

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN ZAT ADITIF CARBON CLEANER PADA BAHAN BAKAR ALTERNATIF DARI PLASTIK PVC TERHADAP KARAKTERISTIKNYA**

*Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**RAIHAN ADRIAN**  
**2107230050**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2025**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama lengkap : Raihan Adrian  
NPM : 2107230050  
Tempat / Tanggal lahir : Medan, 27 November 2003  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

### **“ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN ZAT ADITIF CARBON CLEANER PADA BAHAN BAKAR ALTERNATIF DARI PLASTIK PVC TERHADAP KARAKTERISTIKNYA”**

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 hakikatnya bukan merupakan karya tulis 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 / keserjanaan 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, 16 September 2025



Raihan Adrian

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

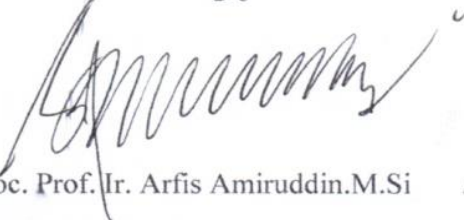
Nama : Raihan adrian  
NPM : 2107230050  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisis pengaruh penggunaan zat aditif Carbon Cleaner pada bahan bakar alternatif dari plastic PVC terhadap karakteristiknya  
Bidang Ilmu : Konversi Energi

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

Medan, September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Assoc. Prof. Ir. Arfis Amiruddin.M.Si

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

Dosen Penguji III



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

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua



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

## ABSTRAK

Plastik PVC atau *Poly Vinyl Chloride* merupakan salah satu bahan material plastik yang banyak digunakan untuk pembuatan pipa plastic karena bahannya yg kuat dan awet. Dikutip dari laman internasional Kompas bahwa berdasarkan data dari sciencemag, jumlah produksi sampah plastik global sejak 1950 hingga 2015 cenderung selalu menunjukkan peningkatan. Maka dari itu perlu adanya penanganan untuk mengurangi limbah tersebut salah satunya adalah dengan mengaplikasikan limbah plastik menjadi salah satu bahan bakar alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi zat aditif *carbon cleaner* bila dicampur plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) sebagai campuran bahan bakar alternatif melalui pengujian viskositas, dan densitas. Analisis karakteristik bahan bakar menggunakan alat *viskosimeter*, dan *density meter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa viskositas minyak plastik PVC pada Variasi campuran 10% zat aditif dengan 100ml bahan bakar alternatif dari PVC adalah 1,94 mm<sup>2</sup>/s dan pada Variasi 20% zat aditif dengan bahan bakar alternatif 20% adalah 2,03 mm<sup>2</sup>/s. Densitas minyak pada Variasi campuran 10% zat aditif dengan 100ml bahan bakar alternatif dari PVC adalah 800 kg/m<sup>3</sup> dan pada Variasi campuran 20% zat aditif dengan 100ml bahan bakar alternatif dari PVC adalah 802 kg/m<sup>3</sup>. Data hasil pengujian laboratorium ini menunjukkan bahwa karakteristik minyak plastik PVC mendekati spesifikasi bahan bakar solar untuk viskositas, serta densitas

Kata Kunci : Plastik PVC, Bahan bakar alternatif, Zat aditif *carbon cleaner*, Viskositas, dan Densitas.

## **ABSTRACT**

*PVC plastic or Poly Vinyl Chloride is one of the plastic materials that is widely used for making plastic pipes because the material is strong and durable. Quoted from the international page of Kompas that based on data from scieneMag, the amount of global plastic waste production from 1950 to 2015 tends to always show an increase. Therefore, there needs to be a handling to reduce this waste, one of which is by applying plastic waste to an alternative fuel. This study aims to analyze the potential of carbon cleaner additives when mixed with PVC plastic (Poly vinyl chloride) as an alternative fuel mixture through viscosity and density testing. Analysis of fuel characteristics using a viscometer and density meter. The results showed that the viscosity of PVC plastic oil in a 10% additive mixture variation with 100ml of alternative fuel from PVC was 1.94 mm<sup>2</sup>/s and in a 20% additive variation with 20% alternative fuel was 2.03 mm<sup>2</sup>/s. The density of oil in the variation of a mixture of 10% additive with 100ml of alternative fuel from PVC is 800 kg/m<sup>3</sup> and in the variation of a mixture of 20% additive with 100ml of alternative fuel from PVC is 802 kg/m<sup>3</sup>. The data from the results of this laboratory test show that the characteristics of PVC plastic oil are close to the specifications of diesel fuel for viscosity, as well as density.*

*Keywords: PVC plastic, alternative fuel, carbon cleaner additive, viscosity, and density.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN ZAT ADITIF CARBON CLEANER DENGAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF DARI PLASTIK PVC TERHADAP KARAKTERISTIKNYA” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra Amirsyah Siregar S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal, S.T, M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah membantu penulis dalam proses administrasi selama proses perkuliahan.
7. Orang tua penulis Ridwan Husen dan Rossilawati, yang selalu memberikan doa serta dukungan yang tiada henti kepada penulis demi kesuksesan serta keberhasilan penulis dalam perkuliahan.
8. Rekan kerja AHASS JOHOR SERVIS yang selalu memberi dukungan dan doa yang terbaik
9. Teman penulis Dimas, Rama, Fathur, Dicky, Azim, Dan adinda yang saya sayangi Mellyani juliana yang selalu memberikan doa serta dukungan kepada penulis
10. Teman- teman Teknik Mesin A3 Malam Stambuk 2021.
11. Teman- teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2021.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis dengan senang hati dan penuh lapang dada menerima kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, September 2025



RAIHAN ADRIAN

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Plastik	5
2.2 Jenis-jenis Plastik	5
2.2.1 PET/PETE ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> )	8
2.2.2 HDPE ( <i>High Density Polyethylene</i> )	8
2.2.3 V/PVC ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	10
2.2.4 LDPE ( <i>Low Density Polyethylene</i> )	10
2.2.5 PP ( <i>Polypropylene</i> )	11
2.2.6 PS ( <i>Polystyrene</i> )	11
2.2.7 <i>Other</i>	11
2.3 Sifat Termal Plastik	12
2.4 Pirolisis	13
2.4.1 Perengkahan Hidro	14
2.4.2 Perengkahan Panas	14
2.4.3 Perengkahan Katalitik	15
2.5 Jenis-jenis Pirolisis	15
2.6 Proses Pirolisis	16



2.7	Bahan Bakar	17
2.7.1	Bensin	17
2.7.2	Minyak Tanah	17
2.7.3	Solar	17
2.8	Plastik PVC sebagai Sumber Bahan Bakar	18
2.9	Zat Aditif	19
2.10	Karakteristik Bahan Bakar	20
2.10.1	Viskositas	20
2.10.2	Densitas	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		<b>24</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.1.1	Tempat Penelitian	24
3.1.2	Waktu Penelitian	24
3.2	Bahan dan Alat	24
3.2.1	Bahan Penelitian	25
3.2.2	Alat Penelitian	26
3.3	Diagram Alir	29
3.4	Rancangan Alat Penelitian	30
3.5	Prosedur Penelitian	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>33</b>
4.1	Hasil Penelitian	33
4.1.1	Perhitungan, Viscositas, dan Densitas secara Teoritis	33
4.2	Nilai Viskositas, dan Densitas	37
4.2.1	Berdasarkan Pengujian Laboratorium	37
4.2.2	Berdasarkan Pengujian Teoritis	37
4.2.3	Berdasarkan Referensi	37
4.3	Analisis Data	38
4.3.1	Nilai Viskositas	38
4.3.2	Nilai Densitas	38
4.4	Grafik Perbandingan Nilai	38

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>40</b>
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN 1 HASIL PENGUJIAN</b>	
<b>LAMPIRAN 2 VISKOSITAS DINAMIS</b>	
<b>LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI CARBON CLEANER</b>	
<b>LAMPIRAN 4 SK PEMBIMBING</b>	
<b>LAMPIRAN 5 BERITA ACARA</b>	
<b>LAMPIRAN 6 DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nomor Label, Jenis dan Penggunaan Plastik	6
Tabel 2.2 Jenis dan Ciri-ciri Plastik	6
Tabel 2.3 Sifat-sifat Fisik dari berbagai Jenis Plastik	9
Tabel 2.4 Nilai Kalor beberapa Jenis Plastik dan Bahan Bakar	9
Tabel 2.5 Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik	13
Tabel 2.6 Karakteristik Bahan Bakar	19
Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian	24
Tabel 4.1 Variasi Zat Aditif	33
Tabel 4.2 Data Pengujian Laboratorium Politeknik Medan	37
Tabel 4.3 Data Perhitungan secara Teoritis	37
Tabel 4.3 Data dari Referensi	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Berbagai Macam Kode Plastik	6
Gambar 2.2	Nomor Kode Plastik 1	8
Gambar 2.3	Nomor Kode Plastik 2	8
Gambar 2.4	Nomor Kode Plastik 3	10
Gambar 2.5	Nomor Kode Plastik 4	10
Gambar 2.6	Nomor Kode Plastik 5	11
Gambar 2.7	Nomor Kode Plastik 6	11
Gambar 2.8	Nomor Kode Plastik 7	12
Gambar 2.9	Mesin Pirolisis	14
Gambar 2.10	Temperatur Didih Minyak	18
Gambar 2.11	Carbon Cleaner	20
Gambar 3.1	Plastik PVC	25
Gambar 3.2	Minyak Hasil Pirolisis Plastik PVC	25
Gambar 3.3	Botol Kaca	26
Gambar 3.4	Gelas Ukur	26
Gambar 3.5	Neraca Digital	27
Gambar 3.6	Mesin pirolisis	27
Gambar 3.7	Viskometer	27
Gambar 3.8	<i>Density</i> Meter	28
Gambar 3.9	Diagram Alir	29
Gambar 3.10	Skema Alat Viskositas Dan Densitas	30
Gambar 3.11	Penelitian	31
Gambar 4.1	Hasil Pengujian	33
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Nilai	39

## DAFTAR NOTASI

$\rho$	: Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
$m$	: Massa (kg)
$v$	: Volume ( $\text{m}^3$ )
$\mu$	: Kekentalan dinamis (Pa)
$\rho$	: Massa jenis $\text{kg/m}^3$
$m$	: Massa benda (g)
$v$	: Volume benda $\text{m}^3$

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia kendaraan bermotor sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat karena dianggap lebih irit dan efisien. Menurut badan pusat statistic (BPS) data terbaru pada tahun 2022 kendaraan bermotor di Indonesia menyentuh angka sebanyak 125.267.349 unit. Dengan banyaknya kendaraan bermotor yang digunakan oleh masyarakat Indonesia pastinya kebutuhan bahan bakar akan semakin meningkat juga. Pada saat yang sama semakin berkurangnya persediaan bahan bakar minyak (BBM) merupakan bahan bakar fosil di alam yang termasuk bahan bakar tak terbarukan. Penggunaan bahan bakar alternatif menjadi sangat penting dan tidak bisa dihindari lagi apabila tidak mau krisis energi besar.

Sampah plastik adalah salah satu bahan bakar alternatif yang disebut-sebut sebagai solusi krisis energi. Menurut Isma dalam Pratama & Rizky (2020), sampah plastik yang berdampak buruk bagi manusia memiliki karakteristik yang dapat di jadikan sebagai alternatif bahan bakar minyak. Mengkonversi sampah plastik menjadi minyak adalah salah satunya. Inovasi ini dapat dilakukan karena plastik pada dasarnya berasal dari minyak bumi, sehingga hanya perlu dimurnikan lagi ke bentuk semula. Plastik memiliki nilai kalor cukup tinggi yang setara dengan bahan bakar fosil seperti solar dan bensin. Namun *Polyvinyl chloride* (PVC) memiliki nilai kalor yang rendah itu sebab nya dibutuhkan zat aditif untuk meningkatkan karakteristiknya.

PVC (*Polyvinyl Chloride*) merupakan resin yang liat dan keras yang tidak terpengaruh oleh zat kimia lain. Sifat dari PVC ini sendiri adalah keras, kaku, dapat bersatu dengan pelarut, memiliki titik leleh 70°-140° C. Kegunaan dalam kehidupan adalah sebagai pipa plastik (paralon), peralatan kelistrikan, dashboard mobil, atap bangunan dan lain-lain.

Pirolisis adalah salah satu proses untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar cair yang dianggap paling menjanjikan. Pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan polimer seperti plastik atau bahan organik seperti biomassa dengan pemanasan tanpa atau sedikit oksigen di dalam. Proses ini biasanya terjadi pada suhu 250-300°C. Jenis plastik yang digunakan sebagai

umpan dalam proses pirolisis memiliki koneksi langsung pada kualitas bahan bakar yang muncul seperti distribusi atom karbon, flash poin, angka oktan, angka setana dan pour poin. Setiap jenis plastik memiliki strukturnya masing-masing mekanisme dan 2 reaksi kimia yang berbeda (Syamsiro, 2015). Bahan bakar sampah plastik polipropilene cair ini diuji menggunakan octane meter untuk mengetahui nilai angka oktannya. Angka oktan adalah angka menunjukkan seberapa tinggi tekanan maksimum yang dapat diberikan didalam mesin sebelum Bahan bakar terbakar secara spontan. Nilai angka oktan adalah nilai yang menunjukkan sifatnya anti ledakan (detonasi). Dengan kata lain, Semakin tinggi nilai oktan, semakin baik mengurangi risiko denotasi (knocking) (Maridjo dkk, 2019).

Bahan bakar alternatif dari plastic PVC memiliki karakteristik di bawah standar bahan bakar jadi untuk mencapai standar karakteristik bahan bakar, bahan bakar plastic memerlukan tambahan zat aditif . Zat aditif yang digunakan Adalah *poly ether amine* (PEA).Menambahkan zat aditif adalah salah satu upaya untuk meningkatkan nilai angka oktan pada bahan bakar sampah plastik. Salah satu jenis zat aditif yang pernah di uji adalah Petrol Cleaner atau Carbon Cleaner. Menurut hasil penelitian Pratama & Rizky (2020) menggunakan zat aditif octan booster sebagai campurannya dengan memperoleh nilai oktan sebesar 93,3 untuk campuran bahan bakar polypropylene (BBPP) + octan booster dengan perbandingan campuran bahan bakar polypropylene (BBPP) 90% + octan booster 10% dan nilai oktan sebesar 93,1 untuk campuran bahan bakar polypropylene (BBPP) + octan booster dengan perbandingan campuran bahan bakar polypropylene (BBPP) 85% + octan booster 15%. Dari hasil penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai oktan bahan bakar maka semakin baik pula bahan bakar tersebut mengurangi risiko detonasi.

Zat aditif merupakan bahan yang ditambahkan pada bahan bakar kendaraan bermotor, baik mesin bensin maupun mesin diesel. Selain itu zat aditif juga digunakan untuk memberikan peningkatan sifat dasar tertentu yang telah dimilikinya seperti aditif anti knocking dan peningkatan angka oktan untuk bahan bakar mesin bensin (Saputra et.al., 2013). Evaluasi yang dilakukan pada mesin diesel menunjukkan pengaruh penggunaan zat aditif pada bahan bakar yang

berupa kombinasi antara bahan bakar diesel dengan bahan bakar beroksigen (etanol, dimetil karbonat dan dimetoksi metana) terhadap peningkatan angka cetana dan emisi gas buang yang dihasilkan (Lu, 2005). Pada penelitian ini zat aditif yang digunakan merupakan zat aditif Octane Booster (OB) berbentuk cair yang memiliki fungsi menghilangkan knocking, mencegah terhentak-hentak, mengembalikan tenaga yang hilang, memulihkan kinerja mesin, menaikkan angka oktan, membersihkan ruang bakar, larut dengan sempurna dan tidak membuat kerak (Firdaus dan Ma'arif, 2016) (Sitorus, 2009)

Karakteristik suatu cairan hasil pirolisis yang akan dipakai untuk bahan bakar menentukan dalam golongan apa suatu cairan tersebut. Dan untuk menentukan karakteristiknya maka hasil cair pirolisis dianalisa tentang nilai viskositas, dan densitas. Perolehan hasil pirolisis tergantung pada persen konversi yang dipengaruhi oleh suhu. Persen konversi merupakan pengukuran banyaknya produk liquid dan gas yang terbentuk pada berbagai temperatur, dimana persen konversi digunakan untuk memperlihatkan perbedaan jumlah produk yang terkonversi pada berbagai temperatur.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana karakteristik bahan bakar alternatif dari plastik dari PVC jika dicampur dengan zat aditif carbon cleaner?
2. Bagaimana bahan bakar alternatif dari plastic PVC menjadi bahan bakar alternatif yang direkomendasikan ?

## 1.3 Ruang Lingkup

1. Bahan baku Plastic jenis PVC
2. Bahan bakar alternatif dari plastic pvc hasil pirolisis
3. Zat aditif carbon cleaner variasi 10% , dan 20%
4. Karakteristik bahan bakar plastic meliputi viskositas, dan densitas

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



- Untuk Melakukan Analisis pengaruh zat aditif carbon cleaner terhadap karakteristik bahan bakar alternatif plastik PVC.
- Untuk Mempertimbangkan penggunaan zat aditif carbon cleaner terhadap bahan bakar alternatif plastik PVC.
- Untuk Merekomendasikan penggunaan zat aditif carbon cleaner terhadap bahan bakar alternatif dari plastik PVC.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ditinjau dari aspek teoritis dan aspek praktis adalah sebagai berikut:

#### 1. Manfaat teoritis

- Memberikan Gambaran tentang pengaruh zat aditif carbon cleaner terhadap bahan bakar alternatif dari pvc.
- Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk peneliti lain mengenai pengaruh zat aditif carbon cleaner terhadap bahan bakar alternatif dari plastic pvc

#### 2. Manfaat praktis

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak yang telah membantu proses penelitian ini.

- Bagi Mahasiswa

Memberikan manfaat agar mahasiswa mengetahui pengaruh zat aditif carbon cleaner terhadap bahan bakar plastic dari pvc.

- Bagi Dosen

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pedoman dalam memilih model atau metode pembelajaran agar dosen dapat memahami factor yang mempengaruhi zat aditif carbon cleaner pada bahan bakar plastic.

- Bagi Kampus

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam memperbaiki pembelajaran yang diterapkan dikampus agar hasil pembelajaran optimal.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Plastik**

Plastik pertama kali dikenalkan di negara London pada tahun 1862 oleh Alexander Parkes. Seorang ahli kimia bernama Leo Baekeland berhasil mengembangkan plastik pada tahun 1907 di New York hingga sekarang. Plastik mempunyai banyak kelebihan diantaranya ringan, kuat, mudah dibentuk, tahan terhadap bahan kimia, tidak berkarat, dan lebih ekonomis dibandingkan bahan lainnya. Karakter seperti ini yang menyebabkan pengguna plastik semakin banyak dan sampah plastik di dunia akan meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2005 penggunaan plastik dapat diperkirakan mencapai 220 juta ton, dan akan semakin bertambah. Sejak tahun 1950, jumlah produksi plastik di seluruh dunia menyentuh angka 8,3 miliar ton plastik, tetapi hanya 9% plastik yang dapat dilakukan daur ulang atau setara dengan 747 juta ton (Indrabulan et al., 2022).

Plastik juga bisa menjadi lunak ataupun meleleh ketika dipanaskan, dan setelah itu plastik akan mudah dibentuk-bentuk, setelah dibentuk plastik dapat mengeras kembali jika plastik sudah dingin. Kemampuan thermoplastik ini yang membuat plastik dapat digunakan dalam berbagai produk seperti lensa kaca mata, botol shampo, wadah penyimpanan makanan, botol minum, dan produk lainnya, hal ini lah yang mengakibatkan banyaknya thermoplastik yang dibuang ke tempat pembuangan sampah karena tidak digunakan kembali (Krishnan & Araimi, 2021).

#### **2.2 Jenis-Jenis Plastik**

Plastik dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan thermosetting. Thermoplastik adalah suatu bahan plastik yang jika diberikan panas sampai temperatur tertentu, maka akan menjadi cair dan dapat dibentuk sesuai keinginan. Thermosetting ialah suatu plastik yang jika sudah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat mencair kembali dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat dari kedua kelompok plastik tersebut, maka thermoplastik adalah jenis plastik yang dapat didaur ulang atau 3R, (*reduce*) yang berarti mengurangi sampah, (*reuse*) yang berarti menggunakan kembali, dan (*recycle*) yang berarti

daur ulang (Landi & Arijanto, 2017).



Gambar 2.1 Berbagai Macam Kode Plastik (Landi & Arijanto, 2017)

Tabel 2.1. Nomor Label, Jenis dan Penggunaan Plastik (Landi & Arijanto, 2017)

Nomor Label	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET/PETE ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> )	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, cup jus, botol sambal, botol obat dan botol kosmetik.
2	HDPE/PE-HD ( <i>High Density Polyethylene</i> )	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik.
3	PVC/V ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan anak, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE/PE-LD ( <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, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam.
7	Other (O)	Botol susu bayi, plastik kemasan, galon air minum, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego.

Adapun informasi mengenai jenis-jenis plastik dan karakteristiknya yang telah dikumpulkan oleh (Indrabulan et al., 2022) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Jenis dan Ciri-ciri Plastik (Indrabulan et al., 2022)

Jenis Plastik	Jenis Plastik	Ciri-cirinya	Contoh Produk
PET, PETE ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> )	1	1. Tidak berwarna, transparan, jernih. 2. Bahannya keras tetapi fleksibel.	Botol minuman air mineral, botol minuman lainnya, botol minyak goreng, botol kecap, botol sambal, botol obat, botol madu, dan lain- lain.

HDPE ( <i>High density polyethylene</i> )	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Berwarna</li> <li>2. Tampak seperti berkilin dipermukaan luar</li> <li>3. Bahannya lebih keras dan kasar</li> </ol>	Botol susu cair, botol jus, wadah es krim, botol obat, botol shampoo, botol sabun, botol oli, botol pembersih toilet, botol kosmetik, tutup botol, dan lain-lain.
PVC ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Berwarna.</li> <li>5. Bahannya keras dan kasar.</li> </ol>	Pipa, isolasi kabel listrik dan telpon, sol sepatu, sepatu boot, container mini, bagian-bagian dari produk elektrik dan elektronika, komponen mobil.
LDPE ( <i>Low Density Polyethylene</i> )	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Berwarna atau putih tetapi tidak tembus cahaya.</li> <li>2. Bahannya lunak dan fleksibel.</li> </ol>	Kantong kresek, plastik tipis, dan tali rafia.
PP ( <i>Polypropylene</i> )	5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terlihat transparan tapi tidak jernih atau terlihat seperti berwarna.</li> <li>2. Bentuknya keras tetapi lebih fleksibel</li> </ol>	Kemasan makanan, tempat obat, botol susu, sedotan, dan lain-lain.
PS ( <i>Polystyrene</i> )	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terdapat dua jenis PS yaitu yang kaku dan yang lunak. Yang kaku, bentuknya biasanya jernih seperti kaca, serta mudah dibentuk sedangkan yang lunak berbentuk seperti busa, biasanya berwarna putih dan lunak.</li> </ol>	Styrofoam, wadah makanan dan minuman sekali pakai, wadah tempat CD.
<i>Other</i>	7	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bening atau berwarna tetapi tembus cahaya.</li> <li>2. Bersifat keras dan sedikit kasar.</li> </ol>	Galon air minum, botol susu, dan peralatan makan bayi.

### 2.2.1 PET/PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

PET/PETE (*Polyethylene Terephthalate*) adalah jenis plastik yang hanya bisa digunakan satu kali pakai. Plastik jenis ini tidak disarankan untuk dapat digunakan berkali-kali, dan pada umumnya akan berlogo daur ulang 1.



Gambar 2.2 Nomor Kode Plastik 1 (Landi & Arijanto, 2017)

### 2.2.2 HDPE (*High Density Polyethylene*)

Plastik HDPE merupakan plastik yang terbuat dari nafta, nafta merupakan unsur dari minyak bumi dan di dapatkan dengan proses distilasi. Kelebihan dari plastik HDPE mempunyai struktur lebih tebal, lebih kuat, fleksibel, tidak gampang pecah dan juga tahan akan panas. Dari beberapa kelebihan plastik jenis HDPE ini dapat menimbulkan permasalahan karena plastik HDPE sulit diurai oleh alam sehingga dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan, maka perlu melakukan pengolahan limbah plastik yang dapat kembali dimanfaatkan (Iskandaret al., 2021).



Gambar 2.3 Nomor Kode Plastik 2 (Landi & Arijanto, 2017)

Jenis polietilen termoplastik yang memiliki kode daur ulang 2 yaitu HDPE mempunyai densitas cukup tinggi serta memiliki struktur molekul yang tidak berdekatan atau jarang-jarang sehingga membuat plastik HDPE tersebut menjadi lebih keras dan padat (Damayanti et al., 2023). Plastik HPDE juga memiliki titik lebur yang tidak begitu tinggi yaitu 130°C, hal ini dapat dilakukan dengan mudah

untuk melelehkan plastik jenis HDPE. Hal ini tidak membutuhkan temperatur yang tinggi untuk dapat menguapkan plastik jenis HDPE (Kathiravan, Nasrulla, & G. Saravanan, 2018) dapat dilihat pada tabel 2.3 Plastik jenis HDPE juga memiliki nilai kalor yang tinggi dibandingkan dengan polistiren dan dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini. Pada riset ini akan menggunakan plastik jenis HDPE untuk menghasilkan bahan bakar alternatif.

Tabel 2.3. Sifat-sifat Fisik Dari Berbagai Jenis Plastik(Kathiravan, Nasrulla, & Saravanan, 2018)

Jenis Plastik	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Melting Point (°C)	Tensile Strength (PSI)	Water Absorption (%)
HDPE	0.95	130	4500	0.01
LDPE	0.92	120	1700	0.01
PP	0.94	160	5000	0.01-0.03
PS	1.05	240	6671-8702	0.03-0.1

Adapun berbagai macam jenis plastik diantaranya polietilen (PE), polipropilen (PP) serta polistiren (PS) yang memiliki nilai kalor mendekati BBM dari minyak bumi seperti minyak tanah, solar serta minyak berat (pelumas). Hal ini yang membuat limbah plastik dapat dikonversi menjadi bahan bakar alternatif dengan menggunakan metode pirolisis. Dari banyaknya metode degradasi termal yang sudah berhasil dilakukan pengembangan oleh berbagai peneliti maka terdapat tiga macam metode yang sudah berhasil dikembangkan para peneliti yaitu metode *Hydro Cracking*, *Thermal Cracking*, dan *Catalytic Cracking* (Syamsiro, 2015).

Tabel 2.4. Nilai Kalor Beberapa Jenis Plastik dan Bahan Bakar (Syamsiro, 2015)

Jenis Minyak	Nilai Kalor (MJ/kg <sup>-1</sup> )
Polietilen	43.3-46.5
Polipropilen	46.50
Polistiren	41.90
Minyak tanah	46.50
Solar	45.20
Minyak berat	42.50
Minyak bumi	42.30

### 2.2.3 PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) yang ini sering juga disebut dengan “plastik beracun” karena terbuat dari plastik *polyvinyl chloride* dan mengandung berbagai macam bahan kimia beracun yang dapat larut dan berbahaya bagi kesehatan. Plastik ini berlogo daur ulang 3, jenis plastik ini perlu dihindari untuk suatu kemasan makanan dan minuman.



Gambar 2.4 Nomor Kode Plastik 3 (Landi & Arijanto, 2017)

### 2.2.4 LDPE (*Low Density Polyethylene*)

LDPE (*Low Density Polyethylene*) adalah jenis plastik yang bersifat elastis, plastik ini memiliki daya tahan yang lama serta dapat digunakan untuk berulang kali. Barang berbahan LDPE ini sulit dihancurkan, tetapi tetap baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini. Plastik jenis LDPE mudah ditemukan seperti kantong plastik (kresek), tas belanja, hingga bungkus makanan lainnya. Plastik LDPE ini berlogo daur ulang 4.



Gambar 2.5 Nomor Kode Plastik 4 (Landi & Arijanto, 2017)

### 2.2.5 PP (*Polypropylene*)

PP (*Polypropylene*) memiliki simbol daur ulang 5, plastik ini digunakan untuk tempat makanan maupun minuman karena terbuat dari *polypropylene* yang sangat kuat dan cukup aman jika digunakan.



Gambar 2.6 Nomor Kode Plastik 5 (Landi & Arijanto, 2017)

### 2.2.6 PS (*Polystyrene*)

PS (*Polystyrene*) adalah jenis plastik yang memiliki logo daur ulang 6. Plastik ini banyak digunakan sebagai tempat makan seperti styrofoam yang digunakan sebagai tempat telur, sendok atau garpu plastik, foam packingan hingga diperuntukan sebagai bahan bangunan.



Gambar 2.7 Nomor Kode Plastik 6 (Landi & Arijanto, 2017)

### 2.2.7 *Other*

Penggunaan plastik jenis *other* yang berlogo daur ulang 7, plastik ini adalah plastik yang sangat berbahaya karena bisa menghasilkan racun sehingga tidak baik digunakan untuk kemasan makanan ataupun minuman. Simbol ini biasanya digunakan pada plastik untuk botol minum bayi, botol minum olahraga, kotak VCD, galon air dan *case smartphone*.





Gambar 2.8 Nomor Kode Plastik 7 (Landi & Arijanto, 2017)

### 2.3 Pirolisis

Pirolisis berasal dari bahasa Pyro yang artinya api (*fire*) dan Lyo yang artinya pelepasan (*loosening*) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik seperti limbah plastik. Jadi proses pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik atau limbah plastik pada temperatur yang tinggi dan akan terurai menjadi molekul- molekul yang sangat kecil.

Pirolisis adalah suatu bentuk *incineration* (pembakaran) yang dapat menguraikan bahan organik seperti limbah plastik secara kimia melalui proses pirolisis yang pada prosesnya suatu reaktor akan dipanaskan dengan kompor gas LPG (*Licuiified Petroleum Gas*) (Arjal & Rafidah, 2020). Pirolisis adalah proses degradasi termal dari bahan yang berjenis polimer yaitu plastik, serta material organik lainnya yang prosesnya dilakukan dengan menggunakan pemanasan, proses pirolisis ini juga tidak menggunakan oksigen 1% pun (Syamsiro, 2015). Proses pirolisis akan memecahkan senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek agar menjadi bahan bakar alternatif (Iswadi et al., 2017).

Perubahan temperatur pirolisis memiliki dampak yang sangat nyata terhadap hasil dari proses pirolisis. Ketika temperatur pirolisis meningkat tinggi maka pengurangan massa spesimen juga semakin banyak berkurang. Sebaliknya, ketika temperatur pirolisis menurun rendah maka pengurangan massa spesimen juga menjadi lebih lama berkurang. Namun jika temperatur pirolisis rendah, tetapi perubahan massa spesimen dalam pirolisis ini juga masih terbilang cukup cepat (Wijayanti et al., 2013).



Gambar 2.9 Mesin Pirolisis di laboratorium UMSU

### 2.3.1 Perengkahan Hidro (*Hydro Cracking*)

*Hydro cracking* atau disebut sebagai perengkahan hidro adalah suatu proses yang memiliki dua tahap untuk menggabungkan *catalytic cracking* dan hidrogenasi, dimana bahan baku seperti limbah plastik akan terpecahkan dengan adanya hidrogen untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Hal ini bertujuan untuk mengkonversi gas oil yang bernilai rendah menjadi produk yang lebih berharga seperti nafta, diesel, gas, dan lain-lain. Proses ini menggunakan tekanan tinggi, suhu tinggi, katalis, dan *hydrogen* (Sari, 2019).

### 2.3.2 Perengkahan Panas (*Thermal Cracking*)

*Thermal cracking* adalah suatu proses perengkahan menggunakan panas untuk memecahkan rantai hidrokarbon dari senyawa rantai panjang menjadi hidrokarbon dengan rantai yang lebih kecil dengan bantuan panas. Suatu proses perengkahan termal bertujuan untuk mendapatkan fraksi minyak bumi. Dari proses ini akan menghasilkan gas, gasoline, nafta, diesel, dan residu. *Thermal cracking* atau pirolisis, melibatkan degradasi bahan polimerik dengan pemanasan tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada suhu antara 300°C sampai dengan 900°C dan akan menghasilkan pembentukan arang berkarbonisasi (residu padat) dan fraksi yang mudah menguap yang dapat dipisahkan menjadi minyak hidrokarbon kental (Sari, 2019).

### 2.3.3 Perengkahan Katalitik (*Catalytic Cracking*)

Perengkahan dengan cara ini memerlukan bahan katalis untuk melakukan reaksi pemutusan rantai hidrokarbon molekul besar menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Suhu yang digunakan juga lebih rendah sehingga reaksi perengkahan membutuhkan energi yang lebih rendah dan tingkat konversi yang lebih tinggi. Penambahan katalis pada proses cracking juga dapat mempercepat proses reaksi pemutusan rantai hidrokarbon sehingga terbentuk fraksi-fraksi minyak bumi (Sari, 2019).

## 2.4 Jenis-jenis Pirolisis

Proses pirolisis ini paling sering dilakukan dengan menggunakan bahan dari organik seperti limbah plastik dan lainnya. Proses pirolisis dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

- a) Proses pirolisis lambat / *slow pyrolysis* adalah proses pirolisis dengan melakukan pemanasan lebih kurang 5 sampai 7 jam. Proses pirolisis yang dilakukan ini akan menghasilkan sedikit cairan dibandingkan dengan gas dan juga arang, gas dan arang akan lebih banyak dari pada cairan (Ridhuan et al., 2019).
- b) Proses pirolisis cepat / *fast pyrolysis* adalah proses pirolisis dengan waktu pemanasan lebih kurang 0,5-2 detik, dengan menggunakan temperatur yang berkisar antara 400°C sampai dengan 600°C serta pada proses akhir pemadamannya akan lebih cepat. Pemadaman ini harus dilakukan guna mendapatkan molekul yang tinggi sebelum terkonversi menjadi senyawa gas yang mempunyai berat molekul rendah. Hal ini akan menghasilkan suatu minyak dari hasil proses pirolisis sekitar 75% lebih banyak dari pada proses pirolisis konvensional (Ridhuan et al., 2019).
- c) Proses pirolisis kilat / *flash pyrolysis* adalah proses pirolisis yang hanya berjalan beberapa detik dan tentunya dipanaskan dengan temperatur yang begitu tinggi dibandingkan dengan pirolisis cepat. Proses pirolisis kilat pada biomassa yang menggunakan pemanas cepat serta menggunakan pecahan- pecahan yang kecil berukuran 105 - 250 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) (Ridhuan et al., 2019).

## 2.5 Proses Pirolisis

Proses pirolisis adalah proses dekomposisi yang menggunakan bahan baku dari jenis plastik dengan melakukan pembakaran di dalam tabung reaktor tanpa menggunakan oksigen ataupun udara. Dimana struktur kimia dari bahan baku yang digunakan akan terpecah pada temperatur titik lebur plastik lalu akan menjadi bentuk gas (Ridhuan et al., 2019).

Dalam proses pirolisis ini bahan organik akan dipanaskan dengan temperatur berkisar 300°C sampai dengan 600°C untuk mendorong pemecahan termalnya, hal ini bertujuan agar menghasilkan suatu produk yang berupa cairan. Uap gas yang dihasilkan dari pembakaran limbah plastik di dalam reaktor akan menuju saluran pipa kondesor, lalu uap akan terkondensasi menjadi cair. (Kathiravan, Nasrulla, & G. Saravanan, 2018).

Proses pirolisis juga merupakan proses yang melibatkan pemanasan suatu material biomasa yang akan dikonversi menjadi cairan (*bio-oil*) dalam suatu reaktor tanpa adanya oksigen yang masuk ke dalam reaktor. Panas yang diberikan yaitu mulai dari temperatur 200°C sampai dengan temperatur 1000°C. Temperatur adalah faktor yang berpengaruh pada hasil pirolisis. Biasanya temperatur yang sering digunakan yaitu berkisar 300°C sampai 600°C.

Proses pirolisis dilanjutkan dengan mendestilasi hasil dari pirolisis awal, proses destilasi ini mampu memisahkan beberapa komponen (fraksi) cair yang terdapat pada hasil pirolisi awal berdasarkan perbedaan titik didih nya. Destilasi adalah suatu proses pemurnian dari senyawa cair dengan cara memanaskan cairan tersebut hingga mencapai temperatur titik didih yang di inginkan, kemudian cairan tersebut akan menguap dan mengembunkan menjadi minyak murni (Characteristics et al., 2023). Jika temperatur yang digunakan terlalu tinggi, dan durasi pemanasan terlalu lama, maka reaksi yang akan terjadi menghasilkan lebih banyak gas seperti CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>, yang sulit dikondensasi dan dapat mengurangi jumlah minyak yang dihasilkan (Setiawan, R., Dharma, U. S., Andriyansyah, N., Irawan, D., & Yanto, 2020).

Teknologi pirolisis ini sudah begitu lama dikembangkan oleh para peneliti terdahulu, namun proses pirolisis yang terjadi tidak semuanya dapat dijelaskan secara terperinci hingga sekarang. Pirolisis adalah proses penguraian biomassa

dengan metode pemanasan dari fase padat ke gas dan fase cair (MT & Idris, 2017).

## 2.6 Bahan Bakar

Bahan bakar terdiri dari gabungan senyawa hidrokarbon yang dibuat atau dari alam. Bahan bakar biasanya berasal dari minyak bumi, minyak bumi jika disuling akan menghasilkan beberapa fraksi, seperti bensin atau premium, kerosen atau minyak tanah, minyak solar, dan lain-lain. Dimasa depan kemungkinan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi akan mulai tergantikan dengan bahan bakar alternatif seperti etanol yang berasal dari alkohol, butanol yang berasal dari minyak nabati serta biogas yang berasal dari kotoran hewan dan lain-lain (Wiratmaja, 2014).

### 2.6.1 Bensin

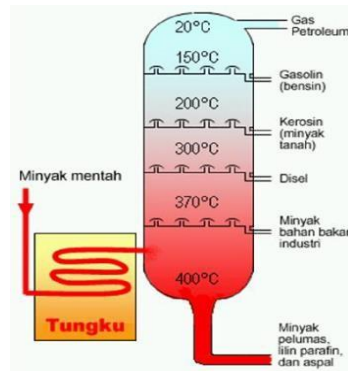
Bensin ialah suatu hidrokarbon yang memiliki rantai karbon C4 sampai dengan C10. Bensin memiliki bentuk cair yang berwarna bening kekuning-kuningan, bensin ini berasal dari hasil pengolahan minyak mentah yang sudah ditemukan, sebagian besarnya dipakai untuk bahan bakar pada mesin. (Kurniawan & Sari, 2015).

### 2.6.2 Minyak Tanah

Minyak tanah juga dikenal sebagai kerosen yang dihasilkan dengan cara penyulingan minyak yang disebut dengan destilasi dari petroleum, dengan temperatur 150°C sampai dengan 275°C. Minyak tanah ini juga memiliki rantai carbon C11 sampai dengan C15 (Kurniawan & Sari, 2015).

### 2.6.3 Solar

Solar adalah suatu cairan yang dihasilkan dari pengolahan minyak mentah, serta mempunyai titik didih yang sangat tinggi yaitu temperatur 250°C sampai dengan 340°C. Solar memiliki rantai carbon C16 sampai dengan C20, minyak ini juga digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel (Kurniawan & Sari, 2015).



Gambar 2.10 Temperatur Didih Minyak (Risdiyanta, ST., 2014)

## 2.8 Plastik PVC sebagai Sumber Bahan Bakar

Ada beberapa jenis plastic yang merupakan bahan kemasan utama saat ini, salahsatunya adalah PVC (*polyvinyl chloride*). PVC (*polyvinyl chloride*) merupakan salah satu jrnis plastic yang paling luas penggunaan nya, baik didunia maupun di Indonesia. PVC (*polyvinyl chloride*) sering digunakan pada mainan anak, bahan bangunan, dan kemasan atau produk bukan bahan makanan. PVC dianggap sebagai jenis plastic yang paling berbahaya, bahkan di negara Eropa sudah melarang penggunaannya untuk bahan mainan anak dibawah tiga tahun.

*Polyvinyl chloride* tertera logo daur ulang (terkadang bewarna merah) dengan angka 3 ditengahnya serta tulisan V yang berarti PVC (*polyvinyl chloride*), yaitu jenis plastic yang sangat sulit didaur ulang. PVC mengandung DEHA yang dapat bereaksi dengan makanan yang dikemas saat bersentuhan langsung dengan makanan tersebut, karena DEHA bisa lumer pada suhu 150<sup>0</sup>C. reaksi yang terjadi antara PVC dengan makanan yang dikemas berpotensi berbahaya untuk hati, ginjal, dan berat badan (Sopyanhadi, 2008).

PVC dapat berbentuk padatan (granule) maupun serbuk berwarna putih dan memiliki range berat molekul antara 100.000 sampai 200.000 gr/mol (Harper, 1999). PVC sangat stabil karena polimer berbentuk padatan yang keras sehingga sangat sulit bereaksi terhadap oksidator. Ciri khas yang menonjol dari jenis plastik lain yaitu kuat dan kaku, tetapi sekarang terdapat PVC yang bersifat lunak dengan struktur kimia sama, hanya ditambahkan bahan plasticizer.

Struktur molekul PVC hampir mirip dengan Poly Ethilene (PE) yang membedakan adalah atom H dalam PVC yang berikatan dengan atom Cl sedangkan pada Poly Ethilene atom H berikatan dengan atom karbon. Polyvinyl

chloride adalah hasil pengulangan ikatan polimer Vinyl chloride, dengan stuktur ikatan kimia seperti gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Struktur PVC.

Nilai kalor plastik sangat tinggi, berkisar antara 5000-13000 kkal/kg kering. Hal ini disebabkan karena plastik terbuat dari petroleum atau gas alam sehingga menyimpan kandungan energi yang sangat tinggi dibandingkan dengan komponen lain dalam sampah (Subramanian, 2000). Dan karena kadar air tergolong sangat rendah, yaitu < 1%, kecuali untuk PET yaitu 3.5%, LHV plastik tidak berbeda jauh dengan HHVnya. Dengan nilai kalor yang sangat tinggi ini, plastik sangat berpotensi untuk dibakar pada insinerator atau dimanfaatkan sebagai RDF. Ketika plastik, terutama PVC, dibakar pada insinerator, HCl akan terbentuk. HCl ini dapat mengkorosi boiler dan melepaskan gas-gas berbahaya seperti senyawaorganohalogen yang dapat mengakibatkan polusi. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan melakukan deklorinasi terhadap limbah plastik PVC sebelum di incinerasi (Takeshita, 2003). Mekanisme dekomposisi termal PVC dapat dilakukan pada tekanan tinggi pada air panas (Takeshita, 2003) atau dengan pelarutan klorin pada NaOH pada temperatur dan waktu tertentu (Sotoma,Shogo).

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastic menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses cracking (perekahan). Cracking adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses cracking plastik ini dapat diguna sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses cracking yaitu hidro cracking, thermal cracking dan catalytic cracking (Panda, 2011).

Deklorinasi tidak hanya dilakukan pada limbah plastik, namun juga pada sampah perkotaan dengan metoda hydrothermal treatment, yaitu penguraian materi organik pada temperatur tertentu dengan menggunakan air sebagai

mediumnya. Klorin yang terbentuk adalah inorganik klorin yang larut dalam air. Karena kelarutannya tersebut, pencucian produk ini dapat dilakukan untuk menghilangkan inorganik klorin dengan tuntas (Marya Novita, 2009; Kathiravale, et.al., 2003).

Tabel 2.6. Karakteristik Bahan Bakar

Bahan Bakar	Viskositas (dPa.s)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Nilai Oktan
Bensin	0,77-1,19	0,778-1,198	90
Solar	1,63-3,87	0,185-0,860	48
Biodiesel	2,3-6	0,85-0,89	47-53
Bahan bakar plastic PVC	2,149	0,793	67,3-78,6

PVC memiliki struktur molekul amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon dan hidrogen dengan atom klorin polar yang terikat pada setiap rantai karbon lainnya. Rumus kimia polivinil klorida adalah (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl) .Untuk mencapai standar karakteristik bahan bakar, bahan bakar plastic memerlukan tambahan zat aditif . Zat aditif yang digunakan Adalah *poly ether amine* (PEA).

## 2.9 Zat Aditif *Carbon Cleaner*

Zat aditif merupakan bahan yang ditambahkan pada bahan bakar kendaraan bermotor, baik mesin bensin maupun mesin diesel. Selain itu zat aditif juga digunakan untuk memberikan peningkatan sifat dasar tertentu yang telah dimilikinya seperti aditif anti *knocking* dan peningkatan angka oktan untuk bahan bakar mesin bensin (Saputra *et.al.*, 2013). Evaluasi yang dilakukan pada mesin diesel menunjukkan pengaruh penggunaan zat aditif pada bahan bakar yang berupa kombinasi antara bahan bakar diesel dengan bahan bakar beroksigen (etanol, dimetil karbonat dan dimetoksi metana) terhadap peningkatan angka cetana dan emisi gas buang yang dihasilkan (Lu, 2005).

*Carbon Cleaner* adalah sebuah *istilah* yang digunakan untuk menggambarkan sebuah produk yang terdiri dari unsur-unsur organik aditif yang digunakan sebagai pembersih ruang bakar dan saluran bahan bakar kendaraan. *Carbon Cleaner* memiliki kandungan *Poly Ether Amine* (PEA). Desain dasar dari zat tambahan ini terbuat dari kumpulan utilitarian amina yang melekat pada



molekul karbon. PEA adalah dispersan polimer yang direncanakan sebagai resep PFI anti-scaling, atau disebut pembersih karburator.

PEA terbuat dari kumpulan praktis polieter yang mengikat amina terprotonasi dan membentuk bangunan yang sangat stabil dalam dua tahap gas dan susunan. Memiliki kandungan air sekitar 0,1%, bahan tambahan ini juga sering digunakan sebagai pelapis permukaan logam untuk meningkatkan kekerasan logam. Rantai esensial amina yang dapat berikatan dengan logam membuat PEA dapat digunakan sebagai ruang pengapian yang lebih bersih. PEA tidak menyimpan simpanan di ruang pengapian, mengurangi pelepasan gas buang, dan tidak menyebabkan kerusakan dioksin [2]. Carbon cleaner berfungsi sebagai pembersih (cleaner) sehingga penggunaan carbon cleaner pada bahan bakar dapat membersihkan saluran bahan bakar dan melarutkan karbon luar yang menempel pada ruang bakar.



Gambar 2.11 *Carbon Cleaner*

Spesifikasi *carbon cleaner merk yamalube*: Volume 75 ml, *Part number* 90793AY803, berisi *Poly Ether Amine (PEA)*, formula  $C_3H_{10}N_2O$ , *coution:Flammable*, pemakaian 1 botol untuk 3-5 liter bahan bakar, frekuensi 3.000 Km. Densitas  $0,74 \text{ g/m}^3$  dan viskositas kinematik  $<20,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

## 2.10 Karakteristik Bahan Bakar

Karakteristik suatu cairan hasil pirolisis yang akan dipakai untuk bahan bakar menentukan dalam golongan apa suatu cairan tersebut. Dan untuk menentukan karakteristiknya maka hasil cair pirolisis dianalisa tentang nilai viskositas, dan densitas. Perolehan hasil pirolisis tergantung pada persen konversi yang dipengaruhi oleh suhu. Persen konversi merupakan pengukuran banyaknya

produk liquid dan gas yang terbentuk pada berbagai temperatur, dimana persen konversi digunakan untuk memperlihatkan perbedaan jumlah produk yang terkonversi pada berbagai temperatur.

### 2.10.1 Viskositas

Kekentalan atau viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan zat alir (*fluid*) yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan. Pada masalah sehari-hari (dan hanya untuk zat alir), kekentalan adalah "ketebalan" atau "pergesekan internal". Oleh karena itu, air yang "tipis", memiliki kekentalan lebih rendah, sedangkan madu yang "tebal", memiliki kekentalan yang lebih tinggi. Sederhananya, semakin rendah kekentalan suatu zat alir, semakin besar juga pergerakan dari zat alir tersebut.

Menurut Newton hubungan antara gaya-gaya suatu aliran viskos sebagai: Geseran dalam (viskositas) fluida adalah konstan sehubungan dengan gesekannya. Hubungan tersebut berlaku untuk fluida Newtonian, dimana perbandingan antara tegangan geser ( $\sigma$ ) dengan kecepatan gesernya ( $\gamma$ ) konstan. Parameter inilah yang disebut dengan viskositas. Pada fluida Newtonian perbandingan antara besaran kecepatan geser dan tegangan geser adalah konstan (Febrianto & Sunarno, 2013). Viskositas suatu fluida (cairan) dapat diukur dengan viskometer Ostwald dan pengukuran ini merupakan viskositas kinematik Metode yang biasa digunakan untuk pengukuran viskositas (Viskometri et al., 1980). Jika viskositas terlalu rendah (encer) maka berpengaruh terhadap sulitnya pembakaran dan kebocoran pada pipa injeks. Jika viskositas terlalu tinggi (kental) maka akan mengakibatkan sulitnya pemompaan bahan bakar ke ruang bakar (‘uyun 2017) dan mempengaruhi kualitas atomisasi yang sulit terjadi (Hidayat & Siregar, 2022). Persamaan untuk menentukan viskositas kinematik dapat ditulis :

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

Dengan

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

$\rho$  : Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  : Massa (kg)

$v$  : Volume ( $\text{m}^3$ )

$\mu$  : Kekentalan dinamis (Pa)

Viskositas dinamik adalah sifat fluida yang menghubungkan tegangan geser dengan gerakan fluida. Viskositas dinamik tampaknya sama dengan ratio tegangan geser terhadap gradien kecepatan. Persamaan untuk menentukan viskositas dinamik dapat ditulis :

$$\mu = \tau / \frac{dv}{dn}$$

### 2.10.2 Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin besar massa jenis suatu benda maka semakin besar juga massa disetiap volumenya (Wajdi et al., 2020). Dan semakin tingginya temperatur suatu zat maka kerapatan zat tersebut akan semakin rendah, hal ini dikarenakan molekul – molekul yang saling mengikat pada suatu zat akan terlepas. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah dengan :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana,

$\rho$  : Adalah massa jenis,

$m$  : Adalah massa,

$V$  : Adalah volume.

Satuan massa jenis dalam 'CGS [centi-gram-sekon]' adalah: gram per sentimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ),  $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$

Densitas bahan bakar dapat mempengaruhi proses pembakaran dalam beberapa cara:

1. Efisiensi pembakaran: Densitas yang lebih tinggi dapat meningkatkan efisiensi pembakaran karena lebih banyak energi yang terkandung dalam volume yang sama.

2. Kecepatan pembakaran: Densitas yang lebih rendah dapat meningkatkan kecepatan pembakaran karena bahan bakar lebih mudah menguap dan bereaksi dengan oksigen.
3. Stabilitas pembakaran: Densitas yang stabil dapat membantu menjaga stabilitas pembakaran dan mengurangi risiko ledakan atau kebakaran yang tidak terkendali.
4. Emisi: Densitas bahan bakar juga dapat mempengaruhi emisi yang dihasilkan selama proses pembakaran, seperti emisi gas-gas rumah kaca atau polutan lainnya.

Dalam konteks bahan bakar plastik dari PVC, densitas dapat mempengaruhi proses pembakaran dan efisiensi energi yang dihasilkan. Namun, perlu diingat bahwa bahan bakar plastik dari PVC memiliki sifat yang kompleks dan dapat berbeda-beda tergantung pada proses pengolahan dan komposisi kimia.

### 2.10.3 LHV dan HHV

Nilai Panas (Nilai Pembakaran) atau HV (Heating Value) adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1kg bahan bakar bila bahan bakar tersebut dibakar. Pada gas hasil pembakaran terdapat H<sub>2</sub>O dalam bentuk uap atau cairan. Dengan demikian nilai pembakaran bila H<sub>2</sub>O yang terbentuk berupa uap akan lebih kecil bila dibandingkan dengan H<sub>2</sub>O yang terbentuk sebagai cairan. Berarti ada 2 macam Nilai Pembakaran yaitu Nilai Pembakaran Atas (NPA) atau HHV dan Nilai Nilai kalori merupakan nilai panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna suatu zat pada suhu tertentu.

Nilai kalor lebih tinggi (HHV; *energi kotor*, *nilai kalor atas*, *nilai kalor kotor GCV*, atau *nilai kalor lebih tinggi*; *HCV*) menunjukkan batas atas energi termal yang tersedia yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar yang lengkap. Ini diukur sebagai satuan energi per satuan massa atau volume zat. HHV ditentukan dengan mengembalikan semua produk pembakaran ke suhu pra-pembakaran asli, termasuk mengembunkan uap yang dihasilkan.

Nilai kalor rendah (LHV; *nilai kalor bersih*; *NCV*, atau *nilai kalor rendah*; *LCV*) adalah ukuran lain dari energi termal yang tersedia yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar, diukur sebagai satuan energi per satuan

massa atau volume zat. Berbeda dengan HHV, LHV memperhitungkan kehilangan energi seperti energi yang digunakan untuk menguapkan air – meskipun definisi pastinya tidak disepakati secara seragam. Salah satu definisinya adalah dengan mengurangi kalor penguapan air dari nilai kalor yang lebih tinggi.

Tabel 2.7 Nilai kalor

No	Sampel	Nilai Kalor (kcal/kg)					
		Bom Kalorimeter	LHV	Proximate Analysis		Dulong	
				1	2	3*	3* *
	<b>Kertas</b>						
1	HVS	3024,24	2884,84	4234,29	1143,01		3591,18
2	Karton	3602,18	3359,17	4118,58	1154,28	6648,26	
3	Koran	3845,53	3618,95	4238,47	1306,64	4205,97	
4	Majalah	2598,95	2476,51	3646,23	992,02	2712,36	
5	Kertas Nasi	4246,92	3920,67	4167,29	1288,89		3591,18
6	Kardus	4487,07	4093,09	4257,12	1284,39	3571,67	
	<b>Plastik</b>						
7	PET Bottle (no.1)	5450,85	5252,42	4445,83	1382,24	11680,56	
8	HDPE Lembaran (no.2 )	11207,00	11169,58	4444,73	1386,33		6307,50
9	PVC lembaran (no.3)	5187,91	5138,23	4332,82	1360,11	5448,78	
10	LDPE (no.4)	12318,40	12195,08	4505,66	1356,34		6307,50
11	PP Cup (no.5)	11912,80	11903,06	4426,95	1380,54		6307,50
12	PS (no.6)	11285,50	11269,80	4273,86	1379,38	9645,22	
	<b>Sampah Makanan&amp;Pasar</b>						
13	Makanan tercampur	5162,21	1437,86	3727,54	737,10	4466,11	
14	Daun Pembungkus	4638,37	975,59	4069,59	573,85		4154,72
15	Batok&gambut kelapa	4684,11	3407,90	4446,86	1291,42		3915,63
16	Sayur	4568,29	689,85	4205,94	248,60		4466,11
17	Ikan	5837,12	1567,48	3497,23	581,39		4466,11
18	Lemak	9891,62	5065,61	4442,10	1213,95	9155,28	
19	Daging	7154,78	2597,33	4359,15	1034,45		
20	Tulang	4464,42	1570,90	3169,97	638,29		6951,46
21	Buah	5064,86	392,54	4337,90	-828,00	4347,01	
	<b>Sampah Kebun</b>						
22	Daun	3998,02	1632,60	3644,07	958,76		4154,72
23	Rumput	4153,51	906,08	7365,52	567,68		4154,72
24	Cabang pohon/ranting	4715,66	1997,45	4211,09	1096,14		3915,63
	<b>Tekstil &amp; Karet</b>						
25	Handuk	4435,10	4239,45	4301,44	1348,27		4357,78
26	Jeans	4271,05	4010,65	4393,74	1372,21		4357,78
27	Kaos	4836,68	4664,32	4413,66	1365,93		4357,78
28	Karet	5202,15	5106,45	4218,60	939,96	8598,61	
	<b>Kompos</b>						
29	Mentah	2125,75	675,26	2402,29	420,93		4137,50
30	1/2 Matang	2091,90	979,05	2291,37	484,83		4137,50
31	Matang	1669,73	936,04	1854,94	415,31		4137,50
32	Residu	2211,65	980,02	3007,37	680,21		4137,50

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa LHV dari pvc Adalah 5138,23 kkal/kg dan HHV dari pvc adalah 5187,91 kkal/kg

Nilai kalor plastik sangat tinggi, berkisar antara 5000-13000 kkal/kg kering. Hal ini disebabkan karena plastik terbuat dari petroleum atau gas alam sehingga menyimpan kandungan energi yang sangat tinggi dibandingkan dengan komponen lain dalam sampah (Subramanian, 2000). Dan karena kadar air tergolong sangat rendah, yaitu < 1%, kecuali untuk PET yaitu 3.5%, LHV plastik tidak berbeda jauh dengan HHVnya. Dengan nilai kalor yang sangat tinggi ini, plastik sangat berpotensi untuk dibakar pada insinerator atau dimanfaatkan sebagai RDF. Ketika plastik, terutama PVC, dibakar pada insinerator, HCl akan terbentuk. HCl ini dapat mengkorosi boiler dan melepaskan gas-gas berbahaya seperti senyawaorganohalogen yang dapat mengakibatkan polusi. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan melakukan deklorinasi terhadap limbah plastik PVC sebelum di incinerasi (Takeshita, 2003). Mekanisme dekomposisi termal PVC dapat dilakukan pada tekanan tinggi pada air panas (Takeshita, 2003) atau dengan pelarutan klorin pada NaOH pada temperatur dan waktu tertentu (Sotoma,Shogo).

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian “Analisis pengaruh penggunaan zat aditif carbon cleaner pada bahan bakar alternatif dari plastik pvc terhadap karakteristiknya” dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang beralamat Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat 2, Kecamatan Medan Timur, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

##### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pada penelitian ini dimulai dari persetujuan penulisan proposal tugas akhir, seminar proposal tugas akhir, pengambilan data, pengolahan data, seminar hasil sampai dengan sidang akhir yang akan menghabiskan waktu kurang lebih 6 bulan.

Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■			
2	Pengumpulan Data		■	■	■		
3	Pengambilan Sample Plastik			■	■	■	
4	Pengujian dan Pengambilan Data				■	■	
5	Analisa Data					■	■
6	Hasil dan Pembahasan						■
7	Penulisan Laporan						■
8	Sidang Sarjana						■

#### 3.2 Bahan dan Alat

Proses yang dilakukan untuk mengolah limbah plastik PVC (*Poly Vinyl Chloride*) menjadi bahan bakar minyak memerlukan persiapan baik alat maupun bahan untuk perlakuan. Proses pengamatan dapat dilakukan dengan baik jika persiapan juga telah dilakukan dengan baik. Persiapan ini merupakan usaha dalam

meminimalisasi faktor-faktor yang tidak diinginkan dan mungkin bisa saja mempengaruhi hasil pengamatan.

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan untuk dipergunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut

#### 1) Limbah Plastik PVC

Plastik jenis ini didapat dari limbah pipa plastik yang di cacah dengan ukuran  $< 2\text{cm}$  dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Plastik PVC

#### 2) Minyak Hasil Pirolisis Plastik PVC

Minyak hasil pirolisis plastik PVC ini menjadi bahan bakar minyak alternatif menggunakan metode pirolisis, dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Minyak Hasil Pirolisis Plastik PVC



### 3). Zat aditif Carbon Cleaner

Zat aditif carbon cleaner digunakan sebagai campuran bahan bakar alternatif dari plastik PVC untuk meningkatkan karakteristik ,dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Carbon Cleaner

### 3.2.2 Alat Penelitian

#### 1) Botol Kaca

Botol kaca ini digunakan sebagai wadah penampung minyak hasil pirolisis plastik PVC, selain itu botol kaca juga akan membuat kandungan di dalam minyak hasil pirolisis tersebut lebih tahan lama dan tidak berubah dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Botol Kaca

2) Gelas Ukur

Gelas ukur ini digunakan untuk mengukur volume minyak hasil pirolisis limbah plastik PVC dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Gelas Ukur

3) Neraca Digital

Neraca digital ini digunakan untuk mengukur massa minyak yang dihasilkan dari pirolisis plastik PVC dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Neraca Digital

4) Mesin pirolisis

Mesin pirolisis digunakan untuk mengubah limbah plastic PVC menjadi bahan bakar dengan menggunakan metode thermal cracking.



Gambar 3.6 Mesin Pirolisis di Lab UMSU

5) Viskometer

Viskometer ini untuk menghitung nilai viskositas atau kekentalan suatu fluida dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Viskometer

6) *Density Meter*

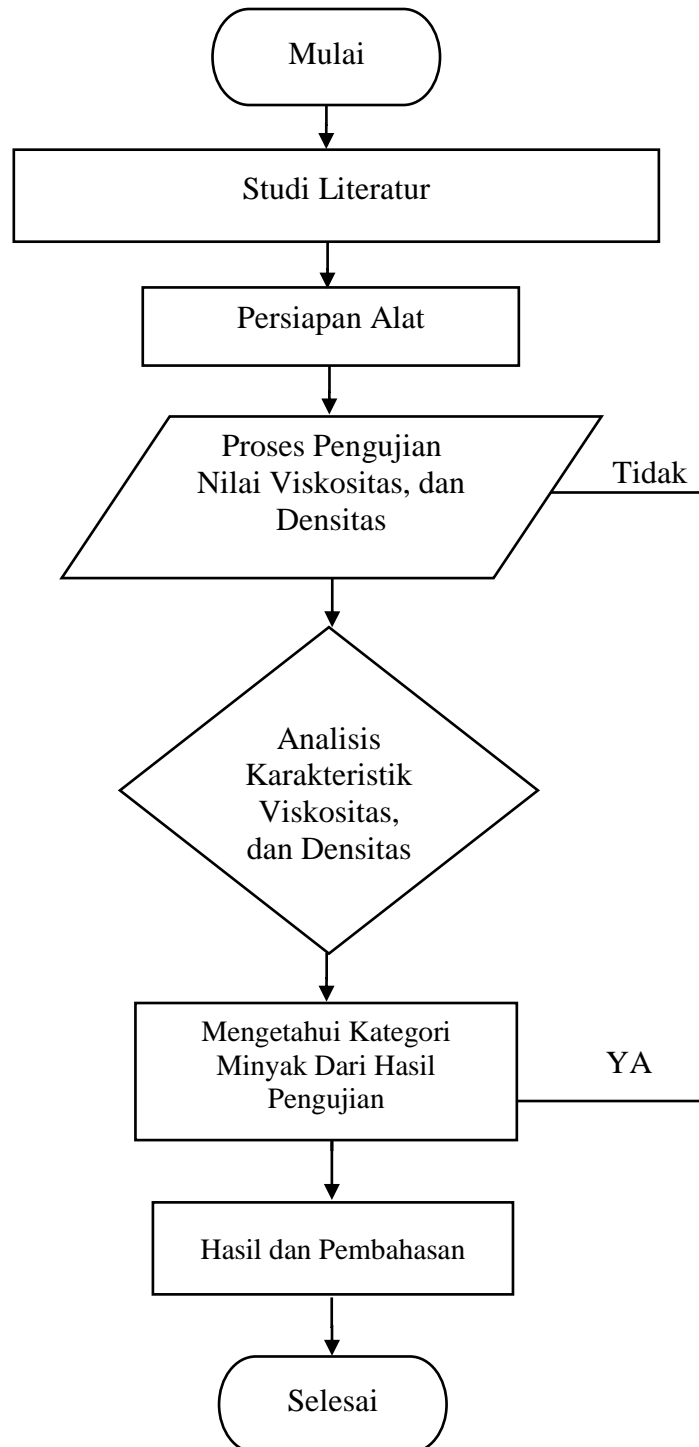
*Density meter* ini digunakan untuk mengetahui massa jenis minyak plastik yang dihasilkan dari proses pirolisis dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 *Density Meter*

### 3.3 Diagram Alir

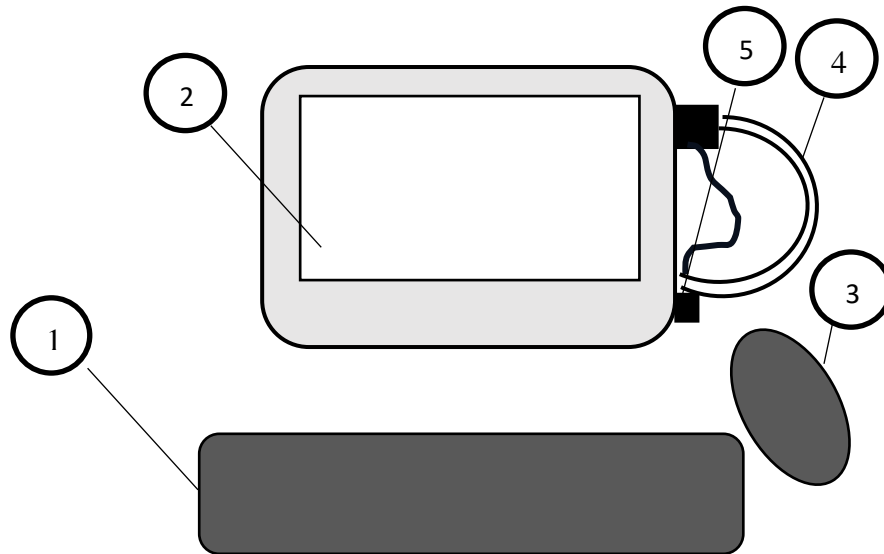
Diagram alir penelitian dilakukan secara berurutan. Urutan penelitian diperlihatkan pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Diagram alir

### 3.4 Rancangan Alat Penelitian

Adapun perancangan penelitian nilai viskositas kinematik, dan densitas.



Gambar 3.10 Skema Alat Viskositas Dan Densitas

1. *Keyboard*
2. *Monitor*
3. *Mouse*
4. Selang Saluran Minyak
5. *Cells*

### 3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mencari/mengumpulkan limbah plastic jenis PVC ditempat pembuangan sampah dan botot terdekat.
2. Limbah plastic yang digunakan adalah pipa plastic berbahan PVC
3. Pemisahan limbah plastik jenis *Polyvinyl chloride* dari jenis plastic lain
4. Limbah plastic dibersihkan.
5. Limbah plastik dicacah dengan ukuran 2 x 2 cm, kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air pada limbah plastic.
6. Menimbang limbah plastik yang akan dimasukkan ke dalam reactor
7. Limbah dimasukkan ke reaktor untuk dilakukan proses pembakaran

8. Reactor ditutup rapat supaya uap tidak keluar
9. Memasang rangkaian kondensor/pendingin dan menyiapkan penampungan asap cair
10. Menyalakan kompor untuk proses pembakaran dan menunggu hingga limbah plastik berubah menjadi bahan bakar minyak,
11. Uji coba bahan bakar minyak hasil pirolisis dari limbah plastik,
12. Menampung minyak hasil pirolisis kedalam wadah
13. Masukkan minyak kedalam gelas ukur sebanyak 100ml dan buat variasi tambahan zat aditif 10% dan 20% .

Alat uji yang di gunakan untuk pengujian viskositas kinematik, densitas adalah menggunakan alat SVM 3001 *Viscometer* dengan metode standar ASTM D7042, ASTM D4052, ASTM D2270.



Gambar 3.11. Penelitian

Langkah-langkah pengujian viskositas kinematik, densitas adalah sebagai berikut :

1. Klik tombol ON, Pilih metode pengukuran:
  - a. Ketuk <method> pada layar utama
  - b. Ketuk dan pilih metode viscosity index (current method) dan ketuk <OK>

2. Masukkan nama sampel:
  - a. Ketuk <quick settings>
  - b. Ketuk bidang input teks (kolom “parameter select”) of line (sample name)
  - c. Masukkan nama sampel dan ketuk <OK>

Tip: jika pengguna mengedit parameter pengaturan cepat, parameter ini di tandai “\*”
  - d. Ketuk <OK>
3. Pastikan cells nya bersih dan kering
4. Siapkan sampel
5. Isi 5 ml (SVM 4001: 10 ml) pada suntikan sampel kedalam cells
6. Mulai pengukuran
7. Suntik sampel sebanyak 1 ml pada “adapter luer lock” setelah itu ketuk <OK>
8. Isi ulang sampel per 1 ml, ketuk <OK> untuk terus
9. Periksa hasil pengukuran pada layar, (pengukuran selesai)
10. Ketuk data memori, lihat hasil pengukuran

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Proses pengambilan sampel

1. Mencari/mengumpulkan limbah plastic jenis PVC ditempat pembuangan sampah dan botot terdekat.



Gambar 4.1 mencari limbah pvc

2. Limbah plastic dibersihkan.



Gambar 4.2 membersihkan limbah pvc

3. Limbah plastik dicacah dengan ukuran 2 x 2 cm,



Gambar 4.3 Plastik PVC dipotong dengan ukuran 2x2



4. kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air pada limbah plastic



Gambar 4.4 mengeringkan limbah pvc

5. Menimbang limbah plastik sebanyak 1kg sebelum dimasukkan ke dalam reactor



Gambar 4.5 menimbang limbah pvc

6. Limbah dimasukkan ke reaktor untuk dilakukan proses pembakaran



Gambar 4.6 limbah dimasukkan kedalam reaktor

7. Reactor ditutup rapat supaya uap tidak keluar



Gambar 4.7 menutup reaktor

8. Memasang rangkaian kondensor/pendingin dan menyiapkan penampungan asap cair



Gambar 4.8 memasang kondensor

9. Menyalakan kompor untuk proses pembakaran dan menunggu hingga limbah plastik berubah menjadi bahan bakar minyak,



Gambar 4.9 menyalakan kompor

10. Tunggu hingga suhu mencapai  $150^{\circ}C - 200^{\circ}C$ , lalu buka kran.



Gambar 4.10 suhu reaktor

11. Menampung minyak hasil pirolisis kedalam wadah



Gambar 4.11 menampung minyak

12. Masukkan minyak kedalam gelas ukur sebanyak 100ml dan buat variasi tambahan zat aditif 10% dan 20% .



Gambar 4.12 minyak pvc dengan campuran 20% zat aditif carbon cleaner(kiri) dan minyak pvc dengan campuran 10% zat aditif carbon cleaner(kanan)

#### 4.2 Perhitungan, Viscositas, dan Densitas secara Teoritis

Perhitungan nilai Viscositas, dan Densitas bahan bakar plastik PVC secara teoritis akan didapat dengan menggunakan landasan teoritis yang sudah ada pada BAB 2, yang akan ditampilkan pada pembahasan sebagai berikut:

##### A. Perhitungan Nilai Kekentalan / Viskositas

Menentukan besar nilai kekentalan plastik yang sudah diolah, dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\mu = \tau / \frac{dv}{dn} \text{ (persamaan kekentalan dinamis)}$$

$$\nu = \mu / \rho \text{ (persamaan kekentalan kinematik)}$$

- Kekentalan Dinamis

Nilai dari kekentalan dinamis, untuk suhu variasi zat aditif 10% dan 20% didapat dari *Viscosity Unit Conversions* yang terdapat pada google <https://www.codecalculation.com/htm/calculate/mechanical/pumps/viscosity-conversions/>, dengan menginput nilai densitas dan viskositas kinematik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1. Variasi Zat Aditif

<b>Bahan Bakar</b>	<b>Tambahan zat aditif</b>	<b>Viskositas cP</b>
Bahan bakar pvc 100ml	10%	1.55
Bahan bakar pvc 100ml	20%	1.63

The image displays two screenshots of a software application titled 'codecalculation'. Both screenshots show a 'Project' section with the following details: Project No: 0000, Project Title: Local, Document No: 0000-MEC-CAL-PMP-VCN-01, Revision No: A, and Date: (empty). Below this is an 'Inputs' section where the conversion is set to 'Kinematic to Dynamic'. The first screenshot shows Kinematic Viscosity as 2.0321 cSt and Density (Liquid) as 802 kg/m³. The 'Calculate' button is highlighted, and the 'Results' section shows Dynamic Viscosity as 1.63 cP. The second screenshot shows Kinematic Viscosity as 1.9475 cSt and Density (Liquid) as 800 kg/m³. The 'Calculate' button is highlighted, and the 'Results' section shows Dynamic Viscosity as 1.558 cP.

Gambar 4.1. Hasil Pengujian

- Kekentalan Kinematik

Bahan bakar PVC tanpa campuran zat aditif

$$v = \mu/\rho$$

Dimana :  $v$  : Nilai viskositas kinematik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$\mu$  : Nilai viskositas dinamis (cP)

$\rho$  : Nilai densitas ( $\text{kg/m}^3$ )

Pada sampel ini mendapatkan viskositasnya 1,057 cP dan nilai densitasnya 0,789  $\text{g/cm}^3$ , Satuan massa jenis dalam 'CGS [centi-gram-sekon]' adalah: gram per sentimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ), 1  $\text{g/cm}^3=1000 \text{ kg/m}^3$ . Jadi densitasnya adalah 789  $\text{kg/m}^3$ , maka viskositas kinetik tersebut adalah :

Diketahui  $\mu = 1,057 \text{ cP}$

$$\rho = 789 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :  $\nu$  : Nilai viskositas kinetik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$$\mu = 1,057 \text{ cP}$$

$$\mu = 0,1057 \text{ dPa. s}$$

Atau setara dengan

$$\mu = 1,057 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2$$

Dan

$$\rho = 789 \text{ kg/m}^3$$

Maka

$$\nu = \mu/\rho$$

$$\nu = \frac{1,057 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2}{789 \text{ kg/m}^3}$$

$$\nu = 1,339 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$$

$$\nu = 1.34 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Atau setara dengan

$$\nu = 0,134 \text{ dPa. s}$$

Jadi, pada sampel minyak pirolisis plastic 100ml tanpa campuran zat aditif viskositas kinematik adalah 1,34  $\text{mm}^2/\text{s}$

1) Sampel 1 variasi zat aditif 10%

Viskositas kinetik dapat dihitung menggunakan rumus

$$\nu = \mu/\rho$$

Dimana :  $\nu$  : Nilai viskositas kinematik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$\mu$  : Nilai viskositas dinamis (cP)

$\rho$  : Nilai densitas ( $\text{kg/m}^3$ )

Pada sampel 1 mendapatkan viskositasnya 1,55 cP dan nilai densitasnya 0,800  $\text{g/cm}^3$ , Satuan massa jenis dalam 'CGS [centi-gram-sekon]' adalah: gram

per sentimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ),  $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Jadi densitasnya adalah  $800 \text{ kg/m}^3$ , maka viskositas kinetik tersebut adalah :

$$\text{Diketahui } \mu = 1,55 \text{ cP}$$

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :  $\nu$  : Nilai viskositas kinetik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$$\mu = 1,55 \text{ cP}$$

$$\mu = 0,155 \text{ dPa.s}$$

Atau setara dengan

$$\mu = 1,55 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2$$

Dan

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

Maka

$$\nu = \mu/\rho$$

$$\nu = \frac{1,55 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2}{800 \text{ kg/m}^3}$$

$$\nu = 1,9375 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$$

$$\nu = 1,93 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Atau setara dengan

$$\nu = 0,194 \text{ dPa.s}$$

Jadi, pada sampel 1 minyak pirolisis plastic 100ml dengan campuran zat aditif 10% viskositas kinematik adalah  $1,947 \text{ mm}^2/\text{s}$

2). Sampel 2 variasi zat aditif 20%

Viskositas kinetik dapat dihitung menggunakan rumus

$$\nu = \mu/\rho$$

Dimana :  $\nu$  : Nilai viskositas kinematik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$\mu$  : Nilai viskositas dinamis (cP)

$\rho$  : Nilai densitas ( $\text{kg/m}^3$ )

Pada sampel 2 minyak pirolisis 100ml dengan campuran zat aditif 20% mendapatkan viskositasnya  $1,63 \text{ cP}$  dan nilai densitasnya  $0,802 \text{ g/cm}^3$ , Satuan massa jenis dalam 'CGS [centi-gram-sekon]' adalah: gram per sentimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ),  $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Jadi densitasnya adalah  $802 \text{ kg/m}^3$ , maka viskositas kinetik tersebut adalah :

maka viskositas kinematik tersebut adalah :

Diketahui  $\mu = 1,63 \text{ cP}$

$$\rho = 802 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :  $\nu$  : Nilai viskositas kinematik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$$\mu = 1,63 \text{ cP}$$

$$\mu = 0,163 \text{ dPa. s}$$

Atau setara dengan

$$\mu = 1,63 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2$$

Dan

$$\rho = 802 \text{ kg/m}^3$$

Maka

$$\nu = \mu/\rho$$

$$\nu = \frac{1,63 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2}{802 \text{ kg/m}^3}$$

$$\nu = 2,03241 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$$

$$\nu = 2,032 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Atau setara dengan

$$\nu = 0,2032 \text{ dPa. s}$$

Jadi, pada sampel 2 dengan variasi zat aditif 20% viskositas kinematik jenis minyak plastik PVC (*poly vinyl chloride*) adalah  $2,032 \text{ mm}^2/\text{s}$

B. Massa jenis (Densitas)

Minyak dari pvc tanpa tambahan zat aditif

Masa jenis dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :  $\rho$  : Massa jenis (g/ml)

$m$  : Massa minyak (g)

$v$  : Volume minyak yang dihasilkan (ml)

Pada sampel 1 bahan bakar dari pvc 100ml dan tambahan zat aditif 10% menghasilkan massa minyak 88,10 g maka nilai massa jenis dari minyak plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) tersebut adalah:

Diketahui  $m = 53,65 \text{ g}$

$$v = 68$$



Ditanya :  $\rho$  : Massa jenis (g/ml)

$$\rho = \frac{53,85 \text{ g}}{68 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,789 \text{ g/m}^3$$

$$\rho = 789 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, pada sampel minyak pvc tanpa campuran zat aditif massa jenis dari jenis minyak plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) adalah  $789 \text{ kg/m}^3$  atau setara  $0,789 \text{ g/m}^3$

1). Sampel 1 Variasi zat aditif 10%

Masa jenis dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :  $\rho$  : Massa jenis (g/ml)

$m$  : Massa minyak (g)

$v$  : Volume minyak yang dihasilkan (ml)

Pada sampel 1 bahan bakar dari pvc 100ml dan tambahan zat aditif 10% menghasilkan massa minyak 88,10 g maka nilai massa jenis dari minyak plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) tersebut adalah:

Diketahui  $m = 88,10 \text{ g}$

$$v = 100 \text{ ml} + 10 \text{ ml} = 110 \text{ ml}$$

Ditanya :  $\rho$  : Massa jenis (g/ml)

$$\rho = \frac{88,10 \text{ g}}{110 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,8009 \text{ g/m}^3$$

$$\rho = 800,9 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, pada sampel 1 dengan variasi zat aditif 10% massa jenis dari jenis minyak plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) adalah  $800,9 \text{ kg/m}^3$  atau setara  $0,8009 \text{ g/m}^3$

2). Sampel 2 variasi zat aditif 20%

Massa jenis dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :  $\rho$  : Massa jenis (g/ml)

$m$  : Massa minyak (g)

$v$  : Volume minyak yang dihasilkan (ml)

Pada sampel 2 bahan bakar dari pvc dengan tambahan zat aditif 20% dan massa minyak 96,24 g maka nilai massa jenis dari minyak plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) tersebut adalah:

Diketahui  $m = 96,24$  g

$v = 120$  ml

Ditanya :  $\rho$  : Massa jenis (g/ml)

$$\rho = \frac{96,24 \text{ g}}{120 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,802 \text{ g/m}^3$$

$$\rho = 802 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, pada sampel 2 variasi tambahan zat aditif 20% dengan PVC (*Poly vinyl chloride*) adalah  $802 \text{ kg/m}^3$  atau setara dengan  $0,802 \text{ g/m}^3$

## 4.2 Nilai Viskositas, dan Densitas

### 4.2.1 Berdasarkan pengujian laboratorium

Data nilai Viskositas, dan Densitas berdasarkan pengujian dilakukan di Laboratorium Mesin Politeknik Negeri Medan, dengan hasil pengujian pada tabel 4.1.

Tabel 4.2 Data Pengujian Laboratorium Politeknik Medan

No	Pengujian	Nilai	
		Variasi zat aditif 10%	Variasi zat aditif 20%
1	Viskositas	1,94 mm <sup>2</sup> /s	2,03 mm <sup>2</sup> /s
2	Densitas	0,800 g/cm <sup>3</sup>	0,802 g/cm <sup>3</sup>

Untuk bahan bakar alternatif dari plastik PVC tanpa campuran zat aditif mendapatkan nilai viskositas 1,55 mm<sup>2</sup>/s dan nilai densitas 0,797 g/cm<sup>3</sup>.

### 4.2.2 Berdasarkan Pengujian Teoritis

Data nilai Viskositas, dan Densitas berdasarkan perhitungan teoritis, dengan hasil perhitungan pada tabel 4.2.

Tabel 4.3 Data Perhitungan Secara Teoritis

No	Perhitungan	Nilai	
		Variasi zat aditif 10%	Variasi zat aditif 20%
1	Viskositas	1,94 mm <sup>2</sup> /s	2,03 mm <sup>2</sup> /s
2	Densitas	0,800 g/m <sup>3</sup> 800 kg/m <sup>3</sup>	0,802 g/m <sup>3</sup> 802 kg/m <sup>3</sup>

#### 4.2.3 Berdasarkan Referensi

Data nilai Viskositas, dan Densitas berdasarkan referensi, dengan hasil pada tabel 4.3.

Tabel 4.4 Data dari Referensi

No	Data	Nilai	
		Temp 300 <sup>0</sup> C	Temp 260 <sup>0</sup> C
1	Viskositas	1.63-3.87 mm <sup>2</sup> /s	0.77-1.19 mm <sup>2</sup> /s
2	Densitas	815-870 kg/m <sup>3</sup>	770-835 kg/m <sup>3</sup>

Berdasarkan data tersebut, maka data nilai viskositas dan densitas sama dari hasil pengujian.

### 4.3 Analisis Data

Dari data yang sudah diuraikan, maka akan dibandingkan nilai viskositas, dan densitas dari perhitungan teoritis dan pengujian lab yang telah dilakukan serta kategori minyak tersebut dari referensi (Migas, 2020) dan (Kurniawati, 2017).

#### 4.3.1 Nilai Viskositas

Viskositas adalah suatu ukuran dari dasar perlawanan zat cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dalam dari suatu benda cair. Pada umumnya makin banyak persentase campurannya makin besar viscositasnya. Untuk viskositas secara pengujian di laboratorium dengan variasi campuran 10% adalah 1,94 mm<sup>2</sup>/s dan untuk variasi 20% adalah 2,03 mm<sup>2</sup>/s. Sedangkan untuk viskositas secara teoritis pada variasi 10% adalah 1,93 mm<sup>2</sup>/s dan pada variasi 20% adalah 2,03 mm<sup>2</sup>/s. Untuk viskositas pada variasi 10% itu mengarah solar dari referensi (Kurniawati, 2017) dan pada variasi 20% mengarah

ke solar dari referensi (Kurniawati, 2017).

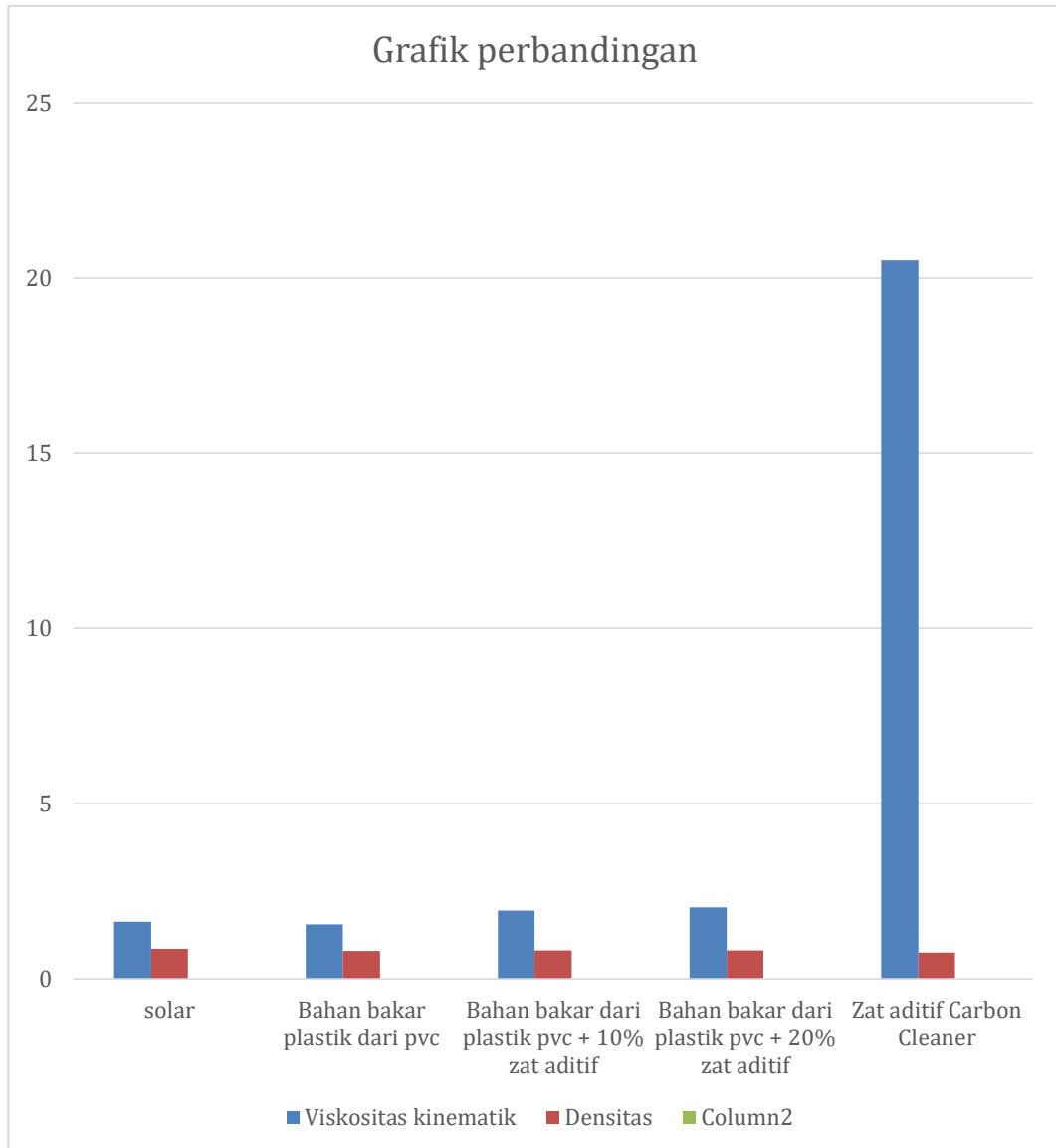
#### 4.3.2 Nilai Densitas

Massa jenis atau densitas adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda per satuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis dapat membantu menerangkan mengapa benda yang berukuran sama memiliki berat yang berbeda. Semakin besar massa jenis suatu benda maka semakin besar juga massa disetiap volumenya. Densitas untuk plastik secara teoritis pada variasi 10% adalah  $0,800 \text{ g/cm}^3$  dan pada variasi 20% adalah  $0,802 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan secara pengujian di laboratorium pada variasi 10% adalah  $0,800 \text{ g/cm}^3$  dan pada variasi 20% adalah  $0,802 \text{ g/cm}^3$ . Untuk densitas pada variasi 10% itu mengarah ke solar dari referensi (Migas, 2020) dan pada variasi 20% mengarah ke solar dari referensi (Migas, 2020).

#### 4.4 Grafik Perbandingan Nilai

Berikut adalah visualisasi perbandingan nilai data viskositas, dan densitas dalam bentuk grafik garis.

Dari grafik dapat dilihat untuk nilai viskositas pada variasi zat aditif 10% sebesar  $1,94 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan pada variasi zat aditif 20% sebesar  $2,03 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Untuk nilai densitas pada variasi zat aditif 10% sebesar  $0,800 \text{ g/cm}^3$  dan pada variasi zat aditif 20% sebesar  $0,802 \text{ g/cm}^3$ . Untuk nilai viskositas minyak dari PVC tanpa campuran zat aditif Adalah  $1,55 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan nilai densitas nya  $0,797 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan nilai viskositas kinematik pada zat aditif carbon cleaner Adalah  $<20,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan untuk nilai densitas nya Adalah  $0,74 \text{ g/cm}^3$ .



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian karakteristik nilai viskositas, dan densitas
  - Untuk viskositas secara pengujian di laboratorium dengan variasi campuran aditif 10% adalah  $1,94 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan untuk variasi 20% adalah  $2,03 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Sedangkan untuk viskositas secara teoritis pada variasi zat aditif 10% adalah  $1,94 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan pada variasi 20% adalah  $2,03 \text{ mm}^2/\text{s}$ .
  - Densitas untuk plastik secara teoritis pada variasi zat aditif 10% adalah  $0,800 \text{ g/cm}^3$  dan pada variasi 20% adalah  $0,802 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan secara pengujian di laboratorium pada variasi zat aditif 10% adalah  $0,800 \text{ kg/m}^3$  dan pada variasi zat aditif 20% adalah  $0,802 \text{ g/cm}^3$ .
2. Kategori jenis minyak dari jenis dari plastik PVC (*Poly vinyl chloride*) dengan campuran zat aditif carbon cleaner.
  - Untuk viskositas pada variasi 10% itu mengarah ke solar dan pada variasi 20% mengarah ke solar.
  - Untuk densitas pada variasi 10% itu mengarah ke solar dan pada variasi 20% mengarah ke solar.

Dalam Kesimpulan diatas diketahui bahwa nilai viskositas dan densitas mendekati karakteristik solar. Jadi zat aditif sangat direkomendasikan berpengaruh dalam meningkatkan karakteristik bahan bakar alternatif dari pvc menggunakan zat aditif kita harus mempertimbangkan beberapa factor

- Zat aditif harus aman dalam penanganan dan penggunaan untuk menghindari resiko Kesehatan bagi pengguna dan lingkungan sekitar
- Dampak lingkungan yang menjadi pertimbangan adalah potensi zat berbahaya atau dampak pada ekosistem

## 5.2 Saran

1. Perlu meningkatkan kualitas minyak limbah PVC (Poly vinyl chloride) Sebagai bahan bakar untuk digunakan sebagai bahan bakar agar menghasilkan kinerja yang bagus.
2. Perlu meningkatkan kualitas bahan alat pirolisis dengan bahan anti karat dan spesifikasi alat seperti pipa tabung kondensor yang harus diperbesar lagi.
3. Dari Kesimpulan diatas dapat dilihat bahwa menambahkan zat aditif ke bahan bakar alternatif dari PVC dapat berpengaruh besar pada nilai viskositas, jadi saran saya untuk penelitian yang mendatang agar menambahkan zat aditif maksimal 5% supaya nilai viskositasnya tidak melebihi standarisasi bahan bakar.
4. Selain hal diatas, bagi peneliti yang mengadakan penelitian dimasa mendatang diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan dan pertimbangan dalam melakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Melyna, E. 2013. Perengkahan Sampah Plastik (HDPE, PP, PS) Menjadi Precursor Bahan Bakar dengan Variasi Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Ramadhan, A., & Ali, M., 2013. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol. 4 No.1
- HIKWAN, Muhammad. Analisis Pengaruh Campuran Bahan Bakar Plastik Polypropilene Dengan Zat Aditif Carbon Cleaner Terhadap Nilai Kalor Bahan Bakar. 2024. PhD Thesis. Politeknik Negeri Jember.
- Wahid, Mohammad Taufiqurrohman, and Aditya Wahyu Pratama. "ANALISIS PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PLASTIK POLYPROPILENE DENGAN PETROL CLEANER TERHADAP ANGKA OKTAN SERTA REKOMENDASI TERHADAP SPESIFIKASI MESIN KENDARAAN BERMOTOR." *Journal Mechanical and Manufacture Technology (JMMT)* 5.2 (2024): 69-76.
- WISNUJATI, Andika; YUDHANTO, Ferriawan. Analisis karakteristik pirolisis limbah plastik low density polyethylene (LDPE) sebagai bahan bakar alternatif. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 2020, 9.1: 102-107.
- NINDITA, Velma. Studi Berbagai Metode Pembuatan Bbm Dari Sampah Plastik Jenis Ldpe Dan Pvc Dengan Metode Thermal & Catalytic Cracking (Ni-Cr/Zeolit). *Teknis*, 2015, 10.3.
- RAHMADIAN, Gusti Yuditia; PERMATASARI, Rosyida. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Octane Booster X Terhadap Kinerja Dan Emisi Gas Buang Kendaraan Sepeda Motor Tipe All New Cbr150R. *Sinergi*, 2017, 21.3: 179-186.
- <https://www.codecalculation.com/htm/calculate/mechanical/pumps/viscosity-conversions/>,
- Silvianti, F., Jayanti, D., & Dewi, W. B. (2018). KARAKTERISASI MATERIAL PRODUK PLASTIK DAUR ULANG BERBAHAN DASAR POLYVINYL CHLORIDE (PVC) (Doctoral dissertation, -).
- [https://www.americhem.com/pages/pvc#:~:text=Bahan%20baku%20PVC%20berasal%20dari,klorida%20adalah%20\(C2H3Cl\)n%20](https://www.americhem.com/pages/pvc#:~:text=Bahan%20baku%20PVC%20berasal%20dari,klorida%20adalah%20(C2H3Cl)n%20).
- Karuniastuti, N. (2013). Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 3(1).



- Nufus, H. (2024). Karbonisasi Polyvinyl Chloride (PVC) Menggunakan Metode Kombinasi Hidrotermal-Microwave (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi).
- Astu Pudjanarsa, M. Djati Nursuhud, Mesin Konversi Energi, Penerbit Andi Yogyakarta.
- E. Jasjfi, M.S, 1992, Instalasi Pembangkit Daya Jilid 1, Penerbit Erlangga
- Nasution, M. (2022). Bahan Bakar Merupakan Sumber Energi Yang Sangat Diperlukan Dalam Kehidupan Sehari Hari. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 7(1), 29-33.
- Takeshita, Yukitoshi, Kiyoshi Kato, Kazue Takahashi, Yoshiyuki Sato, and Shiro Nishi. (2004). *Basic study on treatment of waste polyvinyl chloride plastics by hydrothermal decomposition in subcritical and supercritical regions*. *J.of Supercritical Fluids* 31 (2004) 185-193.
- Diallo, A. D. D., Alkhatib, M. A. F. R., Alam, M. Z., & Mel, M. (2021). Enhancement of the calorific value of em1707pty fruit bunch (efb) by adding municipal solid waste as solid fuel in gasification process. *IJUM engineering journal*, 22(2), 10-20.
- Renilaili, R. (2022). BAHAN BAKAR CAIR DARI LIMBAH PLASTIK DENGAN METODE CATALYTIC CRACKING. *BAHAN BAKAR CAIR DARI LIMBAH PLASTIK DENGAN METODE CATALYTIC CRACKING*
- YULIANI, M., OTIVRIYANTI, G., YUSUF, N. R., FANI, A. M., & PURWANTA, W. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
- MI'RAT, J. A. Y. A. N. T. I. (2022). UJI KELAYAKAN PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK JENIS PP (POLYPROPYLENE) MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK..
- Wibowo, A. S. A. (2011). Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomasa Dan Sampah Plastik Polypropylene (Pp).
- Assoc. Prof. Ir. Arfis A, M.Si. Pengantar Ilmu Mesin.

# LAMPIRAN



**PUSAT KAJIAN TERAPAN ENERGI BARU TERBARUKAN  
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia  
**Telp. (061) 8210371, 8211235, 8213951, Fax : (061) 8215845**  
<http://www.polmed.ac.id> e-mail : [teknikmesin@polmed.ac.id](mailto:teknikmesin@polmed.ac.id); [ebt@polmed.ac.id](mailto:ebt@polmed.ac.id)



Medan, 3 September 2025

Nomor : 09/EBT/RST/TRET/2025  
Lampiran : 2 (dua) Berkas  
Hal : Hasil Uji Karakteristik Minyak

Kepada Yth.  
**Raihan Adrian**  
di  
Tempat

Dengan Hormat,  
Sehubungan dengan permintaan dari Bapak/Ibu Pusat Kajian Terapan Energi Baru Terbarukan untuk melaksanakan pengujian Karakteristik Minyak, maka disini disampaikan bahwa pengujian tersebut telah selesai. Berikut hasil uji yang telah kami selesaikan seperti tertera pada lembaran data, dan pengujian yang kami lakukan sesuai dengan sampel yang kami terima.

Demikian kami sampaikan, atas kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Ko. Pusat Kajian Terapan Energi Baru Terbarukan  
Politeknik Negeri Medan

Prof. Arridina Susan Silitonga, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 1981012320021220002

**HASIL UJI KARAKTERISTIK MINYAK**  
**No : 09/EBT/RST/TRET/2025**

Nama : Raihan Adrian  
 Perusahaan/Institusi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
 Jenis Sampel : Minyak

**Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Minyak**

Nama Sampel	Viskositas Kinematik (mm <sup>2</sup> /s)					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
Sampel 1	2.5582	2.3282	2.1251	1.9475	1.7925	1.6561
Sampel 2	2.6866	2.4389	2.2210	2.0321	1.8679	1.9135

Nama Sampel	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
PVC Piroalisis 150°	0.81235	0.80846	0.80470	0.80096	0.79719	0.79342
PVC Piroalisis 260°	0.81424	0.81032	0.80659	0.80285	0.79911	0.79878

Diuji Oleh	Disaksikan Oleh:	Tanggal:
		03/09/25
Ayu Syufatun Br Tarigan, S.Si., M.Si NIP. 199507202024062001	Dr. Abdi Hanra Sebayang, S.T., M.T. NIP. 19680417 199801 2 001	


**HASIL UJI KARAKTERISTIK MINYAK**  
**No : 08/EBT/RST/TRET/2025**

Nama : Dimas Arya  
 Perusahaan/ Institusi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
 Jenis Sampel : Minyak

**Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Minyak**

Nama Sampel	Viskositas Kinematik (mm <sup>2</sup> /s)					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
PVC Pirolysis 150°	1.9946	1.8293	1.6839	1.5553	1.4425	1.3422
PVC Pirolysis 260°	3.0704	2.7687	2.5071	2.2811	2.0844	1.9135

Nama Sampel	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
PVC Pirolysis 150°	0.80888	0.80490	0.80104	0.79722	0.79333	0.78947
PVC Pirolysis 260°	0.81721	0.81343	0.80975	0.80610	0.80244	0.79878

Diuji Oleh: 	Disaksikan Oleh: 	Tanggal: 03/09/25
Ayu Syufatun Br Tarigan, S.Si., M.Si NIP. 199507202024062001	Dr. Abdi Hanra Sebayang, S.T., M.T. NIP. 19680417 199801 2 001	

V

**Project**Project No: **0000**Project Title: **Local**Document No: **0000-MEC-CAL-PMP-VCN-01**Revision No: **A**

Date :

**Inputs**Convert **Kinematic to Dynamic** ▼Kinematic Viscosity **2.0321** cStDensity (Liquid) **802** kg/m<sup>3</sup>

Calculate

Units

**Results**Dynamic Viscosity **1.63** cP

Project	
Project No:	<b>0000</b>
Project Title:	<b>Local</b>
Document No:	<b>0000-MEC-CAL-PMP-VCN-01</b>
Revision No:	<b>A</b>
Date :	

Inputs		
Convert	<b>Kinematic to Dynamic</b>	▼
Kinematic Viscosity	<b>1.9475</b>	cSt
Density (Liquid)	<b>800</b>	kg/m <sup>3</sup>

[Calculate](#)[Units](#)

Results		
Dynamic Viscosity	<b>1.558</b>	cP



Product name: YAMALUBE CARBURETOR & INJECTOR CLEANER

Freezing point:	not determined
Boiling Point:	not determined
Flash Point:	-97 °C
Evaporation Rate:	Not applicable for mixtures
Flammability (solid, gas):	not determined
Explosion Limit - Upper (%):	Not applicable for mixtures
Explosion Limit - Lower (%):	Not applicable for mixtures
Vapor pressure:	Not applicable for mixtures
Relative vapor density:	Not applicable for mixtures
Density:	0,74 g/cm <sup>3</sup>
Solubility(ies)	
Solubility in Water:	Insoluble in water
Solubility (other):	No data available.
Partition coefficient (n-octanol/water):	Not applicable for mixtures
Auto-ignition temperature:	not determined
Decomposition Temperature:	not determined
Kinematic viscosity:	< 20,5 mm <sup>2</sup> /s (40 °C)
Explosive properties:	Value not relevant for classification
Oxidizing properties:	Value not relevant for classification
Particle characteristics:	Not applicable
9.2 Other information	No data available.

#### SECTION 10: Stability and reactivity

10.1 Reactivity:	Stable under normal use conditions.
10.2 Chemical Stability:	Stable under normal use conditions.
10.3 Possibility of hazardous reactions:	Stable under normal use conditions.
10.4 Conditions to avoid:	Stable under normal use conditions.
10.5 Incompatible Materials:	Strong oxidizing substances. Strong acids. Strong bases.
10.6 Hazardous Decomposition Products:	Thermal decomposition or combustion may liberate carbon oxides and other toxic gases or vapors.

#### SECTION 11: Toxicological information

##### Information on likely routes of exposure

Inhalation:	Harmful if inhaled.
Ingestion:	No data available.
Skin Contact:	Causes skin irritation.
Eye contact:	Causes eye irritation.

Revision Date: 07.02.2024  
Print date: 11.12.2024  
SDS\_FR - EN - 000000000800478221

Version: 1.0

8/13





**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menggunakan surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pp/PT/III/2024  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 537/IL3AU/UMSU-07/F/2025**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 8 Maret 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : RAIHAN ADRIAN  
Npm : 2107230050  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : 7 ( Tujuh )  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN ZAT ADITIF  
CARBON CLEANER PADA BAHAN BAKAR ALTERNATIF  
DARI PLASTIK PVC TERHADAP KARAKTERISTIKNYA .

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

Medan, 14 Ramadhan 1446 H  
14Maret 2025 M


Dekan  
  
Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202










**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

**Peserta seminar**

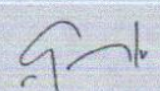
Nama : Raihan Adrian  
 NPM : 2107230050  
 Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Carbon Cleaner  
 Pada bahan Bakar Alternatif Dari Plastik PVC Terhadap  
 Karakteristik nya

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
<b>Pembimbing – I</b> : H. Muhanif M.ST.M.Sc	
<b>Pemanding – I</b> : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si	
<b>Pemanding – II</b> : Ahmad Marabdi Siregar ST.MT	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230073	M. ARIEF FAUZAN	@ut
2	2107230034	RAFLY RIZALDY LURIS	Rhwo
3	1907230010	ANDRIAN PRAMUDIA	
4	2107230091	Angga Yana Pantarn	
5	2107230087	RAMA AFRIAN	
6	2107230036	Jamil Al Hamid Nasution	
7	2107230028	Mhd. Pehrozi	
8	1907230008	SABOTULHAH HASIBUAN	
9	2107230019	Muhammad Dicky Pradana	
10			

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H  
13 September 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin

  
 Chandra A Siregar ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Raihan Adrian  
NPM : 2107230050  
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Carbon Cleaner  
Pada bahan Bakar Alternatif Dari Plastik PVC Terhadap  
Karakteristik nya

Dosen Pembanding - I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar ST.MT  
Dosen Pembimbing - I : H. Muharnif M.ST.M.Sc

KEPUTUSAN

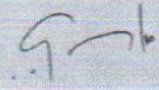
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
*Komisari Kesehatan, Tindakan, Kriteria pdaan / S.M*  
*Spesifikasi LHV & HAV*  
*Karakteristik bahan Bakar*
3. Harus mengikuti seminar kembali

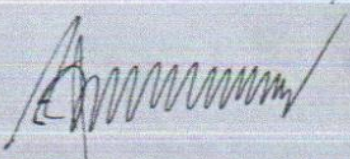
Perbaikan :

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H  
13 September 2025 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- i

  
Chandra A Siregar ST.MI

  
Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si

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

---

Nama : Raihan Adrian  
NPM : 2107230050  
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Carbon Cleaner  
Pada bahan Bakar Alternatif Dari Plastik PVC Terhadap  
Karakteristik nya  
  
Dosen Pembanding - I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar ST.MT  
Dosen Pembimbing - I : H. Muharnif M.ST.M.Sc

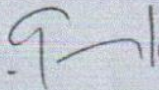
**KEPUTUSAN**

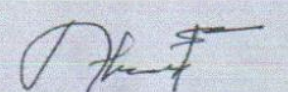
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
*Desbaker*  
.....  
*1. prosedur*  
.....  
*2. hitungan*  
.....  
*3. kesimpulan*  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H  
13 September 2025 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II

  
Chandra A Siregar ST.MT

  
Ahmad Marabdi Siregar ST.MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. Identitas Diri

Nama Lengkap	: Raihan adrian
Tempat / Tanggal lahir	: Medan, 27 November 2003
Alamat	: Jl.Karya jaya No 180
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Umur	: 21 Tahun
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Status	: Belum menikah
Tinggi / Berat badan	: 171 cm / 59 kg
E-mail	: <a href="mailto:raihanadrian711@gmail.com">raihanadrian711@gmail.com</a>
Nomor Telepon/HP	: 0812 – 6788 – 5119
Motto hidup	: Bila kapal sudah berlayar jangan berfikir untuk kembali.

### B. Riwayat Pendidikan

Tahun 2009 – 2015	: MIS Islamiyah Guppi
Tahun 2015 – 2018	: SMP Negeri 36 Medan
Tahun 2018 – 2021	: SMA Swasta Multikarya Medan
Tahun 2021 – 2025	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

