

Rancang Bangun Alat Pengolahan Limbah Plastik (Pirolisis) Menjadi Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Metode *Dfma* (*Design For Manufacture And Assembly*)

Wahyu Ardiyansyah^{a,*}, Saiful Anwar^b, Yose Rizal^c

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian

INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Tersedia Online Oktober 2021

ABSTRAK

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan hidup yang dihadapi oleh masyarakat, pada penelitian ini limbah plastik dapat di urai dengan mengkonversi limbah plastik menjadi menjadi bahan bakar minyak (BBM) melalui proses pirolisis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan rancang bangun alat pirolisis pengolahan limbah plastik, yang terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap persiapan berupa studi literatur dan membuat daftar bahan dan peralatan yang dibutuhkan, menentukan kriteria perancangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode *DFMA* (*Design For Manufacture and Assembly*) yang dimana dalam metode ini dibagi menjadi dua bagian yaitu *DFM* (*Design For Manufacture*) dan *DFA* (*Design For Assembly*). Perancangan dan pembuatan berdasarkan metode *DFMA* serta pengujian berdasarkan metode eksperimental. Hasil penelitian ini diperoleh suatu alat pirolisis dengan kapasitas alat 4 kg/siklus, dengan ukuran yaitu panjang : 150 cm, Lebar : 50 cm, Tinggi : 73 cm. Komponen alat pirolisis terdiri dari ; Tungku Pembakaran, Tabung Destilator, dan Tabung Kondensor. Kemudian dilakukan uji fungsional dari alat pirolisis, hasil pengolahan yaitu 0,8 liter, bahan bakar dari 1 kg limbah plastik jenis PP.

Kata kunci : bahan bakar; limbah plastik; metode *DFMA*; pirolisis.

E – MAIL

*Corresponding Author:

wahyuardiyansyah282@gmail.com

^bsafula160@gmail.com

^cyose_pury@yahoo.com

ABSTRACT

Plastic waste is one of the environmental problems faced by the community, in this study plastic waste can be decomposed by converting plastic waste into fuel oil (BBM) through the pyrolysis process. The purpose of this research is to produce a design for a pyrolysis tool for processing plastic waste, which consists of several stages, namely the preparation stage in the form of literature studies and making a list of materials and equipment needed, determining design criteria The method used in this research is the DFMA (Design For Manufacture and Assembly) method which is divided into two parts, namely DFM (Design For Manufacture) and DFA (Design For Assembly). Design and manufacture based on the DFMA method and testing based on experimental methods. The results of this study obtained a pyrolysis device with a tool capacity of 4 kg/cycle, with sizes: length: 150 cm, width: 50 cm, height: 73 cm. The components of the pyrolysis apparatus consist of; Combustion Furnaces, Distillator Tubes, and Condenser Tubes. Then a functional test of the pyrolysis equipment was carried out, the processing results were 0.8 liters, fuel from 1 kg of PP plastic waste.

Keywords: fuel; plastic waste; *DFMA* method; pyrolysis.

I. PENDAHULUAN

Plastik merupakan kebutuhan dalam kehidupan manusia sehari-hari, salah satunya digunakan

sebagai tempat pengemasan makanan dan minuman, karena plastik praktis, bersih, dan lebih mudah untuk memenuhi kebutuhan manusia [1].

Peningkatan penggunaan plastik merupakan hasil dari teknologi industri dan perkembangan penduduk [2].

Sebagaimana Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Ibu Siti Nurbaya mengatakan di Indonesia sampah plastik sebesar 67,8 juta ton. Seperti penetapan target pengurangan dan penanganan sampah yaitu 30% pengurangan sampah dan 70% penanganan sampah serta pelarangan beberapa jenis plastik sekali pakai seperti kantong belanja, kantong kresek, sedotan plastik, dan jenis plastik lainnya [3]. Salah satu alternatif memanfaatkan limbah plastik pada bidang Teknik Mesin adalah dengan mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Pemanfaatan tersebut selain menjadi bahan bakar minyak (BBM) alternatif, juga dapat mengurangi dampak negatif dari pencemaran akibat limbah plastik [4].

Proses pirolisis dilakukan pada temperatur 250-500 °C dan menghasilkan arang/abu, minyak dan gas. Selain dapat mengurangi limbah plastik maka kita juga bisa ikut menghemat persediaan minyak bumi di alam [5], namun BBM tersebut perlu dimurnikan terlebih dahulu [6].

1.1 Kerangka Penelitian

Dalam kajian terdahulu [7], [6] dan [8] tentang pengolahan plastik *PET* masing-masing menggunakan 1 tabung kondensor dan 2 tabung kondensor serta media pendingin air. Dalam penelitian ini menggunakan bahan plastik *PP* dengan menggunakan 3 kondensor dan tanpa media pendingin.

Peneliti [9], tentang rancang bangun mesin destilator menggunakan metode Ulrich dengan pembuatan daftar kebutuhan produk, kriteria seleksi, pembuatan konsep desain, pemilihan konsep. menggunakan material utama *stainless steel 304*. Dalam penelitian ini menggunakan metode *DFMA* dengan menentukan bahan, fungsi dan bentuk.

Penelitian [10], rancang bangun alat pengolah limbah plastik dengan kondensor *Vertical*. Dalam penelitian ini menggunakan kondensor *Horizontal*.

Penelitian [11], tentang pembuatan reaktor menggunakan metode *DFMA*, bahan besi *UNP 75* × 40 × 5 mm, besi siku 25 × 25 × 3. Dalam penelitian ini menggunakan bahan besi *Hollow 20x40x 2 mm* dan ukuran rangka 150x50x73 cm.

Rancang bangun alat pengkonversi sampah plastik menggunakan plastik *HDPE* [12], [8] plastik *PET* dan [13] menggunakan plastik *LDPE*, dengan pemanas Induksi dan *cooling fan* sebagai media pendingin kondensor. Dalam penelitian ini menggunakan plastik *PP* dan pemanas kompor LPG.

1.2 Pirolisis

Pirolisis merupakan dekomposisi termokimia bahan organik dengan proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reaksi kimia lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia. 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 [14].

1.3 Komponen Utama Alat Pirolisis

1. Rangka Mesin
2. Tungku Pembakaran
3. Tabung Destilator
4. Pipa *Filler*
5. Kondensor
6. Pipa *Output*
7. Kran
8. Kedudukan gelas ukur
9. Penutup tabung destilator
10. Roda

1.4 Metode *Design For Manufacture And Assembly*

Metode *DFMA* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi rancangan produk dengan mempertimbangkan kemudahan dalam proses manufaktur dan proses perakitan

II. MATERIAL DAN METODE

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan perancangan, pembuatan dan pengujian. Perancangan dan pembuatan berdasarkan metode *DFMA* serta pengujian berdasarkan metode eksperimental.

2.1 Alat dan Bahan

Mempersiapkan alat – alat yang digunakan pada proses manufaktur seperti :

- mesin gerinda potong
- mesin bor
- mesin las SMAW

Mempersiapkan bahan yang digunakan seperti :

- Besi hollow 20x40x2mm
- Plat besi 120x240x1,4 mm
- Pipa galvanis 3 inch x 2 mm
- Tabung freon R 22
- Tabung LPG 12 kg.

2.2 Kriteria Perancangan

Tabel 1. Daftar spesifikasi *Demand and Wishes*

No	Tuntutan perancangan	Persyaratan	Tingkat kebutuhan
1	Energi	Menggunakan biomassa Menggunakan gas Lpg	W
2	Material	Material yang digunakan ringan dan kuat. Mudah didapatkan di pasaran.	D
3	Rangka	Mampu menopang beban Tidak terlalu besar	D
4	Operasi	Sesuai dengan kebutuhan Tidak bising Mudah di operasikan	D
5	Kemanan	Konstruksi harus kokoh Bagian yang berbahaya di tutup	D
6	Produksi	Dapat di operasikan di skala lab Peralatan yang murah dan mudah di dapat	D
7	Perawatan	Perawatan mudah di lakukan Penggunaan komponen yang dapat diperbaiki atau diganti	D
8	Transportasi	Mudah di pindahkan Tidak perlu alat khusus untuk memindahkan	D
9	Perakitan	Waktu pemasangan dan pembongkaran harus singkat. Bongkar, pasang komponen harus mudah dan sederhana.	W
10	Biaya	Biaya pembuatan dan perakitan murah. Penggunaan suku cadang yang murah	W
11	Lingkungan	Tidak menimbulkan polusi	W

Keterangan Tabel 1:

1. Permintaan (*Demands*) disingkat D, yaitu syarat mutlak yang harus dimiliki alat/mesin.
2. Keinginan (*Wishes*) disingkat W, yaitu syarat yang masih bisa dipertimbangkan keberadaannya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Konsep

1. Abstraksi

Dari hasil analisis daftar kebutuhan diatas dihasilkan langkah-langkah abstraksi dalam penentuan perancangan yaitu:

- a. langkah abstraksi 1 dan 2

Mengabaikan keinginan pribadi atau kehendak (*wishes*), yang tidak berpengaruh langsung pada fungsi dan kendala-kendala yang penting pada perancangan konsep alat destilasi pengolah limbah plastik.

b. langkah abstraksi 3

- Pengoperasiannya mudah.
- Ukurannya sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan.
- Aman dan nyaman dalam pengoperasiannya.

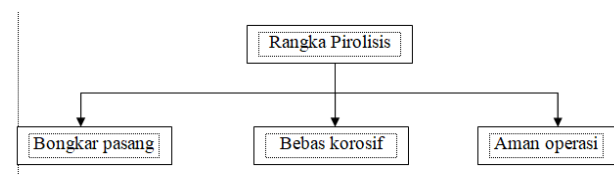
c. langkah abstraksi 4

- Konsep rangka yaitu sebagai penguat konstruksi alat pirolisis.

2. Menentukan Fungsi dan Strukturnya

Setelah masalah utama diketahui, kemudian dibuat struktur fungsi secara keseluruhan dengan menggunakan diagram blok seperti berikut:

a. Struktur Fungsi dan Strukturnya



Gambar 1. Kriteria Perancangan Rangka

b. Pemilihan Bahan Masing-masing Komponen

Tabel 2. Pembobotan Varian (V1)

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 1		
				H	M	BM
1	Sambungan	0,16	Bentuk	Baik	4	0,64
2	Mudah	0,12	Bentuk	Baik	4	0,48
3	Simpel	0,12	Bentuk	Cukup	3	0,36
4	Bahan anti karat	0,18	material	Sangat Baik	5	0,9
5	Mengecat	0,15	material	Cukup	3	0,45
6	Ringan	0,12	material	Sangat Baik	5	0,6
7	Bebas getaran	0,09	Bentuk	Cukup	3	0,27
8	Skala lab	0,06	Bentuk	Cukup	3	0,18
Jumlah		1		Jumlah		3,88

Keterangan :

M = Poin

B = Bobot

H = Arti atau Hasil

BM = Perkalian bobot dengan poin

Tabel 3. skala nilai *guide line*

Skala nilai	
Point	Arti
1	Tidak memuaskan
2	Dapat ditolerir
3	Cukup
4	Baik

5 Sangat baik

Dari rumus dibawah ini dapat ditentukan varian yang sesuai untuk di buat: (Determining Overall Weighing Value/OWV),

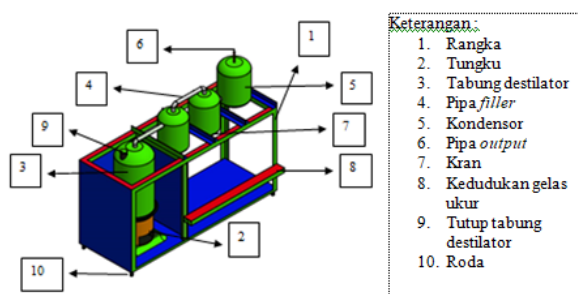
$$WRJ = \frac{OWJ}{V \max \sum_{i=1}^n Wi}$$

$$Varian 1 = WRJ = \frac{3.88}{5 \times 8} = 6,20$$

Ranking 1 : rating varian ke-1 =6,20

Maka untuk perancangan desain rangka, dipilih varian (V1) karena memiliki rating paling tinggi, skor yang paling tinggi yaitu 6,20, yang memiliki keunggulan, diantaranya:

- Bentuk sambungannya baik sehingga mudah dalam perbaikan
 - Material bahan anti karat sangat baik
 - Material ringan sangat baik untuk di operasi
- Design alat pirolisis yang di pilih dari kombinasi prinsip solusi :
- Varian 1



Gambar 2. Sket Varian Yang Dipilih (V1)

Untuk menentukan kriteria produk dapat dilihat dari:

1. Bongkar pasang
2. Bebas korosif
3. Aman operasi

3.2 Langkah perakitan

Tahapan perakitannya adalah sebagai berikut:

- Merakit bagian rangka
- Mengunci baut kedudukan kondensor
- Meletakkan tungku pada ruang pembakaran.
- Tabung destilator dihubungkan pertama kali dengan pipa filler.
- Setelah perakitan bagian tabung destilator dan pipa filler selesai, kemudian menghubungkan kondensor 1, kondensor 2, dan kondensor 3.
- Kemudian Memasukkan destilator dan kondensor ke dalam ruang pembakaran secara

bersamaan melalui titik bagian atas pada ruang bakar.

- Dan langkah terakhir dari perakitan alat ini adalah memasang kran saluran minyak pada bagian bawah kondensor, kran ini berfungsi sebagai tempat penyalur minyak yang dihasilkan nantinya.

3.3 Pembahasan

a. kriteria Konsep Perancangan DFMA

1. Kriteria pemilihan bahan

- Bahan bebas korosif
- Mengecat untuk mengurangi laju korosi

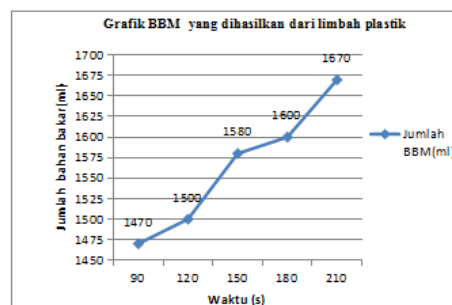
2. Kriteria pemilihan bentuk

- Memiliki sambungan agar mudah bongkar pasang dan perbaikan
- Mudah di rakit *knock down*
- Simple untuk di operasikan

3. Kriteria perancangan fungsi dan struktur

- Fungsi dan struktur rangka yaitu sebagai penguat konstruksi alat pirolisis.
- Ringan, bebas getaran dan dibuat untuk skala lab agar mudah di operasikan.

b. Pengujian Alat Pirolisis



Gambar 3. Pengujian Alat Pirolisis

Hasil pengolahan limbah plastik dengan lama waktu pemanasan (menit) dan jumlah BBM yang dihasilkan (ml). Lama waktu pemanasan yang digunakan 90 menit, 120 menit , 150 menit, 180 menit dan 210 menit. Jumlah BBM yang dihasilkan berkisar dari 1470 ml sampai 1670 ml. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan semakin banyak jumlah BBM yang dihasilkan, hal tersebut karena semua cacahan plastik pp terbakar dengan sempurna. Waktu dan temperature sangat berpengaruh terhadap banyak dan sedikitnya BBM yang dihasilkan hal ini disebabkan semakin tinggi suhu dan lama waktu pembakaran didalam tabung destilator, maka minyak yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini sejalan dengan penelitian [18]

tentang produksi pirolisis menggunakan variasi pendingin.

IV. KESIMPULAN

1. Ukuran geometris alat pengolahan pirolisis adalah 150 cm x 50 cm x 73 cm.
2. Kapasitas alat pengolahan pirolisis mampu mengolah plastik PP sebanyak 4 kg/siklus dan hasil pengolahan berupa BBM diperoleh 0,8 liter/kg plastik PP.
3. Komponen utama yaitu rangka, tungku, tabung destilator, tabung kondensor dan pipa filler.
4. Hasil perancangan alat pirolisis ini menjadi lebih mudah dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat untuk setiap komponen. Untuk efisiensi perakitan dari alat pirolisis 48,88% dengan 10 komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Darni and H. Utami, "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–1, 2009.
- [2] H. Arifan, "Pengelolaan Sampah Pasar Kuraitaji Kecamatan Pariaman Selatan Kota Pariaman," *Ilmu Lingkung.*, vol. 12, no. 8, pp. 61–68, 2018.
- [3] A. Azzahra, "Menteri LHK: Timbunan Sampah di Indonesia Tahun 2020 Capai 67,8 Juta Ton". <https://news.detik.com>, [Diakses 2 Januari 2021 jam 21.00 WIB].
- [4] 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.
- [5] A. Arwizet, "Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 75–88, 2017, doi: 10.24036/invotek.v17i2.34.
- [6] L. O. Firman, S. Harahap, and Suyono, "Rancang Bangun Destilator Untuk Mengolah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak," *TEKNOBIZ*, vol. 7, no. 1, pp. 35–44, 2019.
- [7] A. Mokhtar and A. Rahmandika, "Rancang Bangun Tungku Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Bangun," pp. 21–26, 2019.
- [8] R. I. O. B. Saputra, A. Aziz, and S. Anwar, "Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM)," *J. Baut dan Manufaktur*, vol. 02, no. 02, pp. 57–65, 2020.
- [9] P. E. Prihatmoyo, D. Dermawan, and F. Bisono, "Rancang Bangun Mesin Destilator Pengubah Limbah Plastik Menjadi Minyak," *Preceedings Conf. Des. Manuf. Eng. Its Appl.*, vol. 2, no. 2654, pp. 105–110, 2018.
- [10] P. Pribadyo, "Rancang Bangun Alat Pengolah Limbah Plastik Berbahan Bakar Biomassa," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 167–177, 2019, doi: 10.35308/jmkn.v5i1.1623.
- [11] E. Maulana, B. N. Fajri, and D. Mahardika, "Perancangan Proses Pembuatan Reaktor Pirolisis Model Horizontal Kapasitas 75 Kg/Jam," *Pros. Semin. Nas. ...*, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/7428>.
- [12] D. Amalia Ardianti, "Rancang Bangun Alat Pengkonversi Sampah Plastik Menggunakan Metode Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak dalam Upaya Penanganan Masalah Lingkungan," *J. Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 3, no. 2, pp. 91–96, 2019, doi: 10.24198/jiif.v3i2.23152.
- [13] Z. Fanrisan Januero, Widya Dwijulianty, Frieske Asya Mahafire , M Qurais Akbar, K. A. Ridwan,, "Rancang Bangun Alat Pirolisis Dengan Pemanas Induksi Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau Dari Temperatur Terhadap Hasil Produk Yang Dihasilkan," *J. Politek. Negeri Sriwij.*, vol. 01, no. 01, pp. 77–80, 2020.
- [14] N. Hamidi, "Pyrolysis of Household Plastic Wastes," *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 417–439, 2013, doi: 10.9734/bjast/2014/198