TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR ALTERNATIF MEMANFAATKAN LIMBAH PLASTIK PVC TERHADAP VARIASI TEMPERATUR PIROLISIS

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

Disusun Oleh:

DIMAS ARYA
2107230159

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

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Dimas Arya
NPM	: 2107230159
Program Studi	: Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	: Analisis Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Alternatif Memanfaatkan Limbah Plastik PVC Terhadap Variasi Temperature Pirolisis
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, 15 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T	Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Dosen Penguji III	Program Studi Teknik Mesin Ketua,
H.Muharnif M, S.T., M.Sc	Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama lengkap	:	Dimas Arya
NPM	:	2107230159
Tempat / Tanggal lahir	:	Medan, 22 Oktober 2000
Fakultas	:	Teknik
Program Studi	:	Teknik Mesin

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

"ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR ALTERNATIF MEMANFAATKAN LIMBAH PLASTIK PVC TERHADAP VARIASI TEMPERATUR PIROLISIS"

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 orisinil dan otentik.

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

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

Medan,16 September 2025

Dimas Arya

ABSTRAK

Plastik PVC atau *Polyvinyl Chloride* merupakan salah satu bahan material plastik yang banyak digunakan untuk pembuatan kemasan berbahan plastik Permasalahan limbah plastik, khususnya jenis *Polyvinyl Chloride* (PVC), terus meningkat seiring bertambahnya konsumsi plastik global. Limbah plastik PVC sulit terurai secara alami dan memiliki potensi pencemaran lingkungan yang tinggi. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan mengkonversi limbah PVC menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi plastik PVC (*Polyvinyl Chloride)* sebagai bahan bakar alternatif melalui pengujian *viskositas* dan *densitas*,. Analisis karakteristik bahan bakar menggunakan alat *viskometer* dan *density meter*,. Hasil penelitian menunjukan bahwa *viskositas* minyak plastik PVC pada temperatur 150 °C adalah 1,34 mm^2/s dan pada temperatur 260°C adalah 1.91 mm^2/s. *Densitas* minyak pada temperatur 150°C adalah 789 kg/m^3 dan pada temperatur 260°C adalah 798 kg/m^3 Data hasil pengujian laboratorium ini menunjukan bahwa karakteristik minyak plastik PVC mendekati spesifikasi bahan bakar bensin dan minyak tanah untuk *viskositas*, serta *densitas*.

Kata Kunci : Plastik PVC, Bahan bakar alternatif, *Viskositas*, *Densitas*

ABSTRACT

PVC plastic or Polyvinyl Chloride is a plastic material that is widely used to make plastic packaging. The problem of plastic waste, particularly polyvinyl chloride (PVC), continues to increase along with increasing global plastic consumption. PVC plastic waste is difficult to decompose naturally and has a high potential for environmental pollution. One solution to address this problem is to convert PVC waste into alternative fuel through pyrolysis. This study aims to analyze the potential of PVC (polyvinyl chloride) plastic as an alternative fuel through viscosity and density testing. The fuel characteristics were analyzed using a viscometer and density meter. The results showed that the viscosity of PVC plastic oil at 150°C was 1.34 mm²/s and at 260°C it was 1.91 mm²/s. The oil density at 150°C was 789 kg/m³ and at 260°C it was 798 kg/m³. The laboratory test data indicate that the characteristics of PVC plastic oil approach the specifications for gasoline and kerosene fuels in terms of viscosity and density.

Keywords: PVC Plastic, Alternative Fuel, Viscosity, 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 tugas akhir ini dengan judul "Analisis Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Alternatif Memanfaatkan Limbah Plastik PVC Terhadap Variasi Temperatur Pirolisis".

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

1. Bapak H. Muharnif M,S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Chandra Amirsyah Siregar,S.T,M.T Selaku Ketua Program studi Teknik Mesin dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar,S.T,M.T selaku Sekretaris Program studi Teknik Mesin
3. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar,S.T,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik,Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis yang paling dicintai dan disayangi Solihin dan Sumiyem yang telah bersusah payah memberikan Pendidikan terbaik dan membiayai studi penulis dan juga kakak tercinta Apriliyanti yang sudah membantu penulis menyusun tugas akhir ini
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Rekan kerja penulis yang juga saudara dari AHASS JOHOR SERVIS yang tidak bisa disebut satu persatu
8. Sahabat Penulis Azim, Rama, Dicky, Raihan, Naufal, Fathur, teman teman seperjuangan dan juga buat adinda tercinta Rahmi Andini Nasution
9. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2021

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

Medan, 15 September 2025

Dimas Arya

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN **i**

ABSTRAK **ii**

ABSTRACT **iii**

KATA PENGANTAR **iv**

DAFTAR ISI **vi**

DAFTAR TABEL **viii**

DAFTAR GAMBAR **ix**

DAFTAR NOTASI **x**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Ruang Lingkup 3

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Manfaat penelitian 4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 Definisi bahan bakar Alternatif 5

2.2 Jenis-jenis bahan bakar minyak (BBM) 6

2.2.1 Bensin 6

2.2.2 Minyak Tanah 7

2.2.3 Solar 9

2.3 Limbah Plastik 11

2.4 Karakteristik plastik 13

2.5 Jenis plastik yang digunakan 15

2.5.1 Plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) 15

2.6 Pirolisis 16

2.7 Parameter yang digunakan 17

2.7.1 *Viskositas* 17

2.7.2 *Densitas* 18

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN **20**

3.1 Tempat dan Waktu 20

3.1.1 Tempat Penelitian 20

3.1.2 Waktu Penelitian 20

3.2 Bahan dan Alat 21

3.2.1 Bahan Penelitian 21
3.2.2 Alat Penelitian 23
3.3 Bagan Alir Penelitian 33
3.4 Rancangan Alat Penelitian 34
3.5 Prosedur Penelitian 36
3.5.1 Persiapan dan Pengumpulan Bahan 36
3.5.2 Pengujian dengan *Viskometer* dan *Densitymeter* 37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 40
4.1 Hasil Penelitian 40
4.1.1 Perhitungan, Viscositas dan *Densitas* Secara Teoritis 40
4.2 Nilai Viskositas dan Densitas 45
4.2.1 Berdasarkan pengujian laboratorium 45
4.2.2 Bedasarkan pengujian teoritis 46
4.2.3 Bedasarkan Referensi 46
4.3 Analisis Data 46
4.3.1 Nilai *Viskositas* 47
4.3.2 Nilai *Densitas* 48
4.4 Grafik Perbandingan Nilai 48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 50
5.1 Kesimpulan 50
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 52
Lampiran 1. Hasil Uji Karakteristik Minyak
Lampiran 2. Spesifikasi Pertamina
Lampiran 3. Lembar Asistensi
Lampiran 4. SK Pembimbing
Lampiran 5. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian
Lampiran 6. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Bahan Bakar Komersil 11
Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian 20
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat *Viskometer* 29
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat *Densimeter* 32
Tabel 4.1 Perhitungan Konversi Viskositas 40
Tabel 4.2 Data Pengujian Laboratorium Politeknik Medan 46
Tabel 4.3 Data Perhitungan Secara Teoritis 46
Tabel 4.4 Data dari Referensi 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis plastik 13

Gambar 2.2 Plastik PVC 15

Gambar 3.1 Plastik PVC 22

Gambar 3.2 Minyak hasil Pirolisis Plastik PVC 23

Gambar 3.3 Botol Kaca 24

Gambar 3.4 Gelas Ukur 26

Gambar 3.5 Neraca Digital 27

Gambar 3.6 *Viskometer* 28

Gambar 3.7 *Densitymeter* 31

Gambar 3.8 Diagram Alir 33

Gambar 3.9 Skema Alat *Viskositas* 34

Gambar 3.10 Skema Alat *Densitas* 35

Gambar 3.11 Minyak hasil pirolisis 150°C 36

Gambar 3.12 Minyak hasil pirolisis 260°C 37

Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai 49

DAFTAR NOTASI

ρ : Massa jenis (kg/m^3)
m : Massa (kg)
v : Volume (m^3)
μ : Kekentalan dinamis (Pa)
ρ : Massa jenis kg/m^3
m : Massa benda (g)
v : Volume benda m^3

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah populasi penduduk di Indonesia menyebabkan kenaikan persentase konsumsi akan barang-barang plastik di Masyarakat. Menurut catatan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2023, tumpukan sampah di Indonesia mencapai 18.081.278.88 ton per tahun. Dari total jumlah sampah tersebut, sampah plastik berada di urutan kedua sebagai penyumbang sampah terbanyak, yakni sekitar 18, 54% atau setara dengan 19. 348 ton(SIPSN)(Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional,2023)

Plastik merupakan salah satu material yang banyak digunakan di berbagai sektor, seperti industri kemasan, konstruksi, otomotif, hingga elektronik. Salah satu jenis plastik yang paling umum digunakan adalah *Polyvinyl Chloride* (PVC). PVC merupakan plastik yang memiliki sifat kuat, tahan lama, dan dapat diproses dengan berbagai cara, sehingga digunakan dalam produk-produk seperti pipa, kabel, lantai vinil, hingga bahan bangunan lainnya (Sundararajan et al., 2020).Di Indonesia, masalah limbah plastik menjadi perhatian besar, termasuk limbah PVC. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) 2020, sekitar 9 juta ton sampah plastik dihasilkan setiap tahunnya, dengan PVC menjadi salah satu kontributor terbesar. Namun, upaya daur ulang dan pengelolaan limbah PVC di Indonesia masih terbatas, baik dalam hal infrastruktur maupun kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan limbah plastik yang ramah lingkungan (KLHK, 2020).

Dengan meningkatnya kesadaran tentang dampak negatif plastik terhadap lingkungan, penting untuk mengeksplorasi solusi pengelolaan limbah PVC, termasuk melalui teknik daur ulang atau penggantian material plastik dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan (Zhao et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang timbul akibat limbah plastik PVC serta menganalisis berbagai metode yang dapat diterapkan untuk pengelolaannya yang lebih berkelanjutan.

Jenis Plastik PVC juga memiliki nilai kalor yang cukup tinggi setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar,serta bisa memberikan solusi terhadap krisis energi bahan bakar fosil yang semakin menipis akibat dari eksploitasi secara terus menerus dan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Proses pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar meliputi beberapa proses,diantaranya pirolisis dan destilasi. Plastik *Poly-vinly Chloride* atau biasa disingkat PVC, adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. PVC merupakan termoplastik ekonomis dan serbaguna yang lazim diaplikasikan pada industri konstruksibangunan. Plastik PVC biasa dipakai untuk memproduksi profil pintu dan jendela, pipa (air minum dan pembuangan), isolasi kawat dan kabel, peralatan medis dan lain sebagainya [4]. Beberapa keunggulan dari material PVC, yaitu resisten terhadap aliran listrik dan zat kimia, tahan terhadap pelapukan, korosi, pembusukan kimiawi dan abrasi, tidak mudah terbakar, dan memiliki sifat fisik dan mekanis yang baik sehingga dapat bertahan lama. Namun dalam satu sisi PVC memiliki kelemahan pada sifat mekaniknya, yaitu getas (brittle). Tentunya, kondisi ini akan membuat PVC mudah mengalami kerusakan retak atau kerusakan patah jika terkena beban kejut. Kelemahan ini dapat diminimalisir jika PVC tersebut memiliki keuletan. Oleh karena itu untuk meningkatkan keuletan dan ketangguhan dari produk PVC, perlu ditambahkan plasticizer dengan kadar tertentu, namun tanpa menghilangkan sifat kekakuan dari PVC tersebut (Thasyahpitanova & Sagir alva, 2023)

Pirolisis adalah proses pemanasan bahan organik (seperti plastik, biomassa, atau limbah) pada suhu tinggi tanpa oksigen, yang menyebabkan pemecahan molekul-molekul besar menjadi senyawa yang lebih kecil, seperti gas, minyak, dan karbon padat (char). Pirolisis digunakan untuk mengubah limbah menjadi energi atau produk bernilai, seperti bahan bakar, dengan menghindari pembakaran langsung yang menghasilkan polusi.

Distilasi adalah pemisahan campuran dalam suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Fungsi dari distilasi adalah untuk memisahkan larutan yang saling campur homogen dengan jalan menguapkan salah satu komponennya yang mudah menguap sehingga menjadi komponen yang mudah terpisah. Keuntungan

dari distilasi adalah tidak memerlukan komponen tambahan. Biasanya setelah melakukan proses ektraksi, maka untuk mengisolasi ekstrak dari larutannya digunakan proses distilasi. Distilasi yang dilakukan adalah distilasi sederhana,dimana seluruh cairan ekstraksi dimasukkan kedalam labu distilasi dan dipanaskan sehingga terjadi proses kondensasi yaitu fasa uap berubah menjadi fasa cair.(Kurniawan & Nasrun, 2017).

Minyak hasil pyrolisis ini juga mudah terbakar, mengeluarkan jelaga,dan baunya merangsang. Minyak pyrolisis ini dapat diolah lagi supaya mempunyai sifat jenuh dan stabil. Minyak pirolisis dari plastik piloetina, hasil penelitian menunjukan bahwa minyak pirolisis dari plastik piloetina mempunyai *densitas* 939 kg/m3 atau lebih berat dari minyak tanah. Minyak bakar ini mempunyai ignition point 30,4Oc sehingga sangat mudah dinyalakan (Nuryosuwito et al.,2021)

Karakteristik bahan bakar, bahan bakar merupakan salah satu kebutuhan pokok yang ada di masyarakat. Hampir setiap keluarga di indonesia pasti memiliki kebutuhan dengan bahan bakar yang mereka punya seperti kendaraan. Namun setiap jenis mesin tentunya membutuhkan bahan bakar juga harus memliki karakterisiknya tersendiri,diantaranya yaitu seperti *viskositas* dan *densitas*.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis ingin melakukan penelitian untuk menganalisis *viskositas* dan *densitas* yang dituangkan pada tugas akhir yang berjudul "Analisis Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Alternatif Memanfaatkan Limbah Plastik PVC Terhadap Variasi Temperatur Pirolisis"

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengujian analisa karakteristik bahan bakar ini antara lain sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil pirolisis dari karakteristik bahan bakar alternatif menggunakan limbah plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*)
2. Mencirikan faktor mempengaruhi nilai karakteristik *viskositas* dan *densitas* minyak hasil limbah plastik jenis PVC (*Polyvinyl Chloride*)

1.3 Ruang Lingkup

1. Bahan bakar alternative dari limbah plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*)
2. Jenis plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) Pipa plastik dan mainan anak-anak

3. Analisis karakteristik bahan bakar alternatif dari plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) meliputi *viskositas* dan *densitas*

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengkategorikan jenis minyak dari plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) yang dihasilkan pada 2 temperatur 150°C dan 260°C
2. Menganalisis nilai *viskositas* dan *densitas* minyak dari limbah plastik jenis PVC (*Polyvinyl Chloride*)

1.5 Manfaat penelitian

1. Agar mengetahui limbah plastik ini bagus atau tidak jika dijadikan bahan bakar alternatif dari bahan baku plastik PVC
2. Mengetahui informasi karakteristik bahan bakar alternatif dari plastik PVC seperti nilai *viskositas* dan *densitas*

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi bahan bakar Alternatif

Bahan Bakar Alternatif adalah jenis bahan bakar yang digunakan sebagai pengganti atau pelengkap bahan bakar fosil tradisional, yang lebih ramah lingkungan dan memiliki potensi untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak terbarukan. Bahan bakar alternatif umumnya berasal dari sumber yang dapat diperbaharui (*renewable*), seperti biomassa, bahan organik, atau energi terbarukan lainnya, serta dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak negatif terhadap perubahan iklim. Beberapa contoh bahan bakar alternatif yang populer antara lain biodiesel, bioetanol, hidrogen, serta energi listrik yang digunakan pada kendaraan listrik. Selain itu, penggunaan bahan bakar alternatif juga bertujuan untuk meningkatkan keberlanjutan sistem energi global dengan mengurangi polusi udara dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang semakin menipis.

Pemakaian yang signifikan namun cadangan minyak bumi yang terbatas dapat menyebabkan krisis energi yang akan mempengaruhi perekonomian secara langsung. Oleh karena itu perlu dilakukan diversifikasi energi dengan mencari berbagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, bernilai ekonomis dan banyak tersedia di alam (Abdussalam et al., 2018). Penggunaan bahan bakar alternatif dari limbah plastik dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 14,061% dan pada kadar emisi gas buang CO tedapat penurunan sebesar 85,515 % dan pada kandungan HC terdapat peningkatan sebesar -350,73% (Manalu et al., 2015). Pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak merupakan salah satu pengembangan dari ilmu pengetahuan yang memberikan manfaat positif untuk mengatasi masalah lingkungan, meningkatkan taraf hidup orang banyak, juga menjadi tawaran solusi mencari bahan bakar alternatif. Konversi yang dihasilkan dari proses ini mencapai 60% bahkan lebih, tergantung dari bahan plastik yang digunakan dan dengan penambahan zat kimia lain. Plastik juga merupakan bahan anorganik buatan yang tersusun dari bahan-bahan kimia yang cukup berbahaya bagi lingkungan. Sampah plastik sangatlah sulit untuk diuraikan secara alami, untuk

menguraikan sampah plastik membutuhkan kurang lebih 80 tahun agar dapat terdegradasi secara sempurna (Kurniawan & Nasrun, 2017).

2.2 Jenis-jenis bahan bakar minyak (BBM)

2.2.1 Bensin

Bahan bakar bensin adalah suatu produk pengolahan minyak bumi dengan trayek didih berkisar 400 C-1000 C, merupakan campuran senyawa hidrokarbon komplek yang terdiri dari C5 C12. Bensin ini digunakan untuk bahan bakar motor dengan sistem penyalaan busi (spark ignition engine) di mana mutunya ditetapkan dalam spesifikasinya. Bensin ialah suatu hidrokarbon dengan rantai karbon C5 sampai dengan C12 umumnya selalu digunakan sebagai bahan bakar motor bakar, bensin juga memiliki bentuk yaitu cairan, yang berwarna bening kekuning-kuningan, bensin ini berasal dari hasil pengolahan minyak mentah yang sudah ditemukan, sebagian besarnya dipakai untuk bahan bakar pada mesin. Bensin akan dihasilkan dengan cara penyulingan atau bisa disebut dengan destilasi dari petroleum pada temperatur maksimal 150°C (Nasrun et al., 2017) Energi bahan bakar fosil terutama minyak bumi untuk kebutuhan sektor transportasi dan bahan petrokimia belum mampu tergantikan oleh sumber energi lainnya, sehingga diperlukan usaha konservasi. Spesifikasi bahan bakar minyak jenis bensin yang dipasarkan dalam negeri menurut surat Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 adalah salah satu bahan bakar minyak konservasi energi dengan penambahan ether atau etanol ke dalam bahan bakar bensin. (Semar, 2022). Bensin adalah salah satu jenis bahan bakar cair yang paling umum digunakan di dunia, terutama sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor seperti mobil dan sepeda motor yang menggunakan mesin pembakaran dalam (internal combustion engine). Secara kimiawi, bensin merupakan campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon yang umumnya terdiri dari rantai karbon pendek hingga menengah, mulai dari 4 hingga 12 atom karbon per molekul, termasuk alkana, sikloalkana, dan senyawa aromatik.

Bensin diproduksi dari hasil penyulingan minyak bumi mentah (*crude oil*) melalui proses pemurnian dan pemisahan fraksi di kilang minyak. Selain proses penyulingan, bensin juga dapat melalui proses pengolahan tambahan seperti

reforming, isomerisasi, dan alkilasi untuk meningkatkan kualitas bahan bakar, seperti nilai oktan yang tinggi dan pembakaran yang lebih efisien.

Nilai oktan bensin merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan kemampuan bensin untuk menahan detonasi atau ketukan mesin saat pembakaran. Bensin dengan nilai oktan tinggi cenderung menghasilkan pembakaran yang lebih halus dan efisien, sehingga memberikan performa mesin yang optimal dan mengurangi risiko kerusakan pada mesin.

Secara fisika, bensin memiliki sifat seperti volatilitas tinggi, mudah menguap, warna bening sampai kekuningan, dan *densitas* yang relatif rendah (sekitar 0,71–0,77 g/cm³). Volatilitas bensin penting untuk memastikan bahwa bahan bakar mudah menguap dan terbakar sempurna dalam ruang bakar mesin, terutama pada suhu rendah saat mesin baru dinyalakan.

Penggunaan bensin sebagai bahan bakar sangat luas karena kemampuannya memberikan tenaga yang cukup besar serta mudah didistribusikan. Namun, bensin juga memiliki beberapa kelemahan, seperti mudah terbakar dan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada polusi udara dan perubahan iklim.

Dalam konteks penelitian terutama yang berkaitan dengan pirolisis dan pengembangan bahan bakar alternatif, bensin sering dijadikan sebagai patokan standar atau referensi dalam membandingkan kualitas minyak hasil pirolisis. Parameter fisika dan kimia seperti *viskositas*, *densitas*, nilai kalor, dan nilai oktan pada minyak pirolisis dibandingkan dengan bensin untuk menentukan potensi penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis.

Secara keseluruhan, bensin adalah bahan bakar fosil yang penting dengan berbagai karakteristik fisik dan kimia yang mempengaruhi performa mesin dan lingkungan, sehingga pemahaman mendalam tentang bensin menjadi dasar penting dalam pengembangan teknologi energi, termasuk penelitian minyak hasil pirolisis sebagai alternatif bahan bakar.

2.2.2 Minyak Tanah

Minyak Tanah adalah fraksi minyak bumi yang mempunyai daerah didih sekitar 150-300° C. Penggunaan utama minyak tanah ialah sebagai bahan bakar

lampu penerangan, sebagai bahan bakar kompor dalam rumah tangga. Di Sragen juga digunakan sebagai bahan bakar pompa air yang menggunakan mesin bensin. Karena kerosine terutama digunakan sebagai bahan bakar lampu makasalah satu sifat yang terpenting bagi kerosine adalah harus mampu memberikan intensitas terang nyala yang tinggi dan sedikit mungkin memberikan asap yang dapat mengganggu lingkungan.(Yusron, 2007). Minyak tanah atau kerosene adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar yang diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150°C dan 275°C dan mempunyai rantai karbon dari C11 sampai C15. Biasanya, minyak tanah di distilasi langsung dari minyak mentah membutuhkan perawatan khusus, dalam sebuah unit Merox atau hidrotreater, untuk mengurangi kadar belerang dan pengaratannya. Minyak tanah dapat juga diproduksi oleh hidrocracker, yang digunakan untuk memperbaiki kualitas bagian dari minyak mentah yang akan bagus untuk bahan bakar minyak.(Nasrun et al., 2017). Minyak tanah adalah salah satu produk hasil penyulingan minyak bumi yang termasuk dalam kategori bahan bakar cair. Minyak tanah memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari sebagai sumber energi, terutama untuk keperluan memasak, penerangan, dan pemanas di berbagai daerah, khususnya di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik atau gas.

Secara kimia, minyak tanah merupakan campuran hidrokarbon yang terdiri dari rantai karbon dengan jumlah atom sedang, biasanya antara 9 hingga 16 atom karbon per molekul. Komposisi ini membuat minyak tanah memiliki sifat fisika dan kimia yang berbeda dibandingkan dengan bahan bakar lain seperti bensin atau solar. Minyak tanah memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan bensin, sehingga volatilitasnya lebih rendah, yang menyebabkan minyak tanah lebih stabil dan relatif aman dalam penyimpanan dan penggunaan sehari-hari.

Minyak tanah dihasilkan melalui proses penyulingan fraksional minyak bumi mentah di kilang minyak. Proses ini memisahkan minyak bumi menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan titik didihnya. Minyak tanah termasuk dalam fraksi menengah yang memiliki rentang titik didih sekitar 150°C hingga 300°C. Selain penyulingan, minyak tanah juga dapat mengalami proses pemurnian tambahan untuk menghilangkan zat pengotor yang dapat mempengaruhi kualitas dan performa bahan bakar.

Sifat fisika minyak tanah meliputi *densitas* yang berkisar antara 0,78 hingga 0,85 g/cm³, serta *viskositas* yang cukup rendah untuk memungkinkan minyak ini mengalir dengan mudah dan mudah disemprotkan atau diinjeksikan dalam berbagai perangkat pembakaran. Selain itu, minyak tanah memiliki nilai kalor yang relatif tinggi, sehingga mampu menghasilkan energi panas yang cukup besar saat dibakar.

Penggunaan minyak tanah sebagai bahan bakar telah berlangsung selama puluhan tahun, terutama sebagai bahan bakar lampu minyak dan kompor minyak. Meskipun dalam beberapa tahun terakhir penggunaan minyak tanah mulai tergantikan oleh sumber energi lain seperti listrik dan gas elpiji, minyak tanah tetap menjadi bahan bakar penting di banyak daerah, khususnya di wilayah terpencil atau berkembang.

Dalam konteks penelitian, terutama yang berhubungan dengan pirolisis dan pengembangan bahan bakar alternatif, minyak tanah sering digunakan sebagai bahan pembanding untuk mengevaluasi kualitas minyak hasil pirolisis. Parameter seperti *densitas*, *viskositas*, nilai kalor, dan emisi pembakaran minyak hasil pirolisis dibandingkan dengan minyak tanah untuk menentukan potensi pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, minyak tanah merupakan bahan bakar cair yang memiliki peranan strategis dalam sektor energi, terutama di wilayah yang masih bergantung pada bahan bakar fosil. Pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik fisika dan kimia minyak tanah sangat penting dalam rangka mengembangkan teknologi energi baru dan terbarukan serta mengoptimalkan penggunaan bahan bakar alternatif seperti minyak hasil pirolisis.

2.2.3 Solar

Solar adalah fraksi dari pemanasan minyak bumi antara 250-340°C yang mempunyai panjang hidrokarbon antara C16-C20. Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Pada umumnya solar akan banyak mengandung belerang karena dibandingkan dengan bensin solar memiliki titik didih yang lebih tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan bilangan setana, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar di dalam mesin diesel. (Nasrun et al., 2017). Solar dikenal sebagai bahan bakar diesel yang dianggap cairan mudah terbakar serta digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel,

solar ini biasanya diperoleh dari fraksi minyak bumi mentah yang tidak mudah menguap dibandingkan fraksi yang digunakan dalam bensin Dalam mesin diesel, bahan bakar disulut bukan oleh percikan api, seperti pada mesin bensin, tetapi oleh panas udara yang dikompresi di dalam silinder, dengan bahan bakar yang disemprotkan ke dalam udara bertekanan panas. Bahan bakar diesel melepaskan lebih banyak energi saat pembakaran dibandingkan dengan volume bensin yang sama, sehingga mesin diesel umumnya menghasilkan penghematan bahan bakar yang lebih baik daripada mesin bensin.Solar adalah jenis bahan bakar yang dihasilkan dari proses pengolahan dari pemanfaatan fraksi minyak bumi yang dilakukan dengan cara memisahkan minyak mentah dari fraksi-fraksinya pada proses rangkaian alat destilasi. Solar atau sering disebut sebagai bahan bakar diesel adalah salah satu jenis bahan bakar cair yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi dan digunakan secara luas sebagai sumber energi untuk mesin diesel. Solar merupakan bahan bakar utama untuk kendaraan bermesin diesel, seperti truk, bus, kapal, dan alat-alat berat, serta digunakan dalam pembangkit listrik dan mesin industri.

Secara kimia, solar merupakan campuran hidrokarbon dengan rantai karbon yang lebih panjang dibandingkan bensin, umumnya terdiri dari senyawa dengan 10 hingga 22 atom karbon. Struktur kimia ini menyebabkan solar memiliki titik didih yang lebih tinggi dan *viskositas* yang lebih besar dibandingkan bensin, sehingga solar memiliki sifat fisika yang berbeda dan mempengaruhi cara pembakarannya dalam mesin diesel.

Proses produksi solar dimulai dengan penyulingan minyak mentah di kilang minyak, melalui proses penyulingan fraksional. Fraksi yang dihasilkan pada rentang suhu sekitar 180°C hingga 360°C akan dikumpulkan dan diolah lebih lanjut untuk mendapatkan solar dengan kualitas sesuai standar. Selain proses penyulingan, solar juga dapat mengalami proses pengolahan seperti hidrogenasi dan pemurnian untuk mengurangi kandungan sulfur, sehingga menghasilkan solar yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

Sifat fisika solar meliputi *densitas* sekitar 0,82 hingga 0,87 g/cm³ dan *viskositas* yang lebih tinggi dibandingkan bensin, biasanya berkisar antara 2 hingga 4 centistokes pada suhu 40°C. Nilai kalor solar juga relatif tinggi, memungkinkan

efisiensi pembakaran yang baik dan menghasilkan tenaga besar pada mesin diesel. Solar memiliki titik nyala (flash point) yang relatif tinggi, sekitar 52°C, sehingga lebih aman dalam penyimpanan dan transportasi dibandingkan bensin.

Solar memiliki peranan penting dalam sektor transportasi dan industri karena kemampuannya memberikan tenaga yang kuat dan efisiensi bahan bakar yang tinggi pada mesin diesel. Namun, penggunaan solar juga menimbulkan tantangan terkait emisi gas buang, seperti partikulat dan nitrogen oksida, yang berkontribusi pada polusi udara dan perubahan iklim. Oleh karena itu, pengembangan solar dengan kualitas lebih baik dan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan menjadi fokus utama dalam riset energi saat ini.

Dalam konteks penelitian, terutama yang berhubungan dengan pirolisis dan pengembangan bahan bakar alternatif, solar sering dijadikan sebagai patokan atau bahan pembanding dalam mengevaluasi kualitas minyak hasil pirolisis. Parameter seperti *densitas*, *viskositas*, nilai kalor, dan sifat pembakaran minyak hasil pirolisis dibandingkan dengan solar untuk mengetahui potensi minyak tersebut sebagai bahan bakar alternatif yang ekonomis dan efisien.

Secara keseluruhan, solar adalah bahan bakar cair yang sangat penting dalam industri dan transportasi, dengan karakteristik fisika dan kimia yang khas, sehingga pemahaman mendalam tentang solar sangat diperlukan dalam pengembangan teknologi energi dan bahan bakar alternatif.

Tabel 2.1 Karakteristik Bahan Bakar Komersil (Damar Wahyu Prianto,2018)

Bahan bakar	*Viskositas* (dPa.s)	*Densitas* (kg/m^3)	*Flash Point* (^{o}C)
Bensin	0,77 - 1,19	0,778 – 1,198	-42,77
Solar	1,63 – 3,87	0,185 – 0,860	50
Biodiesel	2,3 - 6	0,85 – 0,89	>130

2.3 Limbah Plastik

Plastik termasuk salah satu molekul besar dimana proses pembentukannya melalui polimerisasi. Polimerisasi ialah proses kimia yang menggabungkan beberapa molekul sederhana menjadi makromolekul. Plastik mulai digunakan diberbagai macam produk seperti peralatan rumah tangga, produk otomotif, dan elektronik. Adapun keuntungan menggunakan material ini antara lain ringan, kuat,

tahan terhadap air dan karat. Plastik memiliki tekstur yang licin, mengkilat, lentur, fleksibel serta relatif murah dari segi biaya produksi. Pada umumnya masyarakat sering menggunakan plastik untuk berbagai macam keperluan. Beragam jenis plastik yang beredar seperti jenis plastik *Low-Density Polyethylene* (LDPE), *High-Density Polyethylene* (HDPE), dan *Polystytene* (PS). LDPE adalah jenis plastik dengan kode nomor 4, memiliki karakteristik yang lebih lunak atau lembek. HDPE adalah jenis plastik dengan kode nomor 2, lebih tahan dan sedikit rentan terhadap korosi, memiliki tingkat kontaminasi yang kecil dari larutan kimia serta mudah didaur ulang. PS adalah jenis plastik dengan kode nomor 6, mempunyai karakteristik yang kekakuan dan kestabilan dimensi baik (Hartono & Rachmat, 2022). Teknik pemanasan yang tepat untuk mendaur ulang sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif adalah metode pirolisis (Damayanti et al., 2023). Limbah plastik adalah sisa material berbahan dasar polimer sintetis yang tidak terpakai lagi dan umumnya berasal dari aktivitas manusia, baik dari rumah tangga, industri, maupun komersial. Limbah ini meliputi berbagai jenis produk plastik seperti kantong, botol, kemasan makanan, peralatan rumah tangga, hingga komponen industri yang telah dibuang setelah pemakaian.

Menurut Badan Standar Nasional (BSN), limbah plastik termasuk dalam kategori limbah padat anorganik yang tidak mudah terurai secara alami di lingkungan. Sifat kimiawi plastik yang tahan terhadap degradasi biologis menyebabkan limbah ini bertahan lama di alam dan menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran lingkungan, terutama di perairan dan daratan.

Limbah plastik dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis polimernya, antara lain:

- Polietilena (PE)
- Polipropilena (PP)
- Polivinil klorida (PVC)
- Polietilena Tereftalat (PET)
- Polistirena (PS)
- dan lainnya.

Salah satu jenis yang memiliki dampak lingkungan cukup besar adalah PVC *(Polyvinyl Chloride*) karena mengandung unsur klor yang bisa menghasilkan

senyawa berbahaya seperti dioksin dan asam klorida saat dibakar atau diproses secara termal tanpa penanganan yang tepat.

Namun, di sisi lain, limbah plastik juga dapat dimanfaatkan kembali melalui berbagai metode, seperti:

- daur ulang mekanik
- daur ulang kimia
- atau konversi energi melalui proses pirolisis.

Melalui pendekatan ini, limbah plastik tidak hanya menjadi masalah lingkungan, tetapi juga dapat menjadi sumber energi alternatif jika diolah dengan teknologi yang tepat.

Gambar 2.1 Jenis-jenis plastik (Wajdi,B.,Sapiruddin,S.,Novianti,B.,& Zahara,L.(2020)

2.4 Karakteristik plastik

Karakteristik dari plastik terdiri dari 2 jenis, yaitu:

1. Karakteristik termal, yaitu keadaan termal dari plastik menggunakan Thermo Gravimetry Analyzer dan Differential Scanning Calorimeter untuk menentukan rentang temperatur dekomposisi, suhu softening, dan

pembakaran, serta produk yang dihasilkan ketika melewati rentang temperatur tersebut.

Karakteristik thermal adalah sifat-sifat atau perilaku suatu bahan atau material yang berkaitan dengan reaksi, perubahan, dan kemampuan bahan dalam merespon atau mentransfer panas. Karakteristik ini mencakup berbagai aspek fisika dan kimia yang menunjukkan bagaimana suatu bahan menyerap, menyimpan, menghantarkan, atau melepaskan energi panas ketika mengalami perubahan suhu atau perlakuan panas.

Dalam konteks bahan bakar, minyak, atau hasil pirolisis, karakteristik thermal mencakup sifat-sifat seperti:

- Titik didih (boiling point): Suhu dimana bahan berubah dari cair menjadi uap.
- Titik leleh (melting point): Suhu dimana bahan berubah dari padat menjadi cair.
- Kapasitas kalor (heat capacity): Jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu bahan sebesar satu derajat Celsius.
- Konduktivitas termal (thermal conductivity): Kemampuan bahan untuk menghantarkan panas.
- Titik nyala (flash point): Suhu minimum dimana uap bahan dapat menyala jika terkena api.
- Titik pembakaran (ignition point): Suhu dimana bahan dapat terbakar secara spontan tanpa sumber api.
- Stabilitas termal: Kemampuan bahan untuk tetap stabil atau tidak mengalami perubahan kimia saat dipanaskan.

2. Karakteristik fisik, yaitu mencakup ketebalan, kelarutan dan rentang suhu softening.

Karakteristik fisik adalah sifat-sifat suatu bahan yang dapat diamati dan diukur tanpa mengubah komposisi kimianya. Karakteristik ini menggambarkan aspek-aspek fisik bahan yang berkaitan dengan bentuk, ukuran, warna, massa, volume, kepadatan, kekentalan, titik leleh, titik didih, dan sifat mekanik lainnya.

Dalam konteks bahan bakar atau minyak hasil pirolisis, karakteristik fisik meliputi:

- *Densitas* (massa jenis)**:** Massa per satuan volume suatu bahan.

- *Viskositas*: Tingkat kekentalan atau resistensi terhadap aliran.
- Warna**:** Indikator visual kualitas dan komposisi bahan.
- Titik didih dan titik leleh**:** Suhu dimana bahan berubah wujud fisik.
- Bau**:** Karakteristik aroma yang bisa menunjukkan adanya senyawa tertentu.
- Kelarutan**:** Kemampuan bahan larut dalam pelarut tertentu.

2.5 Jenis plastik yang digunakan

2.5.1 Plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC (*Polyvinyl Chloride*) adalah salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari konstruksi, kesehatan, hingga industri otomotif. PVC dapat ditemukan dalam bentuk keras dan fleksibel, tergantung pada aditif yang digunakan. Plastik ini terbuat dari polimerisasi monomer vinil klorida (VCM), yang merupakan senyawa organik berbasis klorin.bentuk umum dari plastik PVC adalah sebagai berikut

Gambar 2.2 Plastik PVC (Nasrun,N.,Kurniawan, E., & Sari,I. (2017).

Plastik PVC memiliki sifat fisik dan kimia yang cukup menarik, seperti ketahanan terhadap bahan kimia, tahan lama, mudah dibentuk, dan memiliki

kekuatan mekanik yang baik. Namun, PVC juga dapat menghasilkan gas berbahaya saat terbakar, terutama jika mengandung klorin.

PVC diproduksi melalui proses polimerisasi dari monomer vinil klorida yang diikuti dengan tahap ekstrusi, pencetakan, atau injeksi. Adanya aditif seperti stabilisator dan plastisizer memberikan fleksibilitas dan ketahanan tertentu pada produk PVC.

2.6 Pirolisis

Pirolisis sampah plastik merupakan salah satu bentuk proses daur ulang dengan mengubah plastik menjadi bahan bakar. Selain bermanfaat untuk mengurangi jumlah sampah plastik, pirolisis sampah plastik juga bermanfaat untuk menyediakan bahan bakar dengan nilai energi yang cukup tinggi (Wahyudi et al., 2018). Pirolisis berasal dari dua kata yaitu pyro yang berarti panas dan lysis yang berarti penguraian atau degradasi, sehingga pirolisis berarti penguraian biomassa oleh panas pada suhu lebih dari 150°C.

Pirolisis merupakan proses thermal cracking yaitu proses perekahan atau pemecahan rantai polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui proses thermal (pemanasan/pembakaran) dengan tanpa maupun sedikit oksigen. Pirolisis merupakan proses endotermis artinya proses pirolisis hanya bisa terjadi ketika dalam sistem diberikan energi panas. Energi panas yang dibutuhkan pada proses ini dapat bersumber dari tenaga listrik maupun dari tungku pembakaran dengan bahan bakar berupa limbah kayu seperti potongan-potongan kayu, serbuk gergaji, dan lain-lain.

Istilah lain dari pirolisis adalah "*destructive distillation*" atau destilasi kering, merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar.

Plastik yang mengalami proses pirolisis akan terdekomposisi menjadi material-material pada fase cair dalam bentuk minyak bakar, fase gas berupa campuran gas yang dapat terkondensasi maupun tidak dapat terkondensasi dan fase padat berupa residu maupun tar. Dibandingkan dengan bio-fuel seperti biodisel maupun bioetanol, minyak hasil pirolisis plastik memiliki beberapa kelebihan. Minyak hasil pirolisis tidak mengandung air sehingga nilai kalorinya lebih besar.

Selain itu, minyak hasil pirolisis tidak mengandung oksigen sehingga tidak menyebabkan korosi (Wahyudi et al., 2018).

Proses pirolisis terjadi karena adanya api yang ditentukan temperaturnya. Api tersebut akan memanaskan reactor, dimana reaktor ini adalah suatu alat proses tempat di mana terjadinya suatu reaksi berlangsung. Reaksi yang terjadi yaitu bahan yang dipanaskan akan melebur / meleleh pada temperatur tertentu sesuai bahan, setelah bahan melebur selanjutnya terjadi penguapan, uap tersebut selanjutnya masuk ke kondensor, dimana kondensor ini berfungsi untuk merubah fasa dari uap/gas menjadi cair. Dikondensor ini uap dari reaktor akan dirubah fasanya menjadi cairan dengan temperatur yang ditentukan untuk menghasilkan cairan yang diinginkan (Riupassa & Baharuddin, 2018).

Pirolisis plastik melibatkan tiga mekanisme dekomposisi yaitu:

1. Pemotongan secara random rantai polimer yang menyebabkan terbentuknya rantai polimer yang lebih pendek,
2. Pemotongan pada ujung rantai dimana molekul kecil dan rantai panjang polimer akan terbentuk,
3. Pemisahan rantai polimer membentuk molekul-molekul kecil.

2.7 Parameter yang digunakan

Adapun parameter yang digunakan antara lain

2.7.1 *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-gayasuatu aliran viskos sebagai: Geseran dalam (*viskositas*) fluida adalah konstan sehubungan dengan gesekannya. Hubungan tersebut berlaku untuk fluida Newtonian, dimana perbandingan antara tegangan geser (σ) dengan kecepatan gesernya (y) 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:

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \qquad (2.1)$$

Dengan

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

Dimana: ρ: massa jenis (kg/m³)

m: massa (kg)

υ: volume (m³)

μ: 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:

$$\mu = k \times t$$

2.7.2 *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 (Riupassa & Baharuddin, 2018). 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. Maka rumus untuk menghitung massa jenis adalah:

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (2.2)$$

Dimana :

ρ = massa jenis kg/m^3

m = massa benda

v = volume benda m^3

Peralatan yang digunakan antara lain thermometer bimetal untuk mengukur suhu selama proses berlangsung, IR thermometer untuk mengukur temparatur nyala api, timbangan untuk menimbang berat plastic, gelas ukur untuk mengukur hasil miplas yang diperoleh dan peralatan kompor beserta reaktornya.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian analisis dan pengujian bahan bakar alternatif ini dilakukan dilaboraturium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera, jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan dan Laboratorium Politeknik Negeri Medan. Jl. Almamater No.1 Kampus USU Medan Sumatra Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pada penelitian ini dimulai dari persetujuan penulisan 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 Sampel Minyak Pirolisi						
4	Pengujian dan Pengambilan Data						
5	Analisa Data						
6	Hasil dan Pembahasan						
7	Penulisan Laporan						
8	Sidang Sarjana						

3.2 Bahan dan Alat

Adapun bahan – bahan yang digunakan dalam pengujian bahan bakar alternatif ini adalah :

3.2.1 Bahan Penelitian

1) Plastik PVC

Plastik Jenis ini didapat dari limbah pipa bangunan atau paralon bekas,mainan anak" yang dicacah dengan ukuran < 2cm Plastik PVC (Polyvinyl Chloride) adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling banyak digunakan di dunia. PVC dibuat dari polimerisasi monomer vinil klorida (CH_2=CHCl), suatu senyawa organik yang berasal dari etilena dan klorin. Dalam proses produksinya, PVC dapat dibentuk menjadi dua tipe utama, yaitu PVC kaku (rigid) dan PVC fleksibel, tergantung pada bahan tambahan yang dicampurkan, seperti plasticizer.

PVC memiliki struktur kimia yang memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam aplikasinya. Dalam bentuk kaku, PVC banyak digunakan untuk pipa air, bahan bangunan, dan kartu identitas. Dalam bentuk fleksibel, PVC sering digunakan dalam produk seperti kabel listrik, selang, pembungkus makanan, dan pakaian sintetis.

Salah satu keunggulan utama PVC adalah daya tahan terhadap bahan kimia, korosi, dan kelembaban, sehingga sangat cocok untuk penggunaan jangka panjang di berbagai lingkungan. Selain itu, PVC juga tahan api karena memiliki kandungan klorin yang tinggi.

Namun, produksi dan penggunaan PVC juga menimbulkan isu lingkungan dan kesehatan, terutama karena adanya senyawa aditif seperti phthalates (plasticizer) dan stabilisator logam berat (misalnya timbal). Proses pembakaran atau daur ulang PVC juga dapat menghasilkan gas beracun seperti dioksin jika tidak dilakukan dengan benar. Oleh karena itu, aspek keamanan, pengolahan limbah, dan daur ulang PVC menjadi perhatian penting dalam pengembangan bahan ini.

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 penelitian untuk yang menggunakan metode pirolisis Minyak hasil pirolisis (sering disebut juga *pyrolysis oil*, *bio-oil*, atau *pirolisat cair*) adalah produk cair yang dihasilkan dari proses pirolisis, yaitu pemanasan bahan organik (seperti limbah plastik, karet, atau biomassa) pada suhu tinggi dalam kondisi tanpa atau dengan sedikit oksigen.

Proses pirolisis menyebabkan struktur kimia dari bahan baku terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana, menghasilkan tiga fraksi utama:

1. Gas pirolisis
2. Cairan pirolisis (minyak pirolisis)
3. Padatan (char atau arang)

Minyak hasil pirolisis terdiri dari campuran kompleks berbagai senyawa hidrokarbon, termasuk alkana, alkena, aromatik, dan senyawa oksigenat (jika berasal dari biomassa). Jika bahan bakunya adalah limbah plastik, minyak yang dihasilkan umumnya kaya akan senyawa hidrokarbon dan memiliki karakteristik mirip dengan bahan bakar minyak seperti solar atau bensin.

Dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.

Gambar 3.2 Minyak hasil Pirolisis Plastik PVC

3.2.2 Alat Penelitian

1) Botol Kaca

Botol Kaca ini digunakan sebagai penampung minyak yang dihasilkan dari pirolisis plastik PVC, dan juga akan membuat kandungan didalam minyak tersebut lebih tahan lama dan tidak berubahBotol kaca digunakan sebagai wadah penampung minyak hasil pirolisis karena memiliki beberapa keunggulan fisik dan kimia yang sesuai dengan sifat minyak pirolisis, yang umumnya bersifat korosif, mudah menguap, dan reaktif terhadap beberapa jenis material.

Minyak pirolisis yang dihasilkan dari limbah plastik atau biomassa mengandung berbagai senyawa hidrokarbon, termasuk fraksi ringan yang mudah menguap serta senyawa aromatik dan asam yang bisa bereaksi dengan bahan wadah tertentu, seperti plastik atau logam.

Alasan Penggunaan Botol Kaca:

- Inert Secara Kimia

  Kaca adalah bahan yang tidak bereaksi secara kimia dengan sebagian besar senyawa dalam minyak pirolisis. Ini penting untuk menjaga kemurnian

sampel dan mencegah terjadinya reaksi yang bisa mengubah komposisi minyak.

- Tahan Terhadap Korosi dan Pelarut

  Botol kaca tahan terhadap sifat korosif dan pelarut kuat dari minyak pirolisis, yang kadang mengandung asam, senyawa aromatik, dan komponen polar.

- Kedap Udara dan Uap

  Jika ditutup rapat (dengan penutup logam berlapis atau plastik khusus), botol kaca bisa mencegah penguapan fraksi ringan dari minyak, sehingga volume dan komposisi minyak tetap stabil sampai waktu analisis.

- Transparan untuk Pengamatan Visual

  Kaca memungkinkan pengamatan visual terhadap warna, kejernihan, dan adanya endapan dalam minyak pirolisis, yang berguna sebagai indikasi awal kualitas atau kandungan minyak.

- Tahan Suhu Tinggi (Sementara)

  Botol kaca (terutama tipe borosilikat seperti Pyrex) dapat menahan suhu relatif tinggi, sehingga aman digunakan dalam laboratorium, meskipun tidak secara langsung menampung minyak panas (harus didinginkan dulu).

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. Fungsi utama gelas ukur adalah untuk mengukur volume cairan secara presisi, terutama dalam kegiatan laboratorium, dapur, dan industri. Alat berbentuk silinder ini dilengkapi skala pengukuran yang jelas sehingga pengguna bisa membaca volume cairan dengan akurat, berbeda dari wadah lain seperti gelas beaker yang lebih mengutamakan fungsi pencampuran dan pemanasan Gelas ukur (graduated cylinder) adalah alat laboratorium berbentuk silinder vertikal yang digunakan untuk mengukur volume cairan secara relatif akurat. Gelas ukur biasanya terbuat dari kaca tahan panas (seperti borosilikat) atau plastik tahan bahan kimia, dan memiliki skala pengukuran yang tercetak di sepanjang dindingnya.

Dalam konteks penelitian minyak hasil pirolisis, gelas ukur digunakan untuk mengukur volume minyak pirolisis yang diperoleh dari proses pemanasan bahan baku (misalnya limbah plastik atau biomassa). Pengukuran volume ini penting untuk:

- Menentukan rendemen (yield**)** minyak pirolisis.
- Melakukan perbandingan efisiensi proses pirolisis antar sampel.
- Mengetahui jumlah minyak yang tersedia untuk analisis atau pengujian lebih lanjut.

Kriteria Gelas Ukur untuk Minyak Pirolisis:

1. Tahan Terhadap Bahan Kimia

   Gelas ukur harus terbuat dari kaca atau plastik khusus yang tahan terhadap senyawa kimia agresif dalam minyak pirolisis, seperti senyawa aromatik, asam, dan hidrokarbon volatil.

2. Volume Terukur dengan Jelas

   Skala pengukuran yang jelas memudahkan peneliti dalam mencatat volume minyak dengan presisi, yang sangat penting untuk perhitungan rendemen (% hasil).

3. Stabilitas Saat Digunakan

   Gelas ukur umumnya memiliki alas lebar agar tetap stabil saat ditempatkan di meja laboratorium, sehingga mengurangi risiko tumpahan minyak.

4. Berbagai Ukuran Volume

Tersedia dalam berbagai kapasitas (10 mL, 50 mL, 100 mL, hingga 1000 mL) untuk menyesuaikan dengan jumlah minyak yang dihasilkan.

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.Fungsi neraca digital adalah mengukur berat atau massa suatu benda secara akurat menggunakan sistem elektronik dan menampilkan hasilnya dalam bentuk angka digital pada layar. Neraca digital memiliki tingkat presisi tinggi, memudahkan pembacaan hasil, dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti laboratorium, industri, dapur, hingga pemantauan kesehatan, serta sering dilengkapi fitur tambahan seperti penyimpanan data dan integrasi otomatisasi. Neraca digital adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur massa suatu benda atau zat secara akurat dan cepat, dengan tampilan hasil pada layar digital (elektronik**)**. Neraca ini memiliki tingkat ketelitian yang tinggi, mulai dari 0,01 gram hingga 0,0001 gram, tergantung jenisnya.

Dalam konteks penelitian minyak hasil pirolisis, neraca digital digunakan untuk mengukur massa bahan baku (misalnya limbah plastik) sebelum proses pirolisis, serta untuk menimbang hasil residu padat (char) dan massa minyak

pirolisis secara tidak langsung (misalnya dengan pengurangan dari total massa awal).

Fungsi Neraca Digital dalam Penelitian Minyak Pirolisis:

- Menimbang Bahan Baku

  Sebelum dilakukan proses pirolisis, massa bahan seperti limbah plastik harus ditimbang secara akurat untuk mengetahui jumlah bahan awal yang diproses.

- Menghitung Rendemen Minyak

  Setelah pirolisis selesai, neraca digunakan untuk menimbang sisa padatan dan menghitung rendemen minyak pirolisis (%)

- Menimbang Wadah

  Untuk mengetahui berat bersih minyak atau residu, neraca digital sering digunakan untuk menimbang wadah kosong terlebih dahulu (tara), lalu dibandingkan dengan berat wadah berisi.

- Analisis Efisiensi Proses

  Data massa yang diperoleh dari neraca digital sangat penting untuk melakukan analisis efisiensi termal atau efisiensi konversi dari proses pirolisis.

  Dapat dilihat dari gambar 3.5 dibawah ini

Gambar 3.5 Neraca Digital

4) Viskometer

Viskometer digunakan untuk mengukur nilai *viskositas* atau kekentalan minyak hasil pirolisis limbah plastik Fungsi utama *viskometer* adalah mengukur *viskositas* (kekentalan) suatu fluida atau zat cair, dengan cara mengukur hambatan aliran fluida tersebut. Informasi mengenai *viskositas* ini penting untuk memastikan konsistensi produk, mengendalikan kualitas, dan menganalisis sifat aliran cairan dalam berbagai aplikasi industri, seperti makanan, farmasi, dan petrokimia.

Dalam penelitian minyak hasil pirolisis, *viskometer* digunakan untuk mengetahui sifat fisik minyak, khususnya:

- Menentukan Kekentalan Minyak

  Viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kualitas minyak pirolisis. Minyak dengan *viskositas* terlalu tinggi bisa sulit digunakan sebagai bahan bakar.
- Membandingkan Hasil Minyak dari Berbagai Bahan Baku

  Viskositas bisa berbeda tergantung jenis limbah plastik atau kondisi pirolisis. *Viskometer* membantu membandingkan performa berbagai sampel minyak.
- Menyesuaikan dengan Spesifikasi Bahan Bakar Komersial

  Untuk digunakan sebagai alternatif bahan bakar, minyak pirolisis harus memiliki *viskositas* yang mendekati bahan bakar konvensional seperti solar atau bensin.
- Menilai Stabilitas Minyak Pirolisis

  Perubahan *viskositas* seiring waktu bisa menunjukkan adanya degradasi atau kontaminasi dalam minyak pirolisis.

  Dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini.

Gambar 3.6 Viskometer

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat *Viskometer*

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	*Viskometer* (Viscometer)
Jenis *Viskometer*	Digital Rotational Viscometer / Brookfield type
Model	Brookfield DV2T
Prinsip Pengukuran	Rotational – pengukuran torsi terhadap spindle yang berputar dalam cairan
Rentang *Viskositas*	1 – 320 juta cP (centipoise), tergantung spindle dan kecepatan rotasi
Akurasi	±1% dari pembacaan
Repeatabilitas	±0.2%
Kecepatan Putaran (RPM)	0.1 – 200 RPM (multispeed / otomatis)
Jumlah Spindle	Biasanya 4–6 spindle (No. 1 – No. 6)
Tampilan	Layar sentuh LCD / Digital display
Suhu Operasional	5°C – 65°C (atau lebih tinggi jika dikombinasi dengan water/oil bath)
Kontrol Suhu	Eksternal (opsional: water bath atau Peltier system)
Kalibrasi	Manual atau otomatis, menggunakan cairan standar
Output Data	USB / RS-232 / Bluetooth (tergantung model)
Fitur Tambahan	- Grafik *viskositas* waktu nyata - Penyimpanan data internal - Fungsi statistik
Aplikasi	Industri makanan, farmasi, kosmetik, pelumas, cat, kimia, dll.
Sumber Daya	AC 100–240 V, 50/60 Hz
Dimensi & Berat	± 25 x 35 x 45 cm; Berat ± 7–10 kg (tergantung tipe dan aksesori)

5) *Densitymeter*

Densitymeter ini digunakan untuk mengetahui massa jenis minyak plastik yang dihasilkan dari proses pirolisis Fungsi *densitymeter* adalah mengukur kepadatan optik, massa jenis cairan, atau kepadatan tulang tergantung pada jenis *Densitymeter* yang digunakan. Alat ini secara umum bekerja dengan prinsip penyerapan atau pemantulan cahaya, yang kemudian diolah menjadi nilai kepadatan. *Density meter* (atau densimeter) adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur massa jenis (*densitas***)** suatu zat, baik berupa cairan, gas, maupun padatan. Massa jenis (ρ) adalah perbandingan antara massa dengan volume suatu zat, dan dinyatakan dalam satuan kg/m^3 atau g/cm^3.

Density meter modern umumnya bekerja secara digital dan dapat memberikan hasil pengukuran yang cepat dan akurat. Alat ini biasanya dilengkapi dengan sensor atau tabung bergetar (vibrating tube), di mana cairan dimasukkan dan frekuensi getaran yang dihasilkan digunakan untuk menghitung *densitas* cairan tersebut.

Dalam penelitian minyak hasil pirolisis, density meter memiliki fungsi yang sangat penting karena massa jenis merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas dan karakteristik fisik minyak.

Beberapa kegunaan density meter antara lain:

- Menentukan Massa Jenis Minyak Pirolisis

  Digunakan untuk mengetahui seberapa padat minyak yang dihasilkan. Massa jenis berkaitan erat dengan komposisi kimia dan kandungan fraksi berat atau ringan dalam minyak tersebut.
- Membandingkan Hasil dari Berbagai Sampel

  Densitas minyak pirolisis bisa berbeda tergantung pada jenis bahan baku (plastik, biomassa, karet) dan kondisi pirolisis. Pengukuran *densitas* membantu dalam analisis perbandingan antar sampel.
- Evaluasi Kelayakan Minyak sebagai Bahan Bakar

  Massa jenis minyak pirolisis yang terlalu tinggi atau terlalu rendah bisa menjadi indikator bahwa minyak tersebut tidak sesuai untuk digunakan langsung sebagai bahan bakar, atau perlu proses refining (penyulingan) terlebih dahulu.

- Kontrol Kualitas Produk

  Dalam produksi skala besar, *densitas* digunakan sebagai parameter standar mutu, untuk memastikan bahwa minyak yang dihasilkan konsisten dan sesuai dengan spesifikasi teknis.

- Perhitungan Lanjutan (Energi, Rendemen, dll.)

  Massa jenis juga digunakan dalam perhitungan massa, volume, serta energi per satuan volume (misalnya dalam kJ/L), yang penting dalam analisis energi dari minyak pirolisis.

  Dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini.

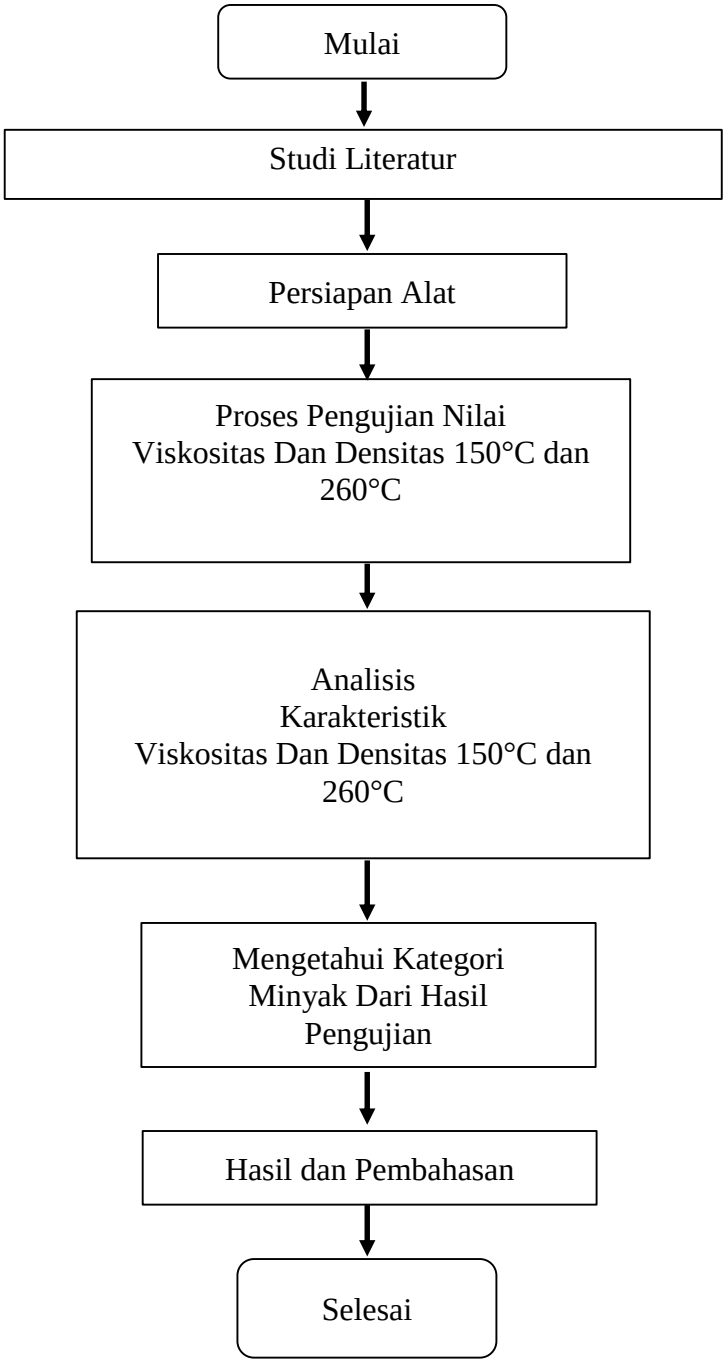
Gambar 3.7 *Density* Meter

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat *Densimeter*

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	Density Meter (Digital Density Meter)
Model	[DMA 4500 M]
Prinsip Pengukuran	Resonansi tabung U (U-tube oscillation method)
Rentang Pengukuran *Densitas*	0 - 3 g/cm³ (atau 0 - 3000 kg/m³)
Akurasi	± 0.00005 g/cm³ (tergantung model dan pabrikannya)
Resolusi	0.00001 g/cm³
Suhu Operasional	0°C – 100°C (dengan kontrol suhu internal)
Kontrol Suhu	Peltier thermostat (±0.01°C akurasi)
Volume Sampel	± 1 mL (tergantung model)
Waktu Pengukuran	± 1 menit
Kalibrasi	Otomatis atau manual, bisa menggunakan air dan udara
Output Data	USB, RS-232, Ethernet, atau Bluetooth (tergantung tipe)
Tampilan	Layar sentuh LCD warna / digital display
Fitur Tambahan	- Koreksi suhu otomatis - Kompatibel dengan PC/LIMS - Penyimpanan data
Aplikasi	Laboratorium kimia, industri makanan & minuman, farmasi, petrokimia, dll.
Sumber Daya	Listrik AC 100–240 V, 50/60 Hz
Dimensi & Berat	± 20 x 30 x 30 cm; Berat ± 7 kg

3.3 Bagan Alir Penelitian

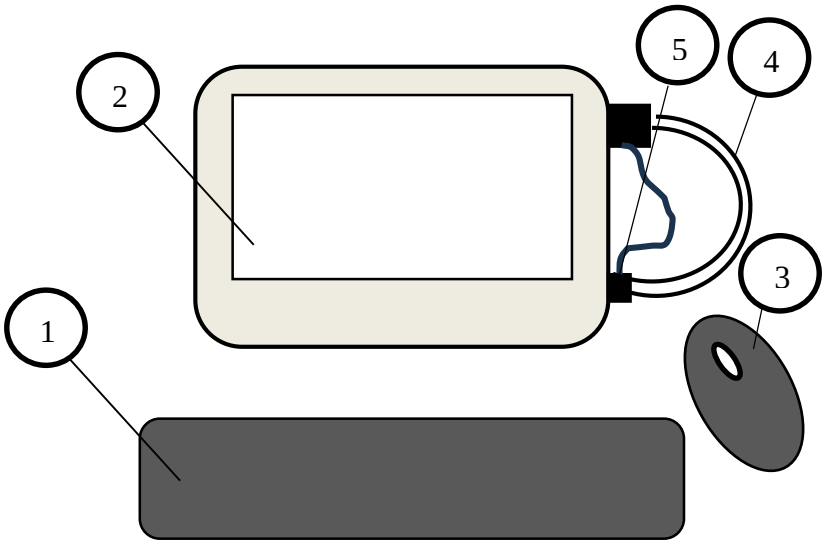
Adapun Bagan Alir dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.8 Diagram Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian

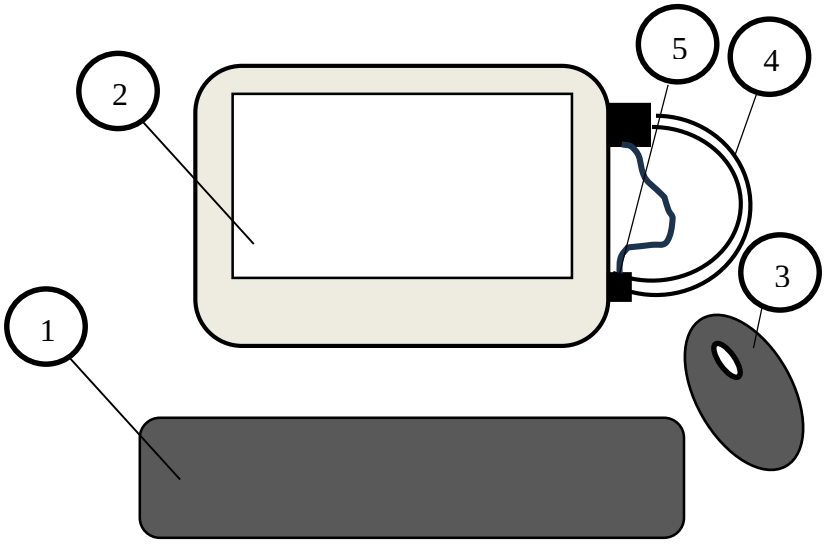
Adapun perancangan penelitian nilai *viskositas* indeks, *viskositas* kinematik



Gambar 3.9 Skema Alat *Viskositas*

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

Adapun perancangan penelitian nilai *densitas*



Gambar 3.10 Skema Alat *Densitas*

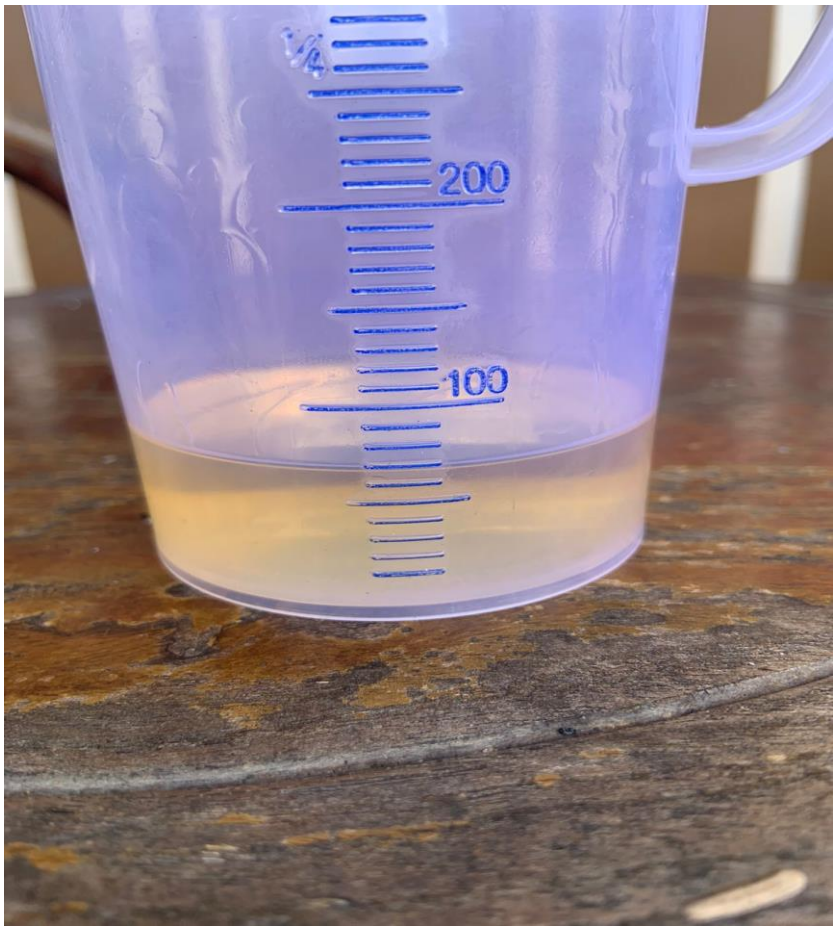
1. *Keyboard*
2. *Monitor*
3. *Mouse*
4. Selang Saluran Minyak
5. *Cells*

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan dan Pengumpulan Bahan

1. Minyak hasil pirolisis yang berkarakteristik 150°C berjumlah 68ml, Minyak yang dihasilkan sudah dilakukan destilasi. Minyak ini diukur dengan gelas ukur untuk mengetahui seberapa banyak minyak yg dihasilkan pada suhu 150°C

   Dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3.11 Minyak hasil pirolisis 150°C

2. Minyak hasil pirolisis yang berkarakteristik 260°C berjumlah 98ml, Minyak yang dihasilkan sudah dilakukan destilasi juga dan menggunakan gelas ukur untuk mengetahui seberapa banyak minyal yang dihasilkan pada suhu 260°C

   Dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Gambar 3.12 Minyak hasil pirolisis 260°C

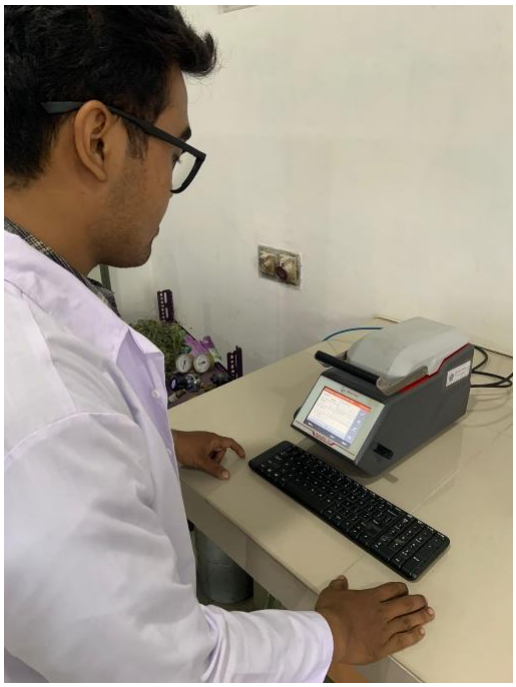
3. Uji ke laboratorium POLMED
4. Minyak yang untuk diuji mempunyai 2 sampel 150°C dan 260°C
5. Tunggu hasil minyak Pirolisis
6. Data keluar dari hasil uji di POLMED
7. Masukkan data penelitian
8. Buat data teoritis menggunakan rumus
9. Perbandingkan data dengan hasil uji lab dan hasil penghitungan teoritis
10. Mengetahui kategori dari minyak yang diuji
11. Selesai

3.5.2 Pengujian dengan *Viskometer* dan *Densitymeter*

Viskometer digunakan untuk mengukur *viskositas* bahan bakar, yang menunjukkan sejauh mana bahan bakar tersebut mengalir (kekentalan). Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan *Viskometer* digunakan untuk mengukur nilai *viskositas* atau kekentalan minyak hasil pirolisis limbah plastik Fungsi utama *viskometer* adalah mengukur *viskositas* (kekentalan) suatu fluida atau zat cair, dengan cara mengukur hambatan aliran fluida tersebut. Informasi mengenai *viskositas* ini penting untuk memastikan konsistensi produk, mengendalikan

kualitas, dan menganalisis sifat aliran cairan dalam berbagai aplikasi industri, seperti makanan, farmasi, dan petrokimia sedangkan density meter *Densitymeter* ini digunakan untuk mengetahui massa jenis minyak plastik yang dihasilkan dari proses pirolisis Fungsi *densitymeter* adalah mengukur kepadatan optik, massa jenis cairan, atau kepadatan tulang tergantung pada jenis *Densitymeter* yang digunakan. Alat ini secara umum bekerja dengan prinsip penyerapan atau pemantulan cahaya, yang kemudian diolah menjadi nilai kepadatan. *Density meter* (atau densimeter) adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur massa jenis (*densitas*) suatu zat, baik berupa cairan, gas, maupun padatan. Massa jenis (ρ) adalah perbandingan antara massa dengan volume suatu zat, dan dinyatakan dalam satuan kg/m³ atau g/cm³.

Alat uji yang di gunakan untuk pengujian *viskositas* indeks, *viskositas* kinematik,*densitas* adalah menggunakan alat SVM 3001 *Viscometer* dengan metode standar ASTM D7042, ASTM D4052, ASTM D2270.Pengujian berikut di uji di Laboratium Politeknik Negeri Medan dengan menggunakan 2 sampel pengujian yaitu antara 150°C dan 260°C yang dimana masing masing temperatur iyalah menguji viskositas dan densitas, Pengujian tersebut ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Langkah-langkah pengujian *viskositas* indeks, *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. Masukan nama sampel:
   a. Ketuk <quick settings>
   b. Ketuk bidang input teks (kolom “parameter select”) of line (sample name)
   c. Masukan 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 Perhitungan, Viscositas dan *Densitas* Secara Teoritis

Perhitungan nilai Viscositas dan *Densitas* bahan bakar plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) 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:

$\mu = k \, x \, t$ (persamaan kekentalan dinamis)

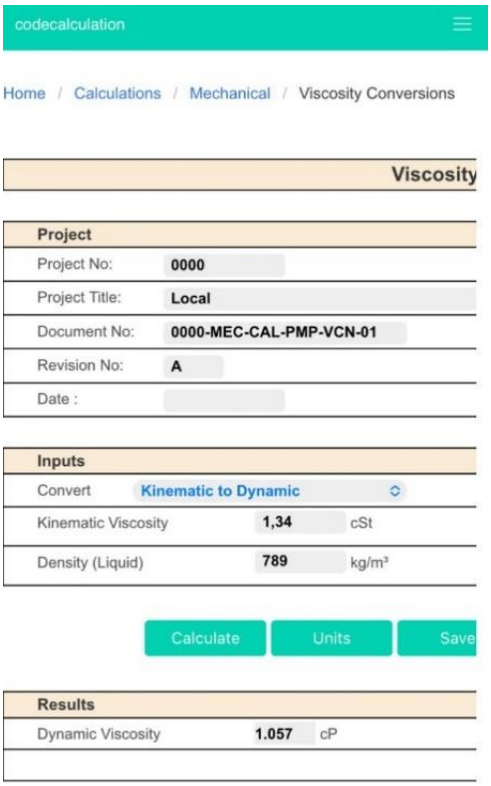
$v = \mu / \rho$ (persamaan kekentalan kinetik)

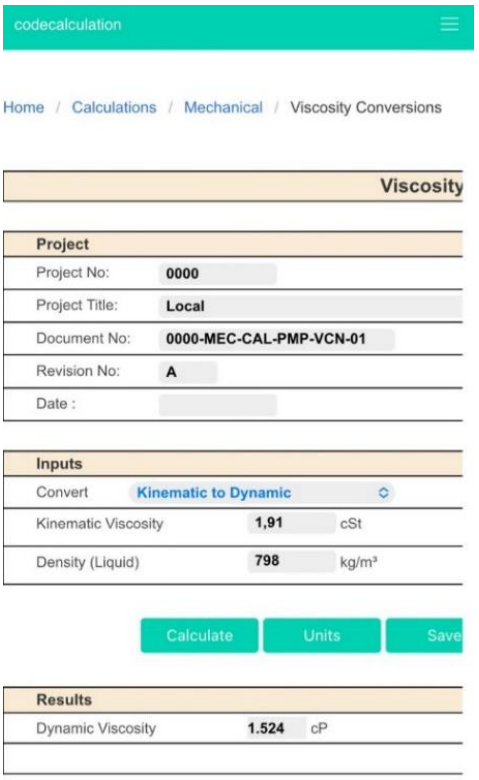
- Kekentalan Dinamis

Kekentalan dinamis, atau disebut juga *viskositas* dinamik, adalah ukuran tahanan fluida terhadap aliran ketika fluida tersebut dikenai gaya geser. Sederhananya, *viskositas* dinamik menunjukkan seberapa "kental" atau "lancar" suatu cairan mengalir akibat gaya luar. Nilai dari kekentalan dinamis untuk suhu 150 °C dan 260 °C didapat dari *Viscosity Unit Conversions* yang terdapat pada google https://www.codecalculation.com/htm/calculate/mechanical/pumps/viscosity-conversions/, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Perhitungan Konversi Viskositas

Bahan Bakar	Suhu ºC	*Viskositas* cP
Bensin	150	1.057
Minyak Tanah	260	1.524





- Kekentalan Kinetik

1) Temperatur 150 °C

Kekentalan kinetik (atau viskositas kinematik) adalah ukuran hambatan internal fluida untuk mengalir di bawah pengaruh gravitasi, yang dihitung sebagai rasio antara viskositas dinamis fluida dengan densitasnya Pada temperatur 150 °C kekentalan kinetik *Viskositas* kinetik dapat dihitung menggunakan rumus

$$\upsilon = \mu / \rho$$

Dimana: υ : Nilai *viskositas* kinetik (mm²/s)

μ : Nilai *viskositas* dinamis (CP)

ρ : Nilai *densitas* (kg/m³)

Pada temperatur 150 °C mendapatkan *viskositas*nya 1,057 cP dan nilai *densitas*nya 789 kg/m³, maka *viskositas* kinetik tersebut adalah:

Diketahui μ = 1,057 cP

ρ = 789 kg/m³

Ditanya : υ : Nilai *viskositas* kinetik (mm²/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

$$v = \mu / \rho$$

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

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

$$v = 1{,}34 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Atau setara dengan

$$v = 0{,}134 \text{ dPa. S}$$

Jadi, pada temperatur 150 °C *viskositas* kinetik jenis minyak plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) adalah 1,34 mm²/s

2) Temperatur 260 °C

Kekentalan kinetik (atau viskositas kinematik) adalah ukuran hambatan internal fluida untuk mengalir di bawah pengaruh gravitasi, yang dihitung sebagai rasio antara viskositas dinamis fluida dengan densitasnya Pada temperatur 260°C kekentalan kinetik *Viskositas* kinetik dapat dihitung menggunakan rumus

$$v = \mu / \rho$$

Dimana: v : Nilai *viskositas* kinetik (mm^2/s)

μ : Nilai *viskositas* dinamis (cP)

ρ : Nilai *densitas* (kg/m^3)

Pada temperatur 260 °C mendapatkan *viskositas*nya 1,524 cP dan nilai *densitas*nya 798 kg/m³, maka *viskositas* kinetik tersebut adalah:

Diketahui $\mu = 1{,}524$ cP

$\rho = 798$ kg/m³

Ditanya: υ : Nilai *viskositas* kinetik (mm²/s)

$$\mu = 1{,}524 \text{ cP}$$

$$\mu = 0{,}1524 \text{ dpa.s}$$

Atau setara dengan

$$\mu = 1{,}524 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2$$

Dan

$$\rho = 798 \text{ kg/m}^3$$

Maka

$$\upsilon = \mu / \rho$$

$$\upsilon = \frac{1{,}524 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2}{798 \text{ kg/m}^3}$$

$$\upsilon = 1{,}91 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$$

$$\upsilon = 1{,}91 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Atau setara dengan

$$\upsilon = 0{,}191 \text{ dPa.s}$$

Jadi, pada temperatur 260 °C *viskositas* kinetik jenis minyak plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) adalah 1,91 mm²/s

B. Massa jenis (*Densitas*)

1) Temperatur 150 ºC

Massa jenis adalah ukuran kepadatan materi suatu benda, yang menunjukkan seberapa banyak massa terkandung dalam setiap satuan volume Masa jenis dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Dimana: ρ : Massa jenis (g/ml)

m : Massa minyak (g)

υ : Volume minyak yang dihasilkan (ml)

Pada temperatur 150°C mendapatkan volume minyak sebanyak 68 ml dan massa minyak 53,65 g maka nilai massa jenis dari minyak plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) tersebut adalah:

Diketahui m = 53,65 g

v = 68 ml

Ditanya ρ : Massa jenis (g/ml)

$$\rho = \frac{53{,}65\ \text{g}}{68\ \text{ml}}$$

$$\rho = 0{,}789\ \text{g/ml}$$

$$1\ \text{g} = \frac{1}{1000}\ \text{kg} = 0{,}001\ \text{kg} = 10^{-3}\ \text{kg}$$

$$1\text{ml} = 1\text{cm}^3 = \frac{1}{1.000.000}\ \text{m}^3 = 0{,}000001\ \text{m}^3 = 10^{-6}\ \text{m}^3$$

$$1\ \text{g/ml} = \frac{10^{-3}\ \text{kg}}{10^{-6}\ \text{m}^3} = 10^{-3-(-6)}\ \text{kg/m}^3 = 10^{-3+6}\ \text{kg/m}^3 = 10^3\ \text{kg/m}^3$$

(Berdasarkan perhitungan matematika sifat-sifat perpangkatan $\frac{\text{a}^m}{\text{a}^n} = \text{a}^{m-n}$)

Maka, $1\ \text{g/ml} = 10^3\ \text{kg/m}^3$ setara dengan $1000\ \text{kg/m}^3$

Sehingga, $0{,}789\ \text{g/ml} = 0{,}789 \times 1000\ \text{kg/m}^3 = 789\ \text{kg/m}^3$

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

Jadi, pada temperatur 150°C massa jenis dari jenis minyak plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) adalah 789 kg/m³.

2) Temperatur 260 °C

Massa jenis adalah ukuran kepadatan materi suatu benda, yang menunjukkan seberapa banyak massa terkandung dalam setiap satuan volume Massa jenis dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Dimana: ρ : Massa jenis (g/ml)

m : Massa minyak (g)

v : Volume minyak yang dihasilkan (ml)

Pada temperatur 260°C mendapatkan volume minyak sebanyak 98 ml dan massa minyak 78,20 g maka nilai massa jenis dari minyak plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) tersebut adalah:

Diketahui m = 78,20 g

v = 98 ml

Ditanya ρ : Massa jenis (g/ml)

$$\rho = \frac{78{,}20\ \text{g}}{98\ \text{ml}}$$

$$\rho = 0{,}798\ \text{g/ml}$$

$$1\ \text{g} = \frac{1}{1000}\ \text{kg} = 0{,}001\ \text{kg} = 10^{-3}\ \text{kg}$$

$$1\text{ml} = 1\text{cm}^3 = \frac{1}{1.000.000}\ \text{m}^3 = 0{,}000001\ \text{m}^3 = 10^{-6}\ \text{m}^3$$

$$1\ \text{g/ml} = \frac{10^{-3}\ \text{kg}}{10^{-6}\ \text{m}^3} = 10^{-3-(-6)}\ \text{kg/m}^3 = 10^{-3+6}\ \text{kg/m}^3 = 10^3\ \text{kg/m}^3$$

(Berdasarkan perhitungan matematika sifat-sifat perpangkatan $\frac{\text{a}^m}{\text{a}^n} = \text{a}^{m-n}$)

Maka, $1\ \text{g/ml} = 10^3\ \text{kg/m}^3$ setara dengan $1000\ \text{kg/m}^3$

Sehingga , $0{,}798\ \text{g/ml} = 0{,}798 \times 1000\ \text{kg/m}^3 = 798\ \text{kg/m}^3$

$$\rho = 798\ \text{kg/m}^3$$

Jadi, pada temperatur 260°C nilai *densitas* dari jenis minyak plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) adalah 798 kg/m³.

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 bahwasanya pengujian ini memiliki nilai *viskositas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 1.34 mm²/s dan *viskositas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 1.91 mm²/s dan pengujian untuk *densitas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 789 kg/m³ untuk pengujian *densitas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 798 kg/m³ hasil uji nya ada pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengujian Laboratorium Politeknik Medan

No	Pengujian	Nilai	
		Temp 150°C	Temp 260°C
1	*Viskositas*	1.34mm²/s	1.91 mm²/s
2	*Densitas*	789 kg/m³	798 kg/m³

4.2.2 Berdasarkan pengujian teoritis

Data nilai *Viskositas* dan *Densitas* berdasarkan perhitungan teoritis,dengan hasil perhitungan bahwasanya pengujian ini memiliki nilai *viskositas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 1.34 mm²/s dan *viskositas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 1.91 mm²/s dan pengujian untuk *densitas* pada temperatur 150°C sebesar 798 kg/m³ hasil uji nya ada pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Perhitungan Secara Teoritis

No	Pengujian	Nilai	
		Temp 150°C	Temp 260°C
1	*Viskositas*	1.34 mm²/s	1.91 mm²/s
2	*Densitas*	789 kg/m³	798 kg/m³

4.2.3 Berdasarkan Referensi

Data nilai *Viskositas* dan *Densitas* berdasarkan referensi,dengan hasil pengujian bahwasanya pengujian ini memiliki nilai *viskositas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 0,65-2.00mm²/s dan *viskositas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 0.29-3.34 mm²/s dan pengujian untuk *densitas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 0,778-1.198 kg/m³ untuk pengujian *densitas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 770-835 kg/m³ hasil uji nya ada hasil pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data dari Referensi

No	Pengujian	Nilai	
		Temp 150°C	Temp 260°C
1	*Viskositas*	0,65-2.00mm²/s	0.29-3.34 mm²/s
2	*Densitas*	0,778-1.198 kg/m³	770-835 kg/m³

Berdasarkan data tersebut, maka data nilai *viskositas* dan *densitas* lebih kurang berkarakter mendekati pada data di referensi.

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).

Analisis data proses pirolisis bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik produk minyak, gas, dan arang (residu padat) yang dihasilkan, meliputi analisis kualitas minyak seperti titik nyala, nilai kalor, dan komposisi kimia untuk penggunaan sebagai bahan bakar atau produk lain, analisis karakteristik gas seperti kandungan metana dan propana, serta analisis karakteristik arang seperti kandungan karbon dan abu. Analisis ini dilakukan dengan mengukur variasi parameter proses seperti suhu dan waktu terhadap kualitas produk, serta perbandingan dengan standar yang ada. Analisis data pengujian *viskositas* dan *densitas* adalah proses mengevaluasi, menginterpretasikan, dan membandingkan hasil pengukuran kekentalan **(***viskositas***)** dan massa jenis (*densitas***)** dari minyak hasil pirolisis. Analisis ini bertujuan untuk menilai karakteristik fisik minyak, serta melihat apakah minyak tersebut memenuhi kriteria kualitas tertentu, seperti standar bahan bakar cair.

Data *viskositas* dan *densitas* biasanya diperoleh dari pengukuran menggunakan alat *viskometer* dan densimeter, lalu hasilnya dianalisis secara kuantitatif (angka) dan kualitatif (perbandingan terhadap standar atau literatur).

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 tinggi derajat API, makin kecil viscositasnya Nilai *viskositas* dalam pengujian pirolisis adalah ukuran kekentalan minyak hasil pirolisis yang menunjukkan sejauh mana cairan tersebut menghambat aliran atau pergerakan internal molekulnya. Nilai ini memberikan informasi penting tentang karakter fisik minyak pirolisis, terutama dalam hal kemudahan aliran dan kelayakan sebagai bahan bakar cair. Untuk *viskositas* secara pengujian di laboratorium dengan temperatur 150°C adalah 1,34 mm²/s dan untuk temperatur 260°C adalah 1,91 mm²/s Sedangkan untuk *viskositas* secara teoritis pada temperatur 150°C adalah 1,34 mm²/s dan pada temperatur 260°C adalah 1,91 mm²/s.Untuk *viskositas* pada temperatur 150°C itu mengarah ke bensin dari referensi (Kurniawati, 2017) dan pada temperatur 260°C mengarah ke minyah tanah dari referensi (Kurniawati, 2017).

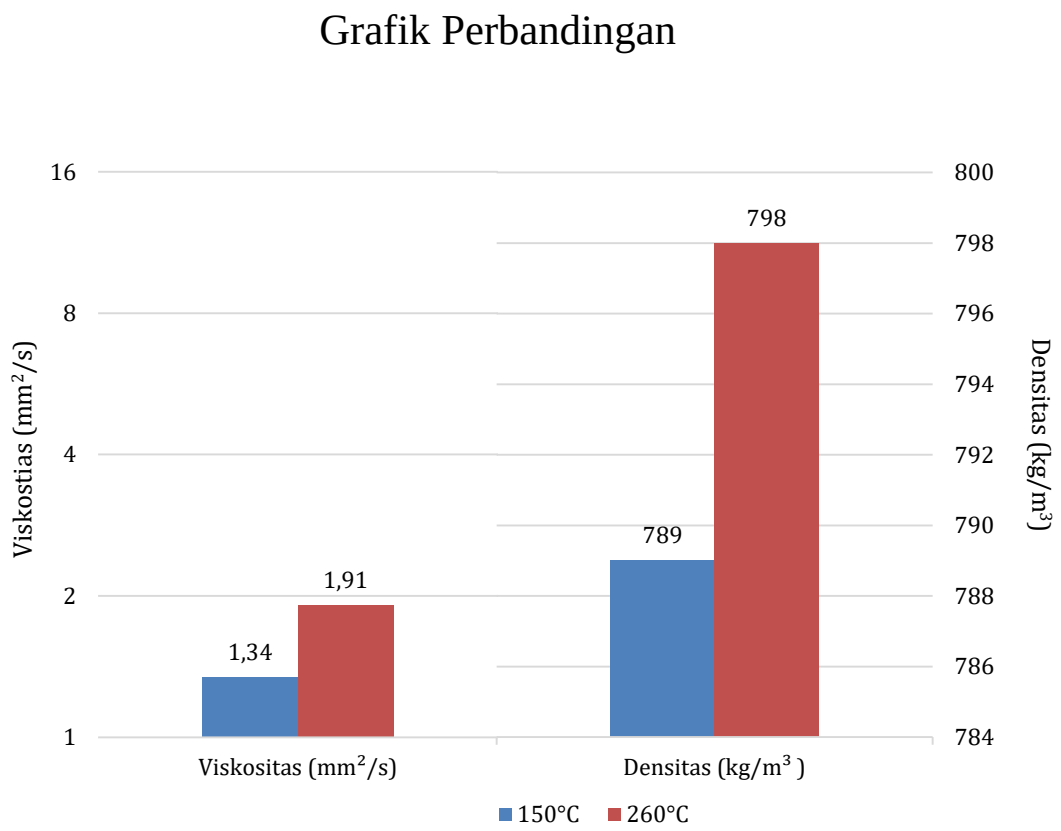
4.3.2 Nilai *Densitas*

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 Nilai *densitas* pada pengujian pirolisis adalah angka hasil pengukuran massa jenis minyak hasil pirolisis yang menunjukkan berapa banyak massa minyak yang terkandung dalam satuan volume tertentu (biasanya gram per sentimeter kubik, g/cm³). Nilai ini merupakan parameter penting untuk menilai karakteristik fisik minyak dan menentukan kualitas serta potensi penggunaannya sebagai bahan bakar. *Densitas* untuk plastik secara teoritis pada temperature 150°C adalah 789 kg/m³ dan pada temperatur 260°C adalah 798 kg/m³.Sedangkan secara pengujian di laboratorium pada temperatur 150°C adalah 789 kg/m³ °C dan pada temperatur 260°C adalah 798 kg/m³.Untuk *densitas* pada temperatur 150°C itu mengarah ke bensin dari referensi (Migas, 2020) dan pada temperatur 260°C mengarah ke minyak tanah dari referensi (Migas, 2020).

4.4 Grafik Perbandingan Nilai

- Grafik memperlihatkan korelasi positif antara *densitas* dan *viskositas* pada minyak pirolisis.
- Minyak dengan *densitas* dan *viskositas* rendah biasanya mengandung lebih banyak fraksi ringan, cocok sebagai bahan bakar alternatif.
- Minyak dengan nilai tinggi pada kedua parameter memerlukan proses pemurnian lebih lanjut untuk mengurangi kekentalan dan meningkatkan performa.
- Perbandingan ini membantu menentukan standar kualitas minyak hasil pirolisis dan arah pengembangan proses.

Berikut adalah visualisasi perbandingan nilai data *viskositas* dan *densitas* dalam bentuk grafik garis. dengan hasil pengujian bahwasanya pengujian ini memiliki nilai *viskositas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 1.34 mm²/s dan *viskositas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 1.91 mm²/s dan pengujian untuk *densitas* pada temperatur 150°C adalah sebesar 789 kg/m³ untuk pengujian *densitas* pada temperatur 260°C adalah sebesar 798 kg/m³



Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai

Dari grafik dapat dilihat untuk nilai *viskositas* pada temperatur 150°C sebesar 1,34 mm²/s dan pada temperatur 260°C sebesar 1.91 mm²/s.Untuk nilai *densitas* pada temperatur 150°C sebesar 789 kg/m³ dan pada temperatur 260°C sebesar 798 kg/m³

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari nilai *viskositas* dan *densitas*

- Untuk *viskositas* secara pengujian di laboratorium dengan temperatur 150°C adalah 1,34 mm^2/s dan untuk temperatur 260°C adalah 1,91 mm^2/s . Sedangkan untuk *viskositas* secara teoritis pada temperatur 150°C adalah 1,34 mm^2/s dan pada temperatur 260°C adalah 1,91 mm^2/s.
- Untuk *Densitas* secara perhitungan teoritis pada temperatur 150°C adalah 789 kg/m^3 dan pada temperatur 260°C adalah 798 kg/m^3. Sedangkan secara pengujian di laboratorium pada temperatur 150°C adalah 789kg/m^3 °C dan pada temperatur 260°C adalah 798 kg/m^3.

2. Kategori jenis minyak dari jenis dari plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*)

- Untuk *viskositas* pada temperatur 150°C itu mengarah ke bensin dan pada temperatur 260°C mengarah ke minyak tanah.
- Untuk *densitas* pada temperatur 150°C itu mengarah ke bensin dan pada temperatur 260°C mengarah ke minyak tanah.

5.2 Saran

1. Perlu meningkatkan kualitas minyak limbah PVC (*Polyvinyl Chloride*) Sebagai bahan bakar untuk digunakan sebagai bahan bakar agar menghasilkan kinerja yang bagus.
2. 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

Abdussalam, Fernandez, D., & Lapisa, R. (2018). Penggunaan Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Mesin GeneratorSet Multi Equipment (ME) 1800. *Automotive Engineering Education Journals*, *2*(02), 1-7.

Al Fajr, M. A., & Setiawan, A. A. (2019). Penggunaan Material Limbah Polyvinyl Chloride (PVC) Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Widyakala Journal*, *6*, 6. https://doi.org/10.36262/widyakala.v6i0.161

Damar Wahyu Prianto. (2018). *PIROLISIS SAMPAH PLASTIK BUNGKUS MIE INSTAN DENGAN MEMANFAATKAN ABU VULKANIK GUNUNG MERAPI SEBAGAI KATALIS*. https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/10654

Damayanti, Z., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Analisis Karakteristik Fuel Pirolisis Sampah Plastik Berdasarkan Jenis Plastik Yang Digunakan: Review. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 8(1), 26. https://doi.org/10.31942/inteka.v18i1.8092

Febrianto, T., & Sunarno, S. S. E. (2013). Rancang bangun alat uji kelayakan pelumas kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler. *Unnes Physics Journal*, 2(1), 30-34. http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj

Hartono, E. F., & Rachmat, N. (2022). Klasifikasi Jenis Plastik PVC, LDPE, dan PS Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Support Vector Machine. *JATISI* (*Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*), 9(2), 1403-1412. https://doi.org/10.35957/jatisi.v9i2.2470

Hidayat, F. F. D., & Siregar, I. H. (2022). Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik Polypropylene. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(01), 13-20. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/43904

Kurniawan, E., & Nasrun. (2017). Karakterisasi Bahan Bakar dari Sampah Plastik Jenis Polyvinyl Chloride(PVC) Dan Low Density Polyethelene (LDPE). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *3*(2), 41-52.

Kurniawati, P. (2017). Hasil dan pembahasan. *Universitas Nusantara PGRI Kediri*, *01*, 1-7.

Manalu, P. L., Alwi, E., Sugiarto, T., Prof, J., Air, H., & Padang, T. (2015). ALTERNATIF DARI LIMBAH PLASTIK HASIL DARI PYROLISIS tri POD-AP SETARA BENSIN TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KANDUNGAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 TAK. *Automotive Engineering Education Journals, 1*.

Migas, D. (2020). Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG. *Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG*, 23.

Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Energi Elektrik, 4*(1), 1-5. https://doi.org/10.29103/jee.v4i1.11

Nuryosuwito, N., Rosydi, M. A. I., & Istiqlaliyah, H. (2021). Pemanfatan Sampah Plastik Jenis HDPE Menjadi Bahan Bakar Alternatif Proses Pyrolysis. *Jurnal Mesin Nusantara, 3*(2), 92-101. https://doi.org/10.29407/jmn.v3i2.15573

Riupassa, H., & Baharuddin, M. N. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Melalui Proses. *Jurnal Teknik Mesin, 7*(1), 44-52.

Semar, D. (2022). Perkembangan Spesifikasi Bensin Indonesia dan Spesifikasi WWFC serta Pengaruhnya Bagi Industri Migas. Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi, 40(3), 21-30. https://doi.org/10.29017/lpmgb.40.3.187

Sri,:, & Purwonugroho, W. (2018). Pengolahan Limbah Polyvinyl Chloride (Pvc) dan Polyprophylene (Pp) dengan metode Mix Plastic Coated Aggregate untuk meningkatkan kualitas aspal beton. Skripsi.

Sumartono, Husin Ibrahim, S. (2012). Dari Limbah Plastik. Uji Karakteristik Bahan Bakar Minyak (Bbm) Dari Limbah Plastik, 1(1), 380-385.

Sumartono, S. (2019). Produksi Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik Hdpe Dan Pete 1 Kg. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 2(2), 94-103. https://doi.org/10.30596/rmme.v2i2.3662

Syamsiro, M. (2015). Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk. Teknik, 5(1), 1-85.

Thasyahpitanova & Sagir Alva, (2023). Karakteristik Mekanikal Material Polimer PVC dengan Variasi Konsentrasi Vco (Virgin Coconut Oil). *Jurnal*

Pendidikan dan Konseling, *5*(1), 2-3. https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jpdk/article/view/11711/8991

Viskometri, V., Bahan-bahan, A., & Tahapan, M. P. (1980). G07rad_BAB III Bahan dan Metode. 3-4.

Wahyudi, J., Prayitno, H. T., Astuti, A. D., Perencanaan, B., Daerah, P., & Pati, K. (2018). Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar alternatif the utilization of plastic waste as raw material for producing alternative fuel. XIV(1), 58-67. https://media.neliti.com/media/publications/271770-pemanfaatan-limbah-plastik-sebagai-bahan-d2c72e6c.pdf

Wajdi, B., Sapiruddin, S., Novianti, B., & Zahara, L. (2020). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif. Kappa Journal, 4(1), 100-112. https://doi.org/10.29408/kpj.v4i1.2156

Yusron, Z. (2007). Analisis Campuran Bahan Bakar Bensin Dengan Minyak Tanah Pada Pompa Air Agar Biaya Murah. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 2,155-167.

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; ebt@polmed.ac.id

Medan, 3 September 2025

Nomor : 08/EBT/RST/TRET/2025
Lampiran : 2 (dua) Berkas
Hal : Hasil Uji Karakteristik Minyak

Kepada Yth.
Dimas Arya
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. Amidina Susan Silitonga, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 198101232002122002

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^2/s)					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
PVC Pirolisis 150°	1.9946	1.8293	1.6839	1.5553	1.4425	1.3422
PVC Pirolisis 260°	3.0704	2.7687	2.5071	2.2811	2.0844	1.9135

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

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

Spesifikasi Premium

No.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN MIN	BATASAN MAX	METODE UJI
1	Bilangan Oktan Riset (RON)	RON	88.0	-	ASTM D2699
2	Stabilitas Oksidasi	menit	360	-	ASTM D525
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.05 [1)]	ASTM D2622 atau ASTM D4294 atau ASTM D7039
4	Kandungan Timbal (Pb)	g/l	-	0.013 *	ASTM D3237
			Injeksi timbal tidak diizinkan		
5	Kandungan Logam (Mangan, Besi)	mg/l	Tidak Terlacak [2)]		ASTM D3831 atau ASTM D5185 atau UOP 391
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7 [3)]	ASTM D4815 atau ASTM D6839 atau ASTM D5599
7	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		ASTM D1319 atau ASTM D6839 atau ASTM D6730
8	Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		ASTM D1319 atau ASTM D6839 atau ASTM D6730
9	Kandungan Benzena	% v/v	Dilaporkan		ASTM D5580 atau ASTM D6839 atau ASTM D6730 atau ASTM D3606
10	Distilasi :				
	10% Vol Penguapan	°C	-	74	ASTM D86
	50% Vol Penguapan	°C	75	125	
	90% Vol Penguapan	°C	-	180	
	Titik Didih Akhir	°C	-	215	
	Residu	% vol	-	2.0	
11	Sedimen	mg/l	-	1	ASTM D5452
12	Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	ASTM D381
13	Washed Gum	mg/100 ml	-	5	ASTM D381
14	Tekanan Uap	kPa	45	69	ASTM D5191 atau ASTM D323
15	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m^3	715	770	ASTM D4052 atau ASTM D1298
16	Korosi Bilah Tembaga	merit	Kelas 1		ASTM D130
17	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0.002 [4)]	ASTM D3227
18	Penampilan Visual		Jernih dan terang		
19	Bau		Dapat Dipasarkan		
20	Warna		Kuning		
21	Kandungan Pewarna	g/100 l	-	0.13	

*Batasan maksimum Kandungan Timbal (Pb) ikutan dari hasil pengolahan minyak mentah.

CATATAN UMUM:

1. Aditif harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak menmbah kotoran mesin/kerak).
2. Penanganan (handling) harus dilakukan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dll).

CATATAN KANDUNGAN SULFUR, KANDUNGAN LOGAM, KANDUNGAN OKSIGEN DAN KANDUNGAN SULFUR MERCAPTAN:

1. Batasan 0.05% m/m setara dengan 500 ppm.
2. Tidak ada penambahan sengaja aditif berbasis logam atau aditif yang dapat membentuk abu (*ash forming*).
3. Bila digunakan oksigenat, jenis ether lebih disukai. Kandungan Bioetanol mengacu pada Peraturan Menteri ESDM No. 25 tahun 2013 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Sebagai Bahan Bakar Lain. Alkohol berkarbon tinggi (C>2) dibatasi maksimal 0.1% volume. Penggunaan metanol **tidak** diperbolehkan.
4. Batasan 0.002% m/m setara dengan 20 ppm.

ACUAN :

- SK Dirjen Migas No. 933.K/10/DJM.S/2013 tanggal 19 November 2013 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88 yang Dipasarkan di Dalam Negeri.

Spesifikasi Minyak Tanah

No.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN MIN	BATASAN MAX	METODE UJI
1	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m^3	-	835	ASTM D1298/D4052
2	Titik Asap	mm	15	-	ASTM D1322
3	Nilai Jelaga (*Char Value*)	%m/m	-	0.004 [1)]	IP 10
4	Distilasi : Perolehan volume pada 200 °C	% vol	18	-	ASTM D86
	Distilasi : Titik Akhir	°C	-	310	
5	Titik Nyala Abel	°C	38.0	-	IP 170
6	Kandungan Sulfur	%m/m	-	0.20 [2)]	ASTM D1266/ D2622/D4294/D5453
7	Korosi Bilah Tembaga	merit	Kelas 1		ASTM D130
8	Bau dan Warna	-	Dapat Dipasarkan		-

CATATAN KHUSUS UNTUK NILAI JELAGA DAN KANDUNGAN SULFUR:

1. Batasan 0.004% m/m untuk Nilai Jelaga setara dengan 40 ppm.
2. Batasan 0.2% m/m untuk kandungan Sulfur setara dengan 2000 ppm.

ACUAN :

- SK Dirjen Migas No.119.K/18/DJM/2020 tanggal 09 Juli 2020 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Tanah yang Dipasarkan di Dalam Negeri.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR ALTERNATIF MEMANFAATKAN LIMBAH PLASTIK PVC TERHADAP VARIASI TEMPERATUR PIROLISIS

Nama : DIMAS ARYA
NPM : 2107230159

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

No	Hari/tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	4/9-2025	Perbaiki Bab 3	
2.	3/9-2025	Perbaiki Mafil	
3.	9/9-2025	Perbaiki Rumus.	
4.	8/9-2025.	tambahkan Tabel.	
5.	10/9-2025	Perbaiki kesimpulan	
6.	11/9-2025.	perbaiki abstrak.	
7.	14/9-2025	ACC seminar hasil	
8.	15/9-2025.	ACC sidang T.A	

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
UMSU Unggul | Cerdas | Terpercaya
UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://fatek.umsu.ac.id fatek@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2111/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama	: DIMAS ARYA
Npm	: 2107230159
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Semester	: 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir	: ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR BENSIN MEMANFAATKAN LIMBAH PLASTIK PVC TERHADAP VARIASZI TEMPERATUR PIROLISIS.
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 Jumadil Awal 1446 H
03 November 2024 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 : Dimas Arya
NPM : 2107230159
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Alternative Memanfaatkan Limbah Plastik PVC Terhadap Variasi Temperature Pirolisis

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H
13 September 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

iDAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Dimas Arya
NPM : 2107230159
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Alternative Memanfaatkan Limbah Plastik PVC Terhadap Variasi Temperature Pirolisis

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

KEPUTUSAN

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

Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- 1

Ahmad Marabdi Siregar ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Dimas Arya
NPM : 2107230159
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Alternative Memanfaatkan Limbah Plastik PVC Terhadap Variasi Temperature Pirolisis

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

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
   .....
   – Perbaiki sesuai Catatan.
   .....
   .....
   .....
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :
   .....
   .....
   .....
   .....

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H
13 September 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- II

Arya Rudi Nst ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap	: Dimas Arya
Tempat / Tanggal lahir	: Medan, 22 Oktober 2000
Alamat	: JL.Karya Jaya GG Karya XI No.4 Pkl.Mashur Medan Johor Kota Medan
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Umur	: 25 Tahun
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Status	: Belum menikah
Tinggi / Berat badan	: 171 cm / 85 kg
E-mail	: dmsarya22@gmail.com
Nomor Telepon/HP	: 0821 – 6047 – 4762
Motto hidup	: Aku membahayakan nyawa ibu untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya

B. Riwayat Pendidikan

Tahun 2006 – 2012	: SD Negeri 067690
Tahun 2012 – 2015	: SMP Swasta Pembangun
Tahun 2015 – 2018	: SMK Negeri 2 Medan
Tahun 2021 – 2025	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara