

## PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP HASIL PIROLISIS OLI BEKAS

Enzo W.B Siahaan <sup>1)</sup>, Heri Andi Sitompul <sup>2)</sup>, Hodmiantua Sitanggang <sup>3)</sup>, Maria A. Kartawidjaja <sup>4)</sup>, Melisa Mulyadi <sup>5)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Darma Agung, Indonesia

<sup>4,5</sup>Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Indonesia

Corresponding Author : [enzo.battra84@gmail.com](mailto:enzo.battra84@gmail.com)<sup>1)</sup>, [herystpl@gmail.com](mailto:herystpl@gmail.com)<sup>2)</sup>,

[hodmiantuasitanggang@gmail.com](mailto:hodmiantuasitanggang@gmail.com)<sup>3)</sup>, [maria.kw@atmajaya.ac.id](mailto:maria.kw@atmajaya.ac.id)<sup>4)</sup>,

[melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id](mailto:melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id)<sup>5)</sup>

### Abstrak

Abstrak : Oli pelumas bekas merupakan limbah industri otomotif dalam jumlah besar yang berbahaya bagi lingkungan apabila dibakar atau langsung dibuang ke lingkungan. Berbagai metode digunakan untuk mendaur ulang minyak pelumas bekas, antara lain: proses acid-clay (proses filtrasi), proses ekstraksi pelarut (solvent extract process), dan pirolisis. Pada penelitian ini, proses pirolisis dilakukan dengan memanaskan minyak pelumas bekas di atas temperatur jenuhnya dalam reaktor bebas oksigen. Suhu pirolisis bervariasi antara 250 °C, 300 °C, 350 °C. Pirolisis dimulai pada suhu kamar (33,2 °C) dan suhu secara bertahap dinaikkan dengan laju pemanasan konstan sampai suhu pirolisis tertentu tercapai. Setelah suhu pirolisis tertentu tercapai, suhu dijaga konstan hingga proses pirolisis selesai. Hasil dari pirolisis adalah gas yang dapat terkondensasi, gas yang tidak dapat terkondensasi dan residu padat. Gas yang dapat terkondensasi kemudian dikondensasi dalam kondensor untuk menghasilkan produk cair yang berharga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu pirolisis 250 °C, 300 °C, dan 350 °C, dihasilkan produk cair berturut-turut mulai dari 270 mL, 400 mL, dan 600 mL dari semula 20.000 mL minyak pelumas bekas tanpa katalis. Waktu ujian adalah 60 menit. Setiap 10 menit suhu diukur dan hasil yang diperoleh dalam pengujian juga diambil.

**Kata kunci: pirolisis, oli pelumas bekas, variasi temperature**

### Abstract

Abstract : Used lubricating oil is a large amount of automotive industry waste that is harmful to the environment if burned or directly disposed of into the environment. Various methods are used to recycle used lubricating oil, including: acid-clay process (filtration process), solvent extraction process, and pyrolysis. In this study, the pyrolysis process is carried out by heating used lubricating oil above its saturation temperature in an oxygen-free reactor. The pyrolysis temperature varied between 250°C, 300°C, 350°C. Pyrolysis starts at room temperature (33.2°C) and the temperature is gradually increased at a constant heating rate until a certain pyrolysis temperature is reached. Once a certain pyrolysis temperature is reached, the temperature is kept constant until the pyrolysis process is complete. The results of pyrolysis are condensable gas, non-condensable gas and solid residue. The condensable gas is then condensed in a condenser to produce valuable liquid products. The results showed that at pyrolysis temperatures of 250 °C, 300 °C, and 350 °C, liquid products of 270 mL, 400 mL, and 600 mL were produced respectively from the original 20,000 mL of used lubricating oil without catalyst. The test time was 60 minutes. Every 10 minutes the temperature was measured and the results obtained in the test were also taken.

**Keywords: pyrolysis, used lubricating oil, temperatur variations, reaktor design**

### History:

Received : 08 June 2023

Revised : 08 June 2023

Accepted : 08 June 2023

Published : 09 June 2023

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung

**Licensed:** This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



## **PENDAHULUAN**

Penggunaan mobil di Indonesia semakin meningkat seiring dengan meningkatnya daya beli penduduk Indonesia dan semakin mudahnya memiliki kendaraan bermotor. Hingga saat ini jumlah kendaraan bermotor di seluruh Indonesia telah mencapai lebih dari 20 juta unit. 60% di antaranya adalah sepeda motor. Padahal pertumbuhan stok mobil 3-4% per tahun dan sepeda motor 4% per tahun (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2003). Di sisi lain, perkembangan konsumsi mobil telah membawa banyak manfaat bagi perekonomian Indonesia, yaitu banyaknya tenaga kerja di industri mobil, belum lagi lapangan kerja yang tercipta dari servis mobil tersebut. Di sisi lain, ada juga efek negatif seperti pelepasan gas dan hilangnya minyak pelumas (oli) bekas selama penggantian rutin, yang merupakan salah satu prosedur perawatan wajib untuk mesin. Jumlah limbah oli yang digunakan di Indonesia adalah 465 juta liter per tahun pada tahun 2003 dan diperkirakan akan terus meningkat pada tahun-tahun mendatang. Sebagian besar dari jumlah ini dibuang dan hanya sebagian kecil yang didaur ulang. Residu minyak pelumas bekas yang berlebih di dalam tanah lambat laun membentuk emulsi minyak-air, yang dapat menutupi pori-pori tanah dan mencegah penyerapan air. Limbah minyak pelumas merupakan sumber pencemar yang dapat mencemari air tanah dan merusak permukaan air tanah, bahkan membunuh mikroorganisme tanah dan menghambat proses oksidasi biologis dalam sistem lingkungan. Karena sumber energi yang terkait dengan bahan bakar fosil terbatas, fokus penelitian adalah menemukan dan menggunakan sumber energi alternatif. Penggunaan kembali (daur ulang) minyak pelumas bekas merupakan sumber energi alternatif. Tujuan pembaharuan minyak pelumas bekas adalah untuk meningkatkan (memperbaiki) kualitasnya melalui proses daur ulang dan pembersihan, sehingga dapat digunakan kembali (recyclable). Berbagai metode telah digunakan untuk mengubah minyak pelumas bekas menjadi bahan bakar, yaitu:

Proses Tanah Liat Asam, Proses Ekstraksi Pelarut, Proses Perengkahan dan Pirolisis. Alternatifnya adalah pirolisis minyak pelumas bekas (Nerin et al., 2000). Komposisi minyak pelumas baru berubah setelah digunakan dalam proses pelumasan, sehingga minyak pelumas bekas mengandung pengotor. Belerang, hidrokarbon dan juga logam (logam) seperti kromium (chromium) atau timbal (lead) mengubah minyak pelumas bekas menjadi limbah beracun (toxic waste). Tujuan pirolisis adalah untuk mendapatkan produk cair berharga yang tidak mengandung logam dan kotoran. Proses pirolisis ini seringkali mengandung zat yang mempercepat reaksi kimia, sehingga disebut katalis (catalytic pyrolysis). Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk meneliti pengolahan limbah minyak sebagai bahan bakar alternatif. Dalam latar belakang tersebut, maka penulis membahas dengan judul "PENGARUH PERUBAHAN SUHU TERHADAP PIROLISIS MINYAK BEKAS".

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Studi Literatur**

(Moliner, R., et al. (1997) mempelajari pirolisis minyak pelumas (BAJA) pada suhu dan tekanan yang berbeda. Pirolisis dilakukan pada suhu 600–700 °C dan tekanan 0,1–1,0 MPa. Pirolisis, sampel disaring < < 100 µm dan kadar air dihilangkan dengan pemanasan sampai 110 °C. Reaktor pirolisis dipanaskan dalam tanur listrik yang dibagi menjadi dua bagian. Suhu di bagian atas diatur pada 500 °C. menguapkan tetesan rendah dan ini mencapai bagian bawah reaktor pada suhu pirolisis tertentu. Reaktor berdiameter 2,5 cm dan panjang 50 cm dan dibersihkan setelah setiap percobaan. Pirolisis menghasilkan Olefin ringan yang berharga seperti etilen dan propilena, dan aromatik ringan (BTX) Distribusi Hasil pirolisis bervariasi secara signifikan dengan suhu dan tekanan. Kondisi optimal untuk produksi olefin ringan adalah 650 °C dan 0,1 MPa.

### **B. Minyak Pelumas (Oli)**

Oli pelumas atau oli adalah sejenis cairan kental yang fungsi utamanya untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bersentuhan dan bergerak relatif satu sama lain, sehingga mencegah terjadinya keausan. Minyak pelumas adalah salah satu produk minyak yang paling umum. Kode identifikasi biasanya terdiri dari huruf SAE, yang merupakan singkatan dari Society of Automotive Engineers. Angka di belakangnya menunjukkan tingkat kekentalan minyak pelumas. Semakin tinggi angka setelah kode pelumas, semakin kental pelumas tersebut. W setelah angka awal berarti musim dingin. SAE 15W-50 artinya viskositas minyak pelumas adalah SAE 15 pada suhu dingin dan SAE 50 pada suhu panas. Dalam kondisi ini, oli pelumas menawarkan perlindungan optimal selama mesin dihidupkan, bahkan dalam kondisi ekstrim. Sebaliknya, oli pelumas yang ideal akan bekerja pada suhu normal sesuai standar SAE dengan kekentalan 40-50.

### **C. Metode Pengolahan Minyak Pelumas Bekas**

Minyak pelumas bekas merupakan sumber energi alternatif. Tujuan dari pemurnian pelumas limbah adalah untuk meningkatkan kualitas (refining) dengan mendaur ulang dan meningkatkan produk menjadi produk yang dapat didaur ulang seperti bensin (bensin) dan minyak bakar berat (Demirbas, 2005). Bensin yang berasal dari minyak pelumas bekas dapat digunakan pada mesin busi, tetapi hidrokarbonnya harus dimurnikan dan distabilkan (Demirbas, 2004). Penggunaan minyak pelumas bekas adalah sebagai berikut :

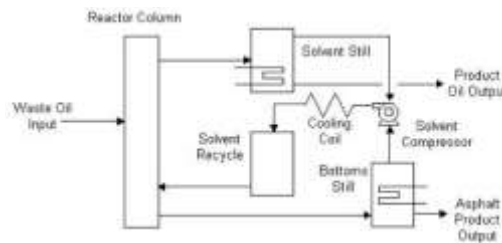
#### **C.1. Proses Penyaringan**

Minyak pelumas bekas disaring untuk menghilangkan partikel logam dan pasir, dan minyak pelumas bekas yang disaring direaksikan dengan asam sulfat dan tanah liat dalam reaktor pada suhu proses 475-625 K untuk menghasilkan bahan bakar. Bahan bakar yang dihasilkan disimpan setelah penyaringan dan pendinginan. Minyak pelumas yang digunakan dalam proses asam-tanah liat

bereaksi dengan asam sulfat, yang bereaksi dengan senyawa berbasis oksigen, nitrogen, dan belerang, bahan aspal dan resin, dan logam terlarut untuk membentuk lumpur. Sisa warna dan bau dari pengolahan minyak pelumas bekas kemudian dihilangkan dengan pengolahan dengan alumina aktif. Masalah terbesar dengan proses asam-tanah liat adalah pembuangan lumpur limbah yang aman, yang mengandung asam sulfat dalam jumlah besar.

### C.2. Proses Ekstraksi Pelarut

Teknik ekstraksi menggunakan pelarut merupakan salah satu metode yang paling hemat biaya (Elbashir et al., 2002). Proses ini menghilangkan kotoran dengan mencampurkan dengan pelarut, memberikan hasil yang lebih baik daripada menggunakan asam sulfat. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan flowchart dari proses ekstraksi pelarut.

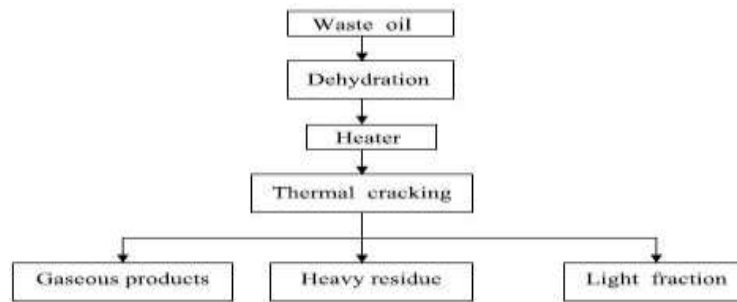


Gambar 1. Diagram alir proses ekstraksi dengan pelarut.

Minyak pelumas bekas dicampur dengan pelarut alifatik seperti propana cair (butana, heptana atau heksana) di dalam reaktor. Pada alat ini, pelarut bekerja secara selektif, memisahkan fraksi minyak hanya menyisakan sedikit pengotor yang terlarut. Pelarut dipisahkan dari campuran minyak pelumas-pelarut dalam kolom distilasi beroperasi pada tekanan atmosfer, sehingga uap pelarut mengembun di bagian atas kolom tanpa refrigeran. Lumpur dari proses pengolahan pelarut dapat dibuang sebagai limbah umum dan dijual sebagai aditif aspal. Proses ekstraksi pelarut hidrokarbon digunakan untuk mendaur ulang minyak pelumas bekas. Bahan bakar gas cair (LPG) dan kondensat stabil digunakan sebagai pelarut. Produk cair yang dihasilkan sebesar 79%. Proses ini dapat menurunkan kadar bitumen minyak pelumas sulingan hingga 0,0106%, kadar abu hingga 0,108% dan kadar karbon sisa hingga 0,315% dengan kontaminasi logam yang sangat rendah (Hamad et al., 2005).

### C.3. Proses Perengkahan

Salah satu cara mengatasi minyak pelumas bekas adalah dengan cara di crack. Cracking adalah proses pemurnian minyak yang memecah atau menghancurkan fraksi minyak yang lebih tinggi dan lebih berat menjadi produk yang lebih bernilai seperti bensin (bensin), minyak tanah (kerosin), minyak bakar, dan minyak gas. Gambar 2 di bawah ini menunjukkan diagram proses perengkahan termal. Berbagai teknologi tersedia untuk memecahkan limbah untuk digunakan sebagai gas atau bahan bakar.



Gambar 2 Skema diagram proses perengkahan termal

Proses perengkahan yang paling umum digunakan adalah perengkahan katalitik (Redwan et al., 1992). Perengkahan katalitik dimulai sekitar tahun 1936 menggunakan katalis kimia tertentu yang diolah dengan tanah liat alami. Dalam perengkahan katalitik, hidrokarbon kompleks dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana. Proses ini menyusun ulang struktur molekul senyawa hidrokarbon berat menjadi fraksi yang lebih ringan seperti minyak tanah, bensin dan LPG. Katalis yang digunakan dalam proses perengkahan biasanya berupa bahan padat (zeolit, alumina hidrosilikat, lempung bentonit yang diolah, pengisi lempung, bauksit dan silika alumina).

#### C.4. Proses Pirolisis

Selama pirolisis, bahan polimer/hidrokarbon dipanaskan pada suhu tinggi, yang memecah struktur makromolekulnya menjadi molekul yang lebih kecil dan menghasilkan hidrokarbon rantai pendek. Hasil pirolisis ini dapat dibagi menjadi fraksi gas, fraksi cair (terdiri dari parafin, olefin, naftalena dan aromatik) dan residu padat.

#### D. Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi termal tanpa oksigen. Proses dekomposisi termal oleh pirolisis sering disebut sebagai penguapan. Produk pirolisis utama yang dapat dihasilkan adalah arang (batubara), minyak bumi dan gas. Gas yang dihasilkan dapat langsung dibakar (Sampat, S.S, Babu, B.B., 2005). Gas pirolisis dapat dibagi menjadi gas non-kondensasi ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dll.) dan kondensat (tar). Minyak bumi dihasilkan dari gas yang dihasilkan selama kondensasi.

Pirolisis vakum adalah teknologi baru dengan sifat yang lebih baik. Dalam teknologi perminyakan, pirolisis juga dikenal sebagai perengkahan uap, di mana hidrokarbon jenuh dipecah menjadi hidrokarbon yang lebih pendek, bahkan tidak jenuh. Ini adalah metode industri utama untuk membuat alkena yang lebih ringan (olefin), termasuk etilena dan propilena (propilena). Proses ini melibatkan pemanasan yang sangat cepat dari fase gas atau cair dari hidrokarbon dalam reaktor

**History:**

Received : 08 June 2023

Revised : 08 June 2023

Accepted : 08 June 2023

Published: 09 June 2023

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung**Licensed:** This work is licensed under**Attribution-NonCommercial-No****Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)**

bebas oksigen. Suhunya sangat tinggi, sekitar 850°C. Ketika suhu crackling tercapai, gas pirolisis dengan cepat dimatikan untuk menghentikan reaksi di penukar panas.

### E. Reaktor

Reaktor adalah suatu alat yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya suatu reaksi baik itu reaksi kimia maupun reaksi nuklir dan tidak terjadi secara fisik. Ketika reaksi ini terjadi, suatu materi berubah menjadi bentuk lain, beberapa di antaranya spontan atau mungkin juga dengan bantuan energi seperti panas. .

Reaktor pirolisis plastik merupakan alat pemanas limbah plastik, dimana limbah plastik dipanaskan dengan suhu tinggi dan tidak bersentuhan langsung dengan udara luar, resin kemudian akan berubah menjadi cairan atau uap. Perubahan tersebut terjadi dengan bantuan energi panas dari luar (Landi, Arijanto 2017). Melakukan uji pirolisis plastik hampir sama dengan proses pirolisis limbah minyak, kecuali bahan yang diuji.

Rumus yang digunakan dalam mendesain sebuah tabung reaktor :

Menentukan tebal dinding reaktor :

$$P = P_{operasi} + P_{hidrostatik} \quad (8)$$

$$P_{hidrostatik} = \frac{P_{campuran.g.zL}}{g_c} \quad (9)$$

Mencari volume reaktor pirolisis dimana menentukan volume reaktor didekati dengan perhitungan untuk reaktor *slurry*. Volume katalis yaitu 10% dari total volume reaktor :

$$v_{reaktan} = \frac{L}{10\%} \quad (10)$$

Keterangan :

V = Volume reaktan (m<sup>3</sup>)

L = Massa jenis Oli yang diinginkan (liter)

Perhitungan menentukan luas tabung reaktor pirolisis :

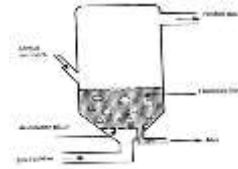
$$L \text{ tabung reaktor} = L \text{ selimut (LS)} + \text{luas alas (LA)} \quad (11)$$

### F. Jenis-Jenis Reaktor Pirolisis

Saat ini ada beberapa reaktor yang berbeda, jenis-jenis tersebut memiliki fungsi yang berbeda dan kelebihan masing-masing, tergantung pada produk yang kita inginkan, misalnya apakah kita ingin mendapatkan produk cair atau gas. Berikut ini adalah beberapa jenis reaktor pirolisis yang ada saat ini :

#### F.1. *Fixed or moving bed* (Reaktor unggun tetap).

Jenis pirolisis ini merupakan pirolisis yang sudah lama digunakan, dimana panas yang dihasilkan diambil dari luar dan bahan baku biomassa berada di dalam ruang vakum (tabung). Reaktor unggun tetap ditunjukkan pada Gambar 3.



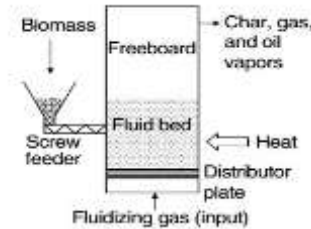
Gambar 3. Fixed or Moving Bed.





**F.2. Bubbling fluidized bed (Reaktor media pemanas pasir silika).**

Pirolisis jenis ini menggunakan pasir bersuhu tinggi (biasanya silika yang dapat teroksidasi), dimana bahan bakar biomassa ditambahkan ke dalam pasir sehingga muatan pirolisis menjadi panas. Keuntungan dari jenis ini adalah mudah untuk mengontrol suhu. Reaktor pirolisis unggul terfluidisasi yang menggelelegak ditunjukkan pada Gambar 4.

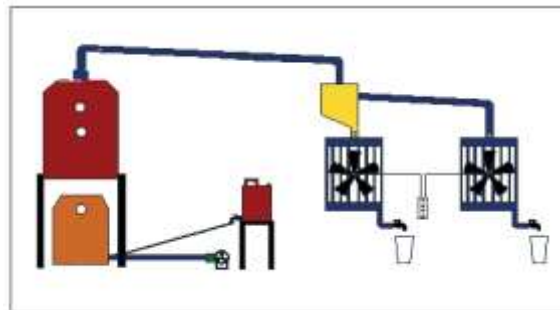


Gambar 4. Bubbling Fluidized Bed.

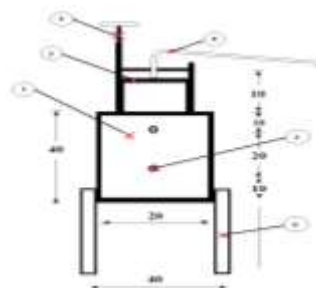
Pada suhu ini, air berada dalam keadaan cair. Salah satu cara untuk mengukur nilai kalor suatu bahan bakar adalah dengan menggunakan kalorimeter bom. Caranya adalah dengan menyalakan bahan bakar yang diuji dengan arus listrik, lalu mencatat kenaikan suhunya pada kalorimeter, lalu membandingkannya dengan asam benzoat biasa untuk mendapatkan nilai kalor bahan bakar tersebut.

**3. METODE PENELITIAN**

**J.1. Peralatan Pengujian**



Gambar 5 Skema Alat Pengujian



Gambar 6. Skema Reaktor.

**J.2. Bahan Penelitian**

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah minyak pelumas mesin

bensin SAE20W50 yang telah dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang tercampur pada oli bekas.



Gambar 7 Bahan Penelitian Oli bekas.

### J.3. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

#### J.3.1. Tungku

Tungku yang dipakai adalah jenis tungku api berbahan bakar oli dengan campuran minyak tanah dengan perbandingan oli bekas 2:1.



Gambar 8 Tampak atas tungku. Gambar 9 Bentuk keseluruhan tungku

#### J.3.2.Reaktor

Terbuat dari pipa *seamless* SCH40 dengan ukuran 16 inchi, tebal 3,4 mm dan diameter luar: 34 mm diameter dalam: 27,2 mm.



Gambar 10 Reaktor pirolisis yang digunakan

#### J.3.3.Termokopel

Termokopel digunakan untuk mengukur suhu pirolisis di dalam reaktor, ujung termokopel diletakkan di dalam reaktor sehingga yang terbaca adalah suhu minyak pelumas yang digunakan. Termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K.



Gambar 11 Thermokopel digital

#### **J.3.4.Radiator**

Digunakan sebagai pendingin kondensor untuk mengembunkan gas hasil pirolisis limbah minyak pelumas yang dihasilkan sehingga produk gas kondensat dapat mengembun menjadi produk cair.



Gambar 12 Radiator.

#### **J.3.5. Kipas pendingin**

Untuk mendinginkan kondensor (pendingin) di dalam coil pendingin, nyamuk akibat pirolisis minyak pelumas didinginkan lebih efisien, sehingga produk gas di dalam pendingin dapat menjadi produk cair. Kipas yang mengembunkan uap menjadi cairan di dalam chiller adalah kipas ruangan.



Gambar 13 Mesin kipas angin ruangan.

#### **J.3.6.Kunci-kunci (tools)**

Alat digunakan untuk mengunci dan membuka mur dan baut tutup reaktor serta untuk mengunci dan membuka kabel termokopel di dalam reaktor.



Gambar 14 Kunci-kunci (*tools*)

#### **J.3.7.Paking (gasket)**

Gasket atau gasket digunakan di antara penutup reaktor untuk mencegah kebocoran pada penutup reaktor, gasket dipilih sebagai gasket tahan suhu tinggi agar gasket tidak terbakar atau terjadi pemuaiian gasket selama pengujian.



Gambar 15 Packing (gasket).

### **J.3.8. Gelas Ukur.**

Gelas ukur yang digunakan adalah gelas ukur laboratorium yang mengukur volume oli bekas yang akan diuji.



Gambar 16 Gelas ukur.

### **J.3.9. Stopwatch**

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk melakukan tes, membantu Anda mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang maksimal.



Gambar 17 Stopwatch.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini menjelaskan desain dan analisis pengaruh suhu pirolisis terhadap persentase produk cair yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada suhu 250°C, 300°C, 350°C.

### **A. Hasil Pirolisis**

Pirolisis minyak pelumas bekas menghasilkan produk cair, residu padat (batubara) dan gas yang tidak dapat terkondensasi. Aura atau gas yang tidak dapat terkondensasi tidak dianalisis karena memiliki persentase berat yang lebih rendah daripada produk cair yang terbuat dari minyak pelumas bekas pirolisis. Residu padat yang diperoleh melekat pada dasar bejana reaksi dan menjadi hitam.



Gambar 18 (a) Produk cair hasil pirolisis minyak pelumas bekas ; (b) Residu padat betekstur lumpur atau tanah.

**B. Mengetahui Distribusi Lama Pemanasan Reaktor Terhadap Sisa Massa Oli Bekas Yang Terurai Setelah Pirolisis Selesai di Uji.**

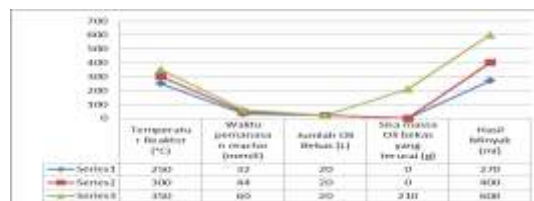
Berikut data hasil pengujian pada saat penelitian dilakukan sisa massa Oli Bekas terhadap distribusi temperatur lama pemanasan reaktor :

Tabel 1 Data hasil pengujian lama pemanasan reaktor terhadap sisa massa Oli Bekas dan hasil minyak.

Temperatur Reaktor (°C)	Waktu pemanasan reaktor (menit)	Jumlah Oli Bekas (L)	Sisa massa Oli bekas yang terurai (g)	Hasil Minyak (ml)
250	32	20	0	270
300	44	20	0	400
350	60	20	210	600

Dapat dilihat dari Tabel 1 bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan untuk memanaskan pirolisis di dalam reaktor, semakin banyak uap yang dihasilkan dan semakin sedikit bahan baku di dalam reaktor serta volume limbah minyak yang akan dipisahkan menjadi 210 gram. dari minyak bekas. dalam 20 liter. minyak dalam waktu 60 menit setelah akhir tes.

**C. Analisa Grafik Mengetahui Distribusi Temperatur Lama Pemanasan Reaktor Terhadap Sisa Massa Oli Bekas.**

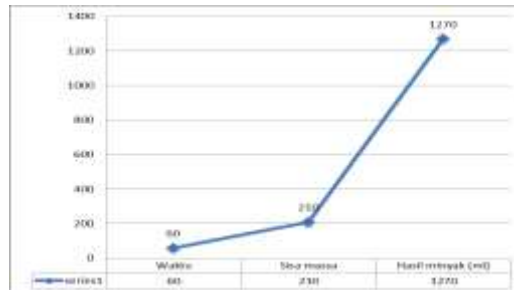


Gambar 19 Grafik pengaruh distribusi temperatur lama pemanasan reaktor terhadap sisa massa Oli Bekas

Dimulai dari Gambar 19, grafik paling atas menunjukkan hasil proses pada suhu 250oC, 300oC dan 350oC dengan waktu pemanasan 60 menit per berat limbah minyak dalam reaktor saat dipanaskan hingga 20 liter dari proses pirolisis.

Penguraian 210 gram limbah minyak sehingga diperoleh volume minyak total 1270 ml.

**D. Analisa Grafik Pengaruh Distribusi Temperatur Lama Pemanasan Reaktor Terhadap Sisa Massa Oli Bekas dan Hasil Minyak (ml).**



Gambar 20 Grafik distribusi pengaruh lama pemanasan terhadap sisa massa Oli bekas dan hasil minyak (ml)

Dari Gambar 20, grafik paling atas menunjukkan distribusi suhu waktu pemanasan selama 60 menit selama pirolisis, sehingga diperoleh 210 gram limbah minyak dan 1270 ml minyak pirolisis.

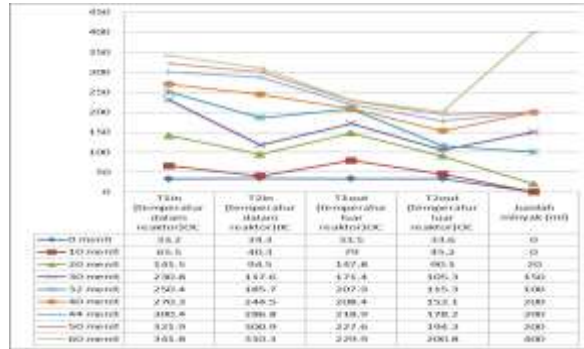
**E. Mengetahui Distribusi Hasil Minyak Pirolisis Oli Bekas Pada Saat Uji Kinerja Pemanasan Reaktor Dengan Temperatur Suhu 250°C, 300°C dan 350°C.**

Untuk mengetahui rendemen minyak pada uji efisiensi pemanasan reaktor pada temperatur reaktor 250oC, 300oC, 350oC, terlebih dahulu mencari data hasil pengamatan dari pengujian saat mempelajari respon efisiensi reaktor. Data hasil terlampir untuk mengetahui hasil pirolisis saat terjadi.

Tabel 2 Data hasil pengujian dengan temperatur suhu 250°C, 300°C dan 350°C.

Waktu (menit)	T1 <sub>in</sub> (temperatur dalam reaktor)°C	T2 <sub>in</sub> (temperatur dalam reaktor)°C	T1 <sub>out</sub> (temperatur luar reaktor)°C	T2 <sub>out</sub> (temperatur luar reaktor)°C	Jumlah minyak (ml)
0	33,2	34,3	33,5	33,6	0
10	65,5	40,3	79,0	45,2	0
20	141,5	94,5	147,8	90,1	20
30	230,8	117,6	171,4	105,3	150
32	250,4	185,7	207,9	115,3	100
40	270,3	244,5	208,4	153,1	200
44	300,4	286,8	218,9	178,2	200
50	321,9	300,9	227,6	194,3	200
60	341,8	310,3	229,9	200,8	400
<b>Total minyak hasil pirolisis 250°C-350°C</b>					<b>1270</b>

**F. Analisa Grafik Pada Distribusi Hasil Minyak Pirolisis Jenis Oli Bekas Pada Temperatur Reaktor 250°C, 300°C dan 350°C.**



Gambar 21 Grafik hasil minyak dengan temperatur 250°C, 300°C, 350°C.

Gambar 21 menunjukkan bahwa pada uji efisiensi suhu reaktor, rasio rendemen minyak yang diperoleh selama proses pemanasan 20 menit menghasilkan 20 ml minyak pada suhu 141,5 °C. Selama pirolisis, suhu produksi minyak naik ke suhu operasi reaktor, sedangkan limbah bahan bakar minyak dijaga konstan di preheater limbah minyak. Pada waktu 30 menit suhu yang bekerja pada bejana reaksi adalah 230,8oC menghasilkan minyak sebanyak 150ml, setelah 32 menit suhu dalam bejana reaksi mencapai 250,4oC menghasilkan minyak sebanyak 270ml dan saat suhu reaksi kapal adalah 300oC pirolisis lengkap terjadi. . Dalam waktu 44 menit yang diperlukan, 400 ml minyak diperoleh, dan pada perubahan maksimum 350 °C, 600 ml minyak pirolisis diperoleh dalam waktu 60 menit yang diperlukan.

**SIMPULAN**

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Selama pirolisis minyak pelumas bekas, diperoleh produk berupa kondensat gas, gas yang tidak dapat terkondensasi dan residu padat.
2. Pirolisis minyak pelumas bekas untuk mendapatkan produk cair yang bernilai guna sebagai bahan bakar.
3. Persentase produk cair yang terbentuk selama pirolisis meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis menjadi 350°C, kemudian menurun seiring dengan habisnya volume limbah minyak dalam reaktor pirolisis.
4. Pirolisis cair minyak pelumas bekas tidak dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar otomotif karena sifat fisik, proses penyulingan, titik nyala dan warna produk pirolisis minyak yang digunakan belum diuji atau kualitasnya belum ditentukan.
5. Dengan fluktuasi suhu maksimum 350°C, volume produk cair yang diperoleh adalah 1270 ml dan residu padat yang tersisa adalah 210 g dalam waktu 60 menit.

6. Bandingkan persentase pengolahan limbah minyak yang diperoleh dengan pirolisis sebagai: 1 : 15 : 75
7. Hasil perbandingan antara laju pengolahan minyak limbah dan pirolisis, mengacu pada medium yang dapat mereduksi pembentukan emulsi minyak-air yang dapat menutup pori-pori tanah untuk mencegah masuknya air adsorpsi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Fathurrahman Naufan. (2016). Desain Alat Pirolisis Untuk Mengkonversi Limbah Plastik HDPE Menjadi Bahan Bakar.
- Gama, A. (2010). Studi Eksperimental Pirolisis Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Katalis Zeolit. Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret. Diakses dari <http://digilib.uns.ac.id>
- Hamad, A., Al-Zubaidy,E., Fayed, M.E., 2004, Daur Ulang Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Pelarut Hidrokarbon, *Jurnal of Enviromental Management*, pp. 153-159
- Nern, C., Domeno, C., Moliner, R., La'zaro, M.J., Suelves,I., Valderrama, J. 2000, Behaviour of different industrial waste oils in a pyrolysis process: metals distribution and valuable products, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, pp. 171-183
- Putra, Armada Yuda. 2020. Analisa Termal Dan Perpindahan Panas Pada Reaktor Pirolisis Pembakaran Menyeluruh Dengan Bahan Biomassa Terhadap Evisiensi Termal. Skripsi (S1) Thesis. Universitas Muhammadiyah Merto.