

Analisis Desain Alat Destilator Tanpa Pendingin Fluida di TPST 3R Wlingi Blitar

Design Analysis Of Destilator Without Fluid Cooling In TPST 3R Wlingi Blitar

Isma'il Nur Khasan¹, Yeni Ratih Pratiwi², Johan Wayan Dika³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama' Blitar

e-mail: ¹ismailkhasan678@gmail.com, ²yeniratih88@gmail.com, ³johan_wayandika@gmail.com

Abstrak

Peningkatan jumlah sampah plastik merupakan faktor yang dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air jika tidak dikelola dengan baik. Maka diperlukan produksi alternatif dalam pengolahan sampah plastik yaitu dengan menjadikan bahan bakar minyak. Pengolahan tersebut diperlukan alat mesin sebagai proses destilasi yaitu destilator berpendingin kondensor. Kondensor merupakan alat yang digunakan untuk penukar panas antara fluida panas dan fluida dingin agar terpisah. Perancangan kondensor berpendingin fluida pada destilator tentu membutuhkan banyak biaya alat produksi dan desain rancang bangun yang lebih besar. Sehingga dilakukan analisis perancangan destilator dengan kondensor tanpa pendingin fluida di TPST 3R Wlingi Blitar. Metode yang digunakan meliputi metode studi literatur terkait pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif, studi lapangan, perancangan alat berdasarkan teori, dan pengujian bahan dengan cara pirolisis. Hasil yang diperoleh meliputi alat destilator di TPST 3R Wlingi lebih efisien dari segi desain, biaya produksi alat, dan hasil minyak yang dihasilkan lebih banyak dengan proses pendinginan kondensor tanpa pendingin fluida. Komposisi sampah plastik jenis PE dapat menghasilkan beberapa bahan bakar jenis alternatif, yaitu bahan bakar alternatif bensin menghasilkan volume ± 2200 ml, bahan bakar alternatif minyak tanah menghasilkan volume ± 3100 ml dan bahan bakar alternatif solar menghasilkan volume ± 4000 ml.

Katakunci: sampah plastik, destilator, kondensor.

Abstrack

The increase in the amount of plastic waste is a factor that can cause soil and water pollution if not managed properly. Therefore, alternative production is needed in processing plastic waste, namely by making fuel oil (BBM). This processing requires a machine tool as a distillation process, namely a condenser-cooled distillator. Condenser is a device used for heat exchanger between hot fluid and cold fluid to separate. The design of the fluid-cooled condenser in the distillator certainly requires a lot of production equipment costs and a larger design design. So that the analysis of the design of a distillator with a condenser without fluid cooling is carried out at the TPST 3R Wlingi Blitar. The methods used include literature study methods related to processing plastic waste into alternative fuels, field studies, designing tools based on theory, and testing materials by means of pyrolysis. The results obtained include that the distillator in the TPST 3R Wlingi is more efficient in terms of design, equipment production costs, and more oil is produced by cooling the condenser without fluid cooling. The composition of PE type plastic waste can produce several alternative fuels, namely Gasoline Alternative Fuel produces a volume of ± 2200 ml, Kerosene Alternative Fuel produces a volume of ± 3100 ml and Alternative Diesel Fuel produces a volume of ± 4000 ml.

Keyword: plastic waste, distillator, condenser.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah sampah plastik merupakan suatu faktor yang dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan terutama tanah dan air. Berbagai hal dilakukan sebagai upaya mengurangi pencemaran sampah plastik pada lingkungan dengan memanfaatkan sampah plastik baru untuk pembuatan bahan kerajinan tangan seperti pembuatan bunga, hiasan dinding, tas jinjing, dompet dan sebagainya. Plastik merupakan senyawa *polimer* yang unsur utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah *naphta*, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam [1]. Maka pada penelitian ini akan di kembangkan Mesin Destilasi sistem dua siklus pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) yang bersih dan layak pakai [2].

History of article:

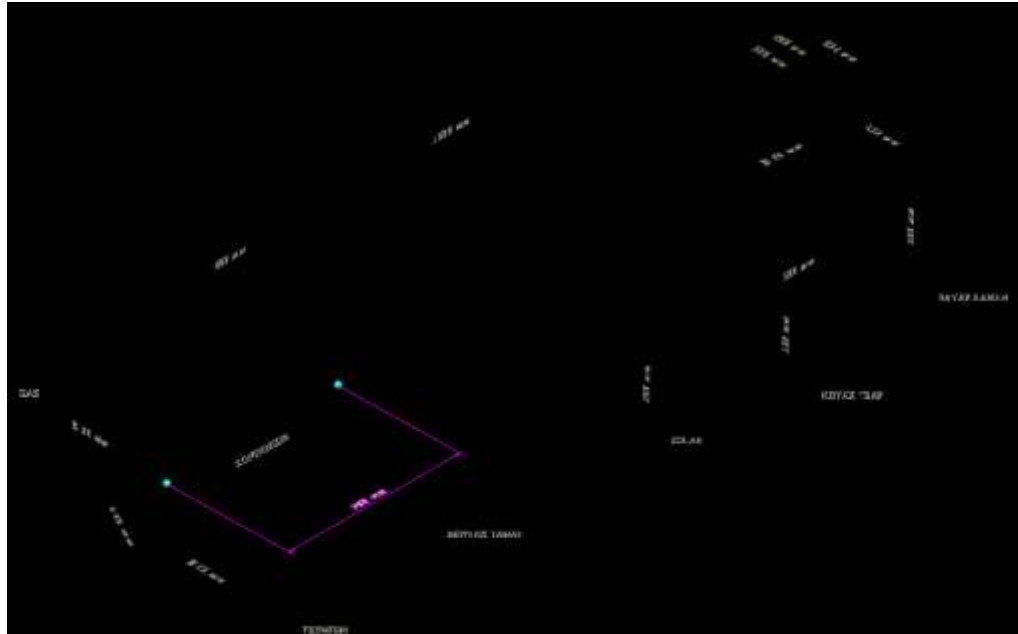
Received: September, 2021 : Desember, 2021

Hal tersebut sebenarnya hampir sama dengan proses *recycle*, yang membedakan proses daur ulang nya yang dilakukan adalah tidak hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi tetapi mengkonversi plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan alat mesin pada proses destilasi yaitu destilator. Penggunaan alat destilator dapat dijadikan sebagai cara untuk mengatasi dua permasalahan penting, yaitu bahayanya penumpukan sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik. Sampah plastik yang dikonversikan menjadi bahan bakar minyak dalam proses pirolisis yaitu dengan menggunakan alat mesin destilator sampah plastik, dalam proses pembuatannya menggunakan las jenis GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) mengacu terminologi penggunaan tungsten sebagai *elektroda* dan gas sebagai pelindung las dari oksigen di atmosfer [3].

Destilasi merupakan proses memanaskan bahan *fermentor* dalam bejana hingga *bioethanol* menguap dan terpisah dari fasa lain pada temperatur referensinya. Pada dasarnya proses ini merupakan proses perpindahan panas secara konveksi pada elemen pemanas yang menyentuh *fluida fermentor*, sebagaimana prinsip kerja *boiler* untuk menghasilkan uap. Uap yang terpisah akibat pemanasan selanjutnya disebut *volatile* akan mengalami proses kondensasi pada tabung kondensor, fenomena ini merupakan proses perpindahan panas dengan metode konveksi paksa [4].

Teknologi pembuatan fluida pendingin (*coolant*) dengan bahan dasar *ethylene glycol* yang diperuntukkan pada sistem pendinginan mesin merekomendasikan hasil produksinya, bahwa *coolant* tersebut dapat mencegah panas yang berlebihan, yakni mampu menyerap panas yang lebih baik bila dibanding dengan tanpa menggunakan *coolant* [5]. Akan tetapi yang menjadi fokus utama penulis pada penelitian ini adalah menganalisis rancang bangun pada tabung kondensor tanpa pendingin fluida.

Kondensor merupakan salah satu alat yang digunakan untuk penukar panas antara fluida dimana fluida panas dan fluida dingin terpisah atau tidak saling bercampur [6]. Kondensor juga diartikan sebagai alat penukar kalor yang berfungsi dalam tahap akhir destilasi dengan cara mengubah uap panas menjadi etanol melalui proses kondensat atau pengembunan. Perancangan kondensor pada destilator *bioethanol* adalah berupa proses perencanaan pada *shell* dan tube yang akan digunakan untuk proses *heat transfer* [7]. Adanya proses perhitungan ini bertujuan untuk memaksimal etanol yang akan dihasilkan pada saat pengujian alat destilator *Bioethanol*, *Bioethanol* merupakan energi terbarukan yang berasal dari bahan dasar nabati. Sebagaimana fungsinya, *Bioethanol* diharuskan memiliki tingkat kemurnian sesuai dengan standar mutu yang telah ditentukan sebagai energi terbarukan [8]. *Bioetanol* memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sifat *bioetanol* yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan karena emisi karbon dioksida rendah [9].



Gambar 1. Desain destilator tanpa pendingin fluida.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penelitian ini menggunakan metode studi literatur studi kepustakaan, kajian dari beberapa teori, dan tulisan-tulisan yang terkait dengan pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Studi lapangan dengan cara survei ke beberapa tempat yang banyak sampah dan sosialisasi bagaimana pengolahan sampah menjadi bahan bakar alternatif. Perancangan alat dilaksanakan berdasarkan teori yang didapatkan oleh penulis dari Bapak Muryani sebagai penemu alat destilator di TPST 3R Wlingi. Pengujian bahan dengan cara pirolisis dengan sumber yang didapat dari beberapa jurnal terkait penelitian terdahulu [10]. plastik di buat dalam penampungan kemudian dipanaskan dengan macam-macam themperatur dan waktu yang dibutuhkan adalah 390 menit. Bahan yang sudah dipirolisis akan menghasilkan bahan bakar alternatif kemudian di uji pada sampel tersebut untuk mengetahui nilai kalor pada bahan bakar tersebut.

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam pengumpulan data untuk dipakai dalam penyelesaian masalah adalah dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti, pada saat operasional dengan peralatan yang telah tersedia. Pengambilan data dilakukan saat pengujian berlangsung, guna mengetahui hasil pembakaran limbah plastik untuk menjadi bahan bakar minyak. Secara keseluruhan prosedur pengolahan data dalam penelitian ini adalah:

1. Limbah plastik didapatkan dari lingkungan sekitar, plastik ditimbang dengan jumlah massa 10 Kg.
2. Plastik kemudian dibersihkan dan dipotong-potong menjadi kecil untuk memudahkan proses pembakaran pada tungku destilasi.
3. Reaktor ditutup dan dikunci dengan baut agar tidak terjadi kebocoran pada tutup reaktor akan mengakibatkan hasil minyak tidak begitu banyak.
4. Alat ukur suhu (*thermocouple*) dan pengukur tekanan (*pressure*) dipasang pada dasar tutup reaktor berfungsi untuk mengetahui suhu pembakaran yang ada didalam reaktor pembakaran kemudian pressure berfungsi untuk mengetahui tekanan didalam reaktor tersebut.
5. Proses destilasi plastik dilakukan selama ± 5 jam dan minyak proses kondensasi plastik ditampung pada tabung ukuran kemudian disimpan kedalam sebuah botol agar tidak terjadi penguapan.

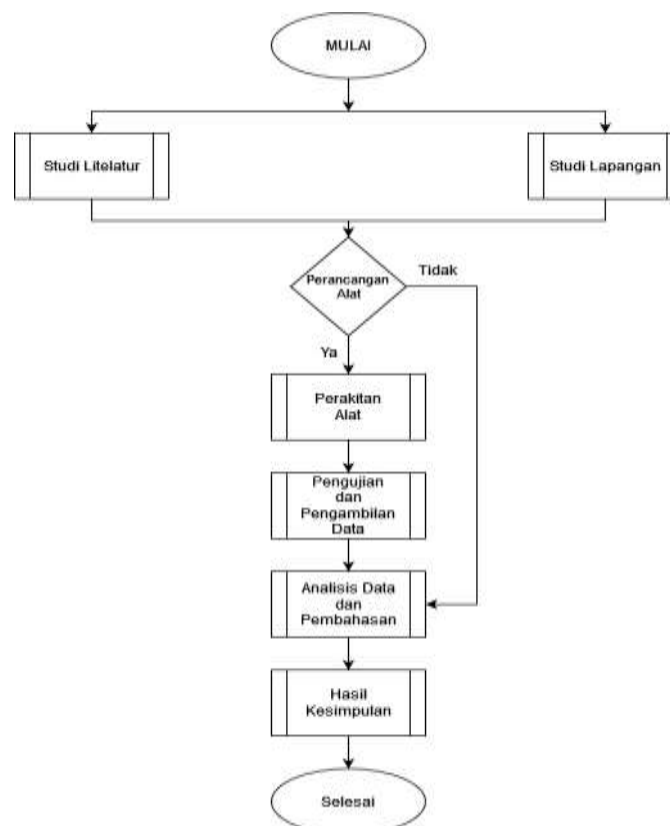
Hasil dari proses destilasi limbah plastik kemudian di uji dengan dibakar dan untuk mengetahui nilai kalor minyak, kita mengirim hasil destilasi ke balai industri guna mengetahui nilai kalor dari limbah plastik tersebut.

Setelah hasil destilasi limbah plastik sudah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah dengan mengisi lembar pengamatan sebagai bahan analisis dari penelitian. Oleh karena itu, lembar pengamatan sangat diperlukan dalam suatu penelitian untuk mempermudah dalam proses pengolahan data selanjutnya. Lembar pengamatan yang digunakan tersebut diharapkan penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan tertib dan data yang didapat tercatat dengan baik. Adapun lembar pengamatan dalam penelitian seperti Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Lembar pengamatan.

No.	Jenis Etanol	Volume (ml)	
		Sebelum di Filter	Sesudah di Filter
1	Bensin		
2	Minyak Tanah		
3	Solar		

Secara ringkas, tahapan-tahapan penelitian digambarkan dalam diagram yang ditunjukkan Gambar 2. diagram alur menjelaskan tentang alur penelitian ini yaitu dengan melakukan studi literatur dan studi lapangan, kemudian dilakukan analisis data dan pembahasan, sehingga diperoleh hasil kesimpulan.



Gambar 2. Diagram alur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian membuat bahan bakar minyak dari limbah plastik HDPE diawali dengan perancangan reaktor pirolisis. Reaktor pirolisis ini berbahan dasar stainless steel yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu tungku pembakaran, kotak trap, dan kondensor.

1. Tungku Destilator.

Gambar 3 tungku destilator dengan lebar 610 mm², tinggi 50 mm², dan terbuat dari bahan stainless steel dengan ketebalan 3 mm, tungku ini berkapasitas 10 kg plastik kering jenis PP.



Gambar 3. Tungku destilator.

2. Kotak Trap

Kotak trap atau kolom fraksinasi terdiri dari 5 pipa dengan diameter 10 mm sebagai input dari tungku pembakaran, dan 2 lubang *output* yang di teruskan ke kondensor dan penampungan solar.

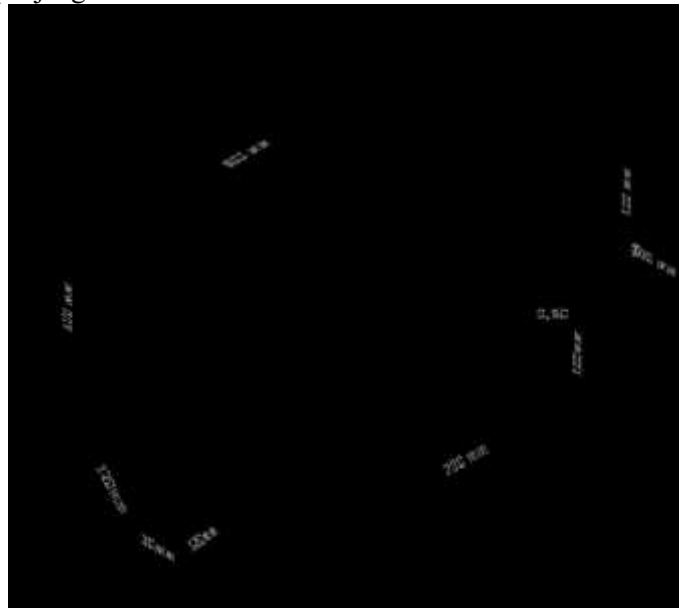


Gambar 4. Kotak trap.

3. Kondensor

Kondensor yang digunakan untuk penukar panas antara fluida panas dan fluida dingin terpisah atau tidak saling bercampur, tidak menggunakan pendingin cair untuk menurunkan suhu uap dari proses destilasi, melainkan cukup dengan desain kondensor berbentuk belah

ketupat campuran dengan panjang 700 mm, dengan dua pipa deameter 10 mm sebagai *output* minyak tanah dan premium dibagian ujung depan, yang diatasnya terpasang pipa dengan diameter 50 mm dan panjang 800 mm untuk memisahkan bahan bakar fluida dengan Gas.



Gambar 5. Kondensor.

Adapun hasil pemrosesan ini meliputi hasil distilasi dengan menyalakan sampel yang telah diperoleh dari suhu bervariasi. Hasil pengukuran volume setelah distilasi pada waktu konstan dan suhu bervariasi sesuai proses di lapangan. Dan untuk perhitungan perbandingan volume sesudah distilasi dimana dapat digambarkan kedalam bentuk tabel berikut :

a. Hasil Proses Premium

Tabel 2. Hasil Pemrosesan Premium.

No.	Waktu (menit)	Volume Sesudah Proses Distilasi (mL)	Suhu (°C)	Keterangan
1	0 - 30 menit	0 ml	$\pm 40^{\circ} \text{C}$	
2	30 - 60 menit	0 ml	$\pm 73^{\circ} \text{C}$	Penambahan Besar Api
3	60 - 90 menit	$\pm 5 \text{ ml}$	$\pm 115^{\circ} \text{C}$	Premium mulai menetes
4	90 - 120 menit	$\pm 50 \text{ ml}$	$\pm 150^{\circ} \text{C}$	Output Premium Mengabut
5	120 - 150 menit	$\pm 150 \text{ ml}$	$\pm 180^{\circ} \text{C}$	
6	150 - 180 menit	$\pm 250 \text{ ml}$	$\pm 175^{\circ} \text{C}$	
7	180 - 210 menit	$\pm 500 \text{ ml}$	$\pm 175^{\circ} \text{C}$	Mengganti Gas Elpiji
8	240 - 270 menit	$\pm 1500 \text{ ml}$	$\pm 150^{\circ} \text{C}$	Premium mengalir pelan
9	300 - 330 menit	$\pm 1750 \text{ ml}$	$\pm 175^{\circ} \text{C}$	
10	330 - 360 menit	$\pm 2000 \text{ ml}$	$\pm 190^{\circ} \text{C}$	
11	360 - 390 menit	$\pm 2200 \text{ ml}$	$\pm 210^{\circ} \text{C}$	

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil proses distilasi sampah plastik jenis PE ini menghasilkan $\pm 2200 \text{ ml}$ bahan bakar alternatif premium. Untuk mencapai proses bahan bakar alternatif premium ini minimum suhu yang dibutuhkan yaitu $\pm 115^{\circ} \text{C}$ sedangkan pada suhu maksimal agar bahan bakar alternatif premium ini bisa mengalir secara maksimal yaitu pada

suhu $\pm 175^{\circ}\text{C}$ dengan membutuhkan waktu kurang lebih 180 - 210 menit dan pada suhu $\pm 210^{\circ}\text{C}$ dengan waktu kurang lebih 360 – 390 menit untuk mencapai sampah plastik jenis PE ini bisa terurai. Jadi sampah plastik jenis PE ini akan lebih cepat mengalami proses pembakaran dan penguapan pada proses pirolisis karena memiliki kadar air rendah.

b. Hasil Proses Minyak Tanah

Tabel 3. Hasil Pemrosesan Minyak Tanah.

No.	Waktu (menit)	Volume Sesudah Proses Distilasi (mL)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Keterangan
1	0 - 30 menit	0 ml	$\pm 40^{\circ}\text{C}$	
2	30 - 60 menit	0 ml	$\pm 73^{\circ}\text{C}$	Penambahan Besar Api
3	60 - 90 menit	$\pm 5\text{ ml}$	$\pm 115^{\circ}\text{C}$	Minyak Tanah mulai menetes
4	90 - 120 menit	$\pm 50\text{ ml}$	$\pm 150^{\circ}\text{C}$	
5	120 - 150 menit	$\pm 350\text{ ml}$	$\pm 180^{\circ}\text{C}$	
6	150 - 180 menit	$\pm 500\text{ ml}$	$\pm 175^{\circ}\text{C}$	Minyak Tanah mengalir
7	180 - 210 menit	$\pm 1000\text{ ml}$	$\pm 175^{\circ}\text{C}$	Mengganti Gas Elpiji
8	240 - 270 menit	$\pm 2000\text{ ml}$	$\pm 150^{\circ}\text{C}$	
9	300 - 330 menit	$\pm 2350\text{ ml}$	$\pm 175^{\circ}\text{C}$	
10	330 - 360 menit	$\pm 2700\text{ ml}$	$\pm 190^{\circ}\text{C}$	Minyak Tanah mengalir pelan
11	360 - 390 menit	$\pm 3100\text{ ml}$	$\pm 210^{\circ}\text{C}$	

Pemerolehan dari tabel 3 menunjukkan bahwa pada pirolisis sampah plastik mengalami kenaikan massa jika ditinjau dari massa bahan bakar alternatif premium mengalami perubahan yaitu Premium menjadi $\pm 2200\text{ ml}$ dan minyak tanah menjadi $\pm 3100\text{ ml}$. Sehingga untuk mencapai proses bahan bakar alternatif minyak tanah ini minimum suhu yang dibutuhkan yaitu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ pada waktu kurang lebih 60 – 90 menit, sedangkan pada suhu maksimal agar bahan bakar alternatif minyak tanah ini bisa mengalir secara maksimal yaitu pada suhu $\pm 175^{\circ}\text{C}$ dengan membutuhkan waktu kurang lebih 150 - 180 menit dan pada suhu $\pm 210^{\circ}\text{C}$ dengan waktu kurang lebih 360 – 390 menit untuk mencapai sampah plastik jenis PE ini bisa terurai. Jadi sampah plastik jenis PE ini akan lebih cepat mengalami proses pembakaran dan penguapan pada proses pirolisis karena memiliki kadar air rendah.

c. Hasil Proses Solar

Tabel 4. Hasil pemrosesan solar.

No.	Waktu (menit)	Volume Sesudah Proses Distilasi (mL)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Keterangan
1	0 - 30 menit	0 ml	$\pm 40^{\circ}\text{C}$	
2	30 - 60 menit	0 ml	$\pm 73^{\circ}\text{C}$	Penambahan Besar Api
3	60 - 90 menit	0 ml	$\pm 115^{\circ}\text{C}$	
4	90 - 120 menit	$\pm 10\text{ ml}$	$\pm 150^{\circ}\text{C}$	Solar mulai menetes
5	120 - 150 menit	$\pm 200\text{ ml}$	$\pm 180^{\circ}\text{C}$	Solar mulai mengalir
6	150 - 180 menit	$\pm 1000\text{ ml}$	$\pm 175^{\circ}\text{C}$	
7	180 - 210 menit	$\pm 1500\text{ ml}$	$\pm 175^{\circ}\text{C}$	Mengganti Gas Elpiji
8	240 - 270 menit	$\pm 2000\text{ ml}$	$\pm 150^{\circ}\text{C}$	
9	300 - 330 menit	$\pm 3000\text{ ml}$	$\pm 175^{\circ}\text{C}$	
10	330 - 360 menit	$\pm 3500\text{ ml}$	$\pm 190^{\circ}\text{C}$	Solar Mengalir pelan

11	360 - 390 menit	± 4000 ml	$\pm 210^{\circ}$ C
----	-----------------	---------------	---------------------

Pemerolehan dari tabel 4 menunjukkan bahwa pada pirolisis sampah plastik mengalami kenaikan massa jika ditinjau dari massa bahan bakar alternatif minyak tanah mengalami perubahan yaitu solar menjadi ± 3100 ml dan minyak tanah menjadi ± 4000 ml. Untuk mencapai proses bahan bakar alternatif minyak tanah ini minimum suhu yang dibutuhkan yaitu $\pm 150^{\circ}$ C pada waktu kurang lebih 90 - 120 menit, sedangkan pada suhu maksimal agar bahan bakar alternatif minyak tanah ini bisa mengalir secara maksimal yaitu pada suhu $\pm 180^{\circ}$ C dengan membutuhkan waktu kurang lebih 120 menit dan pada suhu $\pm 210^{\circ}$ C dengan waktu kurang lebih 360 – 390 menit untuk mencapai sampah plastik jenis PE ini bisa terurai. Jadi sampah plastik jenis PE ini akan lebih cepat mengalami proses pembakaran dan penguapan pada proses pirolisis karena memiliki kadar air rendah.

d. Hasil Proses Penyaringan

Bahan bakar hasil proses destilasi yang telah melalui proses tadi selanjutnya melalui proses penyaringan. Proses filtrasi dilakukan menggunakan bahan pasir lumajang dan kapas yang telah disusun sedemikian rupa menjadi tiga lapis untuk memperoleh hasil yang jernih. Disini kami tidak menggunakan bahan kimia seperti *Bleaching Earth* untuk menjernihkan proses filtrasi, namun kedepanya kami akan menggunakan Briket Arang (Karbon) untuk proses filtrasi.



Gambar 6. Proses penyaringan.

Tabel 6. Hasil Penyaringan.

No.	Jenis Etanol	Volume (ml)	
		Sebelum di Filter	Sesudah di Filter
1	Bensin	± 2200 ml	± 1500 ml
2	Minyak Tanah	± 3100 ml	± 2000 ml
3	Solar	± 4000 ml	± 2500 ml

Pemerolehan dari Tabel 6 ini bisa dilihat dari hasil destilasi sampah plastik jenis PE yang menghasilkan kurang lebih 9300 ml bahan bakar alternatif sebelum di filter, sedangkan sesudah di filter akan menghasilkan kurang lebih 6000 ml, karena di dalam kandungan bahan bakar alternatif ini banyak mengandung karbon dan timbal, sehingga jika difilter akan menghasilkan akan menghasilkan bahan bakar alternatif murni dengan massa yang jauh lebih menurun daripada sebelum difilter.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengamatan dan pembahasan menunjukkan bahwa sampah plastik jenis PE dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Dengan demikian alat destilator di TPST 3R Wlingi ini lebih efisien dari segi desain, biaya produksi alat, dan hasil minyak yang dihasilkan lebih banyak karena proses pendinginan kondensor tanpa pendingin fluida. Kesimpulan dari alat ini adalah distilasi dengan komposisi sampah plastik jenis PE dapat menghasilkan beberapa bahan bakar jenis alternatif. Diantaranya yaitu bahan bakar alternatif bensin menghasilkan volume ± 2200 ml, bahan bakar alternatif minyak tanah menghasilkan volume ± 3100 ml, dan bahan bakar alternatif solar menghasilkan volume ± 4000 ml.

Pada proses distilasi sampah plastik jenis PE ini ada berbagai macam suhu yang dibutuhkan untuk mulai merubah dari sampah plastik menjadi bahan bakar cair, untuk bahan bakar alternatif premium dan minyak tanah mempunyai suhu yang sama yaitu mulai dari suhu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ untuk memulai meneteskan bahan bakar dan untuk bahan bakar alternatif solar yaitu kurang lebih $\pm 150^{\circ}\text{C}$.

SARAN

Saran-saran yang dapat diberikan sehubungan dengan hasil dan simpulan dari penelitian ini yaitu penelitian ini dapat digunakan sebagai proses awal peneliti lain yang berminat melakukan kajian yang relevan, perlunya pemberian hak cipta mengenai alat destilator ini agar dapat dikembangkan dalam dunia pendidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Zainudin, M. Pd selaku rektor Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, Muhammad Helmi Hakim. M.Si. selaku dekan FIE, Nurhadi Saputro, S. Pd., M. Eng., selaku ketua jurusan teknik mesin Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, Yeni Ratih Pratiwi, S.Pd., M.Pd., selaku dosen pembimbing I, Johan Wayan Dika, M.Pd., selaku dosen pembimbing II, selaku dosen pembimbing II, Muryani, selaku pimpinan TPST 3R Wlingi yang telah memberikan tempat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sukadi and N. Novarini, "Rancang Bangun Alat Pirolisis Untuk Daur Ulang Sampah Kantong Plastik," *Tek. J. Tek.*, vol. 5, no. 2, p. 96, 2019, doi: 10.35449/teknika.v5i2.86.
- [2] 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.
- [3] A. F. Hadi Mukhammad, B. Setyoko, . M., M. Amiruddin, K. K. Abdillah, and R. S. Utama, "Rancang Bangun Awal Mesin Las Gtaw Semi Otomatis Untuk Pengelasan Plat Baja," *T R a K Si*, vol. 18, no. 2, p. 96, 2019, doi: 10.26714/traksi.18.2.2018.96-108.
- [4] A. Perpindahan *et al.*, "Analysis of the Condenser Heat Transfer in the Bioethanol Distillation Process as a Biofuel from a Mixture of Salak and Coconut Water Waste," *43 JMEMME*, vol. 2, no. 2, 2018, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jmemme>.
- [5] M. Lazim, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, and U. Tridinanti, "PADA PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE," vol. 1, 2013.
- [6] Mafruddin, U. S. Dharma, and A. Nuryanto, "Pengaruh Geometri Pipa Kondensor Terhadap," vol. 6, no. 2, pp. 193–197, 2017.
- [7] B. Rubianto, R. Winarso, and R. Wibowo, "RANCANG BANGUN KONDENSOR PADA DESTILATOR BIOETANOL KAPASITAS 5 LITER/JAM DENGAN SKALA UMKM," *J. CRANKSHAFT*, vol. 1, no. 1, 2018, doi: 10.24176/crankshaft.v1i1.2587.
- [8] H. Susanto, R. Winarso, and R. Wibowo, "Rancang Bangun Menara Refluks Pada Destilator Bioethanol Kapasitas 5 Liter/Jam Berskala Umkm," *J. Crankshaft*, vol. 1, no. 1, pp. 37–48, 2018, doi: 10.24176/crankshaft.v1i1.2588.
- [9] M. Margono, M. A. R. Manfaat, A. S. Hutomo, and A. N. Ramadhani, "Pengaruh Laju Alir Umpan dan Arus Recycle Terhadap Proses Fermentasi Bioetanol Menggunakan Integrated

- Aerobic-Anaerobic Baffled Reactor (IAABR),” *Equilib. J. Chem. Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.20961/equilibrium.v3i1.43209.
- [10] J. Arifin and S. Ihsan, “Analisa Dan Perancangan Limbah Plastik Sampah Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Alternatif,” *J. EEICT (Electric, Electron.*, vol. 1, no. 1, pp. 53–60, 2018.