

Perancangan Mesin Destilator Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Energi Alternatif

Oscar Haris¹, Awal Saputra²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusaputra, Sukabumi 43155

¹Email : oscar.haris@nusaputra.ac.id

²Email: awal.saputra_tm19@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Sampah merupakan masalah yang belum pernah habis di seluruh dunia ini, timbunan sampah baru terus bermunculan sehingga sampah menjadi permasalahan besar dalam kehidupan sehari-hari. Berbagai jenis sampah yang paling menjadi pusat perhatian adalah jenis sampah plastik. Sampah plastik dalam jumlah banyak merupakan suatu faktor yang dapat menyebabkan polusi pada lingkungan (tanah dan air), jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan alternatif dalam penanganan sampah plastik, seperti menjadi merancang sebuah alat konversi plastik menjadi energi alternatif. Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang alat yang dapat mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar. Bahan limbah plastik yang digunakan adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET) karena ini merupakan jenis plastik terbaik yang bisa digunakan sebagai botol - botol minuman ringan (bersoda/terkabinasi). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor, pipa penghubung, kondensor, dan tempat penampungan minyak hasil pirolisis. Jenis metode penelitian ini adalah metode *surface kondensor* (kondensor permukaan) dengan jenis *cooling Water Cooled Condenser*. Untuk tipe *Water Cooled Condenser* yang digunakan oleh penulis adalah tipe *shell and tube condensor*. 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. Alat yang dibuat akan bekerja secara efektif untuk melalui terjadinya kondensasi (pengembunan) pada suhu sekitar 21°C. Saluran digunakan untuk menyalurkan uap panas hasil pirolisis ke dalam filtrat dan dilakukan kondensasi.

Kata Kunci : Sampah Plastik, Energi Alternatif, Pirolisis, Water Cooled Condenser, PET

I. PENDAHULUAN

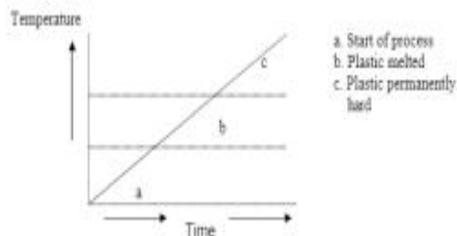
Sampah merupakan masalah yang belum pernah habis di seluruh dunia ini, timbunan sampah baru terus bermunculan sehingga sampah menjadi permasalahan besar dalam kehidupan sehari-hari. Berbagai jenis sampah yang paling menjadi pusat perhatian adalah jenis sampah plastik. Sampah plastik dalam jumlah banyak merupakan suatu faktor yang dapat menyebabkan polusi pada lingkungan (tanah dan air), jika tidak dikelola dengan baik [1]. Telah banyak penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya terkait dengan pengolahan sampah yang tidak dapat terurai yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Seperti yang telah dilakukan oleh Taufan Landi dan Arijanto Arijanto dengan judul "Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) Menjadi Bahan Bakar Alternatif" [2]. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif, mengetahui proses pengolahan sampah plastik, dan mengetahui karakteristik bahan bakar yang dihasilkan oleh sampah plastik dengan menggunakan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor, pipa penghubung, kondensor, dan tempat penampungan minyak hasil pirolisis.

Berdasarkan dari penelitian-penelitian yang telah ada maka penulis akan melakukan sebuah penelitian yang sifatnya menyempurnakan dari yang telah ada, dimana penulis akan melakukan penelitian tentang desain dan analisa otomasi mesin destilator dengan memanfaatkan limbah plastik menjadi energi alternatif. Mesin yang akan dirancang memiliki kelebihan yaitu lebih efektif dalam proses pemanasannya karena pemanas bisa diatur dari suhu 30 sampai 500 derajat celsius dan residu hasil proses pirolisis bisa diolah kembali menjadi bahan bakar padat berupa briket.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan terciptalah sebuah teknologi yang dapat mengatasi kebutuhan energi alternatif dan sekaligus untuk mengatasi masalah sampah plastik sebagai sumber polusi pada lingkungan. Pada akhirnya penelitian ini diharapkan akan dapat menjadi solusi atas dua permasalahan yaitu masalah kebutuhan akan energi alternatif dan permasalahan polusi oleh sampah plastik terhadap lingkungan sekitar sehingga penelitian ini dapat menjadi sebuah terobosan inovasi teknologi tepat guna dalam proses pengolahan sampah menjadi energi alternatif.

Tabel 1. Karakteristik Jenis Plastik Thermoplast[2]

Kode	Tipe Plastik	Beberapa Penggunaan Plastik
	PET atau PETE	Botol minuman ringan dan air mineral, bahan pengisi kantong tidur dan serat tekstil
	HDPE	Kantong belanja, kantong freezer, botol susu dan krim, botol sampo dan pembersih
	PVC atau V	Botol juice, kotak pupuk, pipa saluran
	LDPE	Kotak ice cream, kantong sampah, lembar plastik hitam
	PP	Kotak ice cream, kantong kentang goreng, sedotan, kotak makanan.
	PS	Kotak yoghurt, plastik meja, cangkir minuman panas, wadah makanan siap saji, baki kemasan
	OTHER	Botol minum olahraga, acrylic dan nylon



Gambar 5. Grafik Perubahan Suhu Termoset [9]

3. Tabung Reaktor

Reaktor adalah suatu alat yang berperan sebagai tempat terjadinya suatu reaksi, baik itu reaksi kimia atau reaksi nuklir dan bukan terjadi secara fisika. Terjadinya reaksi ini, membuat suatu bahan berubah ke bentuk lainnya, perubahannya ada yang terjadi secara sendirinya atau bisa juga dengan bantuan energi seperti panas. secara umum reaktor dibagi menjadi dua jenis yaitu reaktor nuklir dan reaktor kimia. Reaktor nuklir adalah suatu alat untuk mengendalikan reaksi fisi berantai dan sekaligus menjaga kesinambungan reaksi fisi tersebut dan reaktor kimia adalah alat yang dirancang sebagai tempat terjadinya reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk.

Bagian utama tabung reaktor, terdiri dari :

1) Sistem Pemanas

Heater Band dan Heater Nozzle Jenis heater tabung yang banyak digunakan di mesin plastik dan sejenisnya. Band heater berbentuk seperti tabung dengan fungsi pemanasan memanaskan silinder dengan dimensi tertentu. Nozzle Heater dan Band Heater paling banyak dipergunakan untuk barrel mesin ekstruder dan injection plastik. Pada pipa tabung terpasang Band Heater dan pada ujung pipa pengeluaran cairan plastik terpasang Nozzle Heater.



Gambar 6. Band dan Nozzle Heater [10]

b) Thermoset atau *thermodursisabel*

Jenis plastik ini tidak dapat mengikuti perubahan suhu (tidak reversible) sehingga bila pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. pemanasan dengan suhu tinggi tidak akan melunakkan jenis plastik ini melainkan akan membentuk arang dan terurai.

2) Pipa Saluran

Pipa saluran terbuat dari bahan pipa galvanis berfungsi menyalurkan uap hasil proses pirolisis keluar dari dalam tungku menuju kondensor.

3) Tabung Reaktor Bagian Bawah

Tabung reaktor bagian bawah terbuat dari bahan plat MS berfungsi sebagai landasan elemen pemanas, sebagai tumpuan tungku, tempat assembly flange dan juga berfungsi untuk mencegah panas keluar.

4) Tabung Reaktor Bagian Atas

Tabung reaktor bagian atas terbuat dari bahan plat MS berfungsi sebagai penutup tungku, sebagai tumpuan pipa

saluran tempat assembly flange, dan juga berfungsi untuk mencegah panas keluar.

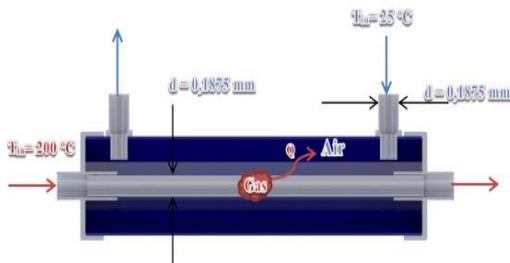
4. Kondensasi

Kondensasi adalah proses perubahan wujud gas menjadi wujud cair karena adanya perbedaan temperatur. Temperatur pengembunan berubah sejalan dengan tekanan uap. Oleh karena itu temperatur pengembunan didefinisikan sebagai temperatur pada kondisi jenuh akan dicapai bila udara didinginkan pada tekanan tetap tanpa penambahan kelembaban [11].

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *surface kondensor* (kondensor permukaan) dengan jenis *cooling Water Cooled Condenser*. Untuk tipe *Water Cooled Condenser* yang digunakan oleh penulis adalah tipe *shell and tube condenser*. Cara kerja dari jenis alat ini ialah proses pengubahan dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam ruangan yang berisi susunan pipa dan uap tersebut akan memenuhi permukaan luar pipa sedangkan air yang berfungsi sebagai pendingin akan mengalir di dalam pipa (*tube side*), maka akan terjadi kontak antara keduanya dimana uap yang memiliki temperatur panas akan bersinggungan dengan air pendingin yang berfungsi untuk menyerap kalor dari uap tersebut, sehingga temperatur *steam* (uap) akan turun dan terkondensasi.

Dalam perancangan kondensor, beberapa aspek yang perlu diperhatikan antara lain:

- Laju pendinginan gas dalam pipa penyalur dibuat agar nilainya tetap sama atau tidak jauh signifikan perubahannya selama proses berlangsung. Hal ini dilakukan, agar, laju produksi minyak cair selama proses dapat dibuat seoptimal mungkin.
- Jumlah fluida pendingin harus disesuaikan dengan laju pendinginan yang diinginkan.

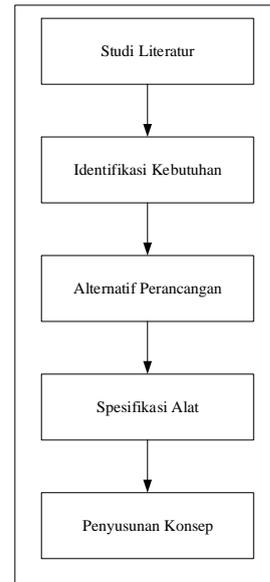


Gambar 7. Ilustrasi sistem perpindahan panas pada kondensor dengan aliran lawan arah (*Counter Flow*)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan penelitian adalah metode yang digunakan untuk mendekati permasalahan yang diteliti sehingga dapat menjelaskan dan membahas permasalahan secara tepat. Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan pengembangan produk dengan pendekatan studi literatur. Tahap awal yaitu identifikasi kebutuhan terhadap alat pengubah plastik dengan dibuatkan tabel kebutuhan kebutuhan dan teknis untuk menetapkan spesifikasi alat yang akan dibuat. Tahap terakhir adalah penyusunan konsep alat pengubah plastik menjadi bahan

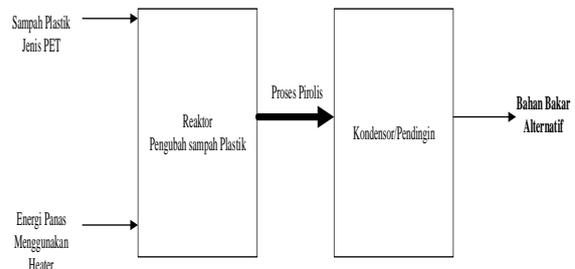
bakar minyak. Untuk kerangka fungsi terhadap alat dapat digambar pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alur Penelitian

Keterangan :

- Studi literatur**
Dalam tahapan ini dilakukan pencarian referensi yang terkait alat pengubahan plastih dan karakteristik plastik untuk menentukan spesifikasi kebutuhan terhadap alat.
- Identifikasi kebutuhan**
Tahapan lanjutan dari studi literatur, yaitu memilih referensi yang berhubungan terhadap alat/reaktor dan selanjutnya diinterpretasikan sebagai kebutuhan alat.
- Penentuan model teknis**
Penentuan model teknis adalah cara dalam memenuhi interpretasi kebutuhan yang telah ditetapkan.
- Spesifikasi Alat**
Setelah dilakukan penentuan model teknis maka dapat ditentukan spesifikasi alat yang kemudian dijadikan aran dalam rancang bangun alat
- Penyusunan konsep**
Pada tahapan ini dibuat sebuah konsep berupa gambar rancangan terhadap alat yang memenuhi spesifikasi alat yang telah ditetapkan.



Gambar 9. Blok Fungsi Alat

IV. HASIL PERENCANAAN DAN ANALISIS

1. Identifikasi Kebutuhan

Bahan plastik *Polyethylene Telephthalate* (PET) melunak pada suhu 180°C dan mencair secara sempurna pada suhu 200°C [10]. Berdasarkan kenaikan suhu diperoleh semakin tinggi suhu maka semakin banyak minyak yang terbentuk [12]. Dalam proses konversi plastik menjadi minyak dengan metode pirolisis biasanya dilakukan pada suhu 350°C – 900°C [11]. Oleh karena itu untuk membuat tabung reaktor dibutuhkan bahan yang tahan terhadap panas. Adapun identifikasi yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Identifikasi kebutuhan

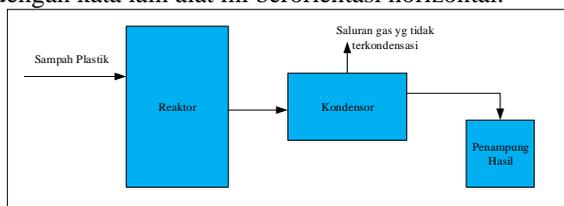
No	Interpretasi kebutuhan berdasarkan literatur
1	Memiliki tabung reaktor dapat menahan sampai dengan 350°C
2	Memiliki saluran yang dapat mengalirkan uap panas
3	Memiliki kondensor untuk mendinginkan
4	Memiliki dimensi dan bobot yang tidak terlalu besar
5	Komponen mudah didapat dan tidak mudah rusak
6	Aman terhadap pengguna dan lingkungan
7	Mudah dirakit dan mudah dibongkar pasang
8	Mudah dalam perbaikan dan perawatannya
9	Mudah dalam pengoperasiannya

2. Rancangan Alternatif

Tahapan ketiga dari penelitian yang dilakukan yakni rancangan alternatif, pada tahapan ini ditentukan jenis alat seperti apa dan yang bagaimana yang sebaiknya menjadi pilihan untuk nantinya dirancang dan dibuat sesuai dengan kriteria yang telah ada. Berikut ini adalah dua rancangan alternatif yang ada :

a. Konsep Horizontal (alternatif A)

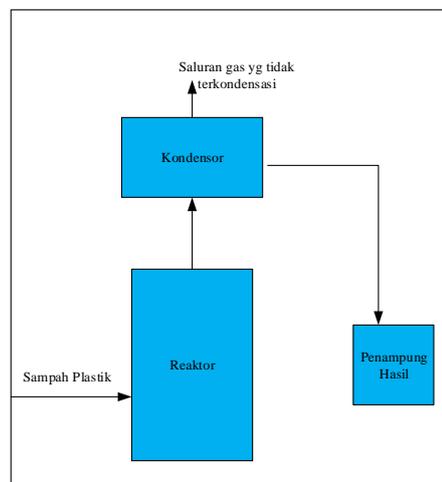
Alat dengan layout horizontal dapat terlihat dari posisi reaktor dan kondensor yang sejajar sumbu x atau dengan kata lain alat ini berorientasi horizontal.



Gambar 10. Ilustrasi alat dengan layout horizontal

b. Konsep Vertikal (alternative B)

Alat dengan layout vertikal dapat terlihat dari posisi reaktor dan kondensor yang sejajar sumbu y atau dengan kata lain alat ini berorientasi vertikal.



Gambar 11. Ilustrasi alat dengan layout vertical

Setelah ada alternatif perancangan, maka pemilihan alternatif perancangan dilakukan dengan cara melakukan penilaian terhadap alat berorientasi horizontal dan alat berorientasi vertikal berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Setiap alternatif perancangan akan diberi nilai (-) untuk tidak dan (+) untuk ya apabila memenuhi kriteria perancangan, dan akan diberi (=) bila nilainya dianggap sama. Hasil dari penilaian yang dilakukan terhadap alternatif perancangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian Kriteria Alternatif Perancangan

No	Kriteria	Alternatif A	Alternatif B
1	Memiliki tabung reaktor dapat menahan sampai dengan 350°C	=	=
2	Memiliki saluran yang dapat mengalirkan uap panas	=	=
3	Memiliki kondensor untuk mendinginkan	=	=
4	Memiliki dimensi dan bobot yang tidak terlalu besar	-	+
5	Komponen mudah didapat dan tidak mudah rusak	=	=
6	Aman terhadap pengguna dan lingkungan	=	=
7	Mudah dirakit dan mudah dibongkar pasang	+	-
8	Mudah dalam perbaikan dan perawatannya	+	-
9	Mudah dalam pengoperasiannya	+	-
NILAI		3	1

Berdasarkan penilaian, alternatif A atau alat dengan layout horizontal memiliki nilai lebih besar 2 (dua) poin dibanding alat berorientasi vertikal. Maka dari itu dipilahlah alat berorientasi horizontal sebagai alat yang akan diteruskan ke dalam tahapan detail perancangan.

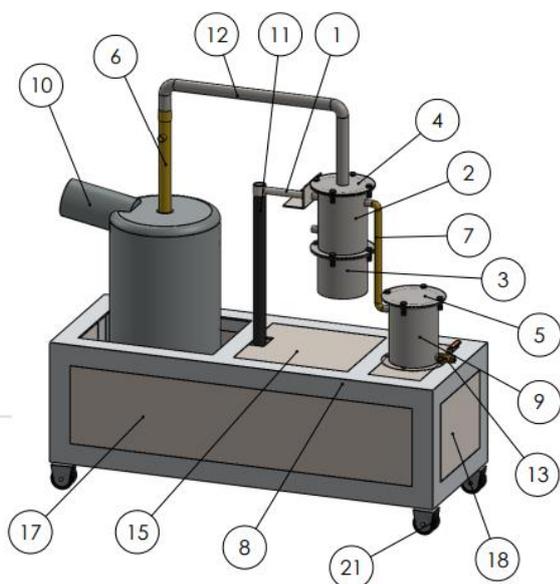
3. Spesifikasi alat

Berdasarkan interpretasi kebutuhan alat dapat dibuat teknis sebagai berikut:

- a. Kapasitas Kerja : 3 kg
- b. Suhu : 30° – 500° C
- c. Kawat Pemanas
 - Kantahal AWG 24 Panjang 10 m
 - Daya 700 Watt
- d. Dimensi : 400 x 700 x 950

4. Penyusunan Konsep

Berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan maka dapat digambarkan penyusunan konsep sebagai berikut.



Gambar 12. Rancangan Alat Pengubah Plastik

Keterangan :

Tabel 5. Keterangan Gambar 12

Item No	Keterangan
1	Dudukan Kondensor
2	Kondensor Atas
3	Kondensor Bawah
4	Penutup Kondensor Atas
5	Penutup Tabung Penampung
6	Pipa Penghubung
7	Pipa Sambungan
8	Rangka
9	Tabung Penampung
10	Tabung Reaktor
11	Tiang Dudukan
12	Pipa Penghubung 2
13	Kran
14	Kran 2
15	Cover Tengah
16	Cover Atas Kanan
17	Cover Depan
18	Cover Kanan
19	Dudukan Roda
20	Dudukan Roda 2
21	Roda
22	Baut
23	Mur
24	Baut 3
25	Mur 2

Hasil perancangan alat pengubah sampah menjadi energi alternatif memiliki dimensi dengan ukuran rangka 74 cm x 55 cm, yang terdiri dari beberapa bagian utama yaitu tabung reaktor, tabung kondensor, pipa penghubung hasil dari pemanasan, dan tabung hasil konversi. Tangki reaktor berbahan besi untuk tahan pemanasan sampai dengan 200-350°C dengan volume 12.5 Liter, tinggi reaktor 32 cm dan diameter 22 cm. Pipa penyaluran gas dibuat dari pipa besi dengan diameter 1 inch panjang 3 m yang dibuat melingkar pada bagian $\frac{3}{4}$ dari panjang pipa. Tabung kondensor dibuat dari bahan besi yang di dalamnya terdapat coil yang berfungsi untuk mengubah uap panas menjadi zat cair. Sistem pemanas menggunakan kawat kantal 6 meter 600 watt. Hasil yang diharapkan dalam usulan ini adalah bahan bakar minyak.

V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah 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 200-350°C. Saluran digunakan untuk menyalurkan uap panas hasil pirolisis ke dalam filtrat dan dilakukan kondensasi. Hasil yang diharapkan dalam usulan perancangan reaktor ini adalah bahan bakar minyak.

Dari hasil perancangan kondensor sebagai media pendingin uap plastik menjadi minyak yang telah dibuat, untuk membuktikan hasil perancangan yang buat sesuai dengan apa yang diinginkan maka diperlukan adanya pembuatan *prototype*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. 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
- [2]. T. Landi and A. Arijanto, "Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif," *J. Tek. Mesin Undip*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [3]. T. Setiawan, "Rancang bangun alat destilasi uap bioetanol dengan bahan baku batang pisang," *J. Media Teknol.*, vol. 04, no. 02, pp. 119–128, 2018.
- [4]. K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, "Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019
- [5]. K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, "Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019
- [6]. Zurohaina *et al.*, "Jenis Pp Dan Pet Terhadap Kinerja Generator Set Pada Pltsa Plastik Kapasitas 1000 Watt Analysis of Oil Fuel Product From Pyrolysis of Plastic Waste Type Pp and Pet on Generator Set Performance At Pltsa Plastic 1000 Watt Capacity," *J. Kinet.*, vol. 10, no. 01, pp. 24–30, 2019.
- [7]. G. L. Sari, "Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair," *Al-Ard J. Tek. Lingkungan.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–13, 2018
- [8]. Zahri, Amiluddin, and Septa Hardini. "Redesain Alat Pengolahan Limbah Plastik Yang Ergonomis Dengan Menggunakan Analisis Morfologi." *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)*. Vol. 1. No. 1. 2019.
- [9]. I. Mujiarto, "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif," *Traksi*, vol. 3, no. 2, pp. 65–74, 2005.
- [10]. I. Okatama, "Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (Pet) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 3, 2017
- [11]. U. B. Surono, "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak," *J. Tek.*, vol. 3, 2013.
- [12]. K. Endang, G. Mukhtar, Abed Nego, and F. X. A. Sugiyana, "Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak," *Pengemb. Teknol. Kim. untuk Pengolah. Sumber Daya Alam Indones.*, vol. ISSN 1693-, 2016.