

Pembuatan Bahan Bakar Alternatif Dari Limbah Plastik Dan Uji Kinerja Pada Motor 4 Tak 100 cc

Rizki Hidayat, Purwo Subekti*, Heri Suropto

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pasir Pengaraian, Kabupaten Rokan Hulu

INFO ARTIKEL

Histori artikel:
Tersedia Online: Oktober 2024

ABSTRAK

Limbah plastik dapat diubah menjadi minyak dikarenakan pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, jadi limbah plastik tersebut seolah mengalami proses daur ulang. Bahan Bakar Alternatif (BBA) dari limbah plastik PP melalui proses pirolisis. Hasil yang peneliti lakukan adalah dari 1 Kg limbah plastik PP dapat menghasilkan BBA sebanyak adalah 148 mL menggunakan kompor burner ber ukuran kecil dengan temperatur suhu 183,3 °C dengan lama pembakaran 4 jam. Kemudian dilakukan pengembangan dengan peningkat temperatur 268,7 °C menghasilkan BBA 363 mL. Penggunaan bahan bakar alternatif hasil penelitian pada uji kinerja pada mesin sepeda motor 4 tak 100 cc. Pada transmisi 1, menghabiskan BBA=11,5 mL, Peralite=13,8 mL, Pertamina 92=12,4 mL. Transmisi 2 menghabiskan BBA=10 mL, Peralite=12,4 mL, Pertamina 92=10,2 mL. Transmisi 3 menghabiskan BBA=10,6 mL, Peralite=9,8 mL, Pertamina 92=10,6 mL. Transmisi 4 menghabiskan BBA=9,4 mL, Peralite=7,8 mL, Pertamina 92=10 mL.

Kata kunci: Limbah Plastik; Polipropilena(PP); Pirolisis; Densitas; Viskositas;

E – MAIL

Purwos73@gmail.com

ABSTRACT

Plastic waste can be converted into oil because basically plastic comes from petroleum, so the plastic waste seems to undergo a recycling process. Alternative Fuel (BBA) from PP plastic waste through pyrolysis process. The results that the researchers did were from 1 kg of PP plastic waste can produce as much BBA as 148 mL using a small burner stove with a temperature of 183.3 oC with a burning duration of 4 hours. Then the development was carried out with a temperature increase of 268.7 oC to produce BBA 363 mL. The use of alternative fuels is the result of research on performance tests on a 4-stroke 100 cc motorcycle engine. In transmission 1, spend BBA=11.5 mL, Peralite=13.8 mL, Pertamina 92=12.4 mL. Transmission 2 consumes BBA=10 mL, Peralite=12.4 mL, Pertamina 92=10.2 mL. Transmission 3 consumes BBA=10.6 mL, Peralite=9.8 mL, Pertamina 92=10.6 mL. Transmission 4 consumes BBA=9.4 mL, Peralite=7.8 mL, Pertamina 92=10 mL.

Keywords: Plastic Waste; Polypropylene (PP) Plastic; Pyrolysis; Density; Viscosity.

I. PENDAHULUAN

Menurut penelitian terdahulu limbah plastik merupakan jenis limbah an organik yang sukar terurai dalam tanah maupun air [1]. Karena itu limbah padat plastik menjadi salah satu perhatian global karena memberi dampak ke lingkungan dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah. Meningkatnya kuantitas limbah plastik menjadi masalah serius bila tidak dilakukan upaya secara substansial mengurangi

timbulnya sampah. Penanganan limbah plastik yang selama ini banyak dicanangkan adalah 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*). Adapun maksud dari 3R yaitu; memakai berulang kali, mengurangi penggunaan, dan mendaur ulang [2]. Akan tetapi pengelolaan limbah plastik dengan konsep 3R dirasa belum cukup efektif karena plastik yang digunakan berkali-kali lama kelamaan akan tidak layak pakai. Begitu juga menurut peneliti terdahulu dapat dilakukan melalui pencegahan, pengurangan, daur ulang, dan

penggunaan kembali sehingga target SDGs 12,5% pada tahun 2030 dapat dicapai [3]. Sedangkan mendaur ulang limbah plastik hanya akan mengubah limbah plastik menjadi bentuk baru, bukan menanggulangi volume sampah plastik sehingga ketika produk daur ulang plastik sudah kehilangan fungsinya maka akan kembali menjadi limbah plastik [4]. Limbah plastik dapat diubah menjadi minyak dikarenakan pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, jadi limbah plastik tersebut seolah mengalami proses daur ulang. Salah satu alatnya yaitu destilator. Destilator (penyulingan) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memisahkan bahan kimia [5]. Dengan banyaknya limbah plastik yang masih bertebaran di Kabupaten Rokan Hulu terutama plastik dari kantong belanja dan botol-botol minuman yang bertebaran di sekitar pasar dan permukiman masyarakat yang penulis lihat selama melaksanakan tugas akhir skripsi, yang membuat penulis lebih bersemangat untuk menciptakan kreasi baru, yang memotivasi penulis untuk menciptakan ide-ide kreatif, dan dengan ide tersebut nantinya diharapkan dapat bermanfaat bagi saya pribadi dan masyarakat umum, untuk mengolah limbah plastik tersebut menjadi hal yang lebih berguna dan juga memiliki manfaat, salah satu caranya dengan mendaur ulang limbah plastik tersebut menjadi bahan bakar alternatif kendaraan bermotor. Pengolahan limbah plastik menjadi minyak ini tentu saja dapat dilakukan dengan cara yang sangat sederhana, dan bisa diterapkan oleh masyarakat tanpa mengeluarkan biaya yang besar.

Jenis-jenis plastik yang paling sering diolah adalah polyethylena (PE), polypropylene (PP), polistirena (PS), polyethylene terephthalate (PET) dan polyvinyl chloride (PVC). Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi. Nomor kode plastik akan tercantum pada produk-produk berbahan plastik seperti gambar berikut ini. Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/Api) dan Lyo (Loosening/Pelepasan) untuk dikomposisi termal dari suhu bahan organik. Pengkajian terdahulu terkait pirolisis telah banyak dilakukan salah satu contohnya. Menurut kajian terdahulu Pirolisis merupakan suatu bentuk penguraian bahan organik secara kimia melalui pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Proses pirolisis merupakan proses perengkahan plastik pada suhu tinggi di mulai pada temperatur sekitar 400oC [6]. Kajian terdahulu reaktor pirolisis adalah alat pengurai senyawa - senyawa kimia yang dilakukan dengan cara

pemanasan tanpa tercampur dengan udara luar. Cara kerja pada reaktor pirolisis plastik ini adalah dengan cara memanaskan ruang tungku menggunakan burner terlebih dahulu, memasukan plastik melalui saluran masuk (hopper) kemudian plastik akan dipanaskan didalam tungku reaktor yang memiliki suhu sekitar 350°C - 480 °C, dan akan terjadi perubahan pada plastik menjadi uap [7]. Kajian terdahulu menceritakan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon siswa terhadap alat pirolisis sampah plastik sebagai media pembelajaran berbasis lingkungan di SMP Musi Rawas. Prosedur penelitian yang digunakan mengacu pada desain penelitian pengembangan model ADDIE (*Analisis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) [8]. Kajian terdahulu juga menceritakan pengolahan limbah plastik menggunakan metode pirolisis oleh kkn kelompok 15 Unisba Blitar dan rukun pemuda Rw 13 di Desa Modangan mengolah limbah sampah plastik dengan menjadikan BBM menggunakan metode pirolisis, yaitu pengolahan sampah pada suhu tinggi yang berlangsung tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Uap yang dihasilkan kemudian dikondensasikan menjadi bahan bakar minyak alternatif [9]. Kajian terdahulu meneliti tentang penggunaan energi alam meningkat seiring dengan kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini berakibat pada peningkatan kebutuhan bahan bakar fosil dari alam, Sehingga di perlukan upaya pengurangan energi fosil melalui peningkatan terapan energi terbarukan yang lebih murah dan ramah lingkungan [10]. Kajian terdahulu bertujuan untuk mengetahui spesifikasi BBM (Bahan Bakar Minyak) yang dihasilkan dari alat pirolisis ini dan mengetahui kapasitas alat yang telah dibuat. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah menguji BBM yang dihasilkan dari alat pirolisis dengan lima pengujian yaitu *Density, Viskositas, Flash Point, SG* (Spesifik *Grafiti*) dan *API* (American Petroleum Institute). Masing masing pengujian dengan lima sampel uji sesuai dengan lama waktu pemanasan limbah plastik dalam ruang reaktor. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *Density* 0,7384 gr/cc, *SG* sebesar 0,7406, *API* 59,57, *Viskositas* sebesar 0,8145 cp serta *Flash Point* 200 C [5].

Kemudian [11] meneliti tentang Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP Menjadi Bahan Bakar Cair menyimpulkan Hasil yang dicapai ternyata temperatur rendah (300oC) menghasilkan sedikit minyak dan arang yang dihasilkan lebih banyak, jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan

berturut-turut sebesar 30%, 10%, dan 60 %. Temperatur reaktor 400°C menghasilkan jumlah minyak lebih banyak, dibandingkan dengan gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 52%, 15%, dan 33 %. Minyak hasil pirolisis pada temperature adalah 0.72 gr/m³ dan memiliki viskositas 0,615. Kemudian [12] meneliti tentang Karakteristik Hasil Proses Pirolisis Jenis Plastik HDPE 50% LDPE 50% Menggunakan Katalis Lampung Dan Katalis Klaten Menggunakan SPSS, *Anssysfluent* menyimpulkan pada hasil penelitian yang sudah dilakukan menghasilkan nilai campuran hasil pirolisis terhadap katalis lampung dan klaten. Pada katalis lampung memiliki Viskositas 1,19cst, Densitas 725gr/ml, Flas Point 1,85oc dan memiliki nilai kalor 10.775 kal/gr, sedangkan pada katalis klaten memiliki karakter Viskositas 1,21cst, Densitas 730gr/ml, Flas Point 2,65oc dan nilai kalornya 10.531kal/gr. Kemudian [13] meneliti tentang Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Hasil Minyak Destilasi Kantong Plastik Bekas Sebagai Alternatif Bahan Bakar menyimpulkan bahwa hasil yang didapatkan adalah 125 cc (ml) pada tempratur 150 0C dengan lamanya waktu pemanasan 300 menit, dan nilai kalor minyak yang dihasilkan adalah 41707 kJ/kg. Kemudian [14] meneliti tentang Analisa Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik Jenis Pp Dan Pet Terhadap Kinerja Generator Set Pada Pltsa Plastik Kapasitas 1000 Watt dapat di simpulkan. Pada beban optimal 600 watt arus listrik yang terjadi untuk FRB sebesar 2,82 ampere dengan voltase 213 volt, dan putaran poros genset 2748 rpm, konsumsi bahan bakar spesifik pada beban akhir 1000 watt, minyak FRB masih lebih tinggi yaitu 0,52 Kg/Hp.jam dan FRA PP yaitu 0,42 Kg/Hp.jam dibandingkan dengan bensin yaitu 0,64 Kg/Hp.jam. Kemudia menurut [15] tentang Pengaruh Penambahan Bahan Bakar Pirolisis Plastik Terhadap Daya dan Torsi pada Sepeda Motor Injeksi 108 cc menyimpulkan bahwa terjadi peningkatan daya dan torsi di variasi campuran PE5%, PE10%, PE15% dan PE20%. Pada campuran bahan bakar PE20%, daya dan torsi mengalami penurunan sedikit dengan campuran sebelumnya tetapi masih diatas PE5%. Dari perbandingan variasi campuran yang telah dilakukan pada sepeda motor injeksi terdapat pengaruh terhadap daya dan torsi.

Adapun tujuan dan manfaat dari pengolahan sampah limbah plastik ini menjadi bahan bakar alternatif sebagai berikut:

1. Menghasilkan prototipe bahan bakar alternatif dari limbah plastik melalui proses pirolisis.

2. Mengetahui kinerja motor 4 tak 100 CC menggunakan bahan bakar alternatif dari limbah plastik dan bahan bakar komersial.

II. MATERIAL DAN METODE

2.1 Material

Mempersiapkan alat – alat yang digunakan :

- A. Reaktor Pirolisis
Reaktor pirolisis merupakan alat yang berfungsi untuk mendaur ulang limbah plastik PP menjadi bahan bakar alternatif (BBA). Hasil dari alat tersebut berupa uap cair. [16]
- B. Motor bakar 4 tak 100 cc
Mesin 4 tak 100 cc. ini yang nantinya di uji dengan BBA dari limbah plastik dan dibandingkan dengan Peralite, Pertamina 92. Data yang diambil adalah perbandingan konsumsi bahan bakar dengan waktu 5 menit.
Spesifikasi mesin 4 tak 100 cc :
 - Tipe Mesin : 4 tak, 1 silinder, SOHC, pendingin udara sepoi-sepoi, sudut 80 derajat dari vertikal
 - Bore x Stroke : 47 x 49,5 mm
 - Volume Silinder : 85,8 cc
 - Rasio kompresi : 9.2:1
 - Karburator
 - Gigi transmisi : 4 percepatan bertautan tetap
 - Pola pengoperasian gigi : N-1-2-3-4-N
 - Kapasitas oli mesin : 0,75 L
 - Starter : Elektrik starter
- C. Stopwatch
Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengatur waktu pembakaran limbah plastik dengan alat pirolisis, dan digunakan untuk mengatur waktu uji pada mesin 4 tak 100 cc.
- D. Termometer
Termometer berfungsi untuk mengukur temperatur suhu.
- E. Gas LPG
Elpiji adalah bahan bakar untuk menghidupkan kompor untuk memanaskan alat pirolisis.
- F. Botol tampung BBA
Botol yang digunakan dalam penelitian ini ialah botol kaca gunanya untuk menampung BBA yang dihasilkan dari proses penyulingan.
- G. Tachometer dan Timbangan gantung digital
Tachometer berfungsi untuk menentukan putaran rpm mesin, sedangkan timbangan gantung digital kapasitas 20 kg berfungsi untuk menarik beban pada saat dilakukan pengereman.

Mempersiapkan bahan yang digunakan :

1. **Limbah Plastik PP**
Limbah plastik PP dari merek xx yang didapat dari lingkungan sekitar dan dari tempat pengepul limbah bekas. Limbah plastik ini dibersihkan dan dicuci, kemudian di jemur hingga kering.
2. **Gas LPG**
Gas LPG digunakan untuk melakukan proses pembakaran limbah plastik PP pada alat penyulingan.
3. **BBA hasil Penelitian**
Hasil penyulingan limbah plastik PP yang pertama, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sebanyak 9 x pengujian adalah 1.234 mL. Kemudian pengujian yang kedua, 3 jam sebanyak 5 x pengujian adalah 1.814 mL.
4. **BBA, Peralite, dan Pertamina 92**
BBA, Peralite dan Pertamina 92 ini nantinya akan menjadi perbandingan konsumsi bahan bakar dengan alat uji mesin 4 tak 100 cc.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah menggunakan metode eksperimen (penelitian) dengan cara pembuatan bahan bakar alternatif (BBA) dari limbah plastik PP menggunakan alat penyulingan dengan waktu 2 jam, 3 jam, dan 4 jam dengan temperatur yang sudah ditentukan. Kemudian lanjut uji pada mesin 4 tak 100 cc. dengan cara menganalisis perbandingan konsumsi bahan bakar alternatif (BBA) dengan Peralite, dan Pertamina 92 dengan putaran mesin 4200 rpm dengan beban 2,4 Kg durasi waktu 5 menit.

2.2.1 Pembuatan Bahan Bakar Alternatif

- a. Tahapan persiapan
 1. Menyiapkan bahan limbah plastik PP
 2. Menyiapkan alat pirolisis penyulingan BBA
- b. Tahapan proses
 1. Memasukkan limbah plastik PP 1 Kg ke dalam tabung reaktor
 2. Menyalakan api untuk memanaskan reaktor
 3. Mengamati dan mencatat temperatur mulai dari start
- c. Tahapan pengolahan limbah plastik
Prosedur pengolahan limbah plastik menghasilkan bahan bakar alternatif (BBA) ini adalah:
 1. Limbah plastik PP yang sudah dijemur kering ditimbang dengan berat 1 Kg.
 2. Limbah plastik PP dimasukkan ke dalam reaktor secara sedikit - sedikit.

3. Reaktor ditutup dan dikunci dengan baut agar tidak terjadi kebocoran instalasi kondensor pada tutup reaktor misalkan ada kebocoran akan mengakibatkan hasil minyak tidak begitu banyak.
4. Alat ukur suhu thermometer berfungsi untuk mengetahui suhu pembakaran yang ada di dalam reaktor pembakaran.
5. Pengambilan data dilakukan setiap pengujian 2 jam, 3 jam, dan 4 jam.
6. Hasil BBA ditampung ke dalam botol penampung agar tidak terjadi penguapan, kemudian di timbang menggunakan timbangan digital.
7. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel.

2.2.2 Uji Kinerja BBA Pada Motor 4 Tak 100 cc

Penelitian ini menggunakan beberapa urutan langkah kerja. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perakitan dan Pengecatan rangka mesin uji 4 tak 100 cc.
2. Sebelum mesin dihidupkan terlebih dahulu lakukan pengecekan terhadap minyak pelumas, sistem bahan bakar, aki dan perlengkapan uji lainnya.
3. Hidupkan mesin, diamkan selama kira-kira 5 menit untuk pemanasan.
4. Lakukan pencatatan data konsumsi bahan bakar minyak BBA dari Limbah plastik PP, dengan Peralite, Pertamina 92 dengan putaran mesin 4200 rpm dengan beban 2,4 Kg durasi waktu 5 menit.
5. Pengujian hanya dilakukan satu kali.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap hasil penyulingan metode pirolisis dengan variasi waktu seperti pada Tabel.1 dan Tabel.2 diperoleh sebagai berikut:

Tabel.1 Hasil pembuatan BBA

No	Waktu (m)	BBA(ml)	Temperatur (°C)
1	2 jam	130	175.3
2	3 jam	114	177.4
3	4 jam	148	183.3

Hasil yang peneliti lakukan tersebut masih belum optimal disebabkan oleh temperatur suhu tertinggi hanya mencapai 183,3 °C peneliti mengganti kompor burner yang berukuran sedang,

karena temperatur pembakaran sangat berpengaruh terhadap proses pembuatan BBA.

Tabel.2 Hasil pembuatan BBA

Waktu (m)	BBA (mL)	Temperatur (°C)
3 Jam	363	268,7

BBA yang dihasilkan memiliki karakteristik dengan nilai densitas pada pembakaran dengan waktu 180 menit dan temperatur 268.7°C memperoleh nilai densitas sebesar 0,7359 gr/cc lebih mendekati bahan bakar minyak bensin sedangkan nilai viskositas sebesar 5,9 gr/sc.cm lebih ke bahan bakar minyak biodiesel dapat dilihat pada Tabel 4.3 tentang karakteristik bahan bakar komersial.

Tabel.3 Karakteristik bahan bakar komersial

No	BBM	Densitas (gram/cm ³)	Viskositas (cP)
1	Bensin	4) 0,778-1,198	2) 0,77-1,19
2	Solar	4) 0,815-0,860	4) 1,63-3,87
3	Biodiesel	4) 0,85-0,89	3) 2,3-6
4	BBA	0,7359	5,9

Sumber :1) Agariksa (2013), 2) Wiratmadja (2010), 3) SNI 7182:2015, dan 4)Standar Bahan Bakar Pertamina.

Hasil yang sudah peneliti lakukan uji coba pada motor 4 tak 100 cc dengan cara membandingkan konsumsi bahan bakar minyak BBA, Peralite, dan Pertamina 92 pada motor 4 tak 100 cc dengan putaran mesin 4.200 rpm dengan beban yang sama 2.4 kg dengan waktu 5 menit memperoleh data konsumsi bahan bakar minyak.

Tabel.4 Hasil Kinerja BBA Pada Motor 4 Tak 100 cc

Waktu (m)	Transmisi	Konsumsi BBM (ml)		
		BBA	pertalite	pertamax 92
5 menit	1	11.5	13.8	12.4
	2	10	12.4	10.2
	3	10.6	9.8	10.6
	4	9.4	7.8	10

Dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar minyak jenis pertalite yang terendah yaitu 7.8 mL. pada putaran mesin yang sama 4.200 rpm dengan berat beban yang sama 2.4 Kg, pada transmisi ke empat. Hal ini dipengaruhi oleh transmisi manual pada motor 4 tak 100 cc yang mengakibatkan turunnya konsumsi BBM.

Hasil Menggunakan Uji T

Analisis komparatif dibuat dengan membandingkan nilai konsumsi Bahan Bakar Alternatif (BBA)-Peralite, BBA-Pertamax, dan Peralite-Pertamax dengan menggunakan uji *t-Test* untuk mengetahui sejauh mana tingkat beda dari masing-masing penggunaan bahan bakar tersebut. Ternyata hanya pada transmisi 3 tidak ada perbedaan yang nyata, hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil uji t dengan tingkat kesalahan 5% (0,05).

IV. KESIMPULAN

Bahan Bakar Alternatif (BBA) dari limbah plastik PP melalui proses pirolisis. Hasil yang peneliti lakukan adalah dari 1 Kg limbah plastik PP dapat menghasilkan BBA sebanyak adalah 148 mL menggunakan kompor burner ber ukuran kecil dengan temperatur suhu 183,3 °C dengan lama pembakaran 4 jam. Kemudian dilakukan pengembangan dengan peningkat temperatur 268,7 °C menghasilkan BBA 363 mL.

Penggunaan bahan bakar alternatif hasil penelitian pada uji kinerja pada mesin sepeda motor 4 tak 100 cc. Pada transmisi 1, menghabiskan BBA=11,5 mL, Peralite=13,8 mL, Pertamina 92=12,4 mL. Transmisi 2 menghabiskan BBA=10 mL, Peralite=12,4 mL, Pertamina 92=10,2 mL. Transmisi 3 menghabiskan BBA=10,6 mL, Peralite=9,8 mL, Pertamina 92=10,6 mL. Transmisi 4 menghabiskan BBA=9,4 mL, Peralite=7,8 mL, Pertamina 92=10 mL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Purwo Subekti, MT, IPM. dan Bapak Heri Suropto, MT atas bantuan dan saran selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Siswanto, A. Ghofur, and T. Mastiadi, "Pengolahan Limbah Plastik Di Wilayah Kel. Cempaka Menggunakan Mesin Pelumer Plastik," *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 61–69, 2020.
- [2] R. D. Arisona, "Pengelolaan Sampah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pembelajaran IPS Untuk Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan," *Al Ulya J. Pendidik. Islam*, vol. 3, no. 1, pp. 39–51, 2018.
- [3] B. P. Statistik, "Statistik Lingkungan Hidup Indonesia," *Jakarta. BPS Indones.*, 2018.
- [4] D. A. Himawanto, E. P. Budiana, and P. J. Widodo, "Analisa Thermografimetry Pada Pirolisis Limbah Pertanian," *Ethos J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, pp. 49–56, 2016.

- [5] E. Masfitra, "Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM) Alternatif Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Pp (Polypropylene)," *Enotek J. Energi dan Inov. Teknol.*, vol. 1, no. 01, pp. 6–10, 2021, doi: 10.30606/enotek.v1i01.994.
- [6] V. W. Nurahman, I. K. Nugraheni, and A. A. B.P, "Uji Emisi Gas Buang Pemanfaatan Bahan Bakar Pirolisis Hdpe Pada Motor Bensin 4 Tak 1 Silinder," *J. Elem.*, vol. 4, no. 2, p. 39, 2017, doi: 10.34128/je.v4i2.46.
- [7] E. Maulana, B. N. Fajri, and D. Mahardika, "Perancangan Proses Pembuatan Reaktor Pirolisis Model Horizontal Kapasitas 75 Kg/Jam," *Pros. Semin. Nas. Penelit. LPPM UMJ*, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/7428>.
- [8] W. Arini and E. Lovisia, "Thabiea : Journal of Natural Science Teaching Respon Siswa Terhadap Alat Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Lingkungan di SMP Musi Rawas," *J. Nat. Sci. Teach.*, vol. 02, no. 02, pp. 95–104, 2019.
- [9] Novita Putri Diantanti, "Pengolahan Limbah Plastik Menggunakan Metode Pirolisis Oleh Kkn Kelompok 15 Unisba Blitar Dan Rukun Pemuda Rw13 (Ruda13) Di Desa Modangan," *Sci. Contrib. to Soc. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 36–47, 2021, doi: 10.35457/scs.v1i2.1772.
- [10] F. Teknik and U. I. Malang, "Proses Pirolisis Dengan Memanfaatkan."
- [11] C. Reaktor, "Pemanfaatan sampah plastik jenis pp menjadi bahan bakar cair," vol. 7, no. September, pp. 90–96, 2021.
- [12] J. A. Pangestu and Nuryoswito, "Karakteristik Hasil Proses Pirolisis Jenis Plastik HDPE 50% LDPE 50% Menggunakan Katalis Lampung Dan Katalis Klaten Menggunakan SPSS, Anssysfluent," *J. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 2, pp. 281–288, 2021.
- [13] D. T. Mesin, F. Teknik, U. M. Indonesia, D. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Indonesia, "SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR Sejak ditemukannya energi yang modern , yaitu bahan bakar fosil dan nuklir peranan energi terbarukan , terutama dinegara maju menurun . Namun terjadinya krisis minyak pada era 1970-an dilanjutkan dengan meningkatnya kesadara," vol. 4, no. 1, pp. 72–76, 2022.
- [14] A. Zikri, Y. Bow, D. Nurmala sari, N. Wulandari, M. Rizky Adhitya Putra, and A. Rafilanda, "Analisa Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik 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 P," *J. Kinet.*, vol. 10, no. 01, pp. 24–30, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>.
- [15] B. Giovani and R. Lapisa, "The Effect Of Additional Plastic Pirolisis Fuel On Power and Torque In The 108 cc Injection Motorcycle," *AEJ J. Automot. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 101–110, 2020.
- [16] W. Ardiyansyah, "Rancang Bangun Alat Pengolahan Limbah Plastik (Pirolisis) Menjadi Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Metode Dfma (Design For Manufacture And Assembly)," *ENOTEK J. Energi dan Inov. Teknol.*, vol. 1, no. 01, pp. 19–23, 2021, doi: 10.30606/enotek.v1i01.1001.