

RANCANG BANGUN ALAT KONVERSI PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK DENGAN METODE PIROLISIS UNTUK PENANGANAN SAMPAH PLASTIK

I Gusti Ngurah Nitya
Santhiarsa

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Udayana
Jurusan Teknik Mesin
nitya_santhiarsa@unud.ac.id

The volume of plastic waste is increasing day by day, due to the lack of management technology and plastic is a non-biodegradable material. Plastic waste causes pollution to the environment and living things if left alone. Various efforts have been made to deal with plastic waste, but only cause other problems such as blockage of water flow. This research introduces the technology of converting plastic waste into fuel oil called pyrolysis. Pyrolysis is a method of converting plastic into fuel oil through a thermal decomposition process in the absence of oxygen. The purpose of this study was to determine the weight of oil produced in the pyrolysis process with variations in condenser temperature. The type of plastic used is LDPE, the reactor temperature is constant at 200° C. The pyrolysis process was carried out for 1 hour for each condenser temperature variation at 28° C, 14° C, and 4° C. Based on the research results, the condenser temperature variation at 28° C gets the lowest oil weight, which is 17 grf, while the condenser temperature variation at 14° C produces 32 grf of oil weight, and the highest oil weight is obtained at 4° C condenser temperature variation of 62 grf.

Keywords : *Pyrolysis, Plastic Waste, Condenser Variation Temperature, LDPE.*

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan sampah yang paling banyak ditemukan saat ini, karena hampir setiap barang dapat terbuat dari plastik seperti peralatan rumah tangga, peralatan transportasi, pembungkus makanan, dan lain sebagainya. Hal tersebut dikarenakan plastik merupakan suatu bahan yang bersifat serbaguna, murah, ringan, fleksibel, dan kuat [1]. Selain keserbagunaan dari bahan plastik, plastik juga memberikan dampak yang tidak baik bagi lingkungan maupun makhluk hidup karena meningkatnya produksi bahan plastik maka meningkat pula limbah-limbah plastik yang dihasilkan yang dapat mencemari lingkungan, apabila tidak adanya pengolahan sampah plastik [2,3]. Plastik merupakan jenis bahan *non* organik, karena plastik bersifat *non biodegradable*/ sulit terdegradasi oleh lingkungan. Kategori sampah yang dihasilkan dari kegiatan manusia sebesar 60-70 % merupakan sampah organik, sedangkan 30-40 % merupakan sampah non organik, sementara itu dari sampah *non* organik yang dihasilkan sebesar 14 % adalah sampah plastik [4,5]. Berbagai tindakan yang sudah dilakukan oleh masyarakat untuk memusnahkan sampah plastik, tetapi tindakan-tindakan yang dilakukan memicu timbulnya masalah lain seperti penyumbatan aliran air, menghasilkan gas pembakaran dan masalah lainnya [6,7].

Meningkatnya pertambahan penduduk menyebabkan konsumsi bahan bakar minyak juga semakin tinggi, hal ini menuntut untuk menemukan gagasan-gagasan baru serta pengembangan terhadap sumber energi alternatif. Oleh karena itu, sampah plastik yang volumenya kian menumpuk dapat dimanfaatkan untuk dijadikan energi alternatif yaitu energi fosil melalui proses pirolisis [8–10]. Umumnya teknik pengelolaan limbah sampah plastik hanya melalui *open dumping*, *sanitary landfill*, dan juga *composting*. Pada penelitian ini memperkenalkan teknologi pengelolaan sampah plastik dengan pengoperasian yang mudah, serta layak

dikembangkan, yang disebut dengan teknik pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu material pada temperatur tinggi yang berlangsung tanpa adanya oksigen atau minim oksigen. Produk-produk yang dihasilkan oleh piroliser dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan. Jenis-jenis fase bahan bakar yang dihasilkan dari proses konversi sampah plastik menjadi bahan bakar meliputi fase padat/ arang, fase cair/ tar, dan fase *flammabel gas*, yang dimana bahan bakar tersebut dapat dikonversikan lagi menjadi energi panas maupun energi listrik [11,12].

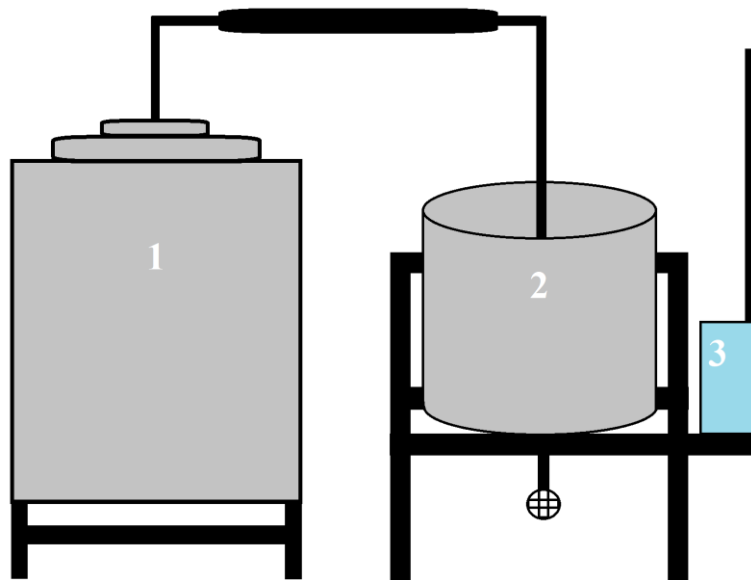
Penelitian sebelumnya [13] telah melakukan teknik pirolisis dengan menggunakan sampah plastik jenis LDPE dan PET, yang bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan volume minyak serta kualitas bahan bakar yang dihasilkan. Proses pirolisis dilakukan dalam waktu 2 jam dengan temperatur konstan 250° C. Hasil menunjukkan bahwa volume minyak yang dihasilkan dari plastik LDPE sebesar 525 ml, sedangkan plastik PET memperoleh sebesar 368.47 ml. Densitas yang dihasilkan dari kedua jenis plastik ini mendekati nilai densitas minyak tanah. Nilai kalor dari plastik LDPE menyerupai nilai kalor minyak disel, sedangkan nilai kalor plastik PET mendekati nilai kalor minyak tanah. Telah dilakukan penelitian [14] yaitu proses pirolisis menggunakan sampah plastik dengan penambahan sampah ranting. Temperatur pirolisis dijaga pada 450° C selama 10 menit. Berdasarkan hasil penelitian, asap cair terbaik didapat dari PP gr dan jambu biji 34.2 ml, arang optimum dihasilkan pada HDPE 75 gr dan mangga 25 gr yaitu sebesar 95.56 %.

Berdasarkan uraian diatas, melalui teknik pirolisis ditetapkan sebagai metode pengolahan sampah plastik, diharapkan dapat menjadi solusi permasalahan sampah plastik dan sumber bahan bakar alternatif yang berupa minyak sebagai pengganti bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat minyak hasil pirolisis dengan variasi temperatur kondenser antara 27° C, 14° C, dan 4° C. Sampah plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik LDPE (*low density polyethylene*) yang berjenis kresek, dengan temperatur reaktor 200° C. Maka dari itu penulis mengangkat judul “Rancang Bangun Alat Konversi Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Plastik”.

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari timbangan digital merk camry dengan *max* 5 kg, timbangan digital LPG *max* 20 kg, termometer digital, tabung gas LPG 3 kg beserta kompornya, dan alat pirolisis seperti yang tertera pada gambar 1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik jenis LDPE (*low density polyethylene*) yang dapat dilihat pada gambar 2. Sebelum plastik dipanaskan ke dalam reaktor, plastik terlebih dahulu dipotong menjadi ukuran kecil dan ditimbang.



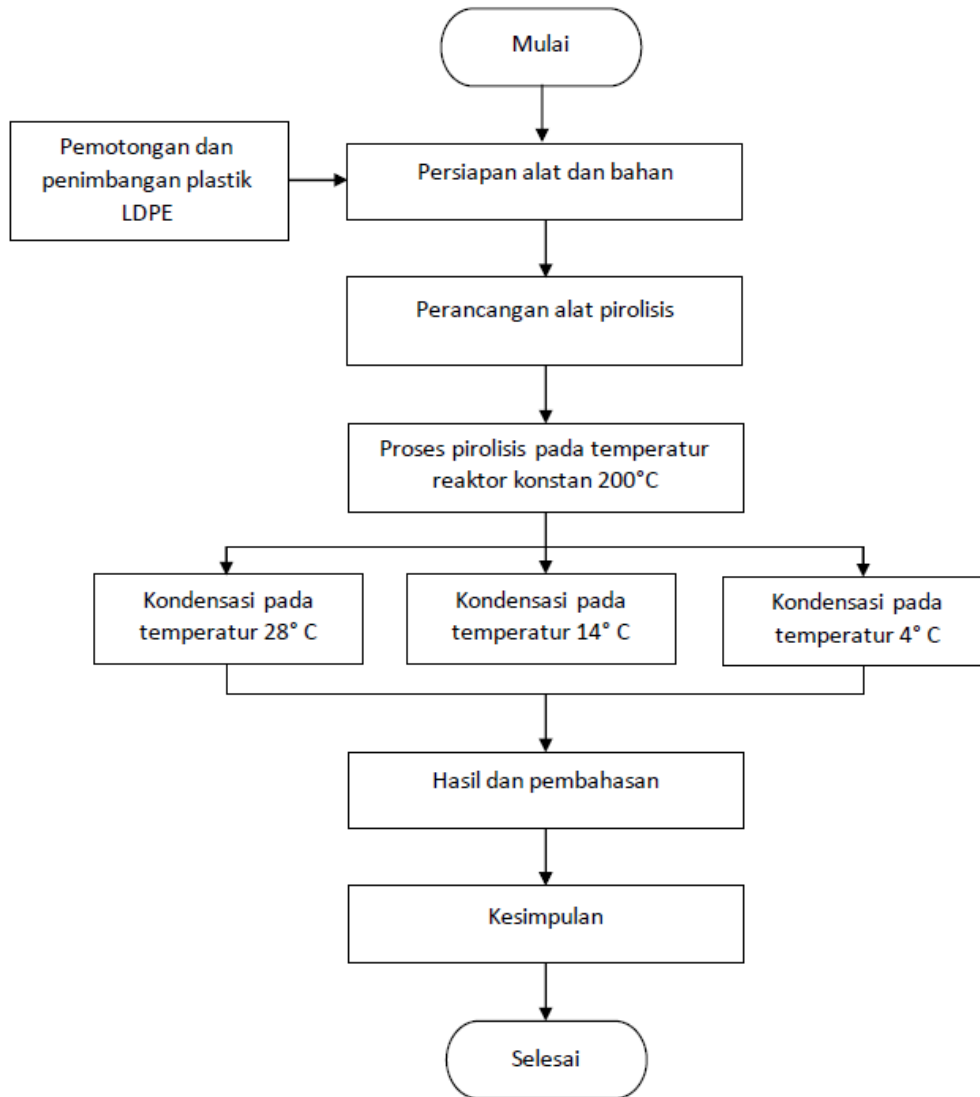
Gambar 1: Alat pirolisis konversi plastik menjadi bahan bakar minyak 1. Reaktor, 2. Kondenser, 3. Filter



Gambar 2: Plastik LDPE (*low density polyethylene*)

2.2 Prosedur

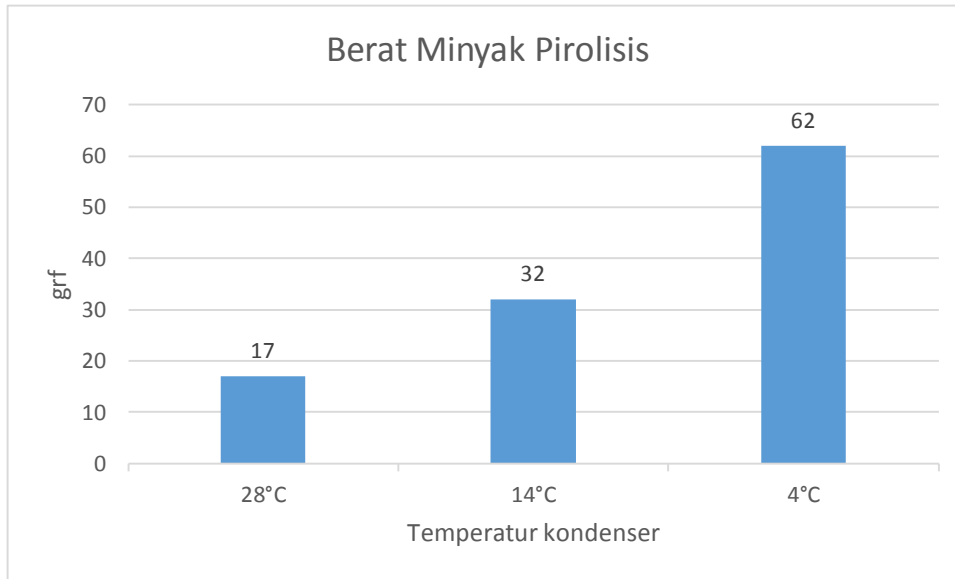
Adapun prosedur dalam penelitian ini adalah pertama-tama mempersiapkan alat dan bahan dengan memotong plastik LDPE menjadi ukuran lebih kecil, ditimbang menjadi 500 gram dan merancang alat pirolisis. Reaktor pirolisis terbuat dari bahan dasar stainless steel berdiameter 20 cm dan tinggi 30 cm, yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu reaktor pemanasan/ *furnace*, kondenser, dan filter yang dilengkapi dengan karbon aktif. Komponen reaktor pemanasan pirolisis dilengkapi dengan termometer bimetal dan terdiri dari pipa-pipa penghubung dengan panjang 80 cm yang berfungsi untuk menghubungkan ke kondenser. Kondenser berbahan dasar dari plat besi dengan kapasitas 10 L. Setelah selesai tahap perancangan alat, plastik LDPE sebanyak 500 gram kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, dimana akan mengalami proses pemanasan pada saat menyalakan *burner* yang berbahan bakar dari gas LPG 3 kg, dan dalam reaktor akan terjadi proses perubahan wujud dari padat menjadi gas/ menyublim. Tabung kondenser didesain sebagai media pendinginan yang disebut dengan proses *liquification*, yang merupakan proses perubahan wujud dari gas menjadi cair dengan kondensasi/ pendinginan. Pada tahap pendinginan ini, terjadi proses distilasi di dalam kondenser agar menghasilkan minyak pirolisis yang murni. Proses pembuatan minyak pirolisis dalam penelitian ini menggunakan variasi temperatur kondensasi yaitu 28° C dengan media pendinginan air statis, sedangkan variasi temperatur 14° C dengan menggunakan air yang ditambahkan 0.5 kg es batu, dan variasi temperatur 4° C menggunakan media pendinginan air yang ditambahkan 1.5 kg es batu. Dengan temperatur pemanasan didalam reaktor konstan 200° C, yang kemudian akan dibandingkan antara temperatur kondensasi dengan hasil berat minyak pirolisis. Proses pemanasan pirolisis dilakukan dalam waktu tetap yaitu 1 jam dalam setiap pengujian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3: Diagram alir penelitian

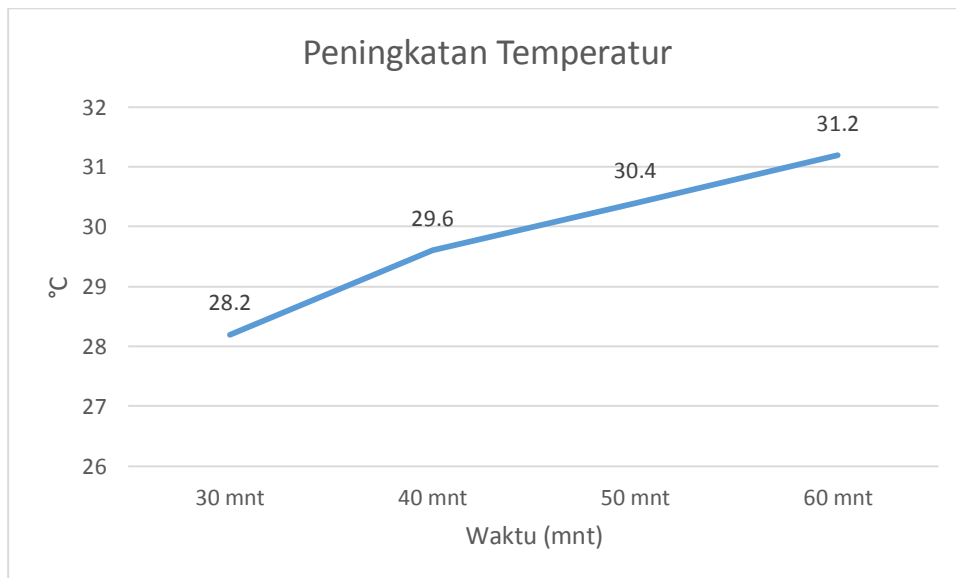
3. HASIL DAN DISKUSI

Dari pengambilan data uji yaitu proses pirolisis menggunakan plastik jenis LDPE pada temperatur reaktor 200° C dengan variasi kondensasi pada temperatur 28° C, 14° C, 4° C, didapatkan hasil berat minyak pirolisis terhadap masing-masing variasi kondenser seperti yang dijelaskan pada gambar 4. Proses pirolisis merupakan proses konversi dalam hal ini material plastik menjadi bahan bakar minyak dengan temperatur tinggi dan tanpa menggunakan oksigen. Pembakaran tidak sempurna pada plastik LDPE menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut dengan pirolisis [14]. Adapun fenomena yang terjadi dalam pirolisis adalah pada saat plastik LDPE dipanaskan dalam reaktor pirolisis dengan temperatur mencapai 200° C, maka plastik akan meleleh dengan mengalami perubahan wujud dari padat menjadi gas. Dalam proses pemanasan, energi panas mendorong terjadinya oksidasi yang menyebabkan molekul karbon kompleks terurai yang sebagian besar akan menjadi karbon atau arang. Gas panas dari proses konversi plastik dalam reaktor akan dialirkan menuju tabung kondenser melalui pipa penghubung reaktor dan kondenser. Didalam tabung kondenser, gas panas akan didinginkan oleh medi air yang ada pada kondenser. Dalam penelitian yang telah dilakukan temperatur pada kondensasi divariasikan dengan tujuan untuk membandingkan berat minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis. Fenomena yang terjadi dalam proses kondensasi adalah perubahan wujud gas menjadi cair, dalam hal ini gas panas didinginkan sehingga gas akan mencair menjadi bahan bakar minyak.

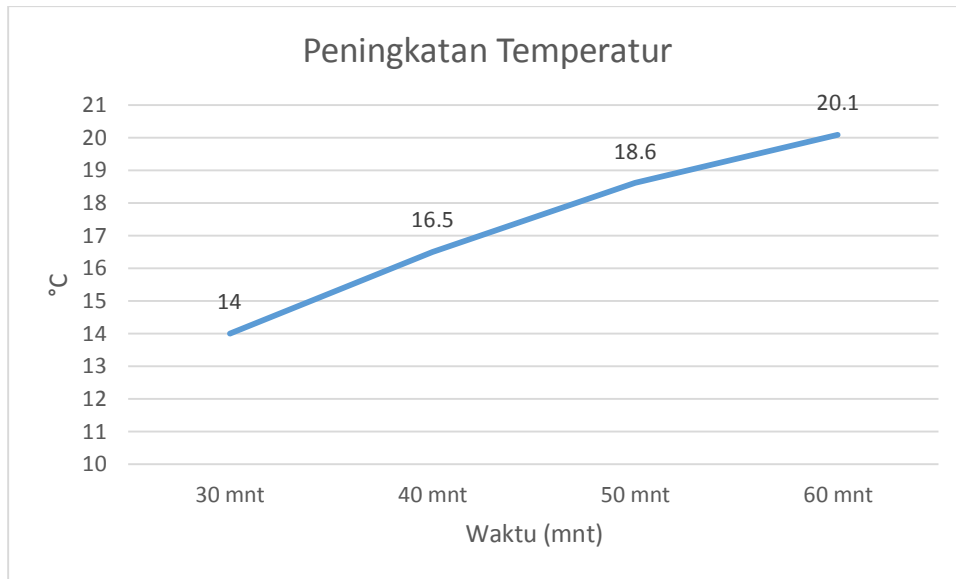


Gambar 4: Berat minyak pirolisis terhadap variasi temperatur kondenser.

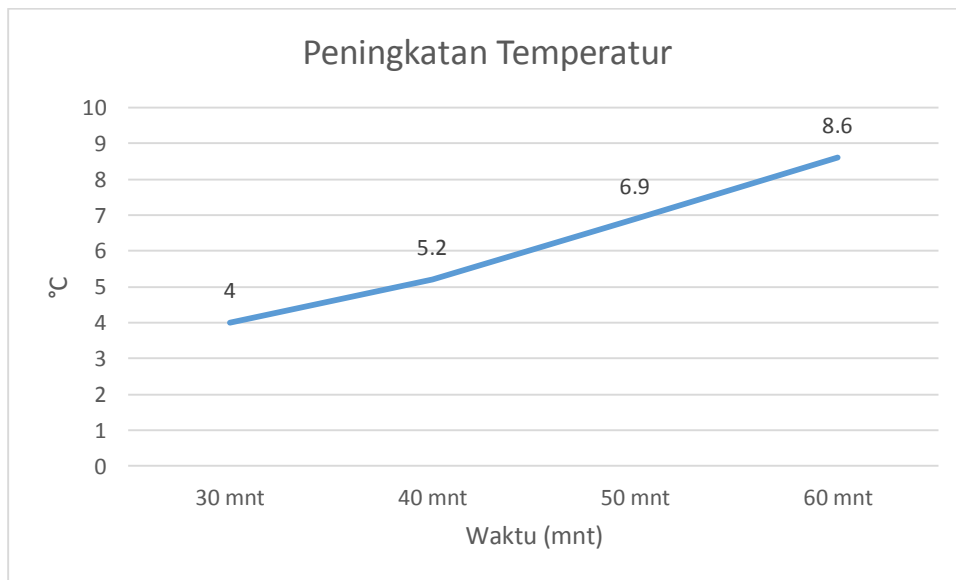
Peningkatan temperatur setiap 10 menit pada masing-masing variasi temperatur kondenser dapat dilihat pada gambar 5-7.



Gambar 5: Variasi temperatur kondenser 28° C.



Gambar 6: Variasi temperatur kondenser 14° C.



Gambar 7: Variasi temperatur kondenser 4° C.

Pada gambar 4 menjelaskan berat minyak pirolisis yang dihasilkan dari masing-masing variasi temperatur kondenser. Dapat dilihat bahwa hasil terendah didapat pada temperatur kondenser 28° C menghasilkan berat minyak yaitu sebesar 17 grf, sedangkan variasi temperatur kondenser 14° C menghasilkan berat minyak yang lebih banyak yaitu sebesar 32 grf, dan hasil yang paling tinggi didapat pada temperatur kondenser 4° C yaitu sebesar 62 grf. Hasil ini dapat terjadi dikarenakan temperatur pendinginan kondensasi yang berbeda-beda sehingga berat minyak pirolisis dihasilkan berbeda pula. Semakin rendah temperatur pada kondenser maka semakin tinggi berat minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis, begitu juga sebaliknya semakin tinggi temperatur pada kondenser maka berat minyak yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena pada saat temperatur kondensasi sebesar 28° C gas panas dari reaktor pirolisis mengalami proses pencairan yang kurang efisien, sehingga berat minyak yang dihasilkan rendah. Apabila temperatur kondensasi kisaran 4° C maka gas panas dari proses pirolisis akan semakin cepat mencair, yang mengakibatkan proses kondensasi semakin cepat dan menghasilkan berat minyak yang tinggi pula. Terdapat penelitian sebelumnya telah melakukan proses pirolisis dengan menggunakan limbah plastik HDPE dengan reaktor berbahan dasar *stainless steel*, dengan temperatur pemanasan reaktor sebesar 606.9° C, dan temperatur kondensasi 17° C. Dari hasil yang didapatkan berat minyak yang dihasilkan sebesar 460 grf [15]. Pada proses pirolisis, selain temperatur kondensasi harus rendah, parameter untuk menghasilkan minyak yang tinggi adalah pada temperatur pemanasan reaktor. Semakin tinggi temperatur reaktor maka proses konversi padat menjadi

gas akan semakin tinggi dan cepat.

Gambar 5 menjelaskan adanya peningkatan temperatur pada variasi kondenser 28° C, dimana pada menit ke 40 temperatur meningkat menjadi 29.6° C, sedangkan pada menit ke 50 temperatur menjadi 30.4° C, dan pada menit ke 60 peningkatan temperatur terjadi pada 31.2° C. Pada gambar 6 menjelaskan peningkatan temperatur pada variasi kondenser 14° C, pada waktu 40 menit temperatur didapati meningkat menjadi 16.5° C, sedangkan pada waktu 50 menit temperatur meningkat menjadi 18.6° C, dan di waktu 60 menit peningkatan temperatur menjadi 20.1° C. Untuk temperatur variasi kondenser 4° C, temperatur meningkat menjadi 5.2° C di menit 40, sedangkan pada menit ke 50 temperatur meningkat menjadi 6.9° C, dan pada menit ke 60 temperatur meningkat menjadi 8.6° C seperti yang tertera pada gambar 7. Semakin lamanya proses pirolisis menyebabkan temperatur pada kondenser mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena uap dari proses pirolisis memiliki temperatur yang tinggi sehingga pada saat uap mengalir ke pipa kondenser, temperatur pendingin di kondenser mengalami peningkatan. Peningkatan temperatur yang terjadi pada masing-masing variasi kondenser tersebut sebesar kisaran 5° C. Keterbatasan penelitian ini adalah pada temperatur reaktor yang maksimum hanya mencapai temperatur 200° C, dalam proses pirolisis disarankan temperatur reaktor dapat mencapai suhu diatas 200° C dan pada temperatur kondensasi mencapai dibawah 20° C agar proses pirolisis menjadi lebih efisien serta menghasilkan berat minyak pirolisis yang tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada rancang bangun alat konversi plastik menjadi bahan bakar dengan metode pirolisis untuk penanganan sampah plastik, dapat disimpulkan bahwa berat minyak pirolisis pada variasi temperatur kondenser 4° C mendapatkan hasil tertinggi yaitu sebesar 62 grf, sedangkan variasi temperatur kondenser 14° C mendapatkan hasil sebesar 32 grf, dan variasi temperatur kondenser 28° C menghasilkan berat minyak terendah yaitu 17 grf. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin rendah temperatur kondenser maka berat minyak yang dihasilkan akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya semakin tinggi temperatur pada kondenser maka berat minyak yang dihasilkan semakin rendah.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Dengan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada I Gede Artha Negara ST MT, I Wayan Putra Adnyana ST MT, dan pihak-pihak yang telah membantu, memberikan masukan, serta menyempurnakan dalam penyelesaian penelitian ini sehingga dapat menjadi sebuah ilmu yang bermanfaat di bidang pirolisis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. NASRUN, E. KURNIAWAN, and I. SARI, "Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis," *J. Energi Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [2] B. A. SEPTIANI, D. M. ARIANIE, V. F. A. A. RISMAN, W. HANDAYANI, and I. S. S. KAWURYAN, "Pengelolaan Sampah Plastik Di Salatiga: Praktik, dan tantangan," *J. Ilmu Lingkungan.*, vol. 17, no. 1, p. 90, 2019.
- [3] S. SUMINTO, "Ecobrick: solusi cerdas dan kreatif untuk mengatasi sampah plastik," *Prod. J. Desain Prod. (Pengetahuan dan Peranc. Produk)*, vol. 3, no. 1, p. 26, 2017.
- [4] P. PURWANINGRUM, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan," *JTL*, vol. 8, no. 2, pp. 141–147, 2019.
- [5] B. T. ANDRIASTUTI, A. ARIFIN, and L. FITRIA, "Potensi Ecobrick dalam Mengurangi Sampah Plastik Rumah Tangga di Kecamatan Pontianak Barat," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 7, no. 2, p. 055, 2019.
- [6] A. APRIYANI, M. M. PUTRI, and S. Y. WIBOWO, "Pemanfaatan sampah plastik menjadi ecobrick," *J. Masy. Berdaya dan Inov.*, vol. 1, no. 1, pp. 48–50, 2020.
- [7] M. N. S. NURYOSUWITO, SUDJITO, WIDYA WIJAYANTI, "Pengaruh campuran sampah plastik dengan katalis alam terhadap hasil produk pyrolisis," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 85–91, 2018.
- [8] N. NASRUN, E. KURNIAWAN, AND I. SARI, "Studi Awal Produksi Bahan Bakar Dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 5, no. 1, p. 30, 2017.
- [9] N. M. WEDAYANI, "Studi pengelolaan sampah plastik di pantai kuta sebagai bahan bakar minyak," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 15, no. 2, pp. 122–126, 2018.
- [10] U. B. 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. April, pp. 32–37, 2016.
- [11] A. MAHENDRA AJI WICAKSONO, "Pengolahan Sampah Plastik Jenis Pet(Polyethilene

- Perephthalathe) Menggunakan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Alternatif,” *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 9–15, 2017.
- [12] D. G. H. ADOE, W. BUNGANAEN, I. F. KRISNAWI, and F. A. SOEKWANTO, “Pirolisis Sampah Plastik PP (Polypropylene) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer,” *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 3, no. 1, pp. 17–26, 2016.
- [13] D. ISWADI *et al.*, “Pemanfaatan Sampah Plastik Ldpe Dan Pet Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis Utilization of LDPE and PET Plastic Waste into Oil Fuel By Pyrolysis Process,” *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 1, no. 2, p. 9, 2017.
- [14] F. L. SAVIRA and O. H. C., “Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dengan Penambahan Sampah Ranting,” *J. Envirotek*, vol. 9, no. 2, 2018.
- [15] 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.