

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PIROLISIS DESIGN AND MANUFACTURE OF PYROLYSIS DEVICE

NURMEIZON SALEH<sup>1</sup>, NELVIDAWATI<sup>2</sup>, SRI HARTUTI<sup>3</sup>, DAN VINA AZATRI<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Padang

e-mail: nurmeizon@itp.ac.id<sup>1</sup>

**Abstract:** *Used oil or used lubricating oil is a hazardous waste (B3) produced in large quantities along with the growth in the number of motorized vehicles and industry in Indonesia. Every year, an estimated millions of liters of used oil are produced from the transportation and industrial sectors. Unfortunately, most of this used oil is not managed properly and is often disposed of carelessly into the ground, rivers, or drains, which can cause serious environmental pollution. One way to process used oil into liquid fuel using the pyrolysis method is a solution to two problems at once: reducing hazardous waste and providing an alternative energy source. Pyrolysis is the process of thermally breaking down large hydrocarbon molecules in the absence of oxygen, at high temperatures of 370°C. In this study, a batch type pyrolysis reactor with a capacity of 50 liters (40x40) cm was designed with an LPG gas heater using two condensers with a capacity of 34 liters (35x35) cm which contained a  $\frac{3}{4}$  spiral pipe. The materials used to make reactors, condensers and spiral coolers are made of stainless steel. The used oil used came from used car oil. In this study, the results obtained were in the form of gasoline-like oil and kerosene-like oil in the pyrolysis process by heating the reactor at a temperature of 370 °C, the first droplets formed in the first condenser.*

**Keywords:** *Oil pyrolysis; used oil; oil*

**Abstrak:** Oli bekas atau oli pelumas yang telah digunakan merupakan salah satu limbah berbahaya (B3) yang dihasilkan dalam jumlah besar seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dan industri di Indonesia. Setiap tahun, diperkirakan jutaan liter oli bekas dihasilkan dari sektor transportasi dan industri. Sayangnya, sebagian besar oli bekas ini tidak dikelola dengan baik dan sering kali dibuang sembarangan ke tanah, sungai, atau saluran pembuangan, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius. Salah satu cara untuk mengolah oli bekas menjadi bahan bakar cair dengan metoda pirolisis menjadi solusi untuk dua permasalahan sekaligus: mengurangi limbah berbahaya dan menyediakan sumber energi alternatif. Pirolisis adalah proses pemecahan termal molekul-molekul besar hidrokarbon tanpa kehadiran oksigen, pada suhu tinggi 370°C. Pada penelitian ini, dirancang reaktor tipe batch kapasitas 50 liter (40x40) cm dengan pemanas gas LPG menggunakan dua kondensor kapasitas 34 liter (35x35) cm yang di dalamnya terdapat pipa spiral  $\frac{3}{4}$ . Material yang digunakan untuk pembuatan reaktor, kondensor serta pendingin spiral berbahan stainless steel. Oli bekas yang digunakan berasal dari oli bekas mobil. Pada penelitian ini hasil didapatkan berupa minyak sejenis bensin dan sejenis minyak tanah pada proses pirolisis dengan pemanasan reaktor pada suhu 370 °C terbentuk tetesan pertama pada kondensor pertama.

**Kata kunci:** minyak pirolisis; oli bekas; minyak

### A. Pendahuluan

Oli bekas atau oli pelumas yang telah digunakan merupakan salah satu limbah berbahaya (B3) yang dihasilkan dalam jumlah besar seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dan industri di Indonesia. Setiap tahun, diperkirakan jutaan liter oli bekas dihasilkan dari sektor transportasi dan industri. Sayangnya, sebagian besar oli bekas ini tidak dikelola dengan baik dan sering kali dibuang sembarangan ke tanah, sungai, atau saluran pembuangan, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius.

Oli bekas mengandung berbagai kontaminan berbahaya seperti logam berat (timbal, kadmium, kromium), hidrokarbon poliaromatik, dan senyawa beracun lainnya yang dapat mencemari tanah dan air tanah. Satu liter oli bekas yang dibuang ke lingkungan dapat mencemari hingga satu juta liter air bersih, menimbulkan dampak ekologis yang signifikan. Sifat fisik oli bekas adalah berwarna hitam pekat, kental dan berminyak, berbau menyengat,

tidak larut dalam air. Kandungan berbahaya yang terdapat dalam oli bekas adalah logam berat (timbal, kromium, kadmium, arsenik), senyawa hidrokarbon poliaromatik (PAH), senyawa benzena, senyawa PCB (Polychlorinated Biphenyls), partikel karbon dan debu logam.

Di sisi lain, oli bekas masih memiliki kandungan hidrokarbon yang tinggi dan nilai kalor yang cukup besar, sehingga berpotensi untuk diolah kembali menjadi produk yang bernilai ekonomis. Dengan meningkatnya kebutuhan energi dan keterbatasan sumber energi fosil, pencarian sumber energi alternatif menjadi sangat penting. Pengolahan oli bekas menjadi bahan bakar cair dapat menjadi solusi untuk dua permasalahan sekaligus: mengurangi limbah berbahaya dan menyediakan sumber energi alternatif.

Di tengah meningkatnya kebutuhan energi dan kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah berkelanjutan, teknologi pirolisis menawarkan solusi inovatif untuk mengubah oli bekas menjadi sumber energi alternatif. Pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan organik pada suhu tinggi (antara 300-700°C) dalam kondisi tanpa atau minim oksigen. Melalui proses ini, oli bekas yang semula merupakan limbah berbahaya dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair yang memiliki nilai ekonomis. (Reni Masrida & Wahyu Kartika, 2025)

Teknologi pirolisis untuk pengolahan oli bekas memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode pembuangan konvensional. Pertama, proses ini mengurangi volume limbah secara signifikan sambil menghasilkan produk bernilai tambah. Kedua, bahan bakar cair hasil pirolisis dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti bahan bakar alternatif untuk mesin diesel, pemanas industri, atau sebagai bahan baku dalam industri petrokimia. Ketiga, proses ini relatif ramah lingkungan karena mengurangi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan pembakaran langsung atau pembuangan sembarangan.

Prinsip kerja alat pirolisis melibatkan pemanasan oli bekas dalam reaktor tertutup hingga mencapai suhu optimal. Pada suhu tersebut, molekul hidrokarbon kompleks dalam oli bekas akan terurai menjadi molekul yang lebih sederhana. Uap yang dihasilkan kemudian dikondensasi dalam kondensor untuk menghasilkan bahan bakar cair, sementara gas non-kondensabel dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memanaskan reaktor itu sendiri, menciptakan sistem yang lebih efisien secara energi.

Pengembangan teknologi pirolisis untuk pengolahan oli bekas tidak hanya memberikan solusi terhadap masalah lingkungan, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru melalui diversifikasi sumber energi dan penciptaan lapangan kerja di sektor ekonomi hijau. Dengan optimasi parameter operasional seperti suhu, waktu tinggal, dan desain reaktor, efisiensi konversi dan kualitas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat terus ditingkatkan untuk memenuhi standar komersial.

Pembuatan rangka pirolisis menggunakan bahan yang tahan terhadap korosi dan suhu tinggi karena pada proses operasinya menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi, maka bahan yang digunakan adalah SS 304, pemanas menggunakan bahan bakar LPG, *Raw Material* Oli Bekas Diesel *Engine* dan Oli bekas Hidrolik, Kondensor menggunakan air tawar biasa, pembakaran dengan burner, pompa air sirkulasi *Flowrate* 30 liter/menit. (Dody Sukoco.2023)

Pengolahan oli bekas dengan sistem pirolisis menggunakan tabung reaktor stainless steel 2 mm. Dengan pertimbangan untuk tahan terhadap suhu dan proses rekasi kimia yang terjadi selama proses berlangsung. Media kondensasi menggunakan tabung freon yang dimodifikasi, kondensor sedikit miring pada posisi horizontal dengan tujuan pemindahan panas, dan hasil kondensat yang optimal, serta meningkatkan efisiensi. (Sirun et al., 2023).

Dalam kondensor terdapat pipa uap yang dididesain dalam bentuk spiral berbahan stainless steel. Bahan stainless steel untuk penggunaan pipa merupakan bahan yang tahan terhadap panas, korosi, dan reaksi kimia selama proses pirolisis, serta ketahanan dan kebersihan proses terhadap kontaminasi jika ada dalam oli bekas. Tujuan pipa dalam bentuk spiral untuk memaksimalkan proses pendinginan sehingga mempercepat proses kondensasi uap menjadi cair. (Rina et al., 2023).

Pipa yang menghubungkan antara reaktor dan kondensor sebagai penguat menggunakan baut dengan tujuan untuk memudahkan pelepasan dan pemasangan rangka alat antara reaktor dan kondensor, penggunaan baut sebagai penguat sambungan agar lebih kokoh, kuat, dan aman untuk tujuan menghindari kebocoran dan memaksimalkan hasil secara keseluruhan. Ukuran baut dan jumlah baut yang digunakan harus tepat. Dalam kondensor terdapat pipa

spiral yang berada pada posisi vertikal, posisi ini sangat mempengaruhi aliran cairan. Pada posisi vertikal cairan yang terbentuk akan dengan mudah turun dari posisi atas pipa spiral keposisi bawah pipa. Pada proses kondensasi, uap yang terbentuk dari reaktor yang dipanaskan akan mulai mencair dan mengalir turun pada pipa spiral dengan bantuan gaya grafitasi sehingga proses pendinginan lebih cepat. (Batutah et al., 2021).

Reaktor pirolisis bagian atas penutupnya didesain berbentuk kerucut untuk memudahkan dan membantu aliran uap yang terbentuk dari proses pemanasan sehingga aliran uap tersebut lebih terarah, karena sifat dari uap yang terbentuk akan mengarah pada tutup tabung yang lebih cembung dan berkumpul pada satu titik tersebut sehingga tercapainya pemisahan yang lebih efektif, uap yang terbentuk masuk kedalam kondensor selanjutnya terjadi proses pendinginan untuk mencairkan uap yang mengalir dalam pipa kondensor. (Arifianto et al., 2023).

Uap yang terbentuk dari proses pirolisis masuk ke pipa tingkat pertama untuk proses kondensasi, selanjutnya uap yang belum terkondensasi pada tingkat pertama akan masuk ke tingkat berikutnya untuk proses kondensasi lebih lanjut. Ini merupakan desain pipa bertingkat. (Nugroho, 2020).

Tabung kondensor yang didesain terbuka dengan memfasilitasi udara masuk secara bebas disekitar alat destilasi dengan tujuan untuk menghindari panas yang berlebih dalam kondensor, ini membantu mempercepat proses kondensasi. Pipa pendingin yang digunakan adalah pipa lurus dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  inch yang dengan mudah dapat mengalirkan cairan yang terbentuk tanpa ada hambatan berupa tekukan atau tikungan. Ini juga untuk memebnatu efisiensi perpindahan panas dan aliran uap, desain ini memudahkan untuk pemeliharaan dan perawan serta mempermudah pemantauan terhadap aliran. (Sukadi & Novarini, 2019).

## B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa (engineering approach) dengan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D). Lokasi penelitian pembuatan alat pirolisis dilakukan di Institut Teknologi Padang, kegiatan penelitian dilaksanakan selama 6 bulan.

Pemilihan material difokuskan pada bahan yang memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi dan korosi. Reaktor pirolisis dan pipa penyalur uap terbuat dari bahan stainless steel yang mampu menahan suhu dan reaksi kimia pada proses pirolisis. Kondensor menggunakan bahan dan pipa stainless steel dengan kemampuan perpindahan panas yang baik agar uap hasil pirolisis dapat terkondensasi secara optimal.

Persiapan pembuatan alat pirolisis terdiri dari alat dan bahan, untuk alat menggunakan mesin las stainless steel, bor, dan gerinda, sedangkan untuk bahan-bahan terdiri dari keramik fiber, tangki stainless steel 304 2mm, seng plat aluminium, baut + mur 14, pipa stainless steel 304  $\frac{3}{4}$  1,2 mm, sambungan pipa ss (elbow), lem silikon, drum, pompa air, thermometer bimetal, thermometer batang, thermowheel, kompor gas p31, regulator, selang gas, tabung gas 12 kg + isi, selang air, jerigen, stand alat, dan oli bekas.

Pembuatan alat pirolisis pada penelitian ini dilakukan melalui tahapan perancangan, pemilihan material, proses fabrikasi, perakitan, dan pengujian awal alat. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan alat pirolisis yang mampu mengolah oli bekas menjadi bahan bakar cair secara aman, efektif, dan sesuai dengan prinsip rekayasa teknik.

Tahap perancangan diawali dengan pembuatan desain alat secara konseptual dan teknis, meliputi reaktor pirolisis, sistem pemanas, saluran uap (pipa), kondensor, serta wadah penampung produk cair. Desain mempertimbangkan kapasitas reaktor, rentang suhu operasi pirolisis, tekanan kerja, serta aspek keselamatan dan kemudahan pengoperasian.

Proses fabrikasi meliputi pemotongan bahan sesuai ukuran desain, pengelasan pada bagian reaktor dan sambungan pipa, serta pemasangan sistem pemanas. Seluruh sambungan las diperiksa untuk memastikan tidak terjadi kebocoran selama operasi. Setelah itu, seluruh komponen dirakit menjadi satu kesatuan sistem pirolisis yang utuh.

Tahap akhir adalah pengujian awal alat (commissioning test) yang dilakukan tanpa bahan baku untuk memastikan sistem pemanas, aliran uap, dan kondensor berfungsi dengan baik. Selanjutnya dilakukan uji operasi dengan oli bekas sebagai bahan baku untuk

mengevaluasi kinerja alat, kestabilan suhu, serta kemampuan alat dalam menghasilkan bahan bakar cair.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Proses perancangan dan pembuatan alat pirolisis tidak ada aturan yang mengikat, dalam proses perancangan dan pembuatan alat pirolisis mengetahui fungsi dari setiap alat yang digunakan dan bekerja sesuai dengan harapan. Setelah semua alat siap dan dirangkai sesuai dengan perancangan dilakukan pengujian kebocoran dengan menggunakan air, hasil pengujian tidak ada kebocoran pada alat. Selanjutnya uji alat menggunakan oli bekas dipirolisis menjadi bahan bakar cair. Oli bekas dimasukkan ke dalam ke dalam reaktor dengan volume 5 liter dan dilakukan pemanasan, pada suhu  $370^{\circ}\text{C}$  pada reaktor dan waktu 1 jam 35 menit uap mulai terkondensasi ditandai dengan adanya tetesan pertama pada kondensor pertama, sesaat kemudian terjadi tetesan pada kondensor kedua. Didalam kondensor terdapat pipa spiral stainless steel (gambar 1) yang dialiri air sebagai pendingin. Pemilihan material yang digunakan adalah bahan yang tahan terhadap panas dan korosi terhadap reaksi kimia yang terjadi dalam proses maka digunakan material dengan bahan stainless steel 304 (Dody Sukoco.2023).

Perancangan dan pembuatan alat pirolisis terdiri dari beberapa komponen yaitu reaktor, kondensor pertama, kondensor kedua, alat penampung hasil, dan drum air sebagai aliran pendingin kondensor ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Bentuk kondensor



Gambar 2. Rangkaian alat pirolisis



Gambar 3. Bahan bakar cair kondensor 1



Gambar 4. Bahan bakar cair kondensor 2

### D. Penutup

Teknologi pirolisis untuk pengolahan oli bekas memiliki beberapa keunggulan yaitu mengurangi volume limbah dan menghasilkan produk bernilai tambah, bahan bakar cair hasil pirolisis dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif, dan proses ini relatif ramah lingkungan. Berdasarkan proses perancangan dan pembuatan alat pirolisis yang telah dilakukan disimpulkan alat pirolisis yang dirancang mampu mengkonversi oli bekas menjadi bahan bakar cair sejenis minyak tanah dan sejenis bensin, alat pirolisis dibuat sesuai dengan rancangan menggunakan material berbahan stainless steel yang tahan terhadap korosi, panas reaktor pada suhu  $370^{\circ}\text{C}$  uap yang terbentuk telah terkondensasi dengan terbentuknya tetesan pertama pada kondensor pertama.

### Daftar Pustaka

- Batutah, M., Arifin, D., Poniman, P., & Solikin, S. (2021). Perancangan Spiral Kondensor Untuk Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis. *Reka Buana*, 6(2), 174–183.
- Dody Sukoco.2023. Desain Dan Optimasi Proses Pirolisis Waste Oil Menggunakan Pendekatan RSM.dari <https://jitt.polman-babel.ac.id/index.php/jitt/article/view/103>
- Levenspiel, octave.(1999). *Chemical Reaction Engineering 3rd* , New York : John Wiley & Sons, Inc. International Edition.
- Mulyadi, E., 2010, “ Kinetika Reaksi Katalitik Dekomposisi Gambut”, Semnas Hasil Penelitian Balitbang prov Jatim, ISBN 978-979-10-8.
- Nugroho, A. S. (2020). Pengolahan Limbah Plastik Ldpe Dan Pp Untuk Bahan Bakar Dengan Cara Pirolisis.*Jurnal Litbang SUKOWATI*, 4(1), 91-10. <https://doi.org/10.32630/Sukowati.V4i1.166>
- Reni Masrida & Wahyu Kartika, 2025. Potensi Konversi Limbah Organik dengan Metode Pirolisis Menjadi *Biochar*, *Syngas* dan *Bio-Oil*: Tinjauan Literatur Sistematis dari <https://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/JOE3S/article/download/3798/2424/11519>
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Zanaria, Y. (2020). Kajian Tekno-Ekonomi Produksi Reaktor Pirolisis dalam Menghasilkan Bioarang dan Asap Cair. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8,2, 219-225
- Rina, R., Yetri, Y., Putra, R. K., Adriansyah, A., Telaumbanua, T. Y., Khairiyah, A., & Syukri, S. (2023). Penerapan Tabung Bahan Baku Destilasi Minyak Nilam Berbahan Stainless Steel Pada Penghasil Minyak Nilam. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Polmanbabel*, 3(01), 1–7.
- Sirun, A., Priyono, P., Bawano, F., & Pinangkaan, N. (2023). Uji Performansi Alat Destilasi Untuk Pemurnian Minyak Dari Limbah Plastik. *Otopro*, 44–48.
- Situmorang, R. (2022). Prosedur Perakitan Alat Pirolisis Sampah Plastik Dengan Reaktor Ganda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [Jimt]*, 2(3)
- Sukadi, S., & Novarini, N. (2019). Rancang Bangun Alat Pirolisis Untuk Daur Ulang Sampah Kantong Plastik. *Teknika: Jurnal Teknik*, 5(2), 96–102.
- U. Surono and Ismanto, “Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya,” *J. Mek. dan Sist. Termal*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2016.
- Uwar, N. A., & Soselissa, E. R. (2022). Pengaruh Penggunaan Air Pendingin Kondensor Terhadap Hasil Destilasi Sampah Plastik Kapasitas 3 Kg. *Armatur: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 3(1), 11–18.
- Yasa, M., & Siregar, I. (2023). Pengaruh Jumlah Lilitan Pipa Kondensor Terhadap Kuantitas Minyak Pirolisis Sampah Plastik. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(01), 71–78.