

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ALAT PENYULING LIMBAH PLASTIK PET (*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*) DAN PP (*POLYPROPYLENE*) MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

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

Disusun Oleh:

ARIK PUTRA PERDANA
1707230007



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Arik Putra Perdana
NPM : 1707230007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET
(*Polyethylene Terephthalate*) Dan PP (*Polypropylene*)
Menjadi Bahan Bakar Minyak
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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, 28 Agustus 2023

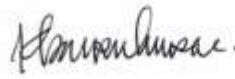
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II




Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



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

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Arik Putra Perdana
Tempat /Tanggal Lahir : Tanjung Balai / 20 Mei 1998
NPM : 1707230007
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Dan PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak ”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Proposal Tugas Akhir saya secara orisinal 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 terberat 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, 07 Agustus 2023

Saya yang menyatakan,



Arik Putra Perdana

ABSTRAK

Dalam laporan tugas akhir ini membahas secara rinci tentang proses perancangan penyuling limbah plastik menjadi bahan bakar minyak. Sebelum dilakukan perancangan alat penyuling limbah plastik menjadi bahan bakar minyak, terlebih dahulu dilakukan observasi dan pengumpulan informasi tentang apa saja yang perlu disiapkan sebagai dasar tolak ukur bidang perancangan. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang alat penyuling limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) dan PP (*polypropylene*) menjadi bahan bakar minyak. Alat penyuling limbah plastik memiliki komponen utama reaktor berfungsi memanaskan plastik, kondensor yang digunakan adalah kondensor tipe aliran berlawanan. Perancangan mesin daur ulang limbah plastik mendapatkan hasil yang memuaskan dan dapat bekerja dengan baik

Kata Kunci : limbah plastik, daur ulang, bahan bakar, pirolisis

ABSTRACT

This final project report discusses in detail the process of designing a plastic waste distiller into fuel oil. Before designing a tool to distill plastic waste into fuel oil, observations and information gathering are first carried out on what needs to be prepared as a basis for benchmarks in the design field. The purpose of this final project is to design a tool to distill PET (polyethylene terephthalate) and PP (polypropylene) plastic waste into fuel oil. The plastic waste distiller has the main component of the reactor which functions to heat the plastic, the condenser used is a counter flow type condenser. The design of a plastic waste recycling machine gets satisfactory results and can work well.

Keywords : plastic waste, recycling, fuel, pyrolysis

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 Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Dan PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing dan Penguji III yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku dosen penguji I dan Bapak Wawan Septiawan Damanik, S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Rayes Muhammad Nasir dan Dilla Feriani, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Reonaldy Septa Yosa, Feby Danuarta Sirait, Ahmad Hasbi Nawawi, Iqbal Rahmanda Manik yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini, dan ucapan terima kasih terkhusus kepada istriku tersayang Pratiwi Idrus, yang selalu memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Laporan 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 dunia Konversi Energi teknik mesin.

Medan, 07 Agustus 2023

Arik Putra Perdana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sampah Plastik	5
2.2. Plastik	6
2.3. Jenis - Jenis Plastik	7
2.4. Sifat Termal Bahan Plastik	12
2.5. Pirolisis	13
2.5.1. Proses Pirolisis	14
2.5.2. Konversi Sampah Plastik Menjadi Minyak	15
2.6. Reaktor	15
2.6.1. Jenis-jenis Reaktor Pirolisis	16
2.7. Kondensor	20
2.7.1. Macam - Macam Kondensor	21
2.8. Karakteristik Bahan	24
2.8.1. DayaTahan Korosi	24
2.8.2. Daya Tahan Suhu Rendah dan Tinggi	25
2.8.3. Pertimbangan Estetika	25
2.9. Metode Pembakaran	25
BAB 3 METODOLOGI	27
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.1.1. Tempat	27
3.1.2. Waktu	27
3.2. Bahan dan Alat	28
3.2.1. Alat	28
3.3. Bagan Alir Penelitian	30
3.4. Rancangan Alat Penelitian	31

3.5. Prosedur Perancangan	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Hasil Rancangan	35
4.1.1. Rancangan Rangka	36
4.1.2. Rancangan Tabung Reaktor	36
4.1.3. Rancangan Tutup Reaktor	37
4.1.4. Rancangan Kondensor 1	37
4.1.5. Rancangan Kondensor 2	38
4.1.6. Rancangan Gas <i>Metane Tank</i>	39
4.1.7. Rancangan <i>Gasoline Tank</i>	39
4.2. Pembahasan	40
4.2.1. Tahap Perancangan Reaktor	40
4.2.2. Tahap Perancangan <i>Gasket</i>	41
4.2.3. Tahap Perancangan Tutup Reaktor	41
4.2.4. Tahap Perancangan Rangka	42
4.2.5. Tahap Perancangan Kondensor 1	43
4.2.6. Tahap Perancangan Kondensor 2	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Plastik, Kode Dan Penggunaanya	7
Tabel 2.2 Data Temperatur Transisi Dan Temperatur Lebur Plastik	13
Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Plastik Jenis PET / PETE	9
Gambar 2.2 Plastik Jenis HDPE / PE-HD	9
Gambar 2.3 Plastik Jenis PVC / V	10
Gambar 2.4 Plastik Jenis LDPE / PE-LD	10
Gambar 2.5 Plastik Jenis PP	11
Gambar 2.6 Plastik Jenis PS	11
Gambar 2.7 Plastik jenis <i>OTHER</i>	12
Gambar 2.8 Reaktor <i>Fixed Moving Bed</i>	17
Gambar 2.9 Reaktor <i>Bubbling Fluidized Bed</i>	17
Gambar 2.10 Reaktor <i>Circulating Fluidized Bed</i>	18
Gambar 2.11 Reaktor <i>Ultra-Rapid Pyrolyzer</i>	18
Gambar 2.12 Reaktor <i>Rotating Cone</i>	19
Gambar 2.13 Reaktor <i>Ablative Pyrolyzer</i>	19
Gambar 2.14 Reaktor <i>Vacuum Pyrolyzer</i>	20
Gambar 2.15 <i>Shell and Tube Condenser</i>	21
Gambar 2.16 <i>Shell and Coil Condenser</i>	22
Gambar 2.17 <i>Tube and Tubes Condenser</i>	22
Gambar 2.18 Penukar Kalor Tipe Aliran Berlawanan	23
Gambar 2.19 Penukar Kalor Tipe Aliran Sejajar	23
Gambar 2.20 Penukar Kalor Tipe Aliran Sejajar	24
Gambar 3.1 Laptop	28
Gambar 3.2 <i>Software Solidworks 2020</i>	29
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 3.4 Rancangan Sistem Reaktor Pirolisis	31
Gambar 3.5 Tabung Reaktor	32
Gambar 3.6 Pipa Spiral	32
Gambar 3.7 Tabung Kondensor	33
Gambar 3.8 Rangka	33
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat Pirolisis Plastik	35
Gambar 4.2 Rancangan Rangka	36
Gambar 4.3 Rancangan Tabung Reaktor	37
Gambar 4.4 Rancangan Tutup Reaktor	37
Gambar 4.5 Rancangan Kondensor 1	38
Gambar 4.6 Rancangan Kondensor 2	38
Gambar 4.7 Rancangan Gas <i>Metane Tank</i>	39
Gambar 4.8 Rancangan <i>Gasoline Tank</i>	39
Gambar 4.9 Sketsa Tabung Reaktor	40
Gambar 4.10 Perintah <i>Revolved Cut</i>	40
Gambar 4.11 Sketsa <i>Gasket</i>	41
Gambar 4.12 Sketsa Tutup Reaktor	41
Gambar 4.13 Sketsa Pemegang Tutup Reaktor	42
Gambar 4.14 Sketsa Rangka	42
Gambar 4.15 Perintah <i>Weldments</i>	43
Gambar 4.16 Sketsa Kondensor 1	43
Gambar 4.17 Sketsa <i>Nipple Hose</i>	44
Gambar 4.18 Sketsa Kondensor 2	44

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
%	Persen	
°	Derajat	C
C	Celcius	
Kg	Kilogram	Kg
m	Meter	
cm	Centimeter	
mm	Milimeter	
ml	Mili Liter	ml
Kal	Kalori	Kal
gr	Gram	gr
n	Negatif	
p	Positif	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan global yang hingga kini belum terselesaikan adalah volume sampah yang jumlahnya terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk (Syamsiro dkk, 2014). Sampah organik yang bersifat *bioderadable* dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kompos (Guan dkk, 2009) dan plastik yang bersifat *nondegradable* umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kerajinan (Obeid dkk., 2014). Selain itu, plastik dapat dikumpulkan dan dijual untuk diproses lebih lanjut oleh perusahaan daur ulang (Ermawati, 2011). Saat ini, salah satu cara untuk mengatasi limbah plastik yaitu dengan mengkonversi limbah plastik menjadi minyak dengan cara pirolisis. Menurut (Sumarni dan Purwanti, 2008) pirolisis merupakan proses peruraian suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas.

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting* (Mujiarto, 2005). *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan dipanaskan.

Sampah plastik merupakan jenis limbah anorganik yang sukar terurai dalam tanah dan membutuhkan waktu sebanyak 50-80 juta tahun untuk terurai (Wahyuni, 2018). Permasalahan sampah merupakan hal yang sangat membutuhkan perhatian dan penanganan khusus, karena sampah plastik menjadi permasalahan Nasional (Ariyanto, 2017). Jika dilihat dari aspek lingkungan sampah plastik yang dipandang bau dan mengandung berbagai macam penyakit (Elopere, 2016). Limbah plastik yang ada pada saat ini pada umumnya hanya dibuang (*lanffill*), dibakar atau didaur ulang (*recycle*). Sehingga proses tersebut belum menyelesaikan semua permasalahan limbah plastik (Hiola, 2017).

Permasalahan sampah plastik semakin bertambah di tempat pembuangan sampah, maka banyak upaya yang telah dilakukan untuk menguraikan bahan- bahan sampah plastik tersebut dan mengkonversikannya menjadi bahan bakar karena

melihat dari sifat penyusun sampah plastik yaitu berupa hidrokarbon. Metode penguraian rantai polimer yang sudah dikenal adalah pirolisis, gasifikasi, degradasi termal maupun katalitik (Rodiansono dkk, 2007).

Pirolisis adalah reaksi depolimerisasi dan pada suhu tinggi mengikuti mekanisme radikal bebas dan sangat cocok untuk senyawa yang memiliki derajat polimerisasi yang tinggi. Reaksi tersebut melalui tiga tahap yaitu tahapan memulai, perambatan, dan penghentian (Sabarodin & Dewanto, 1998). *Thermal Cracking* merupakan proses pirolisis dengan cara memanaskan polimer plastik tanpa oksigen. Hasil dari proses ini yaitu arang dari hasil pemanasan, lalu minyak sebagai hasil dari proses kondensasi gas, serta gas yang tidak bisa terkondensasi. Suhu yang digunakan pada proses ini pada 350 – 900 °C (Suroño, 2013).

Proses pirolisis dapat dilakukan dengan dan tanpa katalis. Keuntungan pada pirolisis dengan katalis yaitu katalis menurunkan fraksi cair dan meningkatkan fraksi gas. Katalis yang pada proses pirolisis berfungsi untuk menurunkan temperatur reaksi, mempercepat reaksi, serta menghasilkan produk dengan karbon atom yang lebih spesifik dan hidrokarbon yang ringan (Patni, dkk, 2013).

Bahan plastik yang dapat diolah menjadi bahan baku pembuatan bahan bakar minyak yaitu *PolyStyrene* (PS), *PolyEthylene Terephthalate* (PET), *High Density PolyEthylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density PolyEthylene* (LDPE), dan *PolyPropylene* (PP). *Polystyrene* merupakan jenis plastik untuk bahan baku pembuatan mainan anak-anak, barang-barang elektronik, wadah makanan. *Polyethylene terephthalate* merupakan jenis plastik yang sering ditemukan yang digunakan sebagai bahan baku botol air mineral. *Low density polyethylene* digunakan untuk bahan baku kantong kresek dan *polypropylene* yang digunakan sebagai bahan gelas air mineral (Miandad dkk, 2016).

Perancangan, pembuatan dan uji kinerja reaktor pirolisis plastik untuk menghasilkan bahan bakar minyak telah dilakukan, Percobaan menggunakan reaktor sederhana telah dilakukan dalam skala industri kecil ataupun dalam lingkup komunitas akademik. Reaktor sederhana terbuat dari pelat baja tebal 1.2 mm menghasilkan sekitar 700-800 ml minyak dari setiap 1 kg plastik limbah. (Benny Hikmat Armadi, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh (Miftakhul, 2020) dengan menggunakan bahan plastik jenis PET menyatakan bahwa plastik PET mempengaruhi nilai massa jenis pada suhu 15°C . penggunaan plastik PET diperoleh nilai tertinggi yaitu 849,1 kg/m³ dan terendah 0,845 kg/l dengan rata-rata 0,847 kg/l dengan nilai titik nyala penggunaan plastik PET diperoleh nilai tertinggi yaitu 43,5°C dan terendah 43,3°C dengan rata-rata 43,4°C. Sementara itu penelitian yang dilakukan oleh (Priyatna, dkk, 2005) menyatakan bahwa Karakteristik fisika rata-rata bahan bakar minyak yang dihasilkan oleh plastik jenis PP (*polypropylene*) densitas 0,8021 gr/ml dan nilai kalor 10.256 kal/gr.

Penelitian yang dilakukan oleh (Islami, dkk, 2019) menyatakan bahwa proses konversi sampah plastik jenis PP (*polypropylene*) menjadi bahan bakar cair dilakukan dengan metode perengkahan termal pada suhu 330°C mampu menghasilkan bahan bakar cair sebanyak 5070 ml. Hasil analisis GC-MS menunjukkan minyak plastik PP (*polypropylene*) memiliki rentang C7-C54. Hasil analisis nilai kalor menunjukkan bahan bakar cair hasil pirolisis memiliki nilai kalor lebih tinggi dibandingkan dengan premium yaitu 46,199 MJ/kg dan memiliki densitas 0,726 gr/mL.

Penelitian yang dilakukan oleh (Donaj. dkk, 2012) pada 75% LDPE, 30% HDPE dan 24% PP menggunakan *fluidized bed reactor* dengan suhu 650°C dan 730°C. Hasil tertinggi didapatkan pada suhu 650°C dengan hasil 48% minyak dengan kekentalan yang tinggi. Pada suhu 730 °C memperoleh 44% minyak dengan kekentalan yang rendah.

Dengan latar belakang ini, maka penelitian yang dilakukan sebagai tugas sarjana dengan judul: **“Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Dan PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak”**.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah, dapat di rumuskan masalahnya yaitu :

Bagaimana merancang alat penyuling limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) dan PP (*polypropylene*) menjadi bahan bakar minyak.

1.3. Ruang Lingkup

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka dibuat ruang lingkup yang meliputi :

1. Perancangan alat penyuling limbah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan *software Solidworks*.
2. Jenis sampah plastik yang digunakan sebagai bahan baku PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan PP (*Polypropylene*).
3. Alat yang dirancang menggunakan metode pengolahan sampah dengan proses pirolisis, setiap 1 kg plastik limbah akan menghasilkan 900-950 ml minyak.
4. Material reaktor dan kondensor menggunakan bahan *stainless steel* dengan ketebalan 1,8 mm dengan jenis *fixed bed reactor*.
5. Kapasitas produksi yang direncanakan sebesar 0,5 liter / 30 menit.
6. Kapasitas tabung pemanas reaktor pengolahan sampah plastik sebesar 3 Kg.

1.4. Tujuan

1. Untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi rancangan alat penyuling limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan PP (*Polypropylene*) menjadi bahan bakar alternatif.
2. Untuk memilih rancangan alat penyuling limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan PP (*Polypropylene*) menjadi bahan bakar alternatif.
3. Untuk merancang alat penyuling limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan PP (*Polypropylene*) menjadi bahan bakar alternatif.

1.5. Manfaat

1. Memberikan solusi energi alternatif menjadi bahan bakar minyak ramah lingkungan menggunakan sampah plastik sebagai sumber energi.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang bagaimana proses mengolah sampah plastik agar bisa bermanfaat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sampah Plastik

Sampah dapat diartikan sebagai barang-barang buangan atau kotoran seperti daun kering, kertas-kertas kotor, plastik, botol aqua dan lain sebagainya, atau bisa juga disebut barang yang tidak berharga. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan mencemari lingkungan dan sebagai sumber penyakit serta berpotensi mengakibatkan menurunnya produktifitas yang pada akhirnya akan menghambat laju pergerakan ekonomi masyarakat. Salah satunya sampah anorganik berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah (Lubis dkk, 2017).

Permasalahan sampah di Indonesia merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini, Sementara itu dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan mengikuti pula bertambahnya volume timbunan sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Indonesia masuk dalam peringkat kedua dunia setelah Cina menghasilkan sampah plastik di perairan mencapai 187,2 juta ton. Hal itu berkaitan dengan data dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang menyebutkan bahwa plastik hasil dari 100 toko atau anggota Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO) dalam waktu 1 tahun saja, telah mencapai 10,95 juta lembar sampah kantong plastik. Jumlah itu ternyata setara dengan luasan 65,7 hektar kantong plastik (Jambeck, 2015).

Peningkatan yang cepat dalam produksi dan konsumsi plastik telah menyebabkan masalah serius terhadap plastik, sehingga para ahli menyebutnya *white pollution*, yaitu bagaimana pencemaran ini diakibatkan oleh polutan putih (asap) terutama dari kantong plastik, gelas plastik dan bahan plastik lainnya (David Plackett, 2003). Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari umumnya berupa polioefin (polietilen, polipropilen) karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil, namun sulit terombak oleh mikroorganisme dalam lingkungan sehingga menyebabkan masalah lingkungan yang serius (Gonzales-Gutierrez, 2010).

Plastik banyak digunakan untuk berbagai hal, diantaranya sebagai pembungkus makanan, alas makan dan minum, untuk keperluan sekolah, kantor, automotif dan berbagai sektor lainnya. Karena memiliki banyak keunggulan antara lain: fleksibel, ekonomis, transparan, kuat, tidak mudah pecah, bentuk laminasi yang dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain dan sebagian ada yang tahan panas dan stabil (Nurminah, 2002). Selain itu, untuk wadah utama biasanya diperlukan syarat-syarat tertentu bergantung pada jenis makanannya, misalnya melindungi makanan dari kontaminasi, melindungi kandungan air dan lemaknya, mencegah masuknya bau dan gas, melindungi makanan dari sinar matahari, tahan terhadap tekanan atau benturan dan transparan (Winarno, 1983).

Pemakaian plastik seperti *Polypropylene* (PP) merupakan komoditas industri termoplastik kedua terbesar di dunia setelah *Polyvinyl chloride* (PVC). PP lebih tahan panas, lebih kuat dan kokoh, dan lebih bening dari *Polyethylene* (PE) (Kumar dan Singh, 2011). Plastik adalah salah satu jenis makro molekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer) (Surono, 2013).

2.2. Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau monomer. Bahan pembuat plastik pada mulanya adalah minyak dan gas sebagai sumber alami, tetapi di dalam perkembangannya bahan-bahan ini digantikan dengan bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi dan ekstruksi (Syarief, 1989).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu termoplastik dan termoseting. Termoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan termosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, termoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor

untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Jenis-jenis plastik yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan minyak pirolisis antara lain polipropilena (PP), polietilena (PE/PET), polistirena (PS), *high density polyethylene* (HDPE). Jenis-jenis plastik dibedakan berdasarkan sifat termal yang sangat penting untuk pencairan plastik, sifat termal yang dimaksud antara lain titik lebur, temperatur transisi (Tg) dan temperatur dekomposisi (Surono, 2013). Tabel 2.1 merupakan jenis-jenis plastik yang dapat didaur ulang dan penggunaannya.

Tabel 2.1 Jenis plastik, kode dan penggunaannya (Kurniawan, 2012).

No.	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat dan botol kosmetik
2	HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	Botol obat,botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal
4	LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (<i>Polypropylene</i>)	Cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makanan plastik
7	O (<i>Other</i>)	Botol susu bayi,plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik

2.3. Jenis-jenis Plastik

Peningkatan jumlah pemakaian energi dan peningkatan timbunan sampah plastik merupakan dua permasalahan besar yang muncul seiring semakin tingginya pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Konsumsi energi di berbagai sektor seperti transportasi, industri dan energi listrik rumah tangga tercatat terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata per tahun 5,2 %, sebaliknya cadangan energi nasional yang semakin menipis menimbulkan kekhawatiran akan krisis

energi di masa mendatang jika tidak ditemukan sumber-sumber energi yang baru (Mokhtar dkk, 2018).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. *Thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang (Landi dan Ariyanto, 2017).

Jenis plastik dapat digolongkan berdasarkan sifat fisiknya, yaitu:

a. *Thermoplastic*

Thermoplastic merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang atau dicetak lagi atau dengan cara proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS dan polikarbonat (PC).

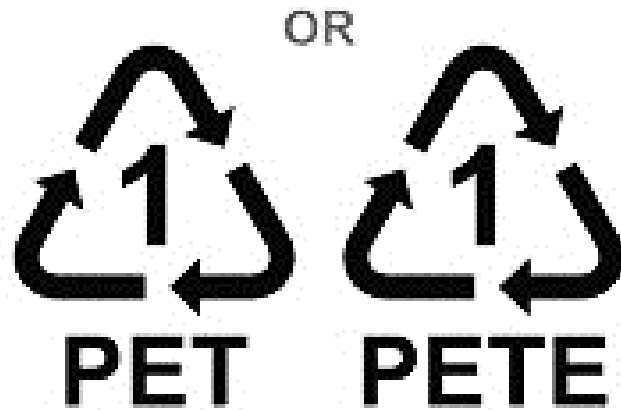
b. *Thermosetting*

Thermosetting merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan dapat menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya, contoh resin epoksi, bakelit, resin melamin dan urea formaldehida.

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Nomor kode plastik akan tercantum pada produk-produk berbahan plastik seperti gambar berikut ini.

1. PET – *Polyethylene Terephthalate*

Mayoritas bahan plastik PET di dunia untuk serat sintetis (sekitar 60%), dalam pertekstilan PET biasa disebut dengan polyester (bahan dasar botol kemasan 30%). Botol jenis PET ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Suhu pirolisis pada plastik jenis PET berlangsung efektif pada temperatur 700°C (Wicaksono, 2017) dan terdekomposisi pada temperatur 480°C. Jenis bahan plastik ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Plastik jenis PET / PETE (Unep, 2009)

2. HDPE – *High Density Polyethylene*

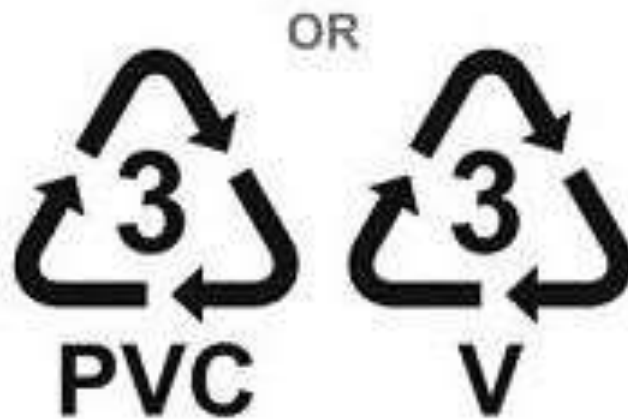
Umumnya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 2 di tengahnya, serta tulisan HDPE (*high density polyethylene*) di bawah segitiga. Biasa dipakai untuk botol susu yang berwarna putih susu, galon air minum, dan lain-lain seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Plastik jenis HDPE / PE-HD (Unep, 2009)

3. V – *Polyvinyl Chloride*

Tertera logo daur ulang (terkadang berwarna merah) dengan angka 3 di tengahnya, serta tulisan V — V itu berarti PVC (*polyvinyl chloride*), yaitu jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus (*cling wrap*), dan botol- botol yang sulit di daur ulang seperti yang terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Plastik jenis PVC / V (Unep, 2009)

4. LDPE – *Low Density Polyethylene*

Plastik jenis ini biasanya tertera logo daur ulang dengan angka 4 di tengahnya, serta tulisan LDPE (*low density polyethylene*) yaitu plastik tipe cokelat (*thermoplastic* / dibuat dari minyak bumi), biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek. Barang berbahan LDPE ini sulit dihancurkan, tetapi tetap baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini seperti yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Plastik jenis LDPE / PE-LD (Unep, 2009)

5. PP – *Polypropylene*

Tertera logo daur ulang dengan angka 5 di tengahnya, serta tulisan PP (*Polypropylene*) adalah pilihan terbaik untuk bahan plastik, terutama untuk yang

berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan terpenting botol minum untuk bayi. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, minyak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Suhu pirolisis pada plastik jenis PP berlangsung efektif pada temperatur 330°C (Islami, 2019). seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Plastik jenis PP (Unep, 2009)

6. PS – *Polystyrene*

Tertera logo daur ulang dengan angka 6 di tengahnya, serta tulisan PS (*polystyrene*) ditemukan tahun 1839, oleh Eduard Simon, seorang apoteker dari Jerman, secara tidak sengaja. Terdapat dua macam plastik jenis *polystyrene*, yaitu yang kaku dan lunak / berbentuk foam seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Plastik jenis PS (Unep, 2009)

7. Other

Tertera logo daur ulang dengan angka 7 di tengahnya, serta tulisan *OTHER* Other (SAN / styrene acrylonitrile, ABS - acrylonitrile butadiene styrene, PC - polycarbonate, Nylon). Dapat ditemukan pada tempat makanan dan minuman seperti botol minum olahraga, alat-alat rumah tangga, peralatan makan bayi dan plastik kemasan. PC - polycarbonate dapat ditemukan pada botol susu bayi, gelas anak batita (*sippy cup*) seperti yang tertera pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Plastik jenis *OTHER* (Unep, 2009)

2.4. Sifat Termal 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, 2013).

Tabel 2.2 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	-110	260
4	PA	260	50	100
5	PET	250	70	100
6	ABS	-	110	85
7	PS	-	90	70
8	PMMA	-	100	85
9	PC	-	150	246
10	PVC	-	90	71

2.5. Pirolisis

Pirolisis atau devolatilisasi adalah proses fraksinasi material oleh suhu. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan *volatile matters* pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Produk cair yang menguap mengandung tar dan *polyaromatic hydrocarbon*. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas (H₂, CO, CO₂, H₂O, dan CH₄), tar (*pyrolitic oil*), dan arang. Parameter yang berpengaruh pada kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga model matematis persamaan kecepatan reaksi pirolisis yang diformulasikan oleh setiap peneliti selalu menunjukkan rumusan empiris yang berbeda (Ramadhan. P dan Ali, 2012).

Proses pirolisis merupakan proses perengkahan plastik pada suhu tinggi dimulai pada temperatur sekitar 230°C. Perengkahan plastik pada suhu tinggi adalah proses paling sederhana untuk daur ulang plastik (Nurhayati dkk, 2018). Pirolisis merupakan proses pembakaran bahan organik dengan konsentrasi oksigen rendah. Pirolisis akan menghasilkan gas-gas (terutama CO, H₂ dan CH₄), arang, abu, dan material tak terbakar sebagai produk ikutan. (Hadi dkk, 2014). 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 (Wibowo, 2011).

2.5.1. Proses Pirolisis

Perengkahan plastik pada suhu tinggi adalah proses paling sederhana untuk daur ulang plastik. Pada senyawa yang berderajat polimerisasi tinggi, pirolisis merupakan reaksi depolimerisasi dan pada suhu tinggi mengikuti mekanisme radikal bebas. Reaksi ini melalui tiga tahap yaitu, tahap memulai, tahap perambatan dan tahap penghentian. Pada proses ini material polimer atau plastik dipanaskan pada suhu tinggi. Proses pemanasan ini menyebabkan struktur makro molekul dari plastik terurai menjadi molekul yang lebih kecil dan hidrokarbon rantai pendek terbentuk. Produk yang dihasilkan berupa fraksi gas, residu padat dan fraksi cair yang mengandung parafin, olefin, naphthan, dan aromatis. Hasil proses pirolisis ini dipengaruhi oleh jenis dan karakteristik bahan baku yang digunakan waktu dan suhu proses (Ramadhan. P dan Ali, 2012).

Pirolisis adalah proses perlakuan panas pada material biomasa yang dikonversi menjadi produk berupa cair (*bio-oil*), padat (*bio-coal*) dan gas (*syngas*) dalam suatu reaktor tanpa kehadiran oksigen di dalam reaktor. Panas yang diberikan yaitu mulai dari temperatur 250°C sampai dengan temperatur 1000°C. Temperatur adalah faktor yang paling penting untuk produk hasil pirolisis. Biasanya temperatur yang sering digunakan yaitu berkisar 300°C-600°C untuk produk dominan *liquid*.

Di sisi lain, untuk pemahaman dasar dari proses pirolisis, parameter kimia kinetik proses dekomposisi termal diperoleh oleh beberapa peneliti, dan persamaan kinetik berasal dari bentuk yang disederhanakan. Hal ini juga diketahui bahwa kayu terdiri dari tiga komposisi utama, selulosa, hemiselulosa, dan lignin, tetapi ada banyak komposisi kecil lainnya yang terkandung di dalam biomassa, seperti ekstraktif organik dan mineral. Persamaan kinetik diidentifikasi untuk masing-masing komposisi utama, tetapi rasio komposisi bervariasi antara satu kayu dengan kayu lainnya, dan persamaan kinetik komposisi minor tidak tersedia. Akibatnya, tidak ada persamaan kinetik yang unik yang dapat mengungkapkan proses pirolisis secara keseluruhan (Yusrizal dan Idris, 2016).

Proses pirolisis adalah proses mengkonversi sampah plastik menjadi bahan petrokimia dasar yang dapat digunakan menjadi bahan baku hidrokarbon atau bahan bakar (Naimah dan Aidha, 2017).

2.5.2. Konversi Sampah Plastik Menjadi Minyak

Bahan bakar adalah bahan-bahan digunakan dalam proses pembakaran. Tanpa adanya bahan bakar tersebut pembakaran tidak akan mungkin dapat berlangsung. Banyak sekali jenis bahan bakar yang dikenal dalam kehidupan kita sehari-hari. Penggolongan ini dapat dibagi berdasarkan dari asalnya, bahan bakar dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu : bahan bakar nabati, bahan bakar mineral dan bahan bakar fosil. Apabila dilihat dari bentuknya, maka bahan bakar dibagi menjadi tiga bentuk, yaitu: bahan bakar padat, bahan bakar cair, dan bahan bakar gas.

Bahan bakar minyak adalah bahan bakar mineral cair yang diperoleh dari hasil tambang pengeboran sumur-sumur minyak, dan hasil kasar yang diperoleh disebut dengan minyak mentah atau *crude oil*. Hasil dari pengolahan minyak mentah ini akan menghasilkan bermacam bahan bakar yang memiliki kualitas berbeda-beda.

Kebanyakan senyawa yang ditemukan dalam minyak bumi adalah gabungan dari hidrogen dan karbon. Material-material ini disebut hidrokarbon. Senyawa lain yang ada seperti belerang, oksigen, dan nitrogen. Pengoperasian fisik dari kilang minyak seperti: penguapan, penggesekan, dan pendinginan untuk menentukan jenis hidrokarbon yang besar karena dalam material tersebut merupakan bagian yang penting dalam minyak, tetapi pengoperasian secara kimiawi, seperti: pengilangan dan penyaringan. Sampah plastik yang diolah menjadi minyak, dapat dihasilkan dari pengolahan sampah plastik dengan mempertimbangkan beberapa parameter antara lain jenis plastik yang diolah, temperatur proses, penggunaan katalis dan jenis katalis yang digunakan.

2.6. Reaktor

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 kontrol 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 (Raihan, 2018).

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*).

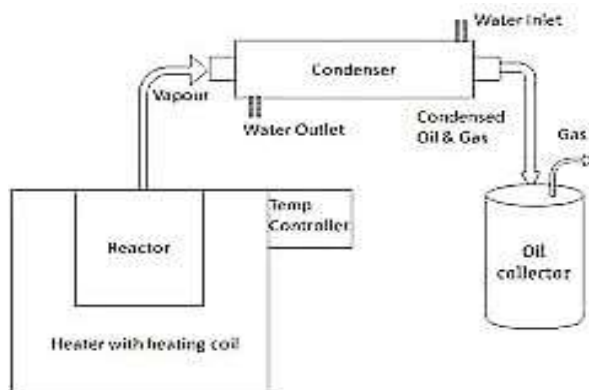
2.6.1. Jenis-jenis Reaktor Pirolisis

Perancangan suatu reaktor kimia harus mengutamakan efisiensi kinerja reaktor, sehingga didapatkan hasil produk dibandingkan masukan (input) yang besar dengan biaya yang minimum, baik itu biaya modal maupun operasi. Tentu saja faktor keselamatan pun tidak boleh dikesampingkan. Biaya operasi biasanya termasuk besarnya energi yang akan diberikan atau diambil, harga bahan baku, dan upah operator, dan lain-lain. Perubahan energi dalam suatu reaktor kimia bisa karena adanya suatu pemanasan atau pendinginan, penambahan atau pengurangan tekanan, gaya gesekan (pengaduk dan cairan). Adapun 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

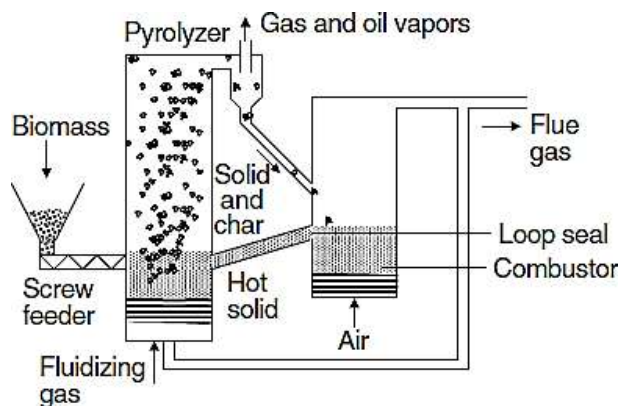
sudah terbukti (*proven*), dan dapat menangani biomassa yang memiliki kandungan air dan mineral anorganik tinggi. Sedangkan kekurangan dari penggunaan reaktor ini adalah kandungan tar yang mencapai 10-20% berat massa bahan uji, sehingga perlu dibersihkan sebelum menggunakan ke pengoperasian berikutnya seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.8 Reaktor *fixed moving bed* (Sentilkumar, 2015).

b. *Bubbling Fluidized Bed*

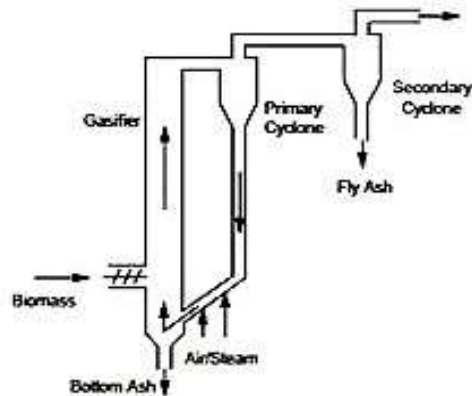
Reaktor yang bertipe *bubbling fluidized bed* merupakan salah satu reaktor paling baik. Reaktor ini dapat dioperasikan pada tekanan udara normal 1 (satu) atm dengan temperatur sedang 450°C, dan dapat menghasilkan *bio-oil* hingga 75% dari massa, tergantung dari biomassa yang digunakan sebagai sumber. Pada pirolisis ini menggunakan pasir silika sebagai fluidisasi karena pasir silika mempunyai titik lebur yang tinggi mencapai 1800°C maka sangat cocok untuk aplikasi gasifikasi *fluidized bed* seperti yang terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Reaktor *bubbling fluidized bed* (Basu, 2010).

c. *Circulating Fluidized Bed*

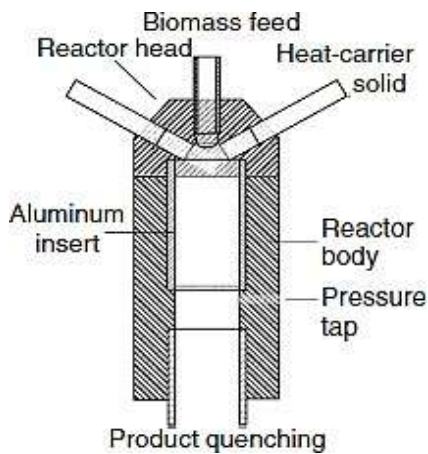
Circulating fluidized bed adalah reaktor dengan kerja seluruh padatan material terbawa aliran, selanjutnya material dipisahkan dari gas menggunakan *dusting equipment*. Keuntungan menggunakan reaktor ini adalah cocok untuk reaksi berjalan cepat, memperoleh konversi cukup tinggi, dan produksi tar yang rendah. Sedangkan kelemahan dari penggunaan reaktor jenis ini adalah terbentuknya *gradient* temperatur di arah aliran padatan, dan perpindahan panas tidak efisien seperti yang terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Reaktor *circulating fluidized bed* (Sentilkumar, 2015)

d. *Ultra Rapid Pyrolyzer*

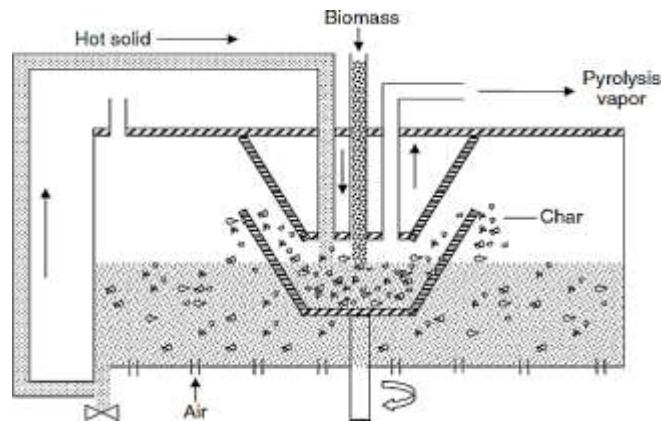
Ultra rapid pyrolyzer adalah reaktor dengan pemanasan yang tinggi mencapai 650°C, maka akan mendapatkan hasil 90% dari berat biomassa yang digunakan (Basu, 2010) seperti yang terlihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Reaktor *ultra-rapid pyrolyzer* (Basu, 2010)

e. *Rotating Cone*

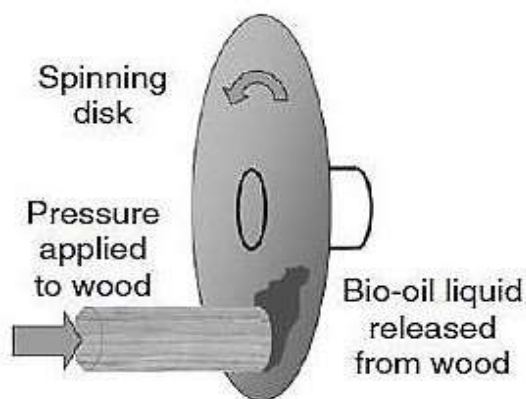
Rotating cone adalah reaktor yang menggunakan pasir silika sebagai media pemanas, dan akan bercampur langsung dengan biomassa di dalam wadah. Oleh karena itu biomassa akan mengalami pemanasan yang cepat, sehingga abu yang dihasilkan dari biomassa akan jatuh yang diakibatkan oleh putaran dari wadah seperti yang terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Reaktor *rotating cone* (Basu, 2010)

f. *Ablative Pyrolyzer*

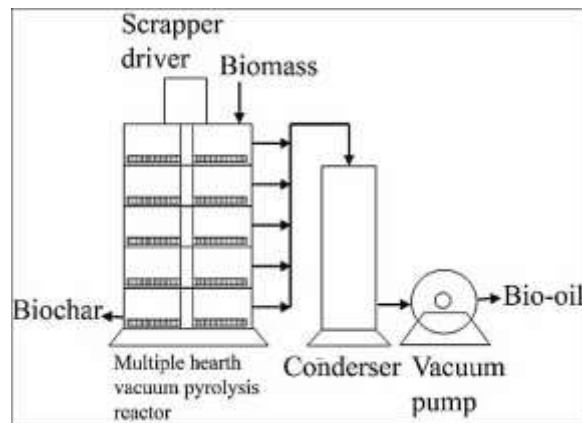
Ablative pyrolyzer adalah reaktor yang melibatkan tekanan tinggi antara partikel biomassa dan plat putar sebagai media pemanas. Hal ini memungkinkan perpindahan panas tanpa hambatan dari dinding ke biomassa yang menyebabkan produk cair dari biomassa meleleh keluar dari biomassa. Akibat dari transfer panas yang tinggi maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pirolisis akan lebih cepat dengan hasil produk gas yang sedikit dan hasil cairan sebanyak 80% seperti yang terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Reaktor *ablative pyrolyzer* (Basu, 2010)

g. *Vacuum Pyrolyzer*

Vacuum pyrolyzer adalah reaktor yang terdiri dari beberapa tingkatan, tingkatan paling atas bersuhu 200°C dan tingkatan paling bawah bersuhu 400°C. Biomassa dimasukkan ke bagian atas dan akan mengalami pengeringan selama biomassa turun ke bawah sehingga menjadi arang. Pemanasan yang lambat akan meningkatkan jumlah arang dan menghasilkan cairan yang banyak, hal ini disebabkan karena reaktor yang tekanannya kurang dari 1 atm akan disedot oleh vacuum sehingga kalor dan cairan dipaksa keluar dari reaktor (Brown, 2015) seperti yang terlihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Reaktor *vacuum pyrolyzer* (Basu, 2010)

2.7. Kondensor

Kondensor merupakan salah satu dari penukar panas jenis rekuperator. Rekuperator adalah salah satu alat perpindahan panas yang bekerja dimana suatu fluida terpisah oleh fluida lainya oleh suatu dinding atau sekat yang dilalui oleh panas (Kreith, 1991). Menurut fungsinya kondensor sering digunakan untuk mengembunkan uap menjadi cairan. Pada penelitian yang telah dilakukan menyebutkan bahwa semakin luas perpindahan panas pada kondensor, maka akan semakin banyak pula uap hasil pembakaran yang dapat terkondensasi. Semakin banyak jumlah pipa pada kondensor yang digunakan, maka akan menyebabkan luas permukaan perpindahan panas semakin besar. Luas perpindahan panas akan mempengaruhi volume asap cair yang dihasilkan (Ramdan, 2012).

2.7.1. Macam-macam kondensor

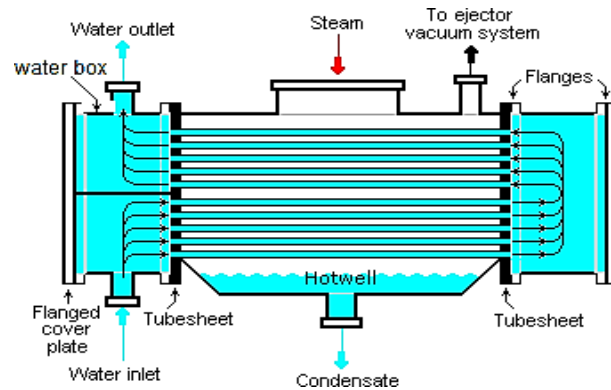
Macam – macam kondensor dapat dibedakan menjadi beberapa jenis kondensor berdasarkan media pendinginnya, dan aliran fluida.

1. Jenis Media Pendingin

Menurut jenis pendingin, kondensor dibagi menjadi 3 jenis (Chandra Andromeda, 2012), yaitu :

a. *Shell and Tube Condenser*

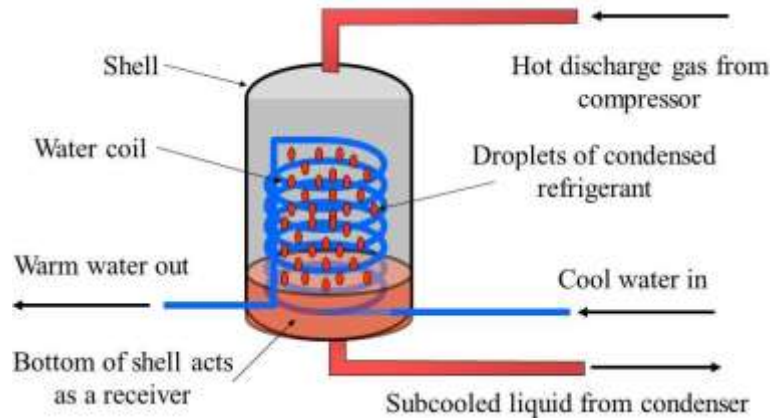
Kondensor pada tipe ini terdapat banyak pipa-pipa kecil (*tube*) yang di selubungi oleh pipa besar (*shell*). Pada tipe shell and tube memiliki luas perpindahan panas yang lebih besar dibandingkan dengan tipe yang lainnya seperti yang terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Shell and Tube Condenser* (Chandra Andromeda, 2012)

b. *Shell and Coil Condenser*

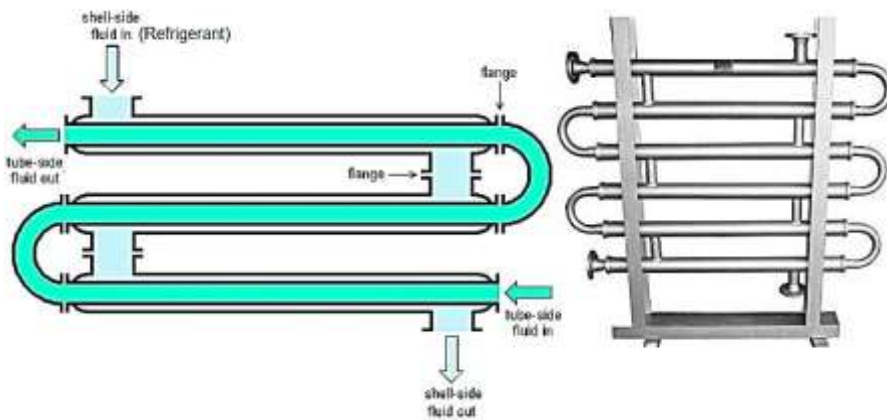
Kondensor tabung dan koil banyak digunakan pada unit pendingin dengan freon *refrigerant* berkapasitas lebih kecil, misalnya untuk penyejara udara, pendingin air, dan sebagainya. Kondensor tabung dan koil dengan tabung pipa pendingin di dalam tabung yang dipasang pada posisi vertikal. Koil pipa pendingin tersebut biasanya dibuat dari tembaga, berbentuk tanpa sirip maupun dengan sirip seperti yang terlihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 *Shell and Coil Condenser* (Chandra Andromeda, 2012)

c. *Tube and Tubes Condenser*

Kondensor jenis pipa ganda merupakan susunan dari dua pipa co-aksial dimana *refrigerant* mengalir melalui saluran yang terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar yang melintang dari atas ke bawah. Sedangkan air pendingin mengalir di dalam pipa dalam arah berlawanan, yaitu *refrigerant* mengalir dari atas ke bawah seperti yang terlihat pada gambar 2.17.



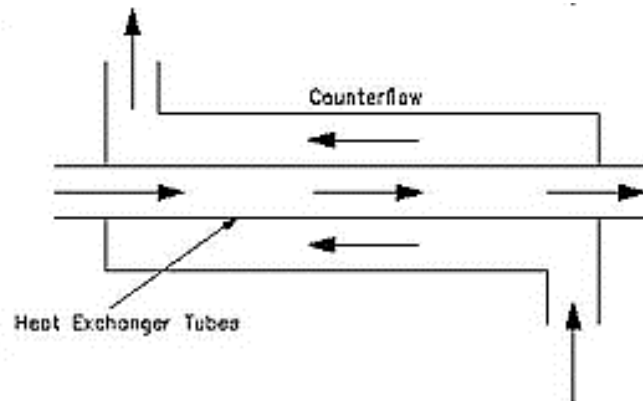
Gambar 2.17 *Tube and Tubes Condenser* (Chandra Andromeda, 2012)

2. Aliran Fluida

Klasifikasi kondensor (*Heat Exchanger*) berdasarkan arah aliran fluida kerja dibagi menjadi tiga tipe yaitu aliran paralel atau aliran searah (*co-current*), aliran melawan arus atau aliran berlawanan (*counter current*) dan aliran silang (*crossflow*) (Welty dkk, 2004).

a. Penukar kalor tipe aliran berlawanan

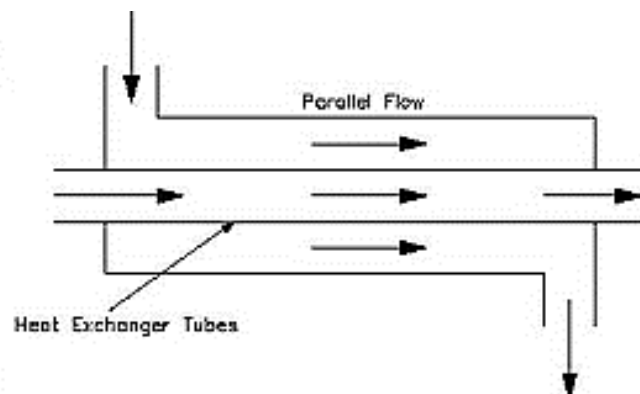
Penukar kalor tipe aliran berlawanan atau sering disebut *counter flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan dingin memasuki penukar kalor melalui ujung yang berhadapan dan mengalir dengan arah berlawanan (Cengel, 2003) seperti yang terlihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Penukar kalor tipe aliran berlawanan (Cengel, 2003)

b. Penukar kalor tipe aliran sejajar

Penukar kalor tipe aliran sejajar atau sering disebut dengan *parallel flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan fluida dingin masuk dan keluar pada arah yang sama (Cengel, 2003) seperti yang terlihat pada gambar 2.19.

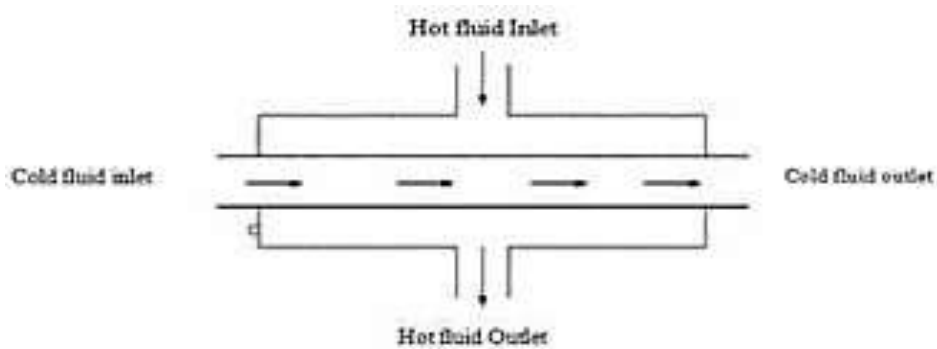


Gambar 2.19 Penukar kalor tipe aliran sejajar (Cengel, 2003)

c. Penukar kalor tipe aliran silang

Penukar kalor dengan aliran silang atau sering disebut *cross flow* yaitu penukar kalor dimana biasanya di dalamn penukar kalor tersebut terjadi perpindahan antara dua fluida yang saling tegak lurus satu sama lain (Cengel, 2003). Contoh yang sering ditemui adalah pada radiator mobil dimana arah

aliran air pendingin mesin yang memberikan energinya ke udara saling bersilangan seperti yang terlihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Penukar kalor tipe aliran sejajar (Cengel, 2003)

2.8. Karakteristik Bahan

Pemilihan bahan 304 *stainless steel* atau baja paduan kandungan kromium membuat logam nonkorosif dan mengkilap. Logam anti karat dan logam bebas noda ini digunakan secara luas dalam industri penerbangan dan merupakan bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari kita melalui penggunaannya dalam alat-alat makan dan barang rumah tangga lainnya.

Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (Ferum). Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan *coating* (misal seng dan cadmium) ataupun cat. Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *stainless steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap *chrome* yang terjadi secara spontan.

2.8.1. DayaTahan Korosi

Semua baja stainless mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap korosi. Angka-angka logam campuran yang rendah menahan korosi pada kondisi-kondisi ruang hampa, angka-angka campuran logam yang tinggi dapat menahan korosi pada kebanyakan asam, larutan alkalin, dan lingkungan-lingkungan yang menghasilkan klorida, bahkan pada suhu dan tekanan yang dinaikkan.

2.8.2. Daya Tahan Suhu Rendah dan Tinggi

Beberapa angka akan menahan penskalaan dan pengaturan daya yang tinggi pada suhu-suhu yang sangat tinggi, sementara yang lain menunjukkan pengecualian kekerasan pada suhu-suhu *cryogenic*.

2.8.3. Pertimbangan Estetika

Baja-baja stainless tersedia pada kebanyakan lapisan-lapisan penutup permukaan. Baja stainless ini diatur dengan mudah dan sederhana menghasilkan kualitas yang tinggi, penampilannya yang menyenangkan dan memberikan nilai jual yang tinggi terhadap sebuah produk.

2.9. Metode Pembakaran

Untuk mengolah biomassa menjadi energi dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya yaitu pembakaran pirolisis. Pembakaran pada pirolisis berbeda dengan pembakaran pada umumnya yang memerlukan udara sebagai unsur utama untuk pembakaran sempurna. Pada pembakaran pirolisis udara tidak diperlukan udara, karena keberadaan udara akan mengakibatkan bahan bakar padat terbakar sempurna menjadi abu sehingga tidak menghasilkan arang, dan pembakaran pirolisis juga menghasilkan *bio-oil* atau asap cair. Pirolisis merupakan salah satu teknologi termokimia untuk mengubah biomassa menjadi energi dan produk kimia yang terdiri dari *bio-oil* cair, *biochar* padat, dan gas pirolitik dan tergantung pada tingkat pemanasan dan waktu tinggal. Beberapa cara pembakaran pirolisis yang dapat dilakukan yaitu :

1. Pembakaran Langsung yaitu semua bahan baku biomassa yang digunakan yang juga sebagai bahan bakarnya dimasukkan ke dalam reaktor kemudian dibakar, setelah terbakar lalu ditutup. Pembakaran ini menghasilkan jumlah udara yang banyak sehingga efisiensi pembakarannya kurang tapi waktu pembakarannya lebih cepat karena terjadi pembakaran sempurna sehingga hasil produk cenderung asap cair akan lebih banyak jika dibanding dengan *bio-arang*nya.
2. Pembakaran LPG, yaitu semua bahan baku biomassa di dalam reaktor dan tertutup rapat, kemudian dibakar dari bawah dengan menggunakan bahan bakar LPG. Pembakaran ini menghasilkan campuran kaya dimana udara sangat

sedikit. Api pembakaran yang kontinyu dan stabil sehingga waktu pembakaran sedikit lebih lama. Produk yang dihasilkan cenderung lebih banyak bio-arang dibandingkan asap cairnya.

3. Pembakaran Biomassa, yaitu bahan baku biomassa di dalam reaktor dan tertutup dengan rapat, kemudian dibakar dari bawah dengan menggunakan bahan bakar biomassa juga sebagai sumber panasnya. Api pembakaran yang dihasilkan kurang stabil sehingga waktu pembakaran tidak bisa diprediksi dan hasil produk juga tidak bisa diukur antara bioarang dan asap cairnya. Bahan bakar yang diperlukan bias lebih banyak.

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

Tempat pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Literatur						
3	Perancangan Alat						
4	Penyelesaian Tulisan						
5	Seminar Hasil						

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Alat

1. Laptop

Laptop digunakan untuk melakukan perancangan alat penyuling limbah plastik menggunakan *software Solidworks* sebagai perangkat lunak. Adapun laptop yang digunakan dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada gambar 3.1.

- AMD A4-9120 Radeon R3, 4 Compute Core 2C+2G 2.20GHz
- Memory RAM 4 GB
- Sistem Operasi Windows 10 64-bit



Gambar 3.1 Laptop

2. *Software Solidworks*

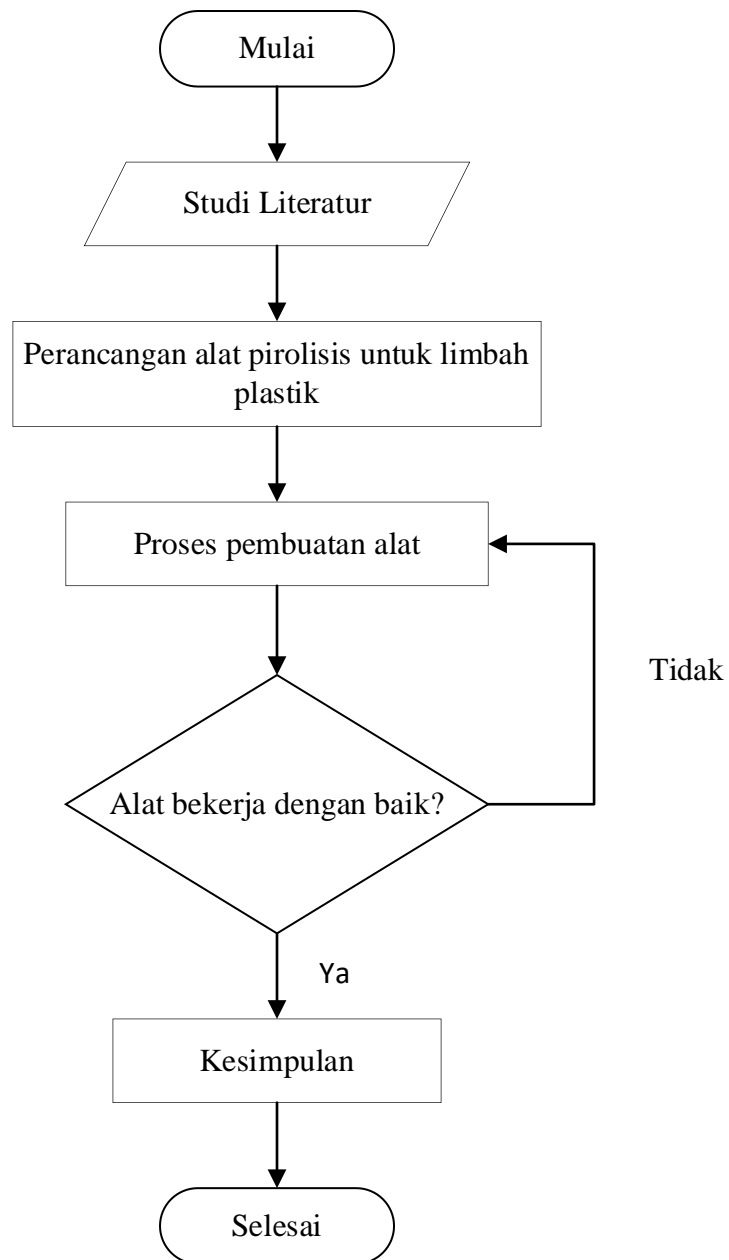
Software solidworks merupakan program komputer yang berfungsi untuk merancang alat pirolisis sampah plastik menjadi bahan bakar. *Software* ini memiliki lisensi resmi dengan *serial number* 9710015706707616D3XGZ2BC , dapat dilihat pada gambar 3.2. Spesifikasi minimum untuk menjalankan perangkat lunak solidworks 2020.

- Intel® Core™ i3-5005 CPU @ 2.00 GHz
- Memory 4 GB
- Sistem Operasi Windows 8.1 64-bit



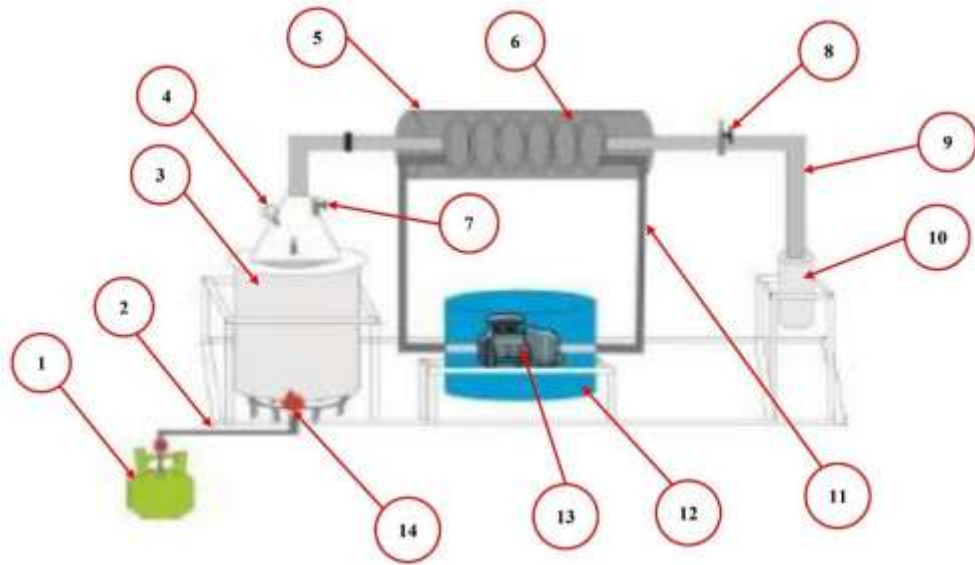
Gambar 3.2 *Software Solidworks 2020*

3.3. Bagan Aliran Penelitian



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.4 Rancangan Sistem Reaktor Pirolisis

Keterangan gambar :

1. Tabung gas LPG digunakan sebagai bahan bakar
2. Selang gas digunakan untuk menyalurkan gas
3. Reaktor digunakan sebagai tempat pembakaran sampah plastik
4. *Thermocouple* digunakan sebagai alat pengukur suhu ruang bakar
5. Kondensor sebagai tempat kondensasi gas menjadi minyak
6. Pipa spiral sebagai penyalur gas dari reaktor menuju kondensor
7. *Pressure gauge* alat pengukur tekanan gas
8. Katup / *valve* mengatur laju aliran minyak
9. Pipa penghubung mengantarkan minyak menuju penampung
10. Penampung minyak digunakan sebagai wadah penampung
11. Selang air digunakan untuk mengalirkan air menuju kondensor
12. Bak penampung air digunakan sebagai wadah air
13. Pompa air digunakan untuk mengantarkan air ke kondensor
14. *Burner* digunakan sebagai alat pembakar reaktor
15. Rangka sebagai landasan untuk menaruh seluruh komponen

1. Tabung Reaktor

Tabung reaktor yang di rancang menggunakan plat *stainless steel* tipe 304 dengan ketebalan plat 2 mm, rancangan tabung reaktor memiliki kapasitas produksi 3 kg seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Tabung Reaktor

2. Pipa Spiral

Pipa spiral pada kondensor yang dirancang menggunakan pipa tembaga berdiameter 10 mm dengan ketebalan pipa 0,6 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 8 lilitan, diameter lilitan pipa 150 mm, material tembaga dipilih karena karakternya yang fleksibel, memiliki sifat tahan panas dan menjamin kebersihan cairan yang akan di alirkan, rancangan pipa spiral ini dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pipa Spiral

3. Tabung Kondensor

Perancangan kondensor sebagai alat penukar kalor (*heat exchanger*) menggunakan material *stainless steel* tipe 304 dengan ketebalan plat 2 mm yang akan berisi air dengan temperatur 30°C, berfungsi untuk mengkondensasikan cairan dari gas hasil pirolisis menjadi bahan bakar minyak yang memiliki perbedaan temperatur dari temperatur tinggi ke temperatur rendah seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Tabung Kondensor

4. Rangka

Perancangan rangka merupakan salah satu hal yang penting dalam proses perancangan secara keseluruhan, karena rangka merupakan landasan utama dalam menaruh seluruh komponen mesin rangka yang dirancang menggunakan hollow dengan ukuran 20 x 20 x 2 mm. Hal yang pertama dalam melakukan perancangan rangka adalah menentukan desain konstruksi dari rangka tersebut seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangka

3.5. Prosedur Perancangan

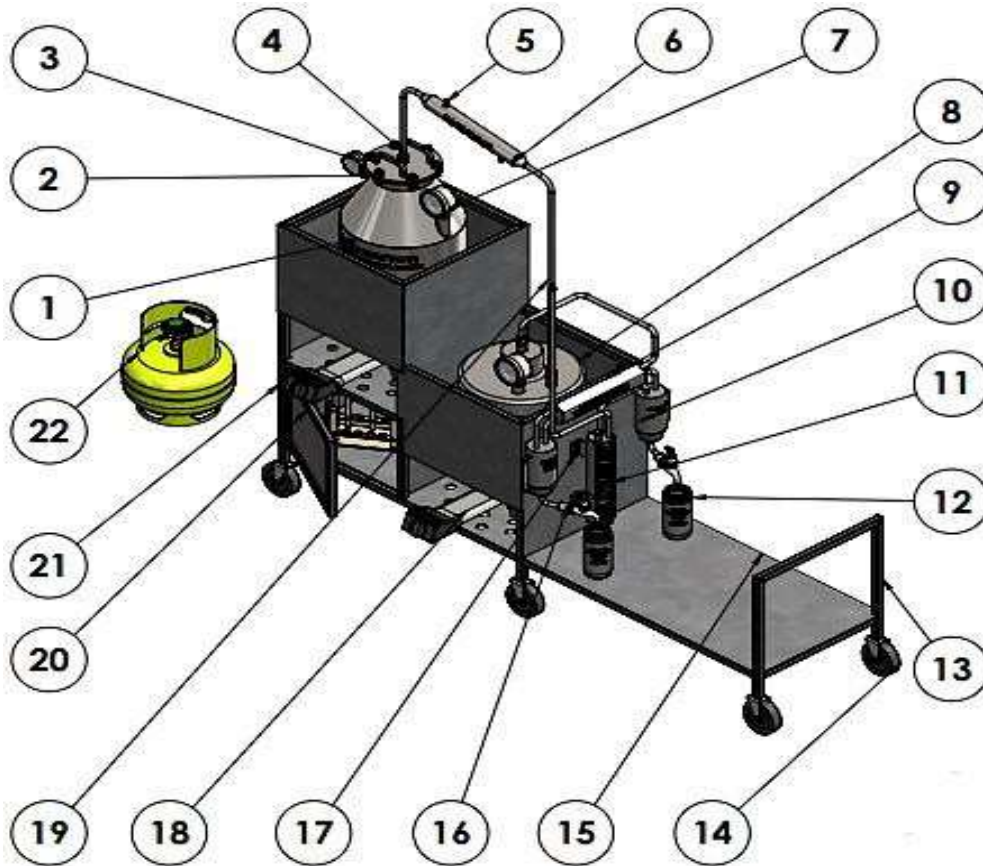
Adapun prosedur perancangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan alat pirolisis penyuling limbah plastik menjadi bahan bakar menggunakan *software solidworks 2020*.
2. Merancang reaktor pirolisis berkapasitas 3 kg dengan sistem kerja *fixed bed reactor* sebagai ruang pembakaran limbah plastik. Untuk menentukan kapasitas reaktor dilakukan perhitungan menggunakan persamaan.
3. Perancangan pipa spiral sebagai salah satu komponen pada alat pirolisator, jenis pipa spiral yang dirancang menggunakan material tembaga berdiameter 10 mm dengan ketebalan 0,6 mm dengan banyak lilitan sebanyak 8 lilitan. Pipa tembaga dipilih karena harganya yang terjangkau dan mudah dibentuk.
4. Merancang kondensor sebagai tempat pipa spiral dan air yang akan mendinginkan uap hasil pembakaran pada ruang bakar, kondensor di rancang menggunakan plat *stainless steel* dengan ketebalan 2 mm, diameter dalam 176 mm, diameter luar 180 mm, panjang kondensor 224 mm. Kondensor yang dirancang memiliki lubang sirkulasi untuk mendinginkan pipa spiral secara terus menerus.
5. Perancangan katup / *valve* sebagai pengatur laju aliran yang terjadi di dalam pipa untuk mengatur kecepatan laju aliran dalam pipa.
6. Merancang *bimetal temperature*, alat ukur yang digunakan memiliki jangkauan pengukuran 0 - 450°C dengan bahan *stainless steel* untuk memudahkan pembacaan temperatur yang terjadi di dalam reaktor.
7. Perancangan alat bakar menggunakan kompor gas, kompor gas dipilih karena tekanan api yang di hasilkan lebih besar dibandingkan kompor minyak, keluaran api lebih besar, lebih cepat meleburkan plastik dan lebih hemat biaya.
8. Perancangan rangka sebagai landasan utama seluruh komponen pirolisis, rangka yang dirancang menggunakan material *steel* dengan jenis *hollow* berukuran 30 mm x 30 mm dengan ketebalan 1,8 mm. Perancangan rangka di dasari atas kebutuhan dan kegunaan yang diinginkan.
9. Selesai.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan

Perancangan dan pemodelan alat penyuling limbah plastik menjadi bahan bakar minyak didapat dari prancangan menggunakan *software solidworks*. Pemilihan model didapatkan dengan mempertimbangkan kriteria desain alat yang dibutuhkan seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



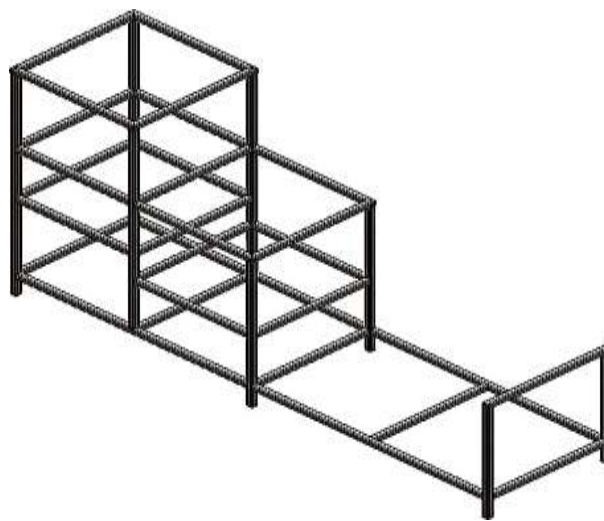
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat Pirolisis Plastik

Keterangan Gambar :

1	Tabung Reaktor 1	9	Kondensor 2	17	M8 Bolt
2	Tutup Tabung Reaktor	10	Gasoline Tank	18	Stove
3	Pressure Gauge	11	Gas Metane Tank	19	Pipe (Pipa)
4	Double Nipple	12	Wadah Penampung	20	Door (Pintu)
5	Hose Nipple	13	Frame	21	Hinge (Engsel)
6	Kondensor 1	14	Caster Wheel	22	Tabung LPG
7	Bimetal Thermometer	15	Cover Frame		
8	Tabung Reaktor 2	16	Water Faucet		

4.1.1. Rancangan Rangka

Perancangan rangka dan struktur mesin sebagian besar adalah seni dalam hal mengakomodasi komponen-komponen mesin. Perancang tentu saja harus memenuhi syarat- syarat teknis yang harus terpenuhi, sebagaimana struktur itu sendiri. Beberapa parameter perancangan meliputi kekuatan, kekakuan, penampilan, ketahanan korosi, biaya manufaktur, berat dan ukuran. Pada tahap awal, ditentukan terlebih dahulu desain total dari alat yang ingin dibuat, kemudian dipecah lebih rinci desain setiap bagiannya. Gambar 4.2 merupakan gambar rancangan rangka.



Gambar 4.2 Rancangan Rangka

4.1.2. Rancangan Tabung Reaktor

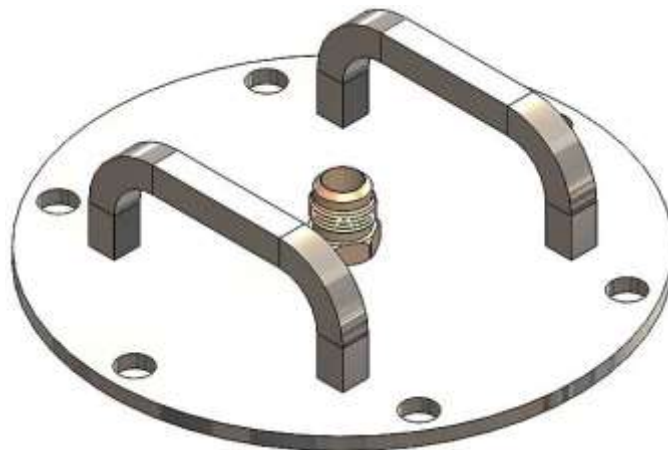
Tabung reaktor pada pirolisis plastik merupakan salah satu bagian utama yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pirolisis. Tabung reaktor dibuat menggunakan plat *stainless steel* dengan ketebalan plat 3 mm. Bagian atas tabung reaktor di rancang memiliki beberapa lubang sebagai pengikat antara tabung dengan tutup tabung menggunakan baut berukuran M12, seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Tabung reaktor dirancang dengan dua sistem kerja yang berbeda, tabung reaktor pertama dirancang untuk mengolah limbah plastik menjadi minyak mentah (*crude oil*) dan tabung reaktor kedua dirancang untuk mengolah minyak mentah menjadi bahan bakar (*gasoline*).



Gambar 4.3 Rancangan Tabung Reaktor

4.1.3. Rancangan Tutup Reaktor

Perancangan yang dilakukan terhadap tutup reaktor juga memiliki fungsi yang penting dimana tutup reaktor mencegah terjadinya kebocoran gas yang terjadi selama proses pembakaran. Tutup reaktor dilengkapi dengan double nipple berukuran 1/2 inchi yang akan memudahkan dalam pemasangan pipa penghantar gas dan cairan seperti yang terlihat pada gambar 4.4.

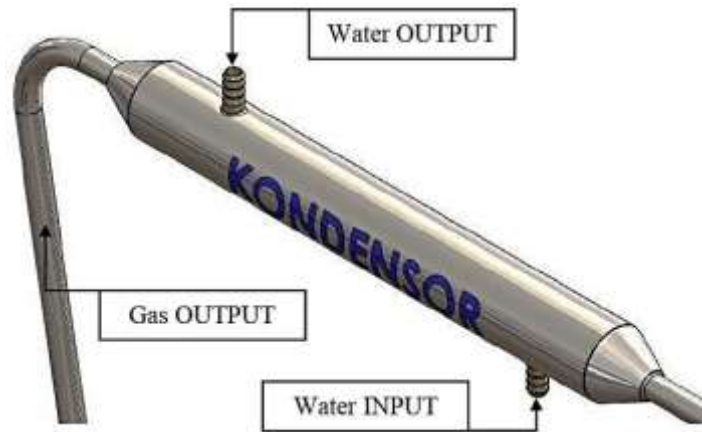


Gambar 4.4 Rancangan Tutup Reaktor

4.1.4. Rancangan Kondensor 1

Kondensor merupakan bagian dari alat pirolisis sampah plastik yang berfungsi menerima uap lalu menghilangkan panas uap tersebut dengan cara mendinginkan uap ke titik embunnya. Kondensor yang dirancang dengan tipe

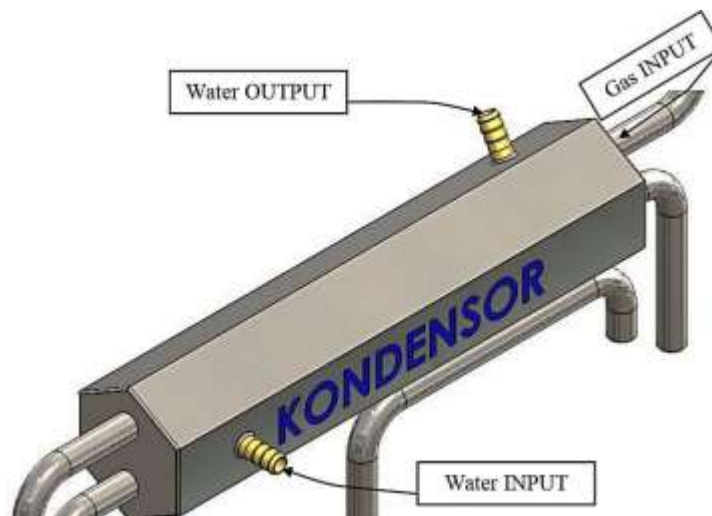
aliran silang (*cross flow*) dimana biasanya di dalam penukar kalor tersebut terjadi perpindahan antara dua fluida yang saling tegak lurus satu sama lain, kondensator ini dirancang untuk mengubah plastik hasil pembakaran menjadi minyak mentah (*crude oil*) seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rancangan Kondensator 1

4.1.5. Rancangan Kondensator 2

Rancangan kondensator ini nantinya yang akan merubah hasil dari pengolahan sampah plastik berupa minyak mentah (*crude oil*) menjadi bahan bakar minyak (*gasoline*) dengan pembagian bahan bakar yang dihasilkan berdasarkan titik uapnya. Perencanaan kondensator ini akan menghasilkan dua jenis bahan bakar berupa bensin dan bio-solar, rancangan kondensator seperti yang terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rancangan Kondensator 2

4.1.6. Rancangan Gas *Metane Tank*

Gas *metane tank* dirancang sebagai alat penyaring gas beracun yang di hasilkan pada hasil pembakaran limbah plastik, sehingga meminimalisir polusi yang ditimbulkan oleh pengolahan limbah plastik dengan metode pembakaran di dalam tabung sehingga gas *metane* yang keluar dari hasil pembakaran di saring di dalam tabung ini, cara kerja alat ini cukup sederhana dengan mengisi air kedalam tabung, kemudian nantinya gas yang tidak terkondensasi di kondensor kan dialirkan oleh pipa menuju kedalam tabung ini melalui filtrasi gelembung yang terjadi didalam tabung ini sehingga akan menghasilkan gas *metane* yang dapat digunakan kembali atau di bakar guna mengurangi dampak pencemaran lingkungan akibat adanya gas *metane* yang tidak di olah dengan baik dan benar, rancangan alat ini seperti yang terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rancangan Gas *Metane Tank*

4.1.7. Rancangan *Fuel Tank*

Fuel tank dirancang dengan berbagai pertimbangan bentuk, dimensi dan meterial, adapun hasil dari perancangan *fuel tank* seperti yang terlihat pada gambar 4.8. Hasil dari pengolahan minyak mentah (*crude oil*) nantinya akan disimpan kedalam tabung. Cara kerja alat ini hanya untuk mengumpulkan bahan bakar yang telah terkondensasi pada kondensor 2 dengan cara pembagian bahan bakar yang masuk kedalam tabung berdasarkan titik embunnya. Titik embun terendah akan menghasilkan bahan bakar bensin (*gasoline*), sedangkan titik embun tertinggi akan menghasilkan bahan bakar solar atau minyak tanah (*kerosin*).



Gambar 4.8 Rancangan *Fuel Tank*

Tabung penyimpanan minyak direncanakan untuk kapasitas volume $V = 4$ liter dengan tinggi 200 mm, perhitungan dimensi tabung sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{0,004 \text{ m}^3 \times 4}{0,2 \text{ m} \times \pi}} \times \frac{1000}{\text{mm}} = 160 \text{ mm}$$

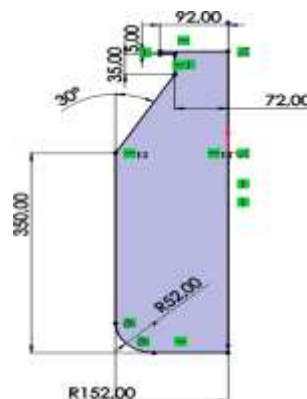
Diameter tabung minyak adalah 160 mm.

4.2. Pembahasan

Perancangan alat penyuling limbah plastik menjadi bahan bakar minyak kapasitas 3 Kg diameter tabung yang direncanakan adalah 304 mm kemudian perancangan dilakukan secara bertahap part demi part untuk menyesuaikan komponen yang akan di buat, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

4.2.1. Tahap Perancangan Reaktor

1. Buka *software solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK.
2. Pilih *Sketch* > pilih *Front Plane* > pilih *Line* > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran diameter luar tabung dalam 304 mm dan tinggi reaktor 529 mm.



Gambar 4.9 Sketsa Tabung Reaktor

3. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Revolved Boss/Base* > line 1 sebagai acuan *axis of revolution* > klik OK.

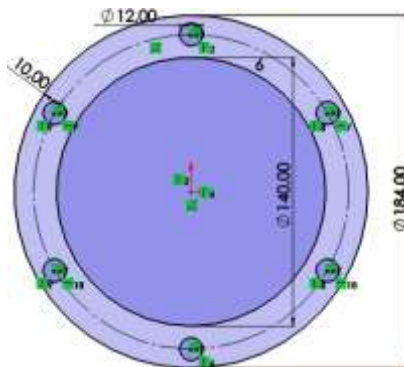
4. Pilih *Sketch* > pilih *Front Plane* > pilih *Line* > buat sketsa gambar seperti gambar dibawah > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran jara antara line dan sisi luar reaktor 2 mm.



Gambar 4.10 Perintah *Revolved Cut*

4.2.2. Tahap Perancangan *Gasket*

1. Buka *software solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK.
2. Pilih *Sketch* > pilih *Top Plane* > pilih *Circle* > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran diameter luar 184 mm dan diameter dalam 140 mm.

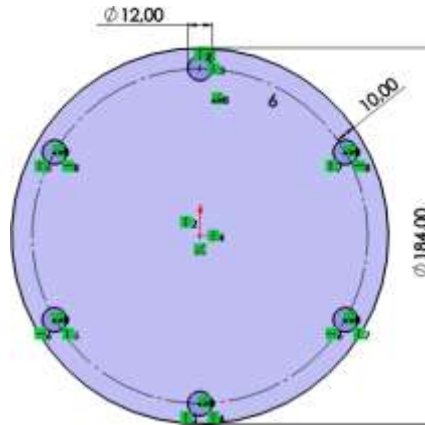


Gambar 4.11 Sketsa *Gasket*

3. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Boss/Base* > berikan nilai 2 mm pada kolom *Direction 1* > klik OK.

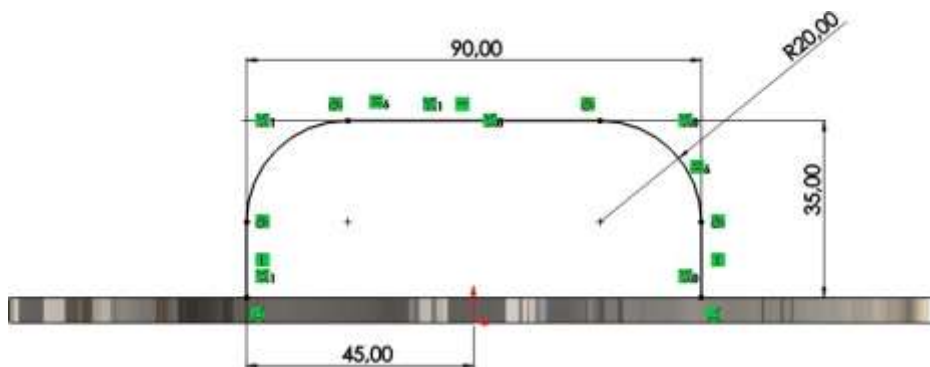
4.2.3. Tahap Perancangan Tutup Reaktor

1. Buka *software solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK.
2. Pilih *Sketch* > pilih *Top Plane* > pilih *Circle* > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran diameter luar 184 mm dan diameter dalam 140 mm.



Gambar 4.12 Sketsa Tutup Reaktor

3. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Boss/Base* > berikan nilai 5 mm pada kolom *Direction 1* > klik OK.
4. Pilih *Reference Geometry* > pilih *Plane* > pilih *Front Plane* pada kolom *First Reference* > berikan nilai 45 mm sebagai jarak pada kolom *Offset Distance* > klik OK.
5. Klik *Plane 1* > pilih *Sketch* > pilih *Line* > buat gambar seperti yang tertera gambar di bawah > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran dengan nilai yang tertera pada gambar dibawah.



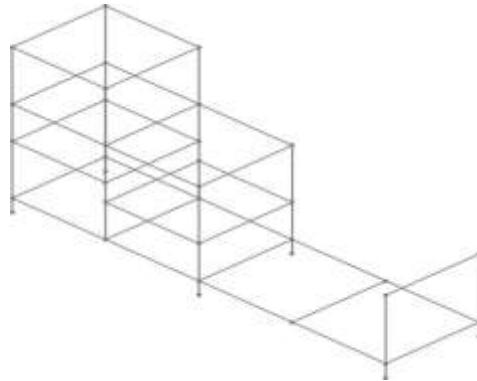
Gambar 4.13 Sketsa Pemegang Tutup Reaktor

6. Klik bidang atas pada model lalu pilih *Sketch* > pilih *Circle* > klik *Smart Dimension* dan berikan ukuran untuk diameter 18,5 mm > menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Cut* > pilih *Through All* pada kolom *Direction 1* > klik OK.

4.2.4. Tahap Perancangan Rangka

1. Buka *software solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK.

2. Klik perintah *3D Sketch* > pilih perintah *Line*
3. Buat sketsa gambar seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini > *Exit Sketch*.



Gambar 4.14 Sketsa Rangka

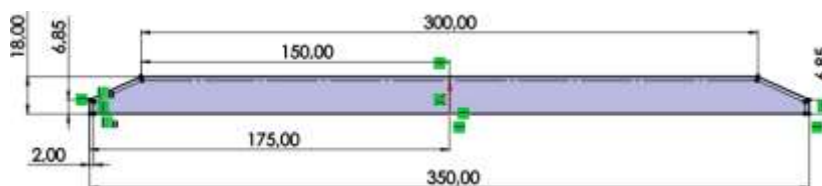
4. Pilih menu *weldments* > *standard ISO* > *Square Tube – Configured* > *Size 20 x 20 x 2* > OK



Gambar 4.15 Perintah *Weldments*

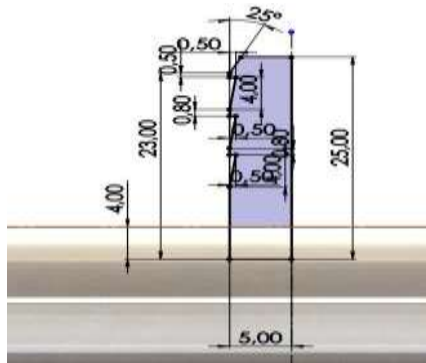
4.2.5. Tahap Perancangan Kondensor 1

1. Buka *software solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK.
2. Pilih *Sketch* > pilih *Front Plane* > pilih *Line* > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.16 Sketsa Kondensor 1

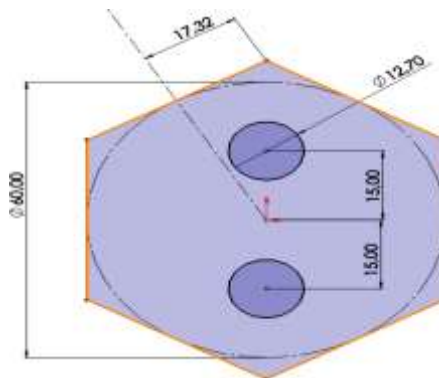
3. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Revolved Boss/Base* > pilih *Line 1* pada kolom *Axis Of Revolution* > Klik OK.
4. Pilih *Front Plane* > pilih *Line* > buat sketsa *nipple hose* seperti yang tertera pada gambar dibawah



Gambar 4.17 Sketsa Nipple Hose

4.2.6. Tahap Perancangan Kondensor 2

1. Buka *software solidworks* > klik *New* > pilih *Part* > klik OK.
2. Pilih *Sketch* > pilih *Front Plane* > pilih *Polygon* > pilih *Smart Dimension* > berikan ukuran seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.18 Sketsa Kondensor 2

3. Pilih menu *Feature* > pilih perintah *Extruded Boss/Base* > pilih *Mid Plane* pada kolom *Direction 1* lalu berikan nilai panjang kondensor 280 mm > Klik OK.
4. Pilih *Reference Geometry* > pilih *Plane* > pilih *Front Plane* pada kolom *First Reference* > berikan nilai 40 mm sebagai jarak pada kolom *Offset Distance* > klik OK.

$$C_p \text{ Polypropylene (Pp)} = 1,93 \left(\frac{kJ}{kg} \cdot ^\circ C \right)$$

$$Q_1 = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

$$Q_1 = 1,5 \text{ kg} \times 1.93(400 - 25) = 1805,6 \text{ kJ}$$

Laju perpindahan panas *Polyethylene Terephthalate* PET

T1 = 25°C (Suhu lingkungan rata-rata)

T2 = 400°C (Suhu yang telah ditentukan)

$$C_p \text{ PET (Polyethylene Terephthalate)} = 1,05 \left(\frac{kJ}{kg} \cdot ^\circ C \right)$$

$$Q_2 = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

$$Q_2 = 1,5 \text{ kg} \times 1.05(400 - 25) = 590,6 \text{ kJ}$$

Laju perpindahan panas total

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 = 1805,6 + 590,6 = 2396,2 \text{ kJ}$$

Dari hasil pengujian waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan reaktor dari suhu 25°C ke 400°C melalui kompor membutuhkan waktu 1 jam, karena reaktor akan dipanaskan selama 5 jam dengan asumsi temperatur konstan sebesar 400°C, konsumsi dayanya adalah:

$$P = \frac{Q_{total}}{s}$$

$$P = \frac{2396,2 \text{ kJ} \times 10^3}{3600 \text{ s}} = 665,62 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ Atau } 665,62 \text{ Watt}$$

Daya total selama 5 jam pemanasan

$$\frac{665,62 \text{ Watt} \times 5}{1000} = 3,328 \text{ kWh}$$

4.3.2 Kondensor

Kondensor 1

laju aliran massa uap minyak adalah $m_u = 0,0039 \text{ kg/s}$ dan laju aliran massa air adalah $m_a = 0,0011 \text{ kg/s}$ maka:

Fluida Kerja	Dalam Pipa	Anulus
Temperatur inlet (T_{in})	60°C	25°C
Temperatur outlet (T_{out})	40°C	
Laju aliran massa (\dot{m})	0,0039 kg/s	0.0011 Kg/s

Laju perpindahan panas merupakan indikator kemampuan suatu penghantar. Peningkatan dalam nilai perpindahan panas dipengaruhi oleh laju aliran massa

dan perbedaan suhu masukan dan keluaran di sisi dalam pipa dan sisi annulus. Laju aliran massa di sisi dalam pipa adalah ($\dot{m}_u = 0,0039 \text{ kg/s}$). pada anukus 0,011 Kg/s Sehingga laju perpindahan panas dapat ditentukan dari:

$$Q_c = \dot{m}_a \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)$$

$$Q_c = 0.0011 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 4178 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{C} (40 - 25)^\circ\text{C} = 69 \text{ watt}$$

Perpindahan panas yang terjadi dalam kondensor alat pirolisis melibatkan fluida panas dengan suhu tinggi. Fluida ini mengalami perpindahan panas konveksi di dalam bahan pipa dalam dan perpindahan panas konduksi di dalam fluida kerja. Akibatnya, suhu di mana minyak plastik keluar dapat ditentukan:

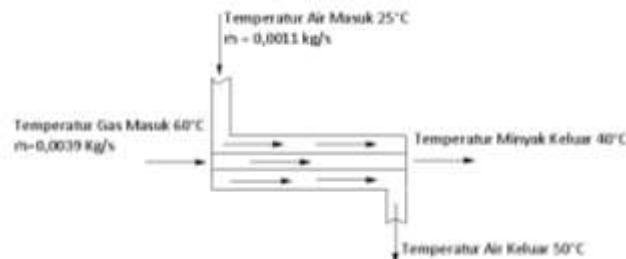
$$T_{hot,out} = \frac{69 \text{ watt}}{0.0011 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 4178 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{C}} - 60^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(60 - 40)^\circ\text{C} - (50 - 25)^\circ\text{C}}{\ln \frac{(60 - 40)^\circ\text{C}}{(50 - 25)^\circ\text{C}}} = 22,4^\circ\text{C}$$

Efektivitas kondensor adalah adalah:

$$\eta = \frac{T_{co} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{ci}} \times 100$$

$$\eta = \frac{(50 - 25)^\circ\text{C}}{(65 - 25)^\circ\text{C}} \times 100 = 71\%$$



Gambar 4.21 Skema Analisa Kondensor tipe *Crossflow*

Kondensor 1 mengkondensasikan gas dengan temperatur 40°C dari pembakaran plastik melalui reaktor menjadi minyak mentah yang memiliki suhu keluar 40°C gas-gas tersebut dapat berubah dari fase uap menjadi fase cair untuk di proses lagi ke kondensor 2.

Kondensor 2

Laju aliran massa minyak dari condenser 1 adalah adalah $m_u = 0,0039 \text{ kg/s}$ dan laju aliran massa air adalah $m_a = 0,0011 \text{ kg/s}$ maka:

Fluida Kerja	Dalam Pipa	Anulus
Temperatur inlet (T_{in})	40°C	25°C
Temperatur outlet (T_{out})	28°C	
Laju aliran massa (\dot{m})	0,0039 kg/s	0.0011 Kg/s

Laju aliran massa di sisi dalam pipa adalah ($\dot{m} = 0,0039$ kg/s). Sehingga laju perpindahan panas dapat ditentukan dari:

$$Q_c = 0.0011 \frac{Kg}{s} \cdot 4178 \frac{J}{kg} \cdot ^\circ C (28 - 25)^\circ C = 14 \text{ watt}$$

Perpindahan panas yang terjadi dalam kondensor alat pirolisis melibatkan fluida panas dengan suhu tinggi. Fluida ini mengalami perpindahan panas konveksi di dalam bahan pipa dalam dan perpindahan panas konduksi di dalam fluida kerja. Akibatnya, suhu dimana minyak plastik keluar dapat ditentukan:

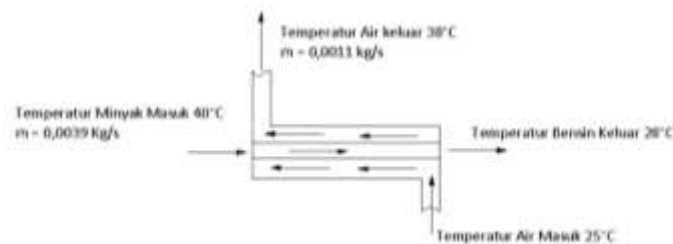
$$T_{hot,out} = \frac{14 \text{ watt}}{0.0011 \frac{Kg}{s} \cdot 4178 \frac{J}{kg} \cdot ^\circ C} - 40^\circ C = 36,6^\circ C$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(40 - 28)^\circ C - (36,6 - 25)^\circ C}{\ln \frac{(40 - 28)^\circ C}{(36,6 - 25)^\circ C}} = 11,8^\circ C$$

Efektivitas kondensor adalah adalah:

$$\eta = \frac{T_{co} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{ci}} \times 100$$

$$\eta = \frac{(36,6 - 25)^\circ C}{(40 - 25)^\circ C} \times 100 = 77,3 \%$$



Gambar 4.22 Skema Analisa kondensor *Counterflow*

Kondensor 2 mengubah minyak mentah menjadi bensin.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan alat penyuling limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) dan PP (*polypropylene*) menjadi bahan bakar minyak) dengan *software solidworks 2020* dapat di ambil kesimpulan bahwa :

1. Dari hasil perhitungan diperoleh spesifikasi alat penyuling limbah plastik yang dirancang sebagai berikut :
 - Dimensi Tabung : \varnothing 300 mm T = 526,5 mm t = 3 mm
 - Dimensi Rangka : P = 158 cm L = 38 cm T = 81 cm
 - Kapasitas Pengolahan : 3 Kg
 - Material Tangki : *Stainless Steel*
2. Minyak yang dihasilkan oleh alat ini selama pembakaran limbah plastik sebanyak 3 kg, mampu menghasilkan minyak dari pengolahan plastik jenis PET sebanyak 0,7 liter yang dilakukan pembakaran selama 4 – 5 jam. Sedangkan pengolahan plastik jenis PP mampu menghasilkan minyak sebanyak 1,2 liter yang dilakukan pembakaran selama 5 – 6 jam.
3. Keunggulan desain dari alat ini daripada desain alat sebelumnya sebagai berikut:
 - 1) Keamanan yang Ditingkatkan: Desain alat pirolisis telah teruji dalam hal keamanan untuk menghindari potensi risiko seperti kebakaran atau pelepasan gas berbahaya.
 - 2) Fleksibilitas: Alat tersebut dapat memproses berbagai jenis bahan baku plastik, sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yang berbeda.
 - 3) Ramah Lingkungan: Alat pirolisis ini didesain untuk meminimalkan emisi polutan dan memiliki dampak lingkungan yang rendah. Ini dapat mencakup pengendalian emisi gas beracun atau berbahaya serta pengelolaan sisa produk pirolisis dengan benar.
 - 4) Keandalan dan Daya Tahan: Alat ini dirancang untuk memiliki masa pakai yang panjang, tahan terhadap korosi, dan perlu sedikit perbaikan atau pemeliharaan yang intensif.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan didapatkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Kapasitas mesin ditingkatkan untuk menunjang produksi pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar cair.
2. Jenis plastik yang digunakan sebagai bahan baku sebaiknya dibuat bervariasi untuk mendapatkan kandungan bahan bakar cair yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, S. B., Mulyadi, S. K., & SH, M. P. 2017. *Penggunaan Limbah Domestik Dalam Pembelajaran Keterampilan Meronce Untuk Menumbuhkan Motivasi Kewirausahaan Pada Kelas 5 Di SD Muhammadiyah 19 Kelayan* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Armadi, B. H., & MESIN, M. T. 2016. *Perancangan, Pembuatan Dan Uji Kinerja Reaktor Pirolisis Plastik Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Minyak* Doctoral dissertation, Tesis, Magister Teknik Mesin, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Basu, P. 2010. *Biomass gasification and pyrolysis: practical design and theory*. Academic press.
- Brown, T. A. 2015. *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford publications.
- Cengel, Y., & Heat, T. M. (2003). *A practical approach*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Donaj, P. J., Kaminsky, W., Buzeto, F., & Yang, W. 2012. Pyrolysis of polyolefins for increasing the yield of monomers' recovery. *Waste management*, 32(5), 840-846.
- Eloper, I. 2016. Mitigasi Dampak Sampah Plastik dan Rekayasa Ekonomi Masyarakat di Kota Madiun. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ermawati, R. 2011. Konversi limbah plastik sebagai sumber energi alternatif. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 5(3), 257-263.
- Gonzalez-Gutierrez, J., P.Partal., M. GarciaMorales., dan Gallegos, C. 2010. Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics. *Bioresource Tecnology*, 101-109.
- Guan, Y., Luo, S., Liu, S., Xiao, B., & Cai, L. 2009. Steam catalytic gasification of municipal solid waste for producing tar-free fuel gas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(23), 9341-9346.
- Hadi, A., Gafur, A., Udiantoro, U., & Mukhlis, M. 2014. Desain instalasi pirolisis limbah pertanian dalam rangka minimalisasi emisi gas rumah kaca dari lahan basah. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Hiola, R., & Lalu, N. A. 2017. Pengolahan Sampah Plastik dengan Metode Penyulingan Sederhana Menjadi Minyak Mentah di Desa Dambalo Kecamatan Tomilito Kabupaten Gorontalo Utara. *Universitas Negeri Gorontalo*, 7.

- Islami, A. P., Sutrisno, S., & Heriyanti, H. 2019. Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar Cair-Premium-like. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, 3(2), 1-6.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. and Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), pp.768-771.
- Frank, K. (1991). Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, terjemahan Arko Prijono. *Penerbit Erlangga, Jakarta*.
- Kumar, S., & Singh, R. K. 2011. Recovery of hydrocarbon liquid from waste high density polyethylene by thermal pyrolysis. *Brazilian journal of chemical engineering*, 28(4), 659-667.
- Kurniawan, A. 2012. Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak. *Artikel. www. selingkar. com*. Diakses pada tanggal 21 Februari 2022 pada pukul 17.49 Wib.
- Landi, T., & Arijanto, A. 2017. Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 1-8.
- Lubis, A., La Ode, M. F., & 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.
- Miftakhul Hadi Aqil, M. 2020. *Analisa Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik PETE* (Doctoral dissertation, Universitas Pancasakti Tegal).
- Mokhtar, A., Jufri, M., & Supriyanto, H. 2019. Perancangan Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Kapasitas 10 Kg. In *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)* (No. 4, pp. 126-133).
- Mujiarto, I., 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Jurnal Traksi Vol.3, No.2, AMNI Semarang*.
- Naimah, S., & Aidha, N. N. 2017. Karakteristik Gas Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik Polietilena (PE) dengan Menggunakan Katalis Residue Catalytic Cracking (RCC). *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 39(1), 31-38.
- Nurhayati. Viridi, Sparisoma. Purba, Anjar. Asmara dan Aina, Zuhra. 2018. Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana untuk Mengolah Limbah Plastik Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar Cair (BBC). *Jurnal Prosiding Snips*.
- Nurminah, M. 2002. Penelitian sifat berbagai bahan kemasan plastik dan kertas serta pengaruhnya terhadap bahan yang dikemas. Digitized by

USU Digital Library. Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

- Obeid, F., Zeaiter, J., Ala'a, H., & Bouhadir, K. 2014. Thermo-catalytic pyrolysis of waste polyethylene bottles in a packed bed reactor with different bed materials and catalysts. *Energy conversion and management*, 85, 1-6.
- OSPAR & UNEP, 2009. Marine Litter Preventing a Sea of Plastic. UNEP and OSPAR Commission.
- Patni, N., Shah, P., Agarwal, S., & Singhal, P. 2013. Alternate strategies for conversion of waste plastic to fuels. *International Scholarly Research Notices*, 2013.
- Plackett, D., Andersen, T.L., Pedersen, W.B. and Nielsen, L., 2003. Biodegradable composites based on L-poly lactide and jute fibres. *Composites science and technology*, 63(9), pp.1287-1296.
- Prihatmoyo, P. E., Dermawan, D., & Bisono, F. 2018. Rancang bangun mesin destilator pengubah limbah plastik menjadi minyak. In *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*. Vol. 2, No. 1, pp. 105-110.
- Priyatna, A. O., Zultiniar, Z., & Saputra, E. 2015. Perengkahan Katalitik Limbah Plastik Jenis Polypropylene (Pp) Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Katalis Zeolit A. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(1).
- Raihan, Raudhatul. 2018. Alat Reaktor. <http://myteknikkimiablogaddress.blogspot.com/2018/01/alat-reaktor.html>, diakses pada tanggal 21 Februari 2022.
- Ramadhan, A., & Ali, M. 2012. Pengolahan sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 44-53.
- Ramdan, Sugie Taofik, 2012. Pembuatan dan Pengujian Reaktor Pirolisa Pada Alat Penghasil Asap Cair dengan Bahan Baku Tempurung Kelapa. Jurusan Teknik Konversi Energi. Politeknik Negeri Bandung.
- Rodiansono, R., Trisunaryanti, W., & Triyono, T. 2007. Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z dan NiMo/Z-Nb2O5 Pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin. *Berkala Ilmiah MIPA*, 17(2), 241321.
- Sabarodin, A., & Dewanto, A. 1998. Pembuatan Minyak Bakar Dari Sampah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Buletin Penalaran Mahasiswa*, 4.
- Senthilkumar, M., Srividhya, V., & Mahalakshmi, D. 2015. Phytochemical screening of bioactive compounds from pleurotus ostreatus (JACQ. FR)

- KUMM.,-An wild edible mushroom. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(5), 1603-1618.
- Sumarni, S., & Purwanti, A. 2008. Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Poliethylene (LDPE). *Jurnal Teknologi*, 1(2), 135-140.
- Surono, U. B. 2013. Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. *Jurnal Teknik*, 3(1), 32-40.
- Wahyuni, I. 2018. Pemanfaatan Sampah Plastik PET Sebagai Bahan Bakar Minyak. Pendidikan Kimia, Universitas Sebelas Maret. Semarang.
- Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., & Rorrer, G. 2004. Dasar-dasar fenomena transport. *Edisi keempat terjemahan. Penerbit Erlangga. Jakarta.*
- Wibowo, A. S. A. 2011. Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomasa Dan Sampah Plastik Polypropylene (Pp).
- Wicaksono, M. A., & Arijanto, A. 2017. Pengolahan sampah plastik jenis PET (Polyethylene terephthalate) menggunakan metode pirolisis menjadi bahan bakar alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 9-15.
- Yusrizal, M. T., & Idris, M. 2016. Pengujian Pirolisis Kayu Dengan Metode Hampa Udara Untuk Memproduksi Bahan Bakar Gas. *Jurnal Inotera*, 1(1), 57-63.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Dan PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak

Nama : Arik Putra Perdana
NPM 1707230007

Dosen Pembimbing : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
----	--------------	----------	-------



UMSU

Agung | Cerdas | Terpercaya

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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631002
<https://fatek.umsu.ac.id> | fatek@umsu.ac.id | [umsumedan](#) | [umsumedan](#) | [umsumedan](#) | [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 197/II.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 01 Maret 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : ARIK PUTRA PERDANA
Npm : 1707230007
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 12 (Dua Belas)
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN ALAT PENYULING LIMBAH PLASTIK PET (POLIETILENA TEREFTALAT) DAN PP (POLIFROPILIAN) MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK .
Pembimbing : H. MUHARNIF ST. M.Sc

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, 11 Syaban 1444 H
02 Maret 2023 M

Dekan



Muhawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : ARIK PUTRA PERDANA
NPM : 1707230007
Fakultas/Prodi : Teknik / Teknik Mesin
Tempat / Tgl. Lahir : Tanjung Balai / 20 Mei 1998
Agama : Islam
Alamat : Jl. H.O.S Cokroaminoto No. 42 – Tanjung Balai Selatan
No. Telp : 0895 6111 60067
E-mail : arikptr@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

- Tahun 2004 – 2010 : SD. Negeri No. 132406 – Tanjung Balai
- Tahun 2010 – 2013 : SMP. Negeri 1 – Tanjung Balai
- Tahun 2013 – 2016 : SMK Negeri 2 – Tanjung Balai

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar

Nama : Arik Putra Perdana

NPM : 1707230007

Judul Tugas Akhir : Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Dan PP (Polypropylene) Menjadi Bahan Bakar Minyak

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I : H. Muharnif, ST, M.Sc		.....
Pemanding – I : M. Yani, ST, MT		.....
Pemanding – II : Khairul Umurani ST, MT		.....
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230091	Fajar Habib Hidayat	.....
2	1907230206	Maman Puungan	.....
3	1907230199	AMRIZAL RAMADHAN	.....
4	1907230135	MUZAKSIR	.....
5	1907230074	Ricky ToSu Firdaus Hutasaif	.....
6	1907230085	Abdul Salim Hasibuan	.....
7	1907230160	ISMAIL ZUNPIDI	.....
8			
9			
10			

Medan, 12 Shafar 1445 H
28 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Arik Putra Perdana
NPM : 1707230007
Judul Tugas Akhir : Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Dan PP (Polypropylene) Menjadi Bahan Bakar Minyak

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Khairul Umurani ST, MT
Dosen Pembimbing – I : H. Muharnif, ST, M.Sc

KEPUTUSAN

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

lihat pada draft skripsi pada bagian yg harus direvisi

- Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

Medan, 12 Shafar 1445 H
28 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



M. Yani, ST, MT

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

Nama : Arik Putra Perdana
NPM : 1707230007
Judul Tugas Akhir : Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Dan PP (Polypropylene) Menjadi Bahan Bakar Minyak

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Khairul Umurani ST, MT
Dosen Pembimbing – I : H. Muharnif, ST, M.Sc

KEPUTUSAN

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

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

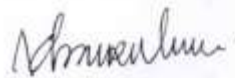
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan, 12 Shafar 1445 H
28 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

Khairul Umurani ST, MT

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Alat Penyuling Limbah Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Dan PP (*Polypropylene*) Menjadi Bahan Bakar Minyak

Nama : Arik Putra Perdana
NPM : 1707230007

Dosen Pembimbing : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Senin 21 Agustus 2023	Perbaikan skema Analisa Kondensar	f
2	Rabu 23 Agustus 2023	Perbaikan Keterangan Reaktor	f
3	Senin 28 Agustus 2023	Perombakan Keterangan perhitungannya Reaktor	f
4	Selasa 29 Agustus 2023	Perbaikan Keterangan Kondensar I	f
5	Kamis 31 Agustus 2023	Perbaikan Perhitungan kondensar I	f
6	Senin 4 September 2023	Pembetulan Keterangan Kondensar II	f
7	Rabu 6 September 2023	Perbaikan Perhitungan kondensar II	f
8	Kamis 7 September 2023	ACC Skema	f