

Pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik kapasitas 3 kg

Nur Aini Uwar^{1*}, Erol Richard Sospelissa²

^{1,2}Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Politeknik Perikanan Negeri Tual Jl. Raya Langgur-Sathean Km.6, Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku

*Corresponding author: nurainiuar@gmail.com

Abstract

In general, plastics have low density, are insulating to electricity, have varying mechanical strength, limited temperature resistance, and varying chemical resistance so that they are widely used because of their advantages. Efforts to manage plastic waste practically and effectively to reduce the widespread pollution. The purpose of this study was to find out the effect of the use of condenser cooling water on the results of the distillation of plastic waste capacity of 3 Kg. Testing was carried out in two ways: measuring the relationship of the time and heat of the kettle, the relationship of time and heat of the condenser. The results showed that the longer time achieved will be the greater the increase in the temperature of the kettle obtained that is 65°C to 72°C means a change (72°C - 65°C = 7°C), and the longer time achieved will be less heat obtained ie heat value of 2805.688125 and hour later decreased by 2622.88125. In conclusion, the longer the time reached at the time of energy administration in the kettle and the provision of energy to the condenser, the greater the increase in the temperature of the kettle.

Keywords: plastic waste, Terephthalate Polyethylene, High Density Polyethylene, temperature, time

Abstrak

Secara umum plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia bervariasi sehingga banyak digunakan karena kelebihanannya. Upaya pengelolaan sampah plastik secara praktis dan efektif dalam rangka mengurangi pencemaran yang semakin luas. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik kapasitas 3 kg. Pengujian dilakukan dengan dua cara: mengukur hubungan waktu dan panas ketel, hubungan waktu dan panas kondensor, serta hasil yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambah lama/waktu yang dicapai akan semakin besar kenaikan suhu ketel yang diperoleh yakni 65°C menjadi 72°C, semakin besar kapasitas air pendingin lebih baik pertukaran suhu pada kondensor (54-33=21°C) serta hasil destilasi yang lebih baik 942 cc.

Kata kunci: Limbah plastik, Terephthalate Polyethylene, High Density Polyethylene, suhu dan waktu

Pendahuluan

Berbagai macam jenis sampah plastik yang bisa didaur ulang untuk menjadi bahan bakar minyak, yaitu dari limbah plastik botol air mineral gelas, bungkus nasi, kantong plastik, dan lain-lain. Sampah adalah wujud barang atau sisa makanan yang sudah tidak terpakai. Menurut

Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menyebutkan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke

lingkungan. Sampah botol plastik merupakan bahan padat buangan dari kegiatan manusia yang sudah terpakai [1].

Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktivitasnya. Bukan sesuatu yang mengherankan jika plastik banyak digunakan karena plastik memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan bahan lainnya. Secara umum plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia bervariasi. Sifat plastik yang ringan akan cenderung terangkat ke permukaan bila ditimbun sehingga akan mengotori lingkungan sekitar. Bila tercecer di atas permukaan air maka akan menyumbat selokan dan bila dibakar akan menimbulkan asap yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Bahkan plastik juga tidak dapat diuraikan di dalam tanah.

Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, sehingga penggunaan plastik dalam masyarakat modern mengalami peningkatan yang amat pesat, karena plastik mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil, namun sulit terurai oleh mikroorganisme dalam lingkungan. Plastik adalah istilah umum bagi polimer yaitu material yang terdiri dari rantai panjang karbon dan elemen-elemen lain (oksigen, nitrogen, klorin, atau belerang) yang mudah dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran. Bahan pembuat plastik pada mulanya adalah minyak dan gas sebagai sumber alami, tetapi di dalam perkembangannya bahan-bahan ini digantikan dengan bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan [2].

Sebagian besar plastik yang digunakan masyarakat merupakan jenis plastik *Polypropylene* (PP). Ada dua jenis plastik *Polypropylene*, yaitu *high density polyethylene* (HDPE) dan *low density polyethylene* (LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai botol plastik minuman, sedangkan LDPE untuk kantong plastik.

Mengingat asal mula plastik adalah minyak bumi, maka sampah plastik ini dapat diubah kembali menjadi bentuk semula. Akan lebih bermanfaat jika diubah menjadi minyak seperti semula dibandingkan dengan kebiasaan masyarakat yang selalu membakar sampah yang berdampak tidak baik bagi lingkungan [3-5].

Limbah plastik dianggap sebagai berpotensi sumber ekonomi bahan kimia dan energi. Banyak dari kita telah menemukan berbagai produk yang menggunakan bahan plastik hari ini. Sebagai hasil dari meningkatnya tingkat konsumsi swasta bahan-bahan plastik dalam jumlah besar limbah yang dibuang ke lingkungan. *Catalytic cracking* (proses retak) adalah proses yang mengubah limbah plastik menjadi produk hidrokarbon cair berharga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk berbagai keperluan seperti mesin diesel, generator, kendaraan, dll gas produk sampingan yang diperoleh dalam proses dapat digunakan untuk mengisi dalam silinder dan juga untuk menjalankan turbin gas [6].

Kajian pemanfaatan sampah plastik sebagai sumber bahan bakar cair didapatkan hasil bahan baku plastik jenis kantong kresek (PP) dengan massa 500 gram yaitu 484 ml bahan bakar, bahan botol oli (HDPE) massa 500 gram yaitu 403 ml bahan bakar [7].

Pengolahan sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pirolisis di dapatkan hasil dengan bahan baku plastik (HDPE) dengan massa 500 gram terjadi pada suhu 400°C dan waktu operasi 60 menit dengan jumlah produk sebesar 453 ml bahan bakar. dan bahan baku plastik (LDPE) dengan massa 500 gram terjadi pada suhu 400°C dan waktu operasi 60 menit dengan jumlah produk sebesar 445 ml bahan bakar [8].

Pemanfaatan sampah plastik dengan cara daur ulang umumnya dilakukan oleh industri. Secara umum terdapat empat persyaratan agar suatu sampah plastik dapat diproses oleh suatu industri, antara lain sampah harus dalam bentuk tertentu sesuai

kebutuhan (biji, pellet, serbuk, pecahan) sampah harus homogen, tidak terkontaminasi, serta diupayakan tidak teroksidasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, sebelum digunakan sampah plastik diproses melalui tahapan sederhana, yaitu pemisahan, pemotongan, pencucian, dan penghilangan zat-zat seperti besi dan sebagainya.

Maluku tenggara adalah suatu propinsi yang belum memiliki pengolahan sampah plastik sehingga menyebabkan kesulitan bagi pemerintah daerah dalam mencari lahan untuk tempat pembuangan akhir dan juga harus mencari lahan luas lain yang dibutuhkan untuk lahan pengomposan. Pembakaran sampah yang dilakukan di udara terbuka, walaupun mampu mengurangi volume sampah secara cepat namun menimbulkan polusi udara berupa abu (*particulat*) atau gas beracun seperti misalnya gas furan dan dioksin.

Media pendingin pada destilasi sangat banyak namun bentuk pendingin lain sangat sulit mendesain alat yang digunakan termasuk efisiensi dari penggunaannya. Pendingin dengan udara membutuhkan proses desain dan perhitungan yang rumit karena membutuhkan tekanan (P) yang cukup besar.

Pendinginan dengan menggunakan air sangatlah muda dan desain alatnyapun sangat mudah, namun jika airnya berlebihan menjadikan unsur yang bersirkulasi dengan uap akan membeku dan menempel pada dinding pipa kondensor dan jika air pendingin sedikit maka unsur masih tercampur dengan minyak plastik.

Untuk mengatasi masalah pencemaran limbah plastik pada lingkungan masyarakat dan mengurangi krisis BBM yang selama ini menjadi keluhan di masyarakat, maka penulis berinisiatif dengan suatu perencanaan untuk mengetahui pengaruh menggunakan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik.

Diharapkan dengan adanya mesin ini, dapat menjadi sebuah terobosan baru dalam mengatasi masalah sampah plastik sebagai sumber polusi pada lingkungan

Tinjauan Pustaka

1. Sejarah destilasi

Destilasi pertama kali ditemukan oleh kimiawan Yunani sekitar abad pertama masehi yang akhir perkembangannya dipicu terutama oleh tingginya permintaan akanspritus. Hypathia dari Alexandria dipercaya telah menemukan rangkaian alat untuk destilasi dan Zosimus dari Alexandria-lah yang telah berhasil menggambarkan secara akurat tentang proses destilasi pada sekitar abad ke-4. Bentuk modern destilasi pertama kali ditemukan oleh ahli-ahli kimia Islam pada masa kekhalifahan Abbasiyah, terutama oleh Al-Razi pada pemisahan alkohol menjadi senyawa yang relatif murni melalui alat alembik, bahkan desain ini menjadi semacam inspirasi yang memungkinkan rancangan destilasi skala mikro, The Hickman Stillhead dapat terwujud. Tulisan oleh Jabir Ibnu Hayyan (721-815) yang lebih dikenal dengan Ibnu Jabir menyebutkan tentang uap anggur yang dapat terbakar. Ia juga telah menemukan banyak peralatan dan proses kimia yang bahkan masih banyak dipakai sampai saat ini. Kemudian teknik penyulingan diuraikan dengan jelas oleh Al-Kindi (801-873).

Salah satu penerapan terpenting dari metode destilasi adalah pemisahan minyak mentah menjadi bagian-bagian untuk penggunaan khusus seperti untuk transportasi, pembangkit listrik, pemanas, dll.

Proses destilasi banyak digunakan oleh industri dan merupakan metode pemisahan yang sering digunakan untuk mendapatkan fluida murni dari suatu campuran tertentu. Proses destilasi sebenarnya tidak 100% memisahkan campuran tetapi hanya meningkatkan konsentrasinya saja. Contoh industri yang menggunakan proses destilasi ialah industri minyak bumi, industri gas, industri pembuatan alkohol, dan lain-lain.

2. Defenisi

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia

berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya.

3. Prinsip Kerja Destilasi

Pada prinsipnya pemisahan dalam suatu proses destilasi terjadi karena penguapan salah satu komponen dari campuran, artinya dengan cara mengubah bagian-bagian yang sama dari keadaan cair menjadi berbentuk uap. Dengan demikian persyaratannya adalah kemudahan menguap (volatilitas) dari komponen yang akan dipisahkan berbeda satu dengan yang lainnya. Pada campuran bahan padat dalam cairan, persyaratan tersebut praktis selalu terpenuhi. Sebaliknya, pada larutan cairan dalam cairan, biasanya tidak mungkin dicapai sempurna, karena semua komponen pada titik didih campuran akan mempunyai tekanan uap yang besar. Destilasi yang murni praktis hanya dapat diperoleh jika cairan yang sukar menguap mempunyai tekanan uap yang kecil sekali sehingga dapat diabaikan.

Secara umum, destilasi merupakan teknik pemisahan yang didasari atas perbedaan perbedaan titik didih atau titik cair dari masing-masing zat penyusun dari campuran homogenya. Dalam proses destilasi terdapat dua tahap proses yaitu tahap penguapan dan dilanjutkan dengan tahap pengembangan kembali uap menjadi cair atau padatan. Atas dasar ini maka perangkat peralatan destilasi menggunakan alat pemanas dan alat pendingin.

4. Tungku Bakar

Ketebalan tungku adalah 1,3 cm dan berfungsi sebagai tempas sumber energi

pembakaran. Proses perpindahan panasnya adalah :

Konduksi

Perambatan kalor melalui zat padat atau perantaranya zat padat.

$$Q = k . A . (\Delta T)$$

dimana :

Q = jumlah kalor yang merambat per satuan waktu (joule).

ΔT = gradien temperatur ($^{\circ}\text{C}$).

K = koefisien konduksi ($\text{kJ}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

A = luas penampang (m^2)

Konveksi

Perambatan kalor yang terjadi dengan zat penghantarnya adalah fluida.

$$q = h . A . \Delta T$$

Dimana

q = jumlah kalor yang merambat per satuan waktu(joule)

h = koefisien konveksi($\text{kJ}/^{\circ}\text{C}$)

ΔT = kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Pembakaran

Pembakaran terjadi secara proses kimia antara bahan-bahan yang mudah terbakar dengan oksigen dari udara untuk menghasilkan energi panas yang dapat digunakan untuk keperluan pembakaran. Komponen utama bahan-bahan yang mudah terbakar adalah carbon, hidrogen, dan campuran lainnya. Dalam proses pembakaran komponen ini terbakar menjadi karbondioksida dan uap air. Sejumlah sulfur juga terdapat pada sebagian besar bahan bakar.

5. Jenis-Jenis Destilasi

Destilasi Sederhana

Pada destilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Salah satu contoh aplikasi destilasi sederhana yaitu

digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

Destilasi Uap

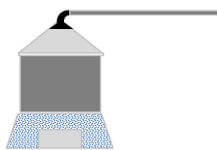
Tipe khusus atau spesial dari sebuah destilasi untuk suatu bahan yang sensitif terhadap suhu seperti senyawa aromatik yang biasanya terdapat didalam minyak atsiri. Destilasi uap ini dibuat karena terdapatnya masalah dari beberapa senyawa yang terkadang rusak atau molekul molekulnya pecah saat pemanasan dengan suhu tinggi.

Destilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200 °C atau lebih. Destilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100 °C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih.

6. Peralatan Destilasi

Ketel

Ketel berfungsi sebagai tempat penampung bahan plastik air dan atau uap untuk mengadakan kontak dengan bahan (plastik). Di dalam ketel terjadi penguapan plastik, ketel tersebut dilengkapi dengan penutup yang dapat dibuka dan diapitkan pada bagian atas penampang ketel. Pada tutup ketel pasang pipa. Pipa ini berguna untuk mengalirkan uap ke kondensor.



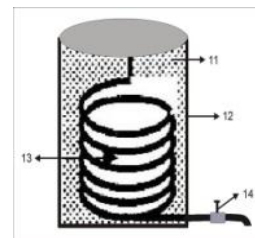
Gambar 1.ketel

Pipa penghubung ini berdiameter paling kecil 1 inchi dan jika diinginkan proses penyulingan yang lebih cepat, maka diameternya harus lebih besar. Semua sambungan pada pipa ketel harus di las/disolder dengan kuat, karena setiap tempat yang bocor mengakibatkan hilangnya sebagian uap dan pemborosan bahan bakar. Supaya uap tidak menerobos keluar melalui celah antara ketel dan

penutup, sebaiknya antara ketel dan penutup ditambahkan karet, kain, atau bahan lain yang dapat menghambat keluarnya uap. Selain penambahan perapat pada ketel dan penutup, sehingga penguapan tidak bisa keluar dari celah-celah ketel dari penutup.

Kondensor (pendingin)

Kondensor merupakan suatu perlengkapan utama dalam penyulingan. Ukuran dan bentuk kondensor dapat bermacam-macam. Kondensor berfungsi untuk mengubah seluruh uap menjadi fase cair. Jumlah panas yang dikeluarkan pada peristiwa kondensasi sebanding dengan panas yang diperlukan untuk penguapan uap minyak dan uap air.



Gambar 2.kondensor

Tipe kondensor dalam penyulingan yang lain adalah kondensor berpilin (*coil condenser*) dan kondensor tubular. Kondensor yang paling umum digunakan adalah kondensor berpilin. Pipa berpilin dimasukan ke dalam tangki berisi air pendingin yang mengalir secara konstan. Untuk menaikkan efisiensi pendinginan, arah aliran air pendingin berlawanan dengan arah aliran uap air dan uap minyak. Untuk lebih efektif dalam pendinginan, disisipkan 2 pipa berpilin pada tangki kondensor.

Pipa destilasi/Steel Head

Berfungsi sebagai penyalur uap atau gas yang akan masuk ke alat pendingin (kondensor),



Gambar 3. Pipa destilasi

7. Sampah plastik

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan, dan stabil, namun sulit terurai oleh mikroorganisme dalam lingkungan sehingga menyebabkan masalah lingkungan yang sangat serius di tengah-tengah masyarakat. Plastik berisikan hal-hal atau kebutuhan manusia yang sangat dibutuhkan, air, minuman bahkan minyak-minyakan.



Gambar 4. Sampah plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semisintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi [6]. Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini. Salah satu jenis plastik adalah *Polyethylene* (PE). Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL- Identifikasi Jenis plastik Pada tingkat bandar, lapak, dan sebagainya, masih saja kesulitan dalam membedakan jenis plastik

sebab secara fisik banyak sekali kemiripan fisik walaupun sebenarnya berupa jenis plastik yang berbeda.

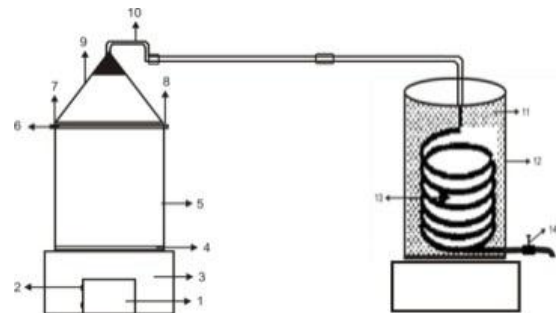
Metodologi Penelitian

1. Tipe Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, dengan tujuan mengetahui pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik. Objek penelitian adalah sampah plastik dan mesin destilasi. Sampah plastik yang dijadikan sampel pengujian adalah sampah plastik jenis *Polyethylene* (PE) yang berbahan dasar polimer PET (*Polyethylene Terephthalate*).

2. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus pendukung. Dan melalui penggunaan excel.



Gambar 5. Sketsa Gambar

Hasil dan Pembahasan

1. Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil penelitian air 50 liter (plastik bening)

Waktu	T ketel	T kond 1	T kond 2	Kpsts (cc)
09.00 - 09.30	50	46	33	35
09.30 - 10.00	55	49	36	
10.00 - 10.30	64	54	40	
10.30 - 11.00	72	59	43	
11.00 - 11.30	63	52	41	
11.30 - 12.00	62	46	37	

Tabel 2. Hasil penelitian air 60 liter (plastik bening)

Waktu	T ketel	T kond. 1	T.kond. 2	Kps ts (cc)
09.00 - 09.30	53	48	30	40
09.30 - 10.00	55	49	34	
10.00 - 10.30	64	56	37	
10.30 - 11.00	72	59	36	
11.00 - 11.30	71	56	37	
11.30 - 12.00	70	53	37	

Tabel 3. Hasil penelitian air 70 liter (plastik bening)

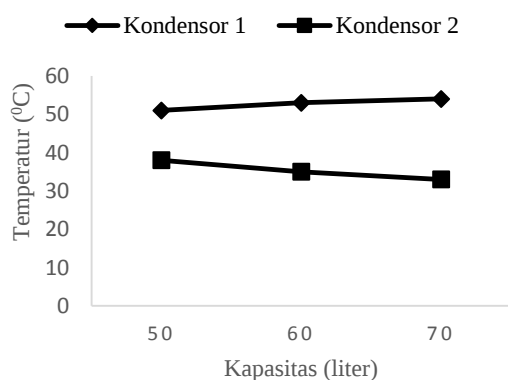
Waktu	T ketel	T kond. 1	T kond. 2	Kpst s (cc)
09.00 - 09.30	52	47	28	41
09.30 - 10.00	54	49	30	
10.00 - 10.30	65	57	35	
10.30 - 11.00	71	60	36	
11.00 - 11.30	68	57	34	
11.30 - 12.00	69	54	35	

2. Kapasitas dan suhu kondensor

Hubungan antara waktu pemberian energi dan suhu yang terukur pada ketel sebagaimana tabel dan grafik berikut :

Tabel 4. Hasil kapasitas dan suhu

Kapasitas (liter)	Suhu T (°C)	
	T kond.1	T kond.2
50	51	38
60	53	35
70	54	33



Gambar 6. Hubungan air dan suhu kondensor

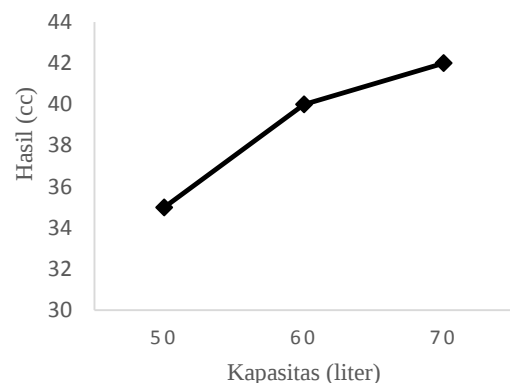
Dari tabel dan grafik terlihat bahwa semakin banyak air pendingin pada kondensor semakin baik proses pendinginan, pada 50 liter (51-38=14), 60 liter (53-35=18) dan 70 liter (54-33=21), ini menunjukkan bahwa perpindahan panas dari uap pipa kondensor ke air yang kapasitas lebih banyak lebih baik.

3. Hubungan waktu dan panas kondensor

Hubungan antara kapasitas air dan hasil destilasi setelah dilakukan destilasi sebagaimana tabel dan grafik berikut :

Tabel 4. Hubungan kapasitas air dan hasil destilasi

Kapasitas (liter)	Hasil (cc)
50	35
60	40
70	42



Gambar 7. Hubungan kapasitas dan hasil destilasi

Dari tabel dan grafik terlihat bahwa semakin banyak air pendingin pada kondensor semakin baik proses pendinginan dan hasil yang diperoleh pun lebih baik yakni pada 50 liter sebanyak 35 cc, 60 liter sebanyak 40 cc dan 70 liter sebanyak 42 cc.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu yang dicapai pada saat pemberian energi pada ketel akan semakin

besar kenaikan suhu ketel yang diperoleh terutama pada jam 10.30 - 11.00 sebesar 72⁰C. Semakin banyak kapasitas air kondensor (70 liter) menyebabkan pertukaran suhu lebih baik (54-33=21) dan hasil destilasi yang lebih baik (42 cc).

Proses Pirolisis.Jawa Timur:
Universitas Pembangunan Nasional.

Referensi

- [1] Undang-Undang RI No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah Plastik
- [2] Anonim, 2020. sampah plastik <https://www.indonesiana.id/read/143908/proses-mengubah-sampah-plastik-menjadi-minyak-pelumas>. Diakses Pada Tanggal 9 Maret 2020
- [3] Mustofa, D., 2014, "Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900 °C Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan," Simposium Nasional RAPI XIII-2014, Jakarta.
- [4] Natalia, M., 2013, "Pengolahan Sampah Organik (Sayur-Sayuran)," Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Usakti, Jakarta
- [5] Ramadhan P., A. dan Ali, M., 2011, "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis," Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 4(1). Penerbit: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional, Jakarta
- [6] Mohana Jeya Valli, G.Gnanavel, Dkk. 2012. Alternate Fuel From Synthetic. Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif Dengan Metode Destilasi. Skripsi. Banjar Baru: Jurusan Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat. (Online). <http://scholar.tmnulm.ac.id/>. Diakses Pada Tanggal 17 Desember 2017
- [7] Kadir, 2012, Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair, 3.2: 223-228
- [8] Aprian Ramadhan P. & Munawar Ali. 2015. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan