

# Perancangan Desain Alat Pirolisis Tungku Tunggal-Destilasi Bertingkat dengan Metode Morfologi

T Towijaya<sup>1\*</sup>, Aszamil Putra<sup>1</sup>, Iqbal Baihaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Indonesia

\*email: towijaya@gmail.com

## ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar saat ini semakin meningkat, juga bertambahnya sampah plastik yang semakin banyak yang berasal dari sampah rumah tangga maupun industri. Perlunya pengolahan sampah plastik untuk mengurangi volume sampah sangat perlu dilakukan. Salah satu jenis sampah plastik yaitu jenis polypropylene. Sampah plastik jenis polypropylene ini adalah jenis sampah yang dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk menghasilkan bahan bakar alternative dalam jenis solar, bensin, dan kerosin. Dalam penelitian ini bertujuan merancang alat pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar dengan menggunakan metode pirolisis. Jenis metode penelitian ini adalah metode perancangan dan pengembangan dengan pendekatan studi literatur. Perancangan alat dibuat dengan memiliki satu tangki sebagai tempat pemanasan plastik, dan memiliki saluran pendingin untuk mengubah gas yang akan dihasilkan menjadi cair. Tangki reaktor berbahan besi untuk tahan pemanasan 300°C-500°C. Dalam desain juga memiliki pengukur temperatur suhu maksimal 500°C dan pengukur tekanan maksimal 2,5 bar (0,25 mPa). Saluran digunakan untuk menyalurkan uap panas hasil pirolisis ke dalam filtrat dan dilakukan kondensasi. Hasil yang diharapkan dalam usulan ini adalah bahan bakar minyak.

Kata kunci: Sampah Plastik, Desain Pirolisis Proses, Minyak, Destilasi Bertingkat

## ABSTRACT

The use of fuel is currently increasing, as well as the increasing number of plastic waste that comes from household and industrial waste. The need for processing plastic waste to reduce the volume of waste is very necessary. One type of plastic waste is the type of polypropylene. This type of polypropylene plastic waste is a type of waste that can be used as a basic material to produce alternative fuels in the types of diesel, gasoline, and kerosene. In this study, the aim was to design a plastic garbage converter into fuel using the pyrolysis method. This type of research method is a method of design and construction with a literature study approach. The design of the tool is made by having one tank as a place for heating the plastic and having a cooling channel to convert the gas to be produced into liquid. The iron reactor tank for heating is 200-250°C. In the design also has a maximum temperature gauge of 400°C and a maximum pressure gauge of 2.0 bar (0.2 Mpa). The channel is used to channel hot pyrolysis steam multilevel distillation into the filtrate and condensation is carried out. The expected outcome in this proposal is fuel oil.

Keywords: Plastic Waste, Pyrolysis Process Design, Fuel, Multilevel Distillation

## 1. Pendahuluan

Plastik memiliki peran yang sangat penting bagi manusia saat ini. Pembungkusan makanan yang praktis dan murah

menjadikan plastik sebagai pilihan yang utama. Hampir semua jajanan maupun kemasan dibungkus dengan bahan yang terbuat dari plastik. Pembungkusan plastik juga lebih efisien dan tahan lama dalam

melindungi makanan dari hewan pengganggu seperti lalat. Berdasarkan hal ini, pembungkus plastik menjadikannya lebih unggul dari pembungkus makanan lainnya seperti kertas, dan daun pisang. Dengan keunggulan pembungkus plastik tersebut, banyak perusahaan makanan dan usaha mikro yang memproduksi plastik dan menggunakannya sebagai pembungkus makanan [1].

Menurut Menteri KP, jika penggunaan plastik tidak dihentikan, maka diperkirakan

pada tahun 2030 jumlah sampah plastik akan lebih banyak daripada jumlah ikan. Saat ini jumlah sampah plastik telah mencapai angka 3,2 juta ton. Jumlah ini diperkirakan bertambah menjadi sekitar 30 juta ton pada 10 tahun mendatang. Jumlah tersebut, bisa melebihi jumlah ikan di lautan Indonesia yang telah mencapai 28 juta ton. Macam-macam sampah plastik yang biasa ditemukan di perairan ditampilkan pada Tabel 1.[2].

Tabel 1. Macam-macam Sampah Plastik [2]

Material Plastik	Ciri-ciri	Bentuk sampah
PET atau PETE ( <i>polyethylene</i> )	Ringan dan murah	Botol minuman dan tempat makanan yang tahan panas
HDPE ( <i>high density polyethylene</i> )	Kuat namun mudah terkena korosi, resiko kimia kecil dan dapat didaur ulang.	Tempat makanan, tempat shampoo dan kantong sampah
PVC ( <i>polyvinyl chloride</i> )	Fisik stabil, tahan bahan kimia, tahan cuaca, tahan aliran, bersifat elektrik dan sulit didaur ulang.	Pipa dan konstruksi bangunan
LDPE ( <i>low density polyethylene</i> )	Lunak	Tempat makanan dan botol lunak
PP ( <i>polypropylene</i> )	Tahan air mendidih, tahan sterilisasi,	Komponen otomotif, tempat makanan, karpet
PS ( <i>polystyrene</i> )	tahan kimiakecuali klorin, tahan bahan bakar dan tahan <i>exylene</i> dan mempunyai sifat insulasi listrik yang baik	Tempat makanan sekali pakai, kemasan, mainan dan peralatan medis

Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R ( Reuse, Reduce, Recycle). Reuse adalah memakai berulang kali barangbarang yang terbuat dari plastik. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. Recycle adalah mendaur ulang barangbarang yang terbuat dari plastic. Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R ( Reuse, Reduce, Recycle). Reuse adalah memakai berulang kali barangbarang yang terbuat dari plastik. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang

sekali pakai. Recycle adalah mendaur ulang barangbarang yang terbuat dari plastic [3].

Pyrolysis merupakan salah satu proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan suatu bahan bakar minyak dari material berbahan dasar plastik (polymer). Berdasarkan kaji literatur dan kaji eksperimental, bahan bakar yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki sifat-sifat fisis dan kimia yang tidak jauh berbeda dengan bahan bakar minyak bumi (fosil). Berkaitan dengan hal tersebut, maka penelitian mengenai metoda pyrolysis ini sangat menarik untuk dilakukan guna mengetahui sejauh manakah metoda ini dapat membantu masyarakat dalam mengatasi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, serta dapat menjadikannya sebagai referensi untuk menghasilkan sumber energi alternatif

ditengah semakin krisisnya sumber daya minyak fosil [4].

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses cracking (perekahan). Cracking adalah proses memecah rantaipolimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses perekahan plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses perekahan yaitu hidro cracking, thermal cracking dan catalytic cracking [5].

Pirolisis pada umumnya diawali pada suhu 200 °C dan bertahan pada suhu sekitar 450 – 500 °C. Pirolisis suatu biomassa akan menghasilkan tiga macam produk, yaitu produk gas, cair, dan padat (char). Jumlah produk gas, cair dan char tergantung pada jenis prosesnya (suhu dan waktu pirolisis) (Danarto, Utomo, & Sasmi, Pirolisis limbah Serbuk kayu dengan katalisator Zeolit). Pirolisis dapat dibedakan menjadi tiga tipe: flash pyrolysis, fast pyrolysis dan slow pyrolysis berdasarkan temperatur, laju pemanasan dan waktu tinggal. Produk yang dihasilkan sangat tergantung pada tipe dari pirolisis [6].

Aplikasi komputer digital dalam perancangan teknik dan produksi Computer Aided Design (CAD) menunjuk ke pemakaian komputer dalam mengkonversikan satu ide awal produk menjadi rancangan detail teknik. Evolusi perancangan biasanya meliputi pembuatan model geometrik produk, yang bisa dimanipulasi, dianalisa, dan diperhalus. Dalam CAD, komputer graphik mengubah sketsa dan gambar teknik tradisional memvisualisasi produk dan mengkomunikasikan rancangan informasi hasil pemikiran seorang designer [7].

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa pemegang peranan penting dalam produksi minyak (fuel) adalah proses pirolisis, dengan rancangan reaktor pirolisis dan komponen pendukungnya yang sesuai. Desain pada rangkaian alat menjadi variabel, apakah kuantitas minyak (fuel) yang dihasilkan dapat lebih banyak dengan kualitas yang sesuai dengan standar. Oleh karena itu perancangan alat secara mendetail menjadi penting untuk dilakukan. Proses perancangan ini dilakukan dengan software Fusion 360 sebelum dilakukan proses fabrikasi. Fusion 360 adalah software sangat ideal untuk pekerjaan desain teknis dimana rancangan dan simulasi bisa dilakukan dengan mudah tanpa khawatir akan terjadi kesalahan, sehingga didapatkan hasil yang optimal dari proses pirolisis baik secara kuantitas dan kualitas.

## 2. Metode

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan metode morfologi perancangan. Gambar 1 adalah diagram alir tahapan perancangan. Proses desain dan manufaktur dilakukan di Laboratorium Desain/Komputer dan Bengkel Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Pekalongan.

### Tahap Desain Proses

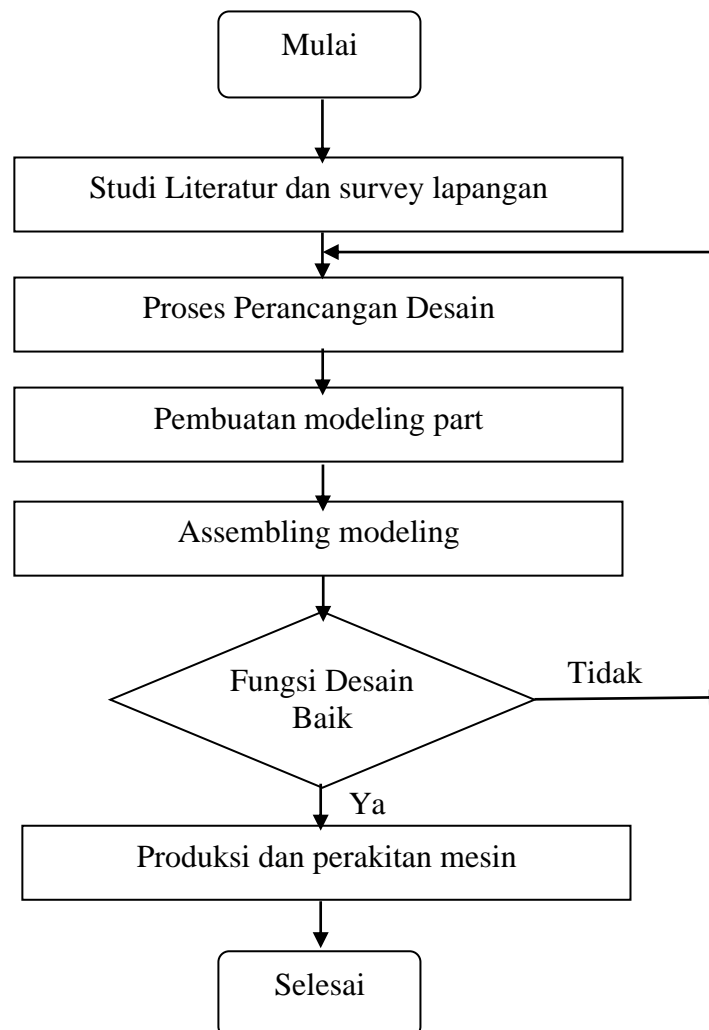
Pada tahapan ini dipastikan bahwa proses yang akan dilakukan adalah proses pirolisis disertai dengan proses kondensasi. Selain itu, penentuan bahan baku berupa sampah plastik polypropylene dengan memvariasikan temperatur dan waktu proses.

### Tahap Perancangan Desain

Perancangan unit reaktor yang dilakukan dengan menggunakan software Fusion360, masing-masing dari setiap komponen utama dibuat dalam bentuk komponen terpisah untuk

mempermudah pengerjaan. Setiap proses perancangan diawali dengan membuat sketsa 2D. Kemudian dengan menggunakan fitur Solid, sketsa 2D

tersebut diubah menjadi 3D. Setelah itu dilakukan proses perakitan setiap komponen berdasarkan posisi dan fungsinya masing-masing.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

### Tahap Pengujian Mesin

Tahapan pengujian dilakukan dengan proses produksi minyak dengan memanaskan bahan baku sampah plastik polypropylene di dalam mesin/reaktor. Produk yang dihasilkan diamati kuantitas dan kualitasnya. Dilakukan pengukuran angka cetane produk minyak yang dihasilkan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Perancangan Reaktor Pemanasan

Plastik jenis Polypropylene (PP) yang diubah menjadi minyak akan terbentuk di dalam reaktor batch pada suhu 200-450°C. Berdasarkan kenaikan suhu diperoleh semakin tinggi suhu maka semakin banyak minyak yang terbentuk [6]. Dalam proses konversi plastik menjadi minyak dengan metode pirolisis dilakukan pada suhu 350°C – 900°C. Oleh karena itu, diperlukan material dinding reaktor yang tahan terhadap panas. Adapun identifikasi yang diperlukan adalah sebagaimana pada tabel.2

Tabel 2. Identifikasi Kebutuhan Reaktor Pirolisis

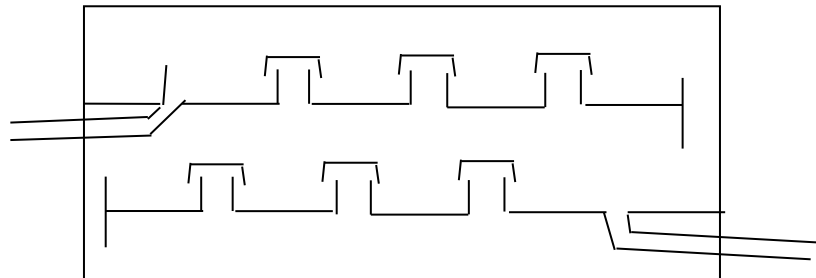
No	Interpretasi Kebutuhan berdasarkan literatur
1	Reaktor dapat menahan panas 200 - 500 °C
2	Reaktor dapat memberikan informasi temperatur yang terjadi
3	Reaktor dapat memberikan informasi tekanan yang terjadi
4	Reaktor memiliki saluran yang dapat mengalirkan uap panas
5	Reaktor memiliki kondensor yang dapat mendinginkan uap

### 3.

#### 2 Hasil Proses Perancangan

Desain reaktor diawali dengan penentuan diameter kotak persegi tunggal dengan berbagai tingkatan level panas didalamnya untuk kemudian dilakukan extrude dengan ketinggian 600 mm dan

menggunakan fitur Shell sebesar 30 mm pada bidang atas untuk menentukan ketebalan dari dinding reaktor, seperti yang disajikan pada Gambar 2. Perhitungan dimensi reaktor disesuaikan berdasarkan dari kebutuhan bahan.



Gambar 2. Distillator bertingkat

### 3.3 Matrik Morfologi

Menentukan matriks kebutuhan yang diperlukan dalam proses manufaktur. Dapat dilihat pada gambar 3.

	Tangki besi	Temp Gauge	Press Gauge	Saluran pipa	Kondenser
menahan panas 200 - 500 °C	●			●	
memberikan informasi temperatur		●			
memberikan informasi tekanan			●		
memiliki saluran				●	
memiliki kondensor					●

Gambar 3. Matrik Morfologi

### 3.4 Pembahasan

Tabung Reaktor ini menggunakan bahan plate dan pipa stainless 3 dim dengan ketebalan 10 mm. Dalam pengoperasiannya tabung reaktor ini aman digunakan pada suhu tinggi karena material tabung reaktor yang tebal dan kuat. Kapasitas dari reaktor bisa menampung sampah gelas air mineral maksimum 4 kg plastik pp. Di tabung reaktor ini dipasang pressure gauge untuk memantau tekanan yang terjadi dan digunakan juga thermocouple thermometer untuk mengamati perubahan suhu pembakaran. Sumber panas diperoleh dengan pembakaran LPG. Dalam reaktor terjadi proses pisolisis pada kisaran suhu 200°C dan 350°C untuk mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar setara bensin, solar, minyak tanah dan tiner.

### 4. Kesimpulan

Reaktor pirolisis tabung tunggal destilasi bertingkat memiliki efisiensi waktu yang lebih baik dengan pemisahan jenis bahan bakar minyak dihasilkan sama dan kualitas baik. Hal ini ditandai dengan

tercapainya tujuan penelitian, yaitu adanya peningkatan kuantitas bahan bakar dan juga kualitas bahan bakar yang dihasilkan memenuhi standar yang ada bahkan memiliki angka cetane lebih tinggi dari yang ada di pasar. Dari data-data yang dihasilkan angka cetane terbaik adalah 64,1 dihasilkan dari waktu proses 5 jam di Temperatur 200 °C. Sedangkan untuk angka cetane yang menunjukkan kualitas pembakaran relatif pada umumnya bahan bakar diesel adalah dari 0 sampai 100. Untuk standarnya bahan bakar Solar adalah 48 Pertamina dex adalah 53.

### Ucapan Terima Kasih (jika ada)

Kami mengucapkan terima kasih banyak kepada institusi-institusi terkait serta semua pihak yang terlibat sehingga syukur Alhamdulillah artikel ini bisa diselesaikan dengan baik, dan tak lupa kami ucapkan terima kasih juga kepada LPPM dan Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan (UMPP) atas fasilitas yang telah diberikan.

**Referensi**

- [1] Azharman Z, Meldra D, Mardiansyah Y dan Damanik YM, "Usulan Perancangan Reaktor Pirolisis pengubah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak" *Journal SNISTEK. Vol.2, September 2019.*
- [2] Kuncoro A, Ma'muri dan Wisnugroho S, "Desain Sistem Pirolisis Untuk Pengolahan Sampah Plastik di Perairan Wakatobi" *Prosiding SNST. Volume 10, December 2019.*
- [3] Nofendri Y, dan Haryanto A, "Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar," *Jurnal Kajian Teknik Mesin Vol.6 No.1. Februari 2021.*
- [4] Jack C.A. Pah, Domingus G.H.A., dan Emanuel D.F., "Desain Alat Pirolisis Reaktor Tunggal Untuk Daur Ulang Sampah Plastik," *Jurnal Lontar Undana Vol.10 No.2, Oktober 2023.*
- [5] T Towijaya, K Anam., dan W.D Lestari, "Identification of Cetane Number in Solar Fuel from Pyrolysis of Plastic Waste," *Jurnal BIOMEJ Vol.2. No.1, Mei 2022*
- [6] M R Rizak, K Anam, T Towijaya, "Perbandingan Bahan Bakar Minyak Hasil Dari Pengolahan Sampah Plastik Pp Dan Pe Berbasis Metode Pirolisis," *Jurnal SURYA TEKNIKA Vol.6 No.1, April 2022*
- [7] Dewi H.U.N, "Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]," *Jurnal Teknologi Informasi Vol.10. No.3, September 2005*