

Jurnal PROTEMAN

Professional Technology and Manufacturing

Vol. 1 No. 1 (2025) 16 – 22 | ISSN: 3063-2773 (Media Online)

Rancang Bangun Alat Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Pirolisis

Muhammad Rizam Al Hafid¹, Daddy Budiman^{2*}, Elvis Adril³

^{1,2,3}Program Studi DIV Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

Correspondent author: daddy@pnp.ac.id

Abstract

Energy has a very important role in human life, especially in Indonesia which still relies on petroleum as the main energy source. Various petroleum products, such as LPG, gasoline, and avtur, dominate daily energy needs. However, Indonesia's petroleum reserves are expected to be depleted in a few decades, making it important to find alternative solutions. In addition, environmental problems caused by plastic waste are increasingly worrying, with Indonesia becoming one of the largest contributors to plastic waste in the world. Plastics take up to hundreds of years to decompose and often end up polluting the ocean and harming marine ecosystems. One solution that can overcome environmental problems while providing an alternative energy source is to convert plastic waste into fuel through the pyrolysis method. Plastic, which is derived from petroleum and has a high calorific value, can be reprocessed into liquid fuel. Research related to the conversion of plastic waste, especially the type of Polypropylene (PP), has been carried out with quite prospective results. In this study, a plastic waste processing tool was designed using the pyrolysis method. The tool was tested using PP plastic and quartz sand catalysts, producing a significant amount of liquid fuel at a certain temperature. Although the results obtained still need to be optimized, this technology shows great potential in overcoming the problem of plastic waste and fuel scarcity in the future.

Keywords: Pyrolysis, Plastic Waste, Alternative Fuels, Waste Treatment, Plastic to Energy Conversion

Abstrak

Energi memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia, terutama di Indonesia yang masih mengandalkan minyak bumi sebagai sumber energi utama. Berbagai produk hasil minyak bumi, seperti LPG, bensin, dan avtur, mendominasi kebutuhan energi sehari-hari. Namun, cadangan minyak bumi di Indonesia diperkirakan akan habis dalam beberapa dekade, sehingga penting untuk mencari solusi alternatif. Selain itu, masalah lingkungan yang diakibatkan oleh sampah plastik semakin mengkhawatirkan, dengan Indonesia menjadi salah satu penyumbang sampah plastik terbesar di dunia. Plastik membutuhkan waktu hingga ratusan tahun untuk terurai dan sering kali berakhir mencemari lautan serta membahayakan ekosistem laut. Salah satu solusi yang dapat mengatasi masalah lingkungan sekaligus menyediakan sumber energi alternatif adalah mengonversi sampah plastik menjadi bahan bakar melalui metode pirolisis. Plastik, yang berasal dari minyak bumi dan memiliki nilai kalor tinggi, dapat diolah kembali menjadi bahan bakar cair. Penelitian terkait konversi sampah plastik, khususnya jenis Polypropylene (PP), telah dilakukan dengan hasil yang cukup prospektif. Pada penelitian ini, dirancang sebuah alat pengolahan sampah plastik menggunakan metode pirolisis. Alat tersebut diuji dengan menggunakan plastik PP dan katalis pasir kuarsa, menghasilkan bahan bakar cair dalam jumlah yang signifikan pada suhu tertentu. Meskipun hasil yang diperoleh masih perlu dioptimalkan, teknologi ini menunjukkan potensi besar dalam mengatasi permasalahan sampah plastik dan kelangkaan bahan bakar di masa depan.

Kata kunci: Pirolisis, Sampah Plastik, Bahan Bakar Alternatif, Pengolahan Sampah, Konversi Plastik menjadi Energi

Diterima Redaksi : 09-09-2024 | Selesai Revisi : 14-01-2025 | Diterima : 14-01-2025

1. Pendahuluan

Energi memiliki peran penting dalam kehidupan manusia karena segala aktivitas manusia membutuhkan energi. Indonesia merupakan negara yang masih memanfaatkan energi minyak bumi sebagai sumber energi utama. Berbagai jenis aktivitas dalam kehidupan sehari-hari hampir selalu berkaitan dengan produk-produk yang berasal dari

minyak bumi, seperti Liquefied Petroleum Gases (LPG), bensin, aviation turbine fuel (avtur), bahan bakar diesel, minyak pelumas, aspal, kerosin, dan sebagainya. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), cadangan minyak bumi Indonesia hanya tersedia untuk 9,5 tahun dan gas bumi untuk 19,9 tahun dengan asumsi tidak ada penemuan baru cadangan minyak dan gas bumi. Selain itu, ditinjau dari

pencapaian produksi rata-rata minyak dan gas bumi dalam dua tahun terakhir menunjukkan terjadinya penurunan akibat adanya penurunan performance reservoir secara alami (natural decline) dan tidak ditemukannya cadangan besar yang dapat menggantikan cadangan yang terus diproduksi. Artinya, terdapat penurunan dari segi kuantitas minyak bumi dan dalam jangka waktu tertentu dapat habis (Kementerian ESDM, 2019) [1][2].

Minyak dan gas bumi termasuk dalam Sumber Daya Alam (SDA) tak terbarukan. Minyak dan gas bumi suatu saat dapat habis dan tidak mungkin lagi untuk diproduksi atau dibentuk ulang. Minyak dan gas bumi memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan memiliki kemampuan bekerja yang lebih efisien, namun mengandalkan SDA minyak dan gas bumi sebagai pendukung pembangunan untuk sepanjang masa jelas bukan pilihan yang tepat (Garg, et al., 2020).

Plastik menjadi bahan yang paling populer di dunia. Penggunaannya meningkat 20 kali lipat dalam 50 tahun terakhir. Meskipun permintaan terus meningkat, berdasarkan laporan World Economic Forum (WEF), hanya 5% dari plastik didaur ulang dengan efektif, sementara 40% berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah, dan sisanya berakhir di ekosistem seperti lautan. Pengelolaan sampah jika tidak mulai dilakukan sejak sekarang, maka diprediksi tahun 2050 di lautan akan lebih banyak jumlah limbah plastik daripada ikan yang hidup di dalamnya [3].

Berdasarkan data yang diperoleh dari ton di antaranya merupakan sampah plas[3]tik yang dibuang ke laut Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), terdapat fakta mengejutkan bahwa Indonesia menjadi penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia. Sampah plastik di Indonesia[4] mencapai 64 juta ton / tahun dimana 3,2 juta diantaranya merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut. Menurut sumber yang sama, kantong plastik yang dibuang ke lingkungan sebanyak 10 miliar lembar per tahun atau sebanyak 85.000 ton kantong plastik. Menurut Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Susi Pudjiastuti, sampah plastik yang masuk ke laut dapat terurai menjadi partikel-partikel kecil yang disebut microplastics dengan ukuran 0,3-5 milimeter. Hewan laut seringkali mengonsumsi microplastics ini [5].

Setelah tidak lagi dipakai, plastik kemudian dibuang. Dibutuhkan waktu sampai 400 tahun agar plastik bisa terurai dengan sendirinya karena bakteri tidak mampu mengurai zat tersebut. Lantaran membutuhkan waktu yang sangat lama inilah, plastik biasanya dimusnahkan dengan cara dibakar di tempat pembuangan akhir (TPA). Padahal, metode ini lagi-lagi menambah emisi gas rumah kaca ke atmosfer [6].

Diperkirakan ada 500 juta sampai 1 miliar kantong plastik yang digunakan oleh penduduk dunia dalam satu tahun atau sekitar 1 juta kantong plastik per menit. Untuk memenuhi ini, diperlukan sekitar 12 juta barel bahan baku minyak 3 per tahun yang diproses dengan cara pembakaran. Metode pembakaran inilah yang menghasilkan gas rumah kaca [7].

The World Economic Forum memprediksi pada 2050 jumlah sampah plastik di lautan akan lebih banyak dibandingkan ikan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat 80% sampah yang ada di lautan berasal dari daratan, termasuk plastik. Banyak hewan laut mengira bahwa sampah plastik yang terombang-ambing di lautan adalah makanan mereka. Sehingga banyak hewan, termasuk penyu dan paus mati karena memakan sampah plastik tersebut. Ikan-ikan kecil pun mengira bahwa mikroplastik-mikropasltik adalah makanan mereka. Makhluk hidup laut lain juga terkena dampak sampah plastik itu. Banyak yang terperangkap dan tercekik oleh plastik. Pengolahan daur ulang sampah plastik berkelanjutan merupakan solusi satu satunya dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan akibat sampah plastik, namun ada beberapa jenis sampah plastik yang tidak dapat di bentuk ulang karena sifat dan keadaannya (plastik kotor dan plastik thermoset), jika di daur ulang plastik tersebut akan mengalami penurunan kualitas hingga kurang menghasilkan profit yang baik [5][8]

Perlu adanya alternatif proses daur ulang yang lebih menjanjikan dan berprospek ke depan. Salah satunya mengonversi sampah plastik menjadi minyak. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, sehingga tinggal dikembalikan ke bentuk semula. Selain itu plastik juga mempunyai nilai kalor cukup tinggi, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin, minyak tanah dan solar. Beberapa penelitian seputar konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar telah dilakukan dan menunjukkan hasil yang cukup prospektif untuk dikembangkan.

Teknologi yang berkaitan dengan alat pengolahan sampah plastik juga telah dikemukakan oleh (Dias R.V Rijono, Dkk tahun 2023) telah melakukan pengujian alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan metode pirolisis. Dimana pada pengujiannya menggunakan bahan baku plastik yang berjeniskan plastik PET, LDPE dan plastik PP. Pada pengujian plastik PP dengan berat 800 gram dapat menghasilkan 300 ml bahan bakar minyak [4]. Sedangkan pengujian yang dilakukan penulis dengan menggunakan bahan bau plastik jenis PP seberat 1000 gram dapat menghasilkan 200 ml bahan bakar minyak.

Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi, dibutuhkan suatu mesin atau alat yang dapat mengolah sampah plastik menjadi sesuatu yang berguna dan ada prospek untuk ke depannya. Dimana penulis penulis berharap dengan penelitian ini dapat menyelesaikan 2 permasalahan sekaligus yaitu penumpukan sampah plastik dan perolehan kembali BBM yang sudah mulai langka. Oleh sebab itu penulis akan membahas judul “ Rancang Bangun Alat Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif Dengan Metode Pirolisis”.

2. Metode Penelitian

2.1. Proses Penelitian

Penelitian dimulai dengan menentukan variabel penelitian. Alat dirancang untuk dipakai dalam skala percobaan dan bisa mengolah berbagai macam plastik yang telah dicinncang terlebih dahulu

a. Perancangan Mekanik Alat

Tahap perancangan mesin dilakukan perhitungan terhadap mekanisme dan cara kerja alat, komponen utama, kapasitas alat, gambar assembling.

b. Pembuatan Dan Perakitan Alat

Setelah selesai perancangan langkah selanjutnya melakukan pembuatan mesin.

Adapun alat yang penulis gunakan dalam proses pembuatan alat ini sebagai berikut:

1. Mesin potong plat
2. Mesin gerinda
3. Mesin Las listrik, las gas
4. Mesin bor
5. Meteren
6. Kunci pas
7. Mistar
8. Jangkar

c. Uji Kerja Mesin

Pada tahap ini dilakukan uji kinerja mesin untuk mengetahui apakah mesin yang dibuat berhasil sesuai dengan yang dirancang. Uji coba kemampuan mesin bertujuan untuk mengetahui jumlah bahan bakar minyak yang mampu diproduksi mesin dalam rentang waktu tertentu dan suhu tertentu. Apabila mesin ada kendala atau mesin tidak bekerja dengan semestinya maka lakukan perbaikan pada perancangan dan pembuatan agar mesin sesuai dengan yang dirancang [9].

d. Pembuatan laporan dan artikel publikasi.

Sesudah alat selesai di uji, selanjutnya data akan diolah untuk dianalisa [10]. selanjutnya akan dibuat laporan akhir penelitian dan akan dipublikasikan di Jurnal Nasional.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Suhu, Tekanan Dan Waktu

Pada proses pirolisis, suhu merupakan faktor kunci yang mempengaruhi laju reaksi dan jenis produk yang dihasilkan. Dalam percobaan ini, suhu diatur pada rentang 75° c hingga 180° c untuk memastikan terjadinya dekomposisi termal plastik menjadi produk yang diinginkan, seperti minyak pirolisis, gas dan residu padat. Selanjutnya faktor yang juga mempengaruhi proses pirolisis yaitu tekanan. Tekanan dalam proses pirolisi biasanya dilakukan pada kondisi atmosferik atau tekanan rendah. Selain itu waktu pirolisis juga sangat berpengaruh terhadap proses pirolisis. Dalam percobaan ini, waktu tinggal plastik dalam reaktor pirolisis diatur antara 1- 4 jam. Pengaturan waktu ini dilakukan untuk mengoptimalkan konversi sampah plastik menjadi produk yang bernilai, seperti minyak pirolisis.

3.2 Hasil Pengambilan Data

Jenis plastik yang diuji pada percobaan ini yaitu plastik jenis polypropilane (PP). sebelum dilakukan percobaan, sampah plastik dan katalis (pasir kuarsa) di timbang terlebih dahulu dengan massa yang telah ditentukan dapat dilihat pada gambar 1.dan gambar 2.



Gambar 1. Bahan Baku Plastik



Gambar 2. Pasir Kuarsa

Setelah menimbang massa sampah plastik dan pasir kuarsa, dilakukan pengujian. Berikut data hasil percobaan alat pengolahan sampah plastik yaitu :

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data

Jenis plastik	Berat plastik	Temperatu ° C	Waktu	Hasil uji (ml)
		50	30	0
		85	60	0
		100	90	20
Polypropylene (PP)	1 kg	115	120	30
		130	150	30

150	180	40
170	210	80
170	240	0

Hasil minyak 200 ml
 pirolisis

Pengujian dan penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 Agustus 2024, yang berlokasi perumahan Unand Blok B. dari tabel 1 yang berisi hasil pengujian pirolisis plastik jenis polypropylene (pp) dengan berat 1 kg. proses ini dilakukan dengan memvariasikan suhu reaktor dan mencatat jumlah minyak yang dihasilkan pada interval waktu tertentu. Berikut adalah penjelasan dari tabel tersebut :

a. Variasi suhu dan waktu

1. Pengujian dimulai dengan suhu reaktor 50° C selama 30 menit, dimana tidak ada minyak yang dihasilkan.
2. Suhu reaktor kemudian dinaikin secara bertahap setiap 30 menit, dengan hasil minyak pirolisis mulai teramati pada suhu 100° C selama 90 menit, menghasilkan 20 ml minyak.
3. Pada suhu 115° C dan waktu 120 menit, 30 ml minyak pirolisis dihasilkan. Jumlah ini tetap sama pada suhu 130° C selama 150 menit.
4. Pada suhu 150° C selama 180 menit, 40 ml minyak dihasilkan.
5. Peningkatan terbesar dalam hasil minyak terjadi pada suhu 170° C selama 210 menit, dengan hasil 80 ml minyak.
6. Namun, pada suhu 170° C selama 240 menit, tidak ada minyak yang dihasilkan.

b. Hasil total minyak pirolisis

Secara keseluruhan, total minyak yang dihasilkan dari seluruh proses adalah 200 ml.

Analisis dari hasil tabel diatas yaitu :

1. Hasil menunjukan bahwa minyak mulai terbentuk ketika suhu reaktor mencapai 100° C, dan jumlahnya meningkat secara bertahap dengan meningkatnya suhu dan waktu. Namun pada suhu ini minyak masih tercampur dengan tar hasil pembakaran.
2. Puncak produksi minyak terjadi pada suhu 170° C setelah 210 menit, namun pada interval waktu berikutnya 240 menit, meskipun suhu tetap pada 170° C, tidak ada minyak yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena habisnya bahan baku yang dapat diuraikan pada suhu tersebut atau kondisi proses yang tidak lagi optimal.
3. Dengan total hasil 200 ml, ini menunjukan bahwa ada titik optimal dalam suhu dan waktu untuk memaksimalkan produksi minyak dari pirolisis plastik polypropilene (PP).

Setelah melakukan percobaan mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar dengan proses pirolisis dari jenis plastik Polypropilane (PP) dengan massa 1300 gr, pengamatan juga dilakukan dengan mencatat kenaikan suhu pemanasan setiap 15 menit. Proses pirolisis ini berakhri ditandai dengan kran pada pipa

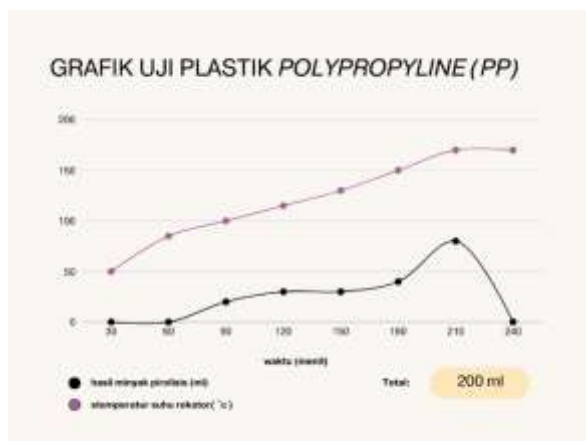
kondensor tidak mengeluarkan cairan minyak, maka didapatkan hasil tabel 2 :

Tabel 2. Proses pirolisi jenis Polypropylene (PP)

No	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Keterangan
1	0	35	-
2	15	45	-
3	30	50	Keluar asap
4	45	75	Keluar asap
5	60	85	-
6	75	90	-
7	90	100	Keluar tetesan minyak
8	105	105	Keluar tetesan minyak
9	120	120	Keluar tetesan minyak agak cepat
10	135	125	Keluar tetesan minyak agak cepat
11	150	130	Keluar tetesan minyak
12	165	145	Keluar tetesan minyak
13	180	150	Keluar tetesan minyak agak cepat
14	195	160	Keluar tetesan minyak agak cepat
15	210	170	Keluar tetesan minyak agak cepat
16	225	165	Tetes minyak jarang keluar
17	240	170	Tetes minyak sudah tidak keluar
HASIL CAIRANN MINYAK	200 ML		

Dari tabel 2 dapat dijelaskan pada menit ke -30 mengeluarkan asap dengan temperatur 50 selama 45 menit. Saat menit ke -60 sampai 75 menit pipa kran kondensor tidak mengeluarkan asap lagi, berselang 15 menit kemudian pipa kran mengeluarkan tetesan minyak pada menit ke -90 dengan temperatur 100° C, tetesan minyak keluar agak cepat dengan menit 120 sampai 135 dengan temperatur 120° C sampai 125° C, berselang 15 menit tetesan tetesan minyak kembali normal pada menit ke- 165 dengan temperatur 145° C, selang 15 menit tetesan minyak agak cepat dengan menit 180 sampai 210 dengan temperatur 150° C hingga 170° C, berselang 15 menit kemudian tetesan minyak jarang keluar pada menit 225 dengan temperatur 165° C tetesan minyak jarang keluar, kemudian tetesan minyak sudah tidak keluar lagi pada menit ke 240 dengan temperatur 170° C. hasil cairan minyak dari proses pirolisi dapat dilihat pada tabel 4.1 di atas.

3.3 Grafik Pengujian



Gambar 1. Grafik hasil percobaan

Dari grafik diatas dapat dilihat hasil uji plastik polypropylene (pp) dalam proses pirolisis. Grafik ini terdiri dari dua garis, yaitu :

- Garis ungu (temperatur suhu reaktor dalam °C) :
 Garis ini menunjukkan suhu reaktor selama proses pirolisis berlangsung. Terlihat bahwa suhu reaktor terus meningkat secara bertahap seiring dengan berjalannya waktu dari 30 menit hingga 240 menit. Suhu reaktor naik secara konsisten dari 50 °C pada awal hingga mendekati 200 °C pada waktu 240 menit. Peningkatan suhu ini mencerminkan proses pemanasan yang berkesinambungan selama pengujian.
- Garis hitam (hasil minyak pirolisis dalam ml) :
 Garis ini menunjukkan jumlah minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis pada waktu-waktu tertentu. Jumlah minyak pirolisis mengalami fluktuasi, dimulai dari titik rendah pada 30 menit, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak pada 210 menit, sebelum akhirnya menurun dimenit 240 karena bahan baku habis. Total minyak pirolisis yang dihasilkan tercatat sebesar 200 ml.

Dapat disimpulkan, grafik diatas menggambarkan hubungan antara suhu reaktor dan hasil minyak pirolisis dari plastik polypropylene (pp) selama periode 240 menit. Peningkatan suhu reaktor sangat berpengaruh terhadap minyak yang dihasilkan, meskipun pada akhirnya ada titik dimana hasil minyak mulai menurun meskipun suhu tetap tinggi dikarenakan bahan baku yang habis.

3.4 Hubungan dengan penelitian terdahulu

Pada perancangan dan pembuatan alat pengolahan sampah plastik yan penulis buat, berdasarkan pada referensi pada penelitian di tinjauan pustaka yan penulis buat. Untuk desain rancangan, peneluis berefensi pada literatur penelitian Dias. R.V Rijono (2023), dengan judul Rancang Bangun Tabung Pirolisis Pada alat pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Dengan pertimbangan desain

mudah untuk dilakukan pembuatanya, dan tidak memerlukan bahan yang banyak. Namun tentu saja ada perbedaan pada alat yang penulis rancang. Adapun beberapa perbedaan tersebut yaitu :

- Perbedaan pada dimensi alat dan desain pada reaktor, dimana pada penelitian dimensi alat dengan tinggi 3600 mm dan diameter 2400 mm. dengan kapasitas 16 liter. Sedangkan penulis memeiliki dimensi alat dengan tinggi 7500 mm dan diameter 3000 mm dengan kapasitas 52 liter. Serta penulis memiliki desain reaktor yang berbeda dengan yang ada dalam penelitian tersebut.
- Pada pengujian plastik jenis Polyptopylene (PP) penelitian melakukan pengujian Seberat 800 gram dengan hasil 390 ml bahan bakar. Dengan suhu tertinggi 282 °C dan tepat pada suhu 169 °C bahan bakar mulai keluar. Lalu pengujian plastik PET dengan bobot bahan baku sebesar 1000 gram dengan hasil suhu tertinggi 224 °C dan tepat pada suhu 180 °C cairan mulai keluar Sebesar 100 ml. Sedangkan jenis plastik LDPE yang berbobot 1000 gram dengan suhu tertinggi sebesar 230 °C dan saat suhu 100 °C cairan sudah keluar sebanyak 200 ml.

Sedangkan penulis melakukan pengujian plastik jenis Polypropylene (PP) dengan berat 1.300 gram menggunakan katalis pasir kuarsa seberat 1000 gram yang menghasilkan 200 ml bahan bakar alternatif . pada suhu 100°C cairan sudah mulai menetes dan suhu tertinggi 170 °C mengeluarkan cairan dengan berat 80 ml dan tepat pada suhu 170 °C tepat pada 240 menit pengujian cairan tidak keluar lagi dikarenakan bahan baku habis.

3.5 Rencana Anggaran Belanja (RAB)

Rencana anggaran biaya atau RAB adalah suatu perhitungan estimasi terkait berapa banyak biaya yang diperlukan untuk bahan baku, upah dan anggaran tambahan lainnya dalam membuat alat atau proyek tertentu. Berikut merupakan rincian biaya untuk membuat alat pengolahan sampah plastik ini yaitu :

3.5.1 Rincian biaya habis pakai

Anggaran biaya untuk membuat alat pengolahan sampah plastik ini meliputi biaya habis pakai, peralatan dan biaya transportasi untuk pembelian bahan. Sementara beberapa peralatan mesin yang digunakan penulis piinjam di bengkel saudara penulis yang memilikinya. Berikut merupakan semua anggara biaya dalam membuat alat sandblasting ini dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rincian biaya komponen standar dan habis pakai

N o	Nama Komponen	Jumla h	Satua n	Harga satuan (Rp)	Harga total (Rp)
1	Besi hollow 30 x 30 x 1,8 mm	2	Batang	150.00 0	300.000

2	Besi plat 2 mm	1/2	Lembar	600.000	300.000
3	Tabung bekas 3 mm	30	kg	18.000	540.000
4	Pipa besi 1 inch	1	Batang	150.000	150.000
5	Dot drat dalam 3 inch	1	pcs	50.000	50.000
6.	Tabung bekas 2 mm	3	Kg	18.000	54.000
7	Pipa tembaga 3/8 inch	1,5	Meter	300.000	300.000
8	Double nepel 1-1/2	2	Pcs	20.000	40.000
9	Mur pipa tembaga	2	Pcs	20.000	40.000
10	Pipa galvanis 1/2 inch	1/2	Batang	90.000	45.000
11	Plat	1	Meter	50.000	50.000
12	Thermometer	1	Pcs	250.000	250.000
13	Pressuare gauge	1	Pcs	50.000	50.000
14	Dempul	1	Pcs	35.000	35.000
15	Mata gerinda potong	6	Pcs	5.000	30.000
16	Kawat las	1	Kg	27.000	27.000
17	Tapak karet	4	Pcs	3.000	12.000
18	Kran air	1	Pcs	20.000	20.000
19	Kran stop	1	Pcs	25.000	25.000
Jumlah					Rp. 2.318.000
					0

Jadi rincian biaya habis pakai dalam pembuatan alat pengolahan sampah plastik ini yaitu Rp. 2.318.000.

3.5.2 Rincian biaya listrik

Biaya listrik adalah kategori biaya overhead yang tidak berkaitan langsung dengan proses produksi, dengan demikian tidak masuk kedalam biaya bahan baku dan tenaga kerja langsung. Data pemakaian listrik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data Pemakaian Listrik

Jenis mesin	Daya (kW)	Lama Pemakaian (jam)	Total Daya (kWh)
Mesin las	0,9	12	10,8
Mesin bor	0,35	3	1,05
Mesin gerinda	0,6	12	10,8
JUMLAH	22,65		

Diketahui 1 kWh yaitu Rp. 1.444,7. Biaya listrik dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

Biaya listrik = total daya x harga 1 kWh listrik

Biaya listrik = 22,65 x Rp 1.444,7

Biaya listrik = Rp. 32.722,455

Jadi, biaya listrik yang harus dibayar untuk pembuatan alat tersebut yaitu Rp. 32.722,455.

3.5.3 Biaya upah tenaga kerja

Berdasarkan surat keputusan gubernur Sumatera Barat nomor 567/768 tahun 2023 tentang upah minimum provinsi (UMP) Sumatera Barat 2024, menetapkan UMP tahun 2024 sebesar Rp. 2.811.499,27. Berdasarkan UU ketenagakerjaan, cara menghitung upah tenaga kerja per jam adalah (gaji pokok dan tunjangan tetap) dibagi 173 atau dikali 1/173.

Maka diketahui bahwa upah tenaga kerja secara umum yaitu :

Upah tenaga kerja / jam = UMP x 1/173

Upah tenaga kerja / jam = Rp. 2.811.499,27 x 1/173

Upah tenaga kerja / jam = Rp. 16.251,44

Dari perhitungan tersebut diketahui upah tenaga kerja pekerja berdasarkan UMP sumatera barat yaitu Rp. 16.251,44/jam, dibulatkan menjadi Rp. 16.300/jam. Waktu pengerjaan yang dilakukan dalam pembuatan alat yaitu 24 jam x Rp. 16.300 = Rp. 391.200

Jadi total upah pekerja jika dihitung berdasarkan UMP sumatera barat yaitu sebesar Rp.391.200

3.5.4 Biaya tak terduga

Biaya tak terduga merupakan biaya cadangan yang disiapkan untuk mengatasi pengeluaran yang tiba-tiba muncul dan tidak bisa diprediksi ketika menyusun anggaran. Biaya tak terduga biasanya 10-15% dari total biaya produksi, meliputi biaya bahan baku, biaya listrik dan upah pekerja. Biaya tak terduga dapat dihitung dengan rumus berikut:

Biaya tak terduga = (Biaya bahan baku + Biaya listrik + Upah pekerja) x 15%

Biaya tak terduga = ((Rp. 2.318.000+ Rp. 32.722 + Rp.391.200) x 15%

Biaya tak terduga = Rp. 411.288

3.5.5 Harga jual alat

Harga jual merupakan harga yang didapat setelah menjumlahkan biaya produksi dengan biaya tak terduga dan keuntungan. Untuk menghitung keuntungan yang diperoleh dapat menggunakan rumus berikut:

Keuntungan = (biaya tak terduga + biaya produksi) x 20%

Keuntungan = (Rp. 411.288 + Rp. 2.318.000) x 20%

Keuntungan = Rp.509.857

Sehingga harga jual dari alat pengolahan sampah plastik ini yaitu :

Harga jual = biaya produksi + biaya tak terduga + keuntungan

Harga jual = Rp.2.138.000 + Rp. 411.288 + Rp. 509 857

Harga jual = Rp. 3.239.145

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka harga jual ala pengolahan sampah plastik ini yaitu sebesar Rp.3.239.145 atau dibulatkan menjadi Rp.3.250.000.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan pirolisis sampah plastik jenis Polypropylene (PP) dengan berat 1000 gram, katalis (pasir kuarsa)seberat 1000 gram, waktu 240 menit dan suhu mulai dari 35°C hingga suhu tertinggi 170°C menggunakan aliran air berlawanan dengan laju uap dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan, didapat spesifikasi alat pengolahan sampah plastik dengan rangka besi menggunakan besi hollow dengan ukuran 30mm x 30mm dengan tebal 1,8 mm. Dengan dimensi rangka 1500mm x 500 mm x 420 mm. Sedangkan pada tabung reaktor memiliki dimensi dengan tinggi 7500 mm, diameter 30 mm dan volume tabung 52 liter.
2. Berdasarkan hasil percobaan pirolisis plastik PP sebanyak 1300 gram,dan pasir kuarsa seberat 1000 gram. Pada suhu 50°C dan waktu di 30 menit. Alat pirolisis sudah menghasilkan gas hasil pembakaran, namun belum menghasilkan cairan. Cairankmulai keluar pada suhu 100°C pada waktu 90 menit dan pada suhu 170°C di waktu 210 menit adalah titik tetinggi proses pirolisis menghasilkan minyak yaitu 80 ml dari total keseluruhan hasil minyak pirolisis yaitu 200 ml.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri

Padang serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] A. Haryanto, "Energi Terbarukan." Innosain, 2017.
- [2] A. Y. Sidabutar, "Analisis Pengaruh Harga Minyak Mentah Dunia, Subsidi BBM, Tarif Harga BBM dAan Jumlah Penduduk Terhadap Konsumsi Energi BBM di Indonesia Tahun 2000-2021," 2023.
- [3] S. Sukadi and N. Novarini, "Rancang Bangun Alat Pirolisis Untuk Daur Ulang Sampah Kantong Plastik," *Tek. J. Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 96–102, 2019.
- [4] D. R. V Rijono, S. Tangkuman, and H. Luntungan, "Rancang Bangun Tabung Pirolisis pada Alat Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak," *J. Tekno Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2023.
- [5] H. F. D. Safitri and Y. P. Sari, "Studi Komparasi Metode 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pengolahan Sampah Di Indonesia," in *Prosiding University Research Colloquium*, 2021, pp. 552–558.
- [6] S. Fathonah, "Edukasi Pemanfaatan Limbah Sampah Plastik Sebagai Upaya Mitigasi Proklim Desa Semengaris Kecamatan Malinau Utara Kabupaten Malinau," *J-ABDI J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 8, pp. 1609–1618, 2025.
- [7] J. Wahyudi, "Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari pembakaran terbuka sampah rumah tangga menggunakan model IPCC," *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. Dan IPTEK*, vol. 15, no. 1, pp. 65–76, 2019.
- [8] J. A. Riandis, A. R. Setyawati, and A. S. Sanjaya, "Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak," *J. Chemurg.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–14, 2021.
- [9] N. I. Meifiani, U. Tisngati, D. C. N. Apriyani, and M. Martini, "DESAIN FAKTORIAL: Buku Penunjang Rancangan Percobaan." LPPM PRESS STKIP PGRI PACITAN, 2019.
- [10] B. A. Harsojuwono, I. W. Arnata, and G. Puspawati, "Rancangan percobaan," *Teor. Apl. SPSS dan Excel. Malang Lintas Kata Publ.*, 2011.