4 N nilai *Stress Von Misses* mencapai 0,397447 Mpa, serta pada material *A268 Iron Base Sheet* dengan beban 78,4 N nilai *Stress Von Misses* mencapai 0,39701 Mpa .

Demikian pula hasil simulasi yang tergambar pada gambar diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai *Displacement* maksimum terjadi terhadap material stainless steel 316 dengan beban 78,4 N mencapai 0,00272 mm, Pada material *Carbon Steel Sheet* dengan beban 78,4 N nilai *displacement* mencapai 0,00255 mm, serta pada material *A268 Iron Base Sheet* dengan beban 78,4 N nilai *displacement* mencapai 0,0026 Mpa .

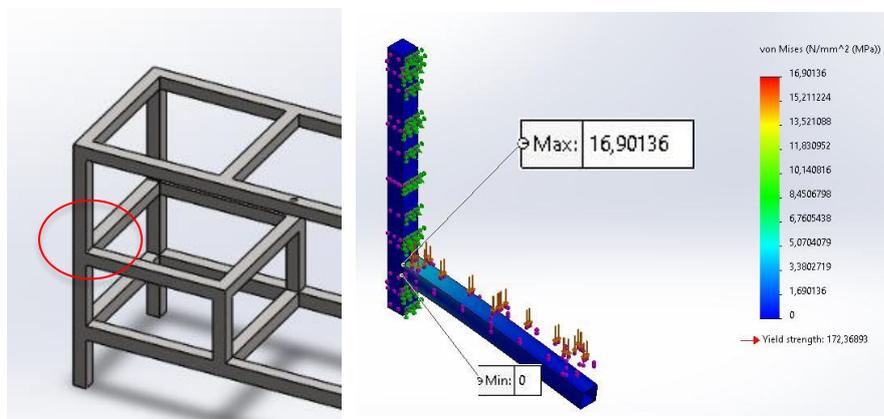
Demikian pula hasil simulasi yang terjadi pada gambar diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai *Factor of Safety* (FOS) maksimum terjadi terhadap material stainless steel 316 dengan beban mencapai 4,3. Pada material *Carbon Steel Sheet* dengan beban 78,4 N nilai FOS yang di dapat adalah 4,3, serta pada material *A268 Iron Base Sheet* dengan beban 78,4 N nilai FOS mencapai 4,3.

#### 4.2.2 Pembahasan hasil uji tarik welding

Pada sub bab ini menjelaskan secara detail mengenai uji tarik pengelasan didalam aplikasi *solidworks*. Uji tarik sendiri dilakukan sebagai simulasi yang

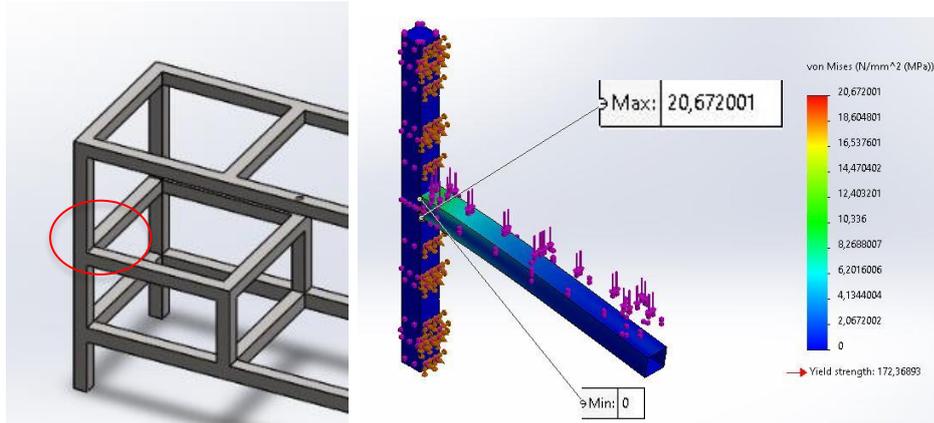
dilakukan agar *desain engginer* mengetahui secara akurat mengenai data pengelasan seperti elektroda yang digunakan, ketebalan pengelesan serta mendapatkan data secara akurat mengenai ketahanan pengelasan dengan material tertentu dan juga dengan dengan teknik pengelasan tertentu dan lain sebagainya.

Metode pengelasan pada mesin pirolisis disini memakai metode pengelasan MIG (Metal Inert Gas). Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2 sebelumnya metode pengelasan MIG dimana bahan tambahan seperti gulungan kawat elektroda diumpankan dengan busur listri (arc welding) dan di cairkan oleh efek *joule* dan busur listrik.



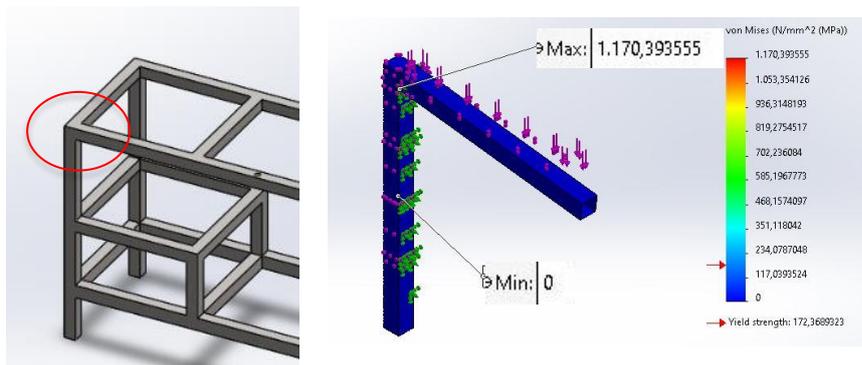
Gambar 4.35 uji tarik *welding* rangka beban 39,2 N

Pada pengujian pertama, material yang digunakan adalah stainless steel 316 dengan tinggi 380 mm dan panjang 300 mm, tebal holo 1,5mm serta *estimated weld size* 2 mm dan berat beban adalah 39,2 N meggunakan elektroda E60 didapatkan hasil *Stress Von Misses* maksimum adalah 16,90136 Mpa/mm<sup>2</sup>. Serta *Stress Von Misses* minimumnya adalah 0 Mpa/mm<sup>2</sup>



Gambar 4.36 Uji tarik *welding* rangka beban 78,4 N

Pada pengujian kedua, material yang digunakan adalah stainless steel 316 dengan tinggi 380 mm dan panjang 300 mm, tebal holo 1,5mm serta estimated weld size 2 mm dan berat beban adalah 78,4 N menggunakan elektroda E60 didapatkan hasil *Stress Von Misses* maksimum adalah 20,672001 Mpa/mm<sup>2</sup>, Serta *Stress Von Misses* minimumnya adalah 0 Mpa/mm<sup>2</sup>.



Gambar 4.37 uji tarik *welding* rangka pada beban 49 N

Pada pengujian ketiga, material yang digunakan adalah stainless steel 316 dengan tinggi 380 mm dan panjang 300 mm, tebal holo 1,5mm serta estimated weld size 2 mm dan berat beban adalah 49 N menggunakan elektroda E60 didapatkan hasil *Stress Von Misses* maksimum adalah 1.170,393 Mpa/mm<sup>2</sup>. Serta *Stress Von Misses* minimumnya adalah 0 Mpa/mm<sup>2</sup>.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Desain mesin melibatkan berbagai komponen seperti rangka, reaktor, kondensor, dan spiral, serta proses pengelasan dan uji bending. Desain rangka menggunakan baja stainless untuk daya tahan dan ketahanan terhadap karat dan panas. Proses perancangan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* dengan fitur seperti *mate*, *assembly*, dan *boss extrude* untuk memastikan kesesuaian dan ketepatan komponen.

Selain itu, simulasi menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) pada *SolidWorks* dilakukan untuk menguji kekuatan material, *displacement*, dan faktor keamanan. Hasil uji menunjukkan bahwa material baja stainless 316 memiliki performa baik dalam menahan beban dan tekanan dengan nilai *stress von mises* maksimum sebesar 0,397877 Mpa, *displacement* maksimum 0,00272 mm, dan *Factor of Safety* maksimum 4,3 dimana *Factor Of Safety* sudah melebihi standart aman yaitu ( $>1,5$ ) . Pengujian welding menggunakan metode Metal Inert Gas (MIG) dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan pengelasan rangka dengan elektroda E60. Hasil uji menunjukkan bahwa material stainless steel 316 memiliki ketahanan yang baik terhadap beban 78,4 N, dengan nilai *Stress Von Misses* maksimum sebesar 16,90136 MPa/mm<sup>2</sup>.

Secara keseluruhan, desain dan simulasi mesin pirolisis ini menunjukkan bahwa pemilihan material, teknik perakitan, serta pengujian struktur melalui FEM dan uji welding telah menghasilkan desain yang kuat dan optimal untuk mengubah sampah plastik menjadi limbah cair tanpa oksigen.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian yang telah dilakukan, ada beberapa rekomendasi yang dapat diberikan untuk meningkatkan kualitas dan kinerja desain mesin pirolisis ini.

1. Meskipun material *stainless steel* 316 telah menunjukkan kekuatan yang memadai, ada baiknya mempertimbangkan opsi material alternatif yang

mungkin menawarkan rasio kekuatan terhadap berat yang lebih baik, atau yang lebih ekonomis, tanpa mengorbankan kualitas.

2. Meskipun nilai *Factor of Safety* (FoS) sudah sesuai dengan standar aman, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut dalam kondisi ekstrem yang lebih bervariasi untuk memastikan desain ini dapat menahan segala kemungkinan beban operasional.
3. Mengingat adanya variasi dalam nilai *stress von Mises* maksimum pada hasil uji tarik pengelasan, disarankan untuk melakukan optimasi lebih lanjut pada teknik pengelasan, seperti pemilihan jenis elektroda atau parameter pengelasan yang lebih tepat, untuk memastikan kualitas sambungan las yang lebih konsisten dan kuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyansyah, W. (2021). Rancang Bangun Alat Pengolahan Limbah Plastik (Pirolisis) Menjadi Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Metode Dfma (Design For Manufacture And Assembly). *ENOTEK : Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi*, 1(01), 19–23. <https://doi.org/10.30606/enotek.v1i01.1001>
- Damanik, H. (2020). Perancangan dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa. *Tugas Akhir Universitas Islam Riau*, 1–63.
- Harto, M. N. A. (2022a). Rancangan Perangkat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Minyak Dengan Reaktor Ganda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 2(November), 1–10.  
<http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1470>
- Harto, M. N. A. (2022b). Rancangan Perangkat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Minyak Dengan Reaktor Ganda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 2(November), 1–10.
- Haryanti, N., Sanjaya F.L., dan Supriyadi, A. (2021a). Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks. *Sidang Tugas Akhir Jenjang Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tahun 2021*, 1–8.  
<http://eprints.poltektegal.ac.id/794/2/4>. Jurnal Nunung Haryanti 18021020.pdf
- Haryanti, N., Sanjaya F.L., dan Supriyadi, A. (2021b). Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks. *Sidang Tugas Akhir Jenjang Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tahun 2021*, 1–8.
- Herliati, H., Prasetyo, S. B., & Verinaldy, Y. (2019). Review: Potensi limbah Plastik dan Biomassa sebagai Sumber Energi Terbarukan Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Teknologi*, 6(2), 85–98. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i2.13>
- Jamilatun, S., Setyawan, M., Salamah, S., Purnama, D. A. A., & Putri, R. U. M. (2015). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 0258, 1–8.

- Lubi, A., M Firman, L. O., & Harahap, S. (2017). Rancang Bangun Mesin Pengolahan Sampah Plastik High Density Polyethelene Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 2(2), 81–88. <https://doi.org/10.52447/jktm.v2i2.969>
- Mardyaningsih, M., & Leki, A. (2018). Politeknik Negeri Kupang 1 Analisis Base Oil Hasil Proses Adsorpsi dan Pirolisis pada Oli Mesin Bekas Base Oil Analysis Result of Adsorption and Pyrolysis Process on Waste Engine Oil. *Jurnal Teknik Mesin*, 1, 1–8.
- Mesin, D. T., & Jambi, P. (2009). *Jurnal Ilmiah “ TEKNIKA “ RANCANG BANGUN ALAT PIROLISIS UNTUK DAUR ULANG SAMPAH KANTONG PLASTIK* Sukadi \*, Novarini \*\* Fakultas Teknik Universitas IBA ISSN : 2355-3553 *Jurnal Ilmiah “ TEKNIKA “ limbah sampah kantong plastik ( LDPE ) menjadi bahan bakar min.* 5(2), 96–102.
- Munawar, H. M., Gusniar, I. N., & Hanafi, R. (2023). *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha THE EFFECT OF TYPE OF SMAW WELDING ELECTRODE ON MECHANICAL.* 11(1), 93–110.
- Mustaqim. (2019). *Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan Pada Alat Pirolisis.*
- Na, D. E. C., & Hipertensiva, C. (n.d.). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析*Title. 1–43.
- Pradana, B. C., & Ekawati, F. D. (2022). Pelatihan Solidworks 3D Cad Bagi Siswa Sekolah Menengah Kejuruan Di Desa Ciantra. *An-Nizam*, 1(3), 8–16. <https://doi.org/10.33558/an-nizam.v1i3.3619>
- Sadly, M., Hendiarti, N., Sachoemar, S. I., Nurdin, N., Faisal, Y., & Awaluddin. (2008). Application of Knowledge-Based Expert System Model for Fishing Ground Prediction in The Tropical Area. *The Second APEC Workshop of SAKE*, 2(2), 1–8.
- Santoso, T. B., Hutomo, P. T., Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., Malang, N., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Negeri, U. (2011). *PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7016.* 56–

64.

Situmorang, R. (2022a). Prosedur Perakitan Alat Pirolisis Sampah Plastik Dengan Reaktor Ganda. In *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]* (Vol. 2).

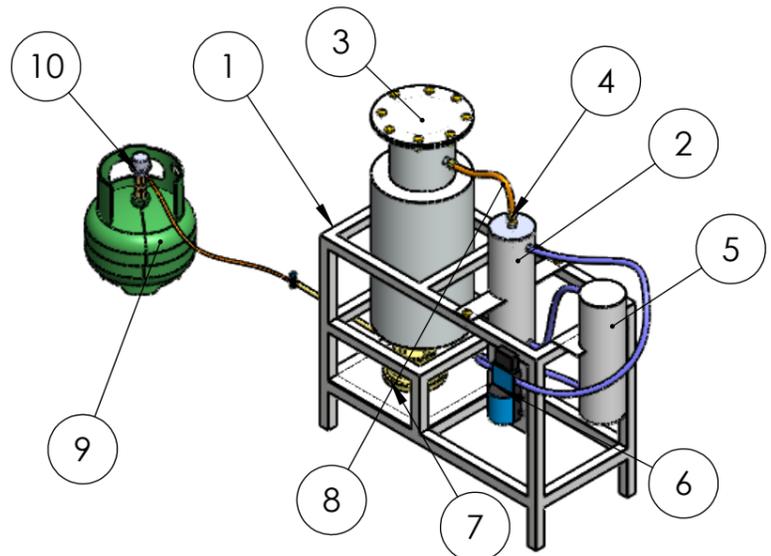
<http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1521>

Situmorang, R. (2022b). Prosedur Perakitan Alat Pirolisis Sampah Plastik Dengan Reaktor Ganda. In *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]* (Vol. 2).

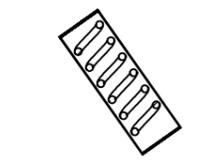
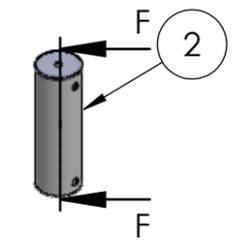
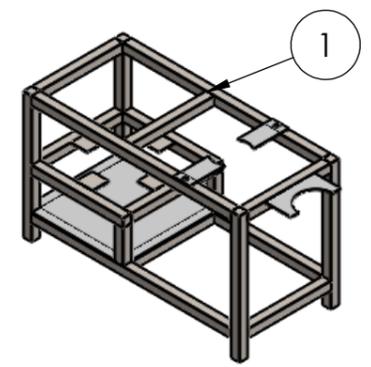
Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Kudus, U. M. (2017). *Skripsi pembuatan mesin pirolisis limbah plastik menjadi minyak mentah.*

Yunianto, B. (2021). Pengembangan dan Evaluasi Kinerja Mesin Pirolisis Berbahan Baku Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak. *Rotasi*, 23(4), 74–82.

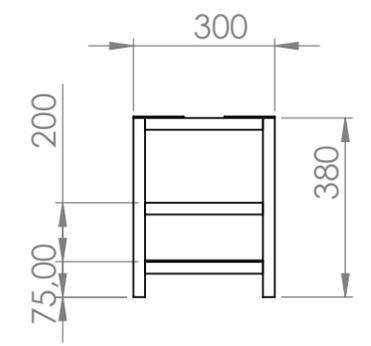
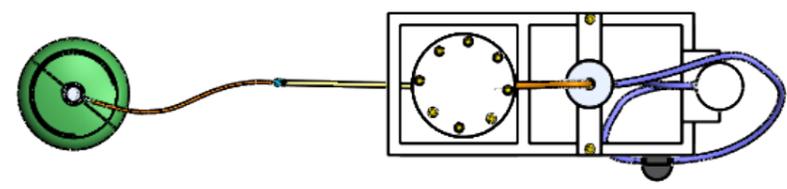
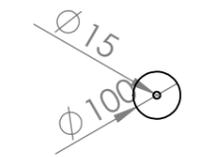
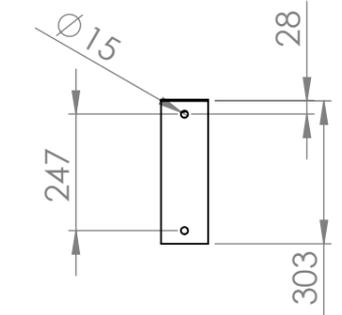
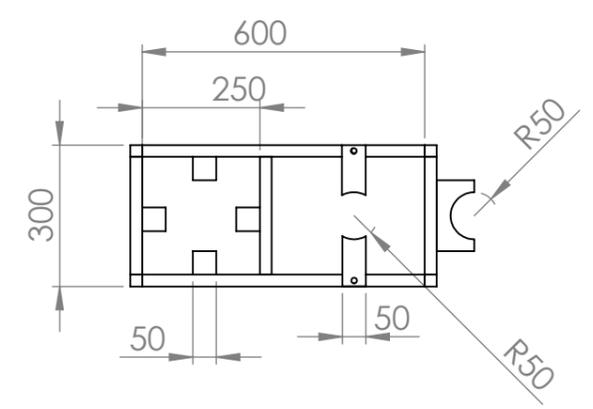




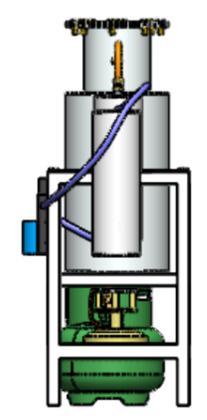
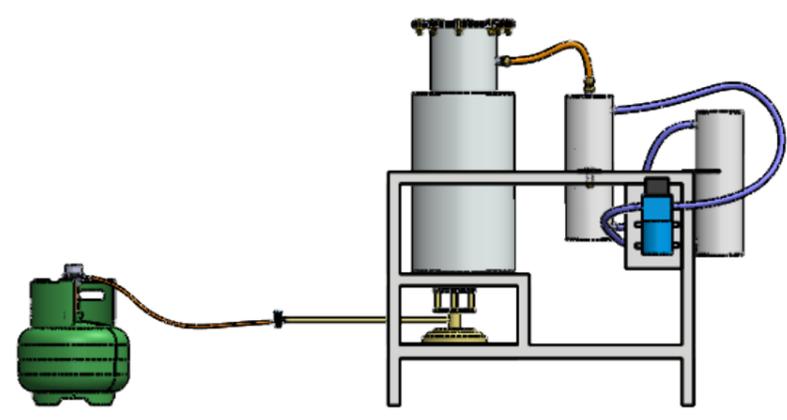
MESIN PIROLISIS  
SKALA 1:15



SECTION F-F  
SCALE 1:15



No	PART	QTY	MATERIAL
1	RANGKA	1	STAINLESS STEEL 316 (HOLLOW)
2	KONDENSOR	1	STAINLESS STEEL 316 (SUS)
3	REAKTOR	1	STAINLESS STEEL 316 (SUS)
4	NAPEL	2	BRASS
5	PENAMPUNG AIR	1	STAINLESS STEEL 316 (SUS)
6	POMPA AIR	1	PVC PLASTIC
7	KOMPOR	1	BRASS
8	PIPA PENGHUBUNG	1	COPPER
9	TABUNG GAS	1	CARBON STEEL
10	REGULATOR	1	BRASS
11	SPIRAL	1	COPPER



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE:  
**Mesin Pirolisis**

DWG NO.  
**DRAWING 1**

A3

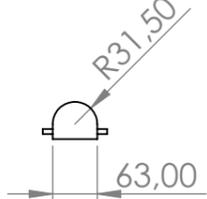
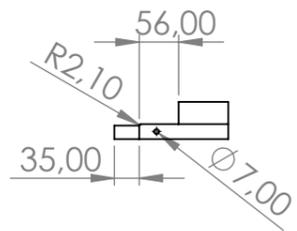
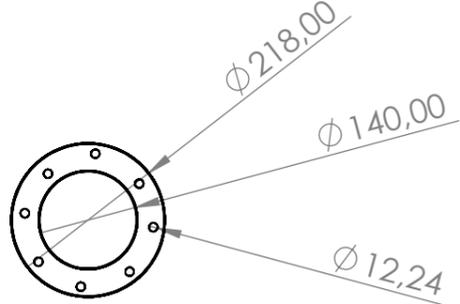
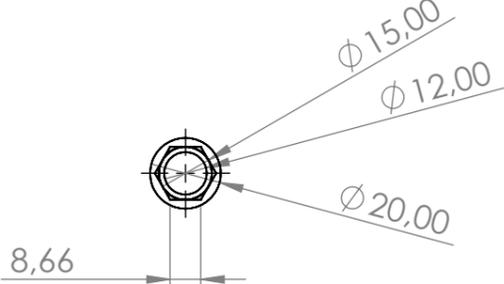
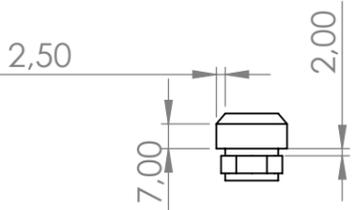
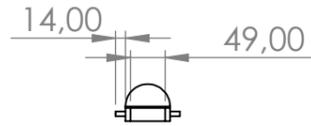
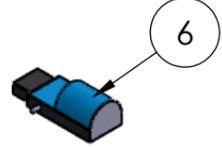
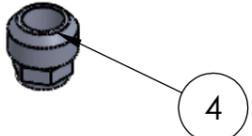
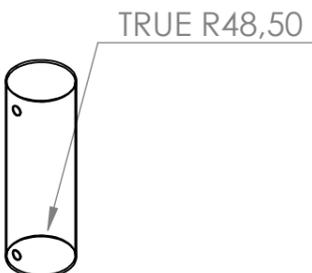
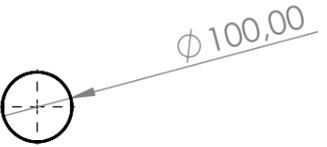
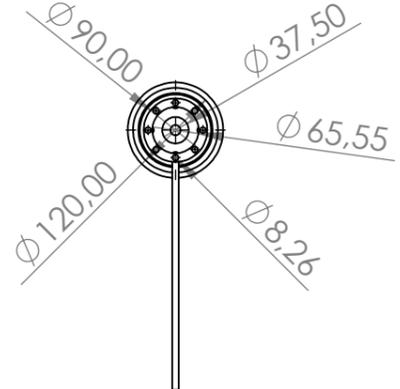
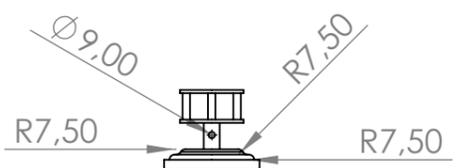
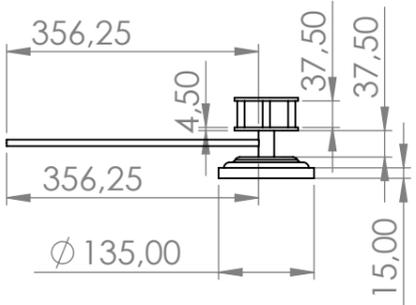
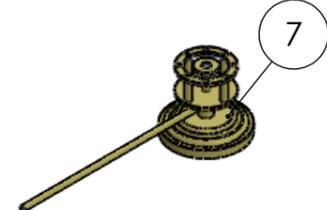
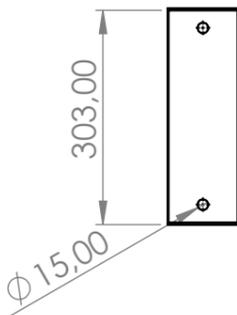
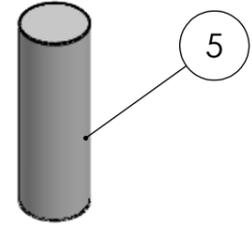
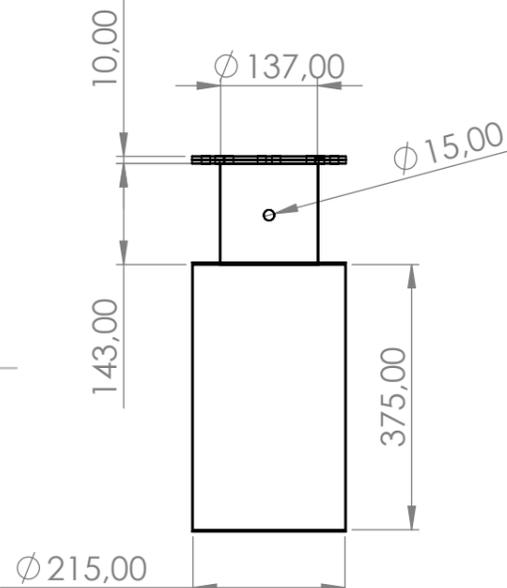
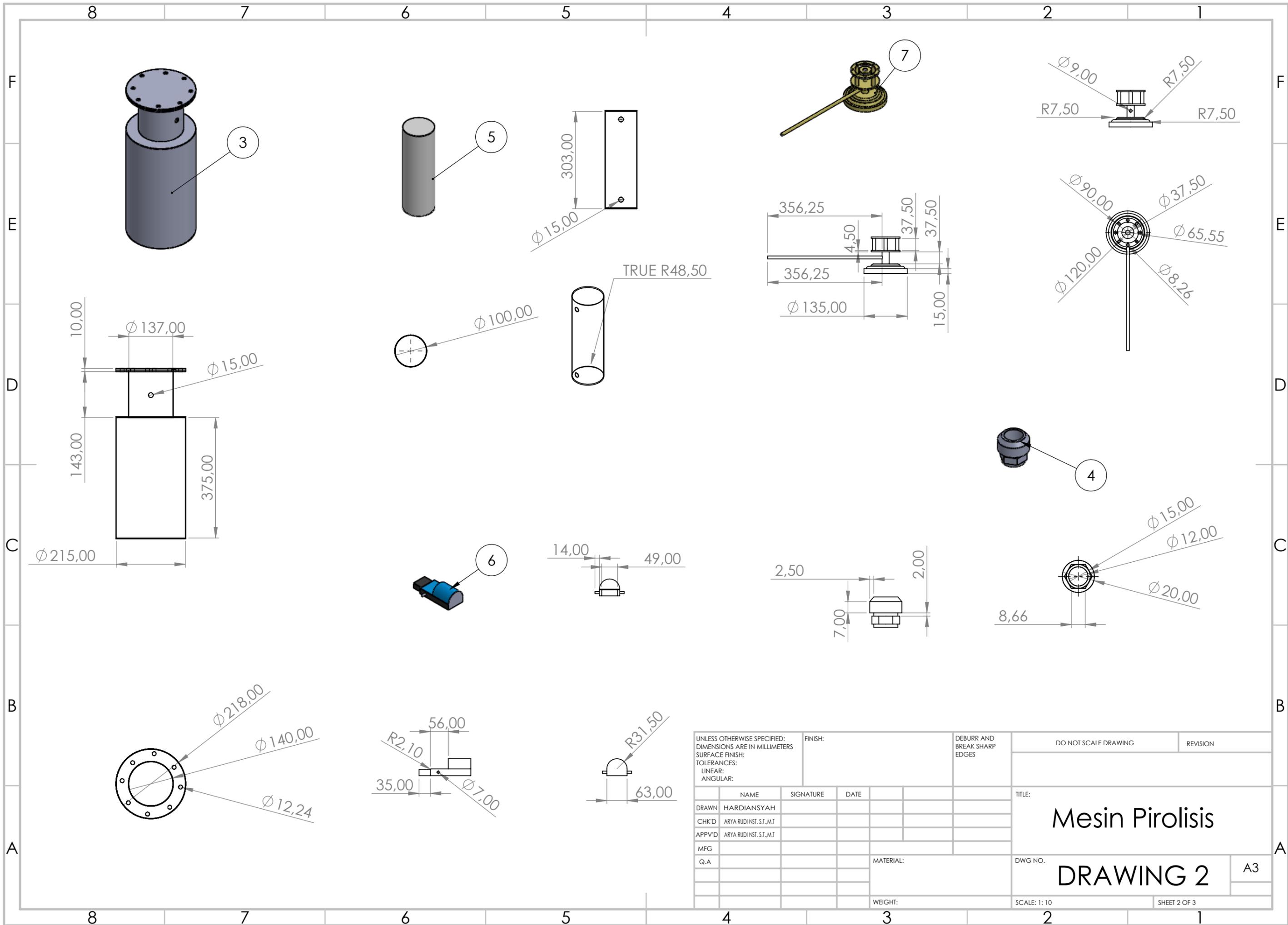
SCALE: 1:15

SHEET 1 OF 3

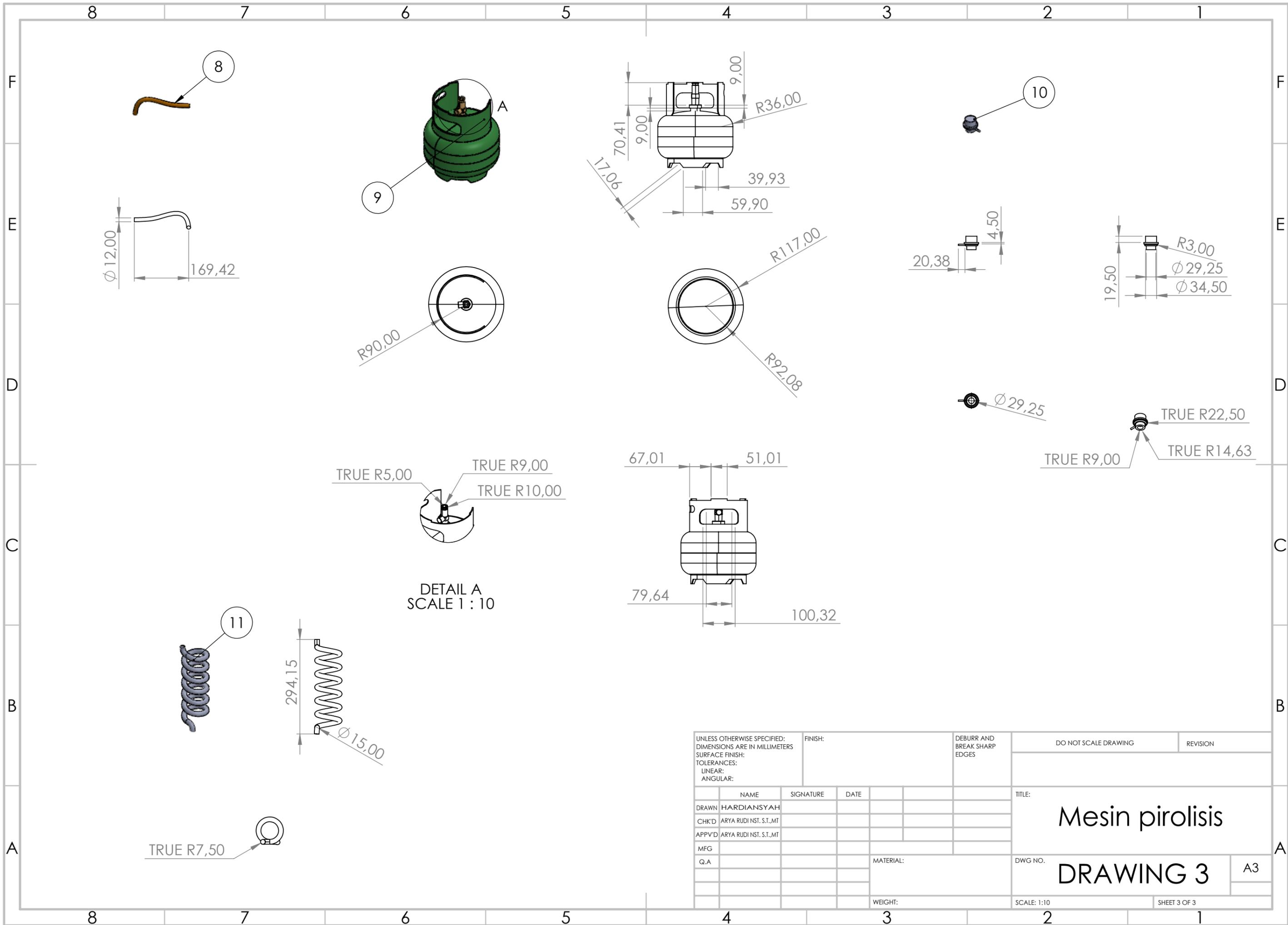
NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN: HARDIANSYAH		
CHK'D: ARYA RUDI NST. S.T..M.T		
APPV'D: ARYA RUDI NST. S.T..M.T		
MFG:		
Q.A:		

MATERIAL:

WEIGHT:



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN HARDIANSYAH			SIGNATURE		DATE		TITLE:		Mesin Pirolisis	
CHK'D ARYA RUDI INST. S.T.,M.T							DWG NO.		DRAWING 2	
APPV'D ARYA RUDI INST. S.T.,M.T							SCALE: 1: 10		SHEET 2 OF 3	
MFG							WEIGHT:		A3	
Q.A										



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN HARDIANSYAH		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D ARYA RUDI NST. S.T..MT						Mesin pirolisis			
APPV'D ARYA RUDI NST. S.T..MT						DWG NO.		A3	
MFG						DRAWING 3			
Q.A				MATERIAL:		SCALE: 1:10		SHEET 3 OF 3	
				WEIGHT:					

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Desain Perancangan Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat Pp Menjadi Limbah Cair Dengan Metode Pirolisis Menggunakan Software Solidworks  
Nama : Hardiansyah  
NPM : 2007230116  
Dosen Pembimbing : Arya Rudi Nasution, S.T., M.I

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	16/9/24	Perbaiki laporan samprom	/
	Kamis 30/5/24	Perbaiki BAB 1-3	/
	Rabu 12/6/24	Perbaiki font dan sub judul	/
	Sabtu 15/6/24	Penambahan pembahasan pada Bab 3 dan 4	/
	Kamis 1/8/24	Penambahan komponen pada desain	/
	Rabu 7/8/24	Perbaiki gambar teknik	/
	Jum'at 16/8/24	Perbaiki kesimpulan	/
	Kamis 28/8-2024	Ace Semulas	/

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**Judul** : Perancangan Rangka Pada Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat PP Menjadi Limbah Cair Dengan Metode Pirolisis Menggunakan *Software Solidworks*  
**Nama** : Hardiansyah  
**NPM** : 2007230116  
**Dosen Pembimbing** : Arya Rudi Nasution S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	30-09-2024	Revisi Judul	/s
	2-09-2024	Revisi lembar penyelesaian	
	4-09-2024	<del>Revisi</del> Tambahan latar belakang	/s
	4-09-2024	Revisi tujuan pada BAB I	/s
	6-09-2024	Revisi manfaat pada BAB I	/s
	7-09-2024	Penambahan jurnal pada BAB I	/s
	9-09-2024	ACC	/s



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

[fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

[umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

**PENENTUAN DOSEN PEMBIMBING**

Nomor:1354./II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 7 September dengan ini Menetapkan :

Nama : HARDIANSYAH  
Npm : 2007230116  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : V111 ( Delapan )  
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN RANGKA PADA ALAT PENGUBAH LIMBAH SAMPAH PLASTIK PADAT PP MENJADI LIMBAH CAIR DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS

Pembimbing : ARYA RUDI NASUTION ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan 04 Rabiul Awal 1446 H  
07 September 2024 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202



Agensi Kelayakan Malaysia  
Malaysian Qualifications Agency



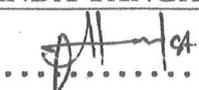
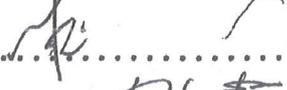
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Hardiansyah

NPM : 2007230116

Judul Tugas Akhir : Desain Perancangan Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat Menjadi Limbah Cair Dengan Memanfaatkan Metode Pirolisis Menggunakan Software Solidworks

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Arya Rudi Nasution, ST, MT	:..... 
Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc	:..... 
Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT	:..... 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230083	Rizky Syahputra Panggabean	
2	1907230105	Alfi Syahriz	
3	2007230005	M. Akbar	
4	1707230009	Egi FIBRIANSYAH	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 24 Safar 1446 H  
29 Agustus 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Hardiansyah  
NPM : 2007230116  
Judul Tugas Akhir : Desain Perancangan Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat  
Menjadi Limbah Cair Dengan Memanfaatkan Metode Pirolisis  
Menggunakan Software Solidworks

Dosen Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc  
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Arya Rudi Nasution, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
lihat bucu korp 9  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

Medan, 24 Safar 1446 H  
29 Agustus 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT



H. Muharnif, ST, M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Hardiansyah  
NPM : 2007230116  
Judul Tugas Akhir : Desain Perancangan Alat Pengubah Limbah Sampah Plastik Padat  
Menjadi Limbah Cair Dengan Memanfaatkan Metode Pirolisis  
Menggunakan Software Solidworks

Dosen Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc  
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Arya Rudi Nasution, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - perbaiki kesimpulan yg salah
  - m-pst
  - perjelas bab simulasi - lihat laporan
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 24 Safar 1446 H  
29 Agustus 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Hardiansyah  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Manunggal, 15 April 2003  
Alamat : Jl. Sukoharjo psr V. Desa manunggal  
Agama : ISLAM  
E-mail : [hardiansyahkicut015@gmail.com](mailto:hardiansyahkicut015@gmail.com)  
No.Hp : 089524145584

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD SWASTA YAHDY Tahun 2008-2014
2. SMPN 1 Labuhan Deli Tahun 2014-2017
3. SMK Swasta PAB 1 Helvetia Tahun 2017-2020
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020-2024