

Uji Karakteristik Bahan Bakar Hasil Pirolisis Sampah Plastik Berjenis Low Density Polyethylene (LDPE) dengan Memvariasikan Laju Volume Air Pendingin pada Kondensator

Rafly Nanda Prasetya^{1)*}, I Nengah Suarnadwipa²⁾, Made Ricki Murti³⁾

1,2,3)Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pemanfaatan plastik di Indonesia jumlahnya sangat besar. Semakin banyaknya penggunaan plastik di Indonesia, timbunan sampah akan semakin bertambah banyak. Plastik LDPE merupakan jenis plastik yang paling banyak dikenal dan digunakan di Indonesia. Sampah plastik dapat diubah menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis. Penelitian ini dilakukan guna mengatasi limbah plastik yang menumpuk. Sampah plastik yang terbuat dari low density polyethylene (LDPE) dipirolisis dalam penelitian ini. Alasan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membedah sifat-sifat bahan bakar yang dihasilkan dari pirolisis. Penelitian ini memanfaatkan laju volume air pendingin sebagai variasi, yaitu 0,8 L/menit, 2,0 L/menit, 6,1 L/menit, 7,0 L/menit, 7,8 L/menit. Plastik LDPE dengan berat 1000 gram, dengan suhu pemanasan 300 °C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik LDPE meningkat seiring dengan laju volume air pendingin yang digunakan dalam kondensator. Namun, pengujian densitas, viskositas, nilai kalor, dan titik nyala minyak pada bahan bakar cair hasil pirolisis menunjukkan bahwa perubahan laju volume air pendingin dalam kondensator tidak berpengaruh pada karakteristik bahan bakar cair hasil pirolisis.

Kata Kunci : pirolisis, sampah plastik, kondensator, low density polyethylene (LDPE)

Abstract

The use of plastic in Indonesia is very large. The more plastic is used in Indonesia, the more waste will be piled up. LDPE plastic is the most widely known and used type of plastic in Indonesia. Plastic waste can be converted into liquid fuel through the pyrolysis process. This effort is made to overcome the accumulation of plastic waste. Plastic waste made of low density polyethylene (LDPE) was pyrolyzed in this study. The reason for this study was to dissect the properties of the fuel produced from pyrolysis. This study uses the cooling water volume rate as a variation, namely 0.8 L/minute, 2.0 L/minute, 6.1 L/minute, 7.0 L/minute, 7.8 L/minute. LDPE plastic weighing 1000 grams, with a heating temperature of 300 °C. The results of this study indicate that the volume of oil produced from the LDPE plastic pyrolysis process increases along with the volume rate of cooling water used in the condenser. However, testing the density, viscosity, calorific value, and flash point of oil on liquid fuel from pyrolysis showed that changes in the volume rate of cooling water in the condenser did not affect the characteristics of the liquid fuel from pyrolysis.

Keywords: pyrolysis, plastic waste, condenser, low density polyethylene (LDPE)

1. Pendahuluan

Pemanfaatan plastik di Indonesia sangat besar. Meningkatnya pemanfaatan plastik berdampak pada peningkatan jumlah sampah plastik di Indonesia. Menurut informasi yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan 10,95 juta lembar sampah plastik per 100 gerai setiap tahunnya (Ekawati, 2016).

Sampah plastik merupakan salah satu sumber potensial bahan bakar cair yang dapat digunakan sebagai pengganti minyak mengingat cadangan minyak dunia yang semakin menipis. Nilai kalor plastik hampir setara dengan sumber energi tak terbarukan seperti gas dan solar. Untuk mengubah sampah plastik menjadi minyak yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, berbagai penelitian telah dilakukan dan menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan.

Kantong plastik merupakan salah satu jenis plastik yang banyak digunakan dan dibuang di

lingkungan. kantong kresek termasuk dalam jenis plastik LDPE. Plastik LDPE sulit terurai dan dapat menyebabkan masalah lingkungan karena bersifat non-biodegradable atau tidak dapat terurai oleh bakteri.

Pirolisis sampah plastik adalah cara untuk menangani sampah plastik. pirolisis plastik dilakukan menggunakan pemanas pada reaktor pirolisis dengan sedikit atau tanpa oksigen untuk memecah senyawa organik yang terkandung dalam plastik (Endang, 2016).

Pada penelitian yang dilakukan purwanti, Proses pirolisis plastik LDPE dipanaskan hingga 400–600 derajat Celcius dan ditimbang setiap sepuluh hingga empat puluh menit. Jumlah minyak yang diperoleh meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dinding reaktor. Di sisi lain, jumlah sisa padatan berkurang seiring dengan meningkatnya suhu dinding reaktor (Purwanti & Sumarni, 2008).

Kondensasi adalah proses perubahan zat dalam tahap gas menjadi tahap cairan. Penelitian

*Korespondensi: Tel./Fax.: 08961731792/-
E-mail: raflynandap@gmail.com

mengenai pengaruh debit air dengan hasil dari pirolisis plastik Polypropilena, didapatkan volume minyak yang dihasilkan meningkat seiring bertambah besar debit yang digunakan. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa debit air pendingin pada proses pirolisis tidak mempengaruhi karakteristik minyak hasil pirolisis (Reynei, 2019).

Ditinjau dari data yang telah dipaparkan, penelitian ini diharapkan mendapatkan hasil yang maksimal pada proses pirolisis dengan variasi laju volume air pendingin pada kondensor sehingga dapat menghasilkan bahan bakar cair yang mempunyai kualitas menyerupai bahan bakar komersial yang beredar di Indonesia.

Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis karakteristik bahan bakar hasil proses pirolisis. Ada beberapa hal yang dapat kita bahas dalam kajian ini, yaitu bagaimana karakteristik bahan bakar hasil proses pirolisis yang meliputi nilai kalor, viskositas, dan flash point sampah plastik berjenis low density polyethylene (LDPE) dengan memvariasikan laju volume air pendingin pada kondensor. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dari luasnya permasalahan yang ada, maka perlu dilakukan pembatasan antara lain :

1. Bahan uji menggunakan plastik LDPE berupa kantong kresek hitam kering.
2. Jumlah plastik yang digunakan sebanyak 1 kg.
3. Suhu lingkungan dianggap konstan.
4. Suhu reaktor dianggap konstan pada saat proses pirolisis.
5. Mesin pirolisis yang digunakan memiliki spesifikasi kondensor tunggal dan jenis aliran pada heat exchanger yaitu counter flow.

2. Dasar Teori

2.1 Plastik LDPE

Plastik LDPE memiliki sifat non-biodegradable atau ketidakmampuan bakteri untuk mengurai plastik LDPE. LDPE memiliki massa jenis rendah sebesar 0,742 gram/ml dan viskositas sebesar 0,78 gram/ml. LDPE dapat leleh pada suhu 115°C. Selain itu, LDPE memiliki ketahanan sintesis yang tinggi, tetapi dapat hancur dalam benzena dan juga tetrakloro karbon (CCL) (Billmeyer, 1971).

2.2 Pirolisis

Pirolisis adalah pemecahan atom hidrokarbon yang kompleks menjadi partikel yang kecil atau sederhana berupa gas, arang, dan minyak. proses ini adalah cara yang paling umum untuk memisahkan rantai hidrokarbon menjadi campuran yang lebih kecil melalui pemanasan atau pembakaran dengan sedikit atau tanpa oksigen. Gas yang terbentuk dapat langsung dibakar, sedangkan minyak yang terbentuk dapat digunakan sebagai

bahan tambahan atau dicampur dalam bahan bakar. Karbon aktif dan bahan bakar adalah dua penggunaan lain untuk arang yang dihasilkan

Pirolisis adalah pemecahan molekul hidrokarbon yang rumit menjadi partikel yang lebih sederhana seperti gas, arang, dan minyak. Interaksi normal ini adalah metode paling mudah untuk mengisolasi rantai polimer menjadi campuran yang lebih mudah dengan pemanasan atau pembakaran dengan sedikit oksigen. Gas yang dihasilkan dapat langsung dibakar, sedangkan minyak yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat tambahan atau dicampur menjadi bahan bakar. Arang yang dihasilkan juga dapat digunakan untuk bahan bakar dan karbon aktif. (A, S Chaurasia; B, V Babu, 2005).

2.3 Karakteristik Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis

Bahan bakar hasil dari proses pirolisis plastik LDPE khususnya dalam bentuk liquid/cairan mempunyai sifat fisik dan sifat kimia. Karakteristik tersebut antara lain, yaitu densitas, viskositas, nilai kalor, dan *flash point*.

2.3.1 Massa Jenis

Kepadatan dalam fluida dilambangkan dengan ρ (ρ), didefinisikan sebagai kepadatan massa atau massa fluida per satuan volume. Kepadatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume suatu objek.

Satuan SI untuk kepadatan massa adalah kg/m^3 . Karena setiap zat memiliki kepadatan massa yang unik, pengukuran kepadatan massa digunakan untuk mengidentifikasinya. Suatu zat akan memiliki kepadatan massa yang sama terlepas dari volume atau massanya.

2.3.2 Viskositas

Viskositas adalah suatu ukuran yang menunjukkan hambatan aliran cairan. Kemampuan suatu zat untuk mengalir dalam media tertentu merupakan contoh viskositas. Jika viskositas cairan lebih tinggi, cairan akan lebih sulit mengalir, dan sebaliknya, jika viskositas cairan lebih rendah, cairan akan lebih mudah mengalir. Viskosimeter Oswald dapat digunakan untuk mengukur viskositas zat cair. Cara menggunakannya adalah dengan membandingkan viskositas aquadest dan zat cair lainnya.

2.3.3 Flash Point

Temperature di mana uap di atas lapisan luar bahan bakar minyak akan terbakar dengan cepat (meledak/menyala seketika) saat api didekatkan dikenal sebagai "titik nyala", kemudian pada suhu

dimana uap di atas lapisan luar bahan bakar minyak akan terbakar dengan andal saat api didekatkan dikenal sebagai "titik api" (Wiratmaja, 2010).

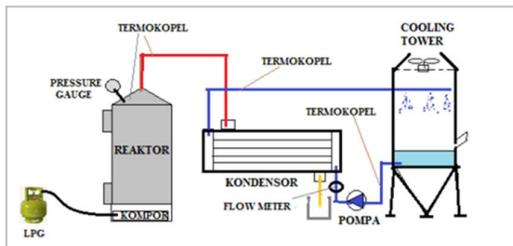
2.3.4 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah angka yang menunjukkan berapa banyak kalor atau panas yang dihasilkan ketika sejumlah bahan bakar dibakar dengan udara atau oksigen. Jumlah energi yang dihasilkan ketika bahan bakar dibakar disebut sebagai nilai kalor rendah (LHV). Air berada dalam fase uap pada suhu ini. Jika jumlah kalor laten air dihitung, maka didapatkan nilai kalor atas (HHV). Pada temperature ini, air berada pada fase cair.

3. Metode penelitian

3.1 Skematik Rancangan Instalasi Alat Pirolisis dengan Sistem Pendingin Kondensor

Berikut Instalasi alat pirolisis pada penelitian kali ini yang ditampilkan seperti pada gambar.



Gambar 1. Instalasi alat pirolisis dengan pendingin kondensor

Pada Gambar 1, plastik yang dipanaskan berubah fase menjadi uap dan masuk ke dalam kondensator, kemudian di dalam kondensator terjadi proses pertukaran panas dengan air pendingin sehingga mengubah minyak hasil pirolisis dari fase gas menjadi cair. Minyak yang telah berubah fase menjadi cair tersebut mengalir keluar kondensator melewati sensor suhu keluar minyak dan masuk kedalam gelas ukur. Kondensator yang digunakan berjenis aliran counter flow. Fluida pendingin mengalir berlawanan arah dengan arah aliran gas masuk.

3.2 Alat dan Bahan

1. Alat pirolisis
2. Timbangan Digital
3. Gunting
4. Stopwatch
5. Thermocouple reader
6. Viscometer Ostwald
7. Perangkat bom calorimeter
8. Gelas ukur

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Tahap Persiapan Sampel Sampah Plastik

Sampah plastik LDPE dipotong-potong kecil kemudian ditimbang sebanyak satu kilogram menggunakan timbangan digital.

3.3.2 Tahap Pembuatan Sampel Minyak dengan Proses Pirolisis

1. Set up alat.
2. Masukkan limbah plastik LDPE ke dalam reaktor pirolisis sebanyak 1 kg.
3. Sirkulasikan air pendingin dengan menyalakan pompa dan fan cooling tower. Laju aliran air pendingin diatur dengan mengatur katup sehingga flow meter menunjukkan 0,08 liter/detik.
4. Nyalakan kompor pada bukaan regulator maksimum.
5. Lakukan pencatatan data pada setiap 1 menit yang meliputi tekanan reaktor, temperatur di setiap titik pengukuran. Pencatatan volume kondensat dilakukan setiap 5 menit.
6. Hentikan pengoperasian sampai pirolisis selesai, sampai tidak terbentuknya kondensat.
7. Ambil massa padatan dalam reaktor sisa proses pirolisis kemudian timbang massanya.
8. Ulangi langkah 2 sampai 6 untuk variasi laju aliran volume air pendingin berikutnya dan berikan jeda 1 jam di setiap pengujian variasi laju aliran volume air pendingin.
9. Selesai, jika setelah pengujian lengkap.

3.3.3 Tahap Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis

Dari data dan hasil minyak yang diperoleh dari penelitian ini, selanjutnya minyak hasil pirolisis tersebut di uji guna untuk mengetahui karakteristiknya.

4. Hasil dan Pembahasan

Berikut tabel hasil proses pirolisis beserta grafik pengujian karakteristik minyak hasil pirolisis. Dalam pembahasan juga disertai perbandingan sifat minyak hasil pirolisis plastik LDPE dengan BBM yang beredar di Indonesia.



Gambar 2. Hasil minyak dari proses pirolisis

Pada gambar menunjukkan tabel data hasil minyak dari proses pirolisis dengan variasi laju volume air pendingin pada kondensator.

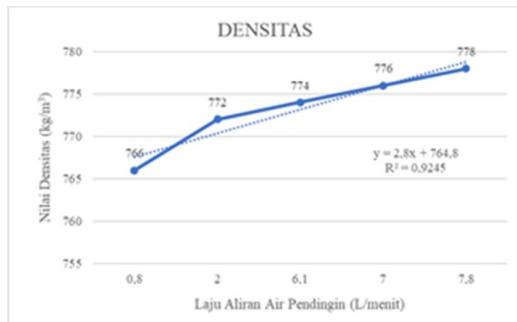
Laju Aliran Volume Air Pendingin (L/min)	Volume Hasil Minyak (mL)	Suhu Air Rata-rata (°C)		Massa Minyak Hasil Pirolisis (g)
		Masuk	Keluar	
0,8	153	30,98	34,49	117,23
2	215	30,7	31,97	165,76
6,1	405	33,86	34,17	313,47
7	455	32,93	33,02	353,08
7,8	535	32,76	33,1	414,63

Tabel 1. Tabel data hasil proses pirolisis plastik LDPE.

Dapat dilihat pada tabel, volume hasil minyak yang didapatkan mengalami peningkatan seiring bertambah besar laju volume air pendingin yang digunakan.

4.1 Hasil Pengujian Densitas

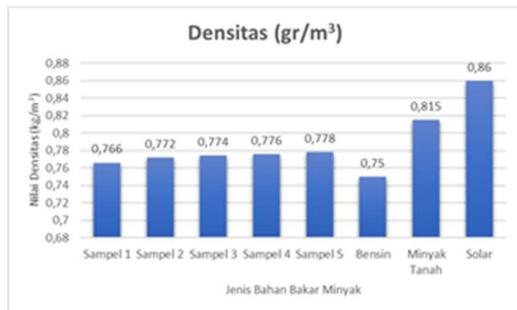
Kepadatan suatu zat pada volume tertentu, atau kerapatan massa, ditentukan oleh massa atom yang menyusun senyawa zat tersebut. Semakin besar massa pada volume yang sama, semakin besar pula kerapatan massa suatu zat.



Gambar 3. Grafik pengaruh laju volume air pendingin terhadap nilai densitas

Dalam pengujian ini, range nilai densitas yang diperoleh dari pengujian berkisar antara 0,766 hingga 0,778 gr/cm³.

Selama proses pirolisis, pemecahan molekul plastik terjadi pada reaktor. Hal ini disebabkan oleh suhu gas yang masuk ke kondensor jauh lebih rendah daripada suhu dekomposisi plastik LDPE, yang berkisar dari 300 °C hingga 500 °C, menurut penelitian oleh (Wong, Ngadi, Abdullah, & Inuwa, 2015). Proses dekomposisi suatu zat terjadi ketika zat tersebut melewati suhu dekomposisinya. Setelah terdekomposisi dan berada di bawah suhu dekomposisinya, molekul yang telah terdekomposisi akan membentuk molekul baru.



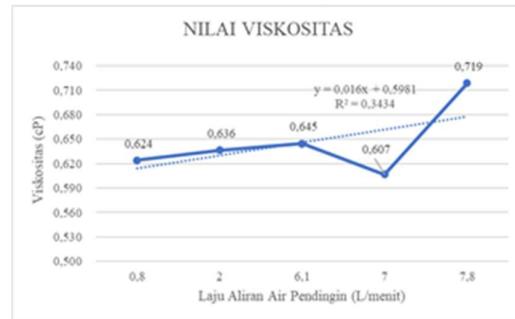
Gambar 4. Perbandingan densitas minyak LDPE dengan BBM di Indonesia

Gambar tersebut menunjukkan nilai densitas dari minyak hasil pirolisis dengan BBM di

Indonesia. Merujuk pada tabel, nilai densitas bensin sebesar 0,72 - 0,75 gr/cm³. Nilai minyak LDPE mempunyai rentang nilai densitas yang lebih tinggi daripada densitas bensin yaitu sebesar 0,766 hingga 0,778 gr/cm³, tetapi nilai densitas minyak LDPE ini masih berada dibawah nilai densitas minyak tanah yang berdensitas 0,835 gr/cm³ dan nilai densitas solar yang berkisar pada 0,815 hingga 0,86 gr/cm³.

4.2 Hasil Pengujian Viskositas

Nilai hambatan suatu fluida untuk mengalir dikenal sebagai viskositas. Semakin tinggi nilai kekentalan suatu zat, maka kemampuan mengalir zat tersebut akan melambat (Chang, 2010).



Gambar 5. Grafik pengaruh laju volume air pendingin terhadap nilai viskositas

Terlihat pada grafik, nilai viskositas mengalami kenaikan pada laju volume air pendingin 0,8 L/min hingga laju volume air 6,1 L/min. Pada laju volume air 0,8 L/min nilai viskositasnya sebesar 0,623 cP. Pada laju volume air 2,0 L/min nilai viskositasnya sebesar 0,636 cP. Pada laju 6,1 L/min nilai viskositasnya yaitu 0,644 cP. Kemudian terjadi penurunan nilai viskositas pada laju 7,0 L/min yaitu sebesar 0,606 cP. Kemudian pada laju 7,8 L/min nilai viskositas mengalami lonjakan dengan nilai sebesar 0,718 cP.

Pengaruh ikatan struktur kimia menyebabkan produk minyak menjadi lebih kental. Jika ikatan struktur pada senyawa semakin panjang, nilai kekentalan atau viskositasnya akan menjadi lebih tinggi (Endang, 2016).



Gambar 6. Perbandingan viskositas minyak LDPE dengan BBM di Indonesia

Terlihat minyak LDPE mempunyai viskositas yang hampir sama dengan viskositas bensin. Viskositas minyak pirolisis mendekati

viskositas bensin tetapi masih berada dibawah nilai viskositas bensin yaitu sebesar 0,652 cP. Untuk nilai viskositas solar berada jauh diatas nilai viskositas bahan bakar cair hasil pirolisis plastik LDPE ini.

Terlihat bahwa nilai kekentalan minyak LDPE cenderung mirip seperti nilai kekentalan bensin dan minyak tanah. Minyak LDPE berada pada rentang nilai viskositas minyak tanah Dimana nilai viskositasnya sebesar 0,293 hingga 3,34 cP. Meskipun mendekati kekentalan bensin yaitu 0,652 cP, kekentalan minyak pirolisis masih lebih rendah dari kekentalan bensin. Nilai kekentalan solar jauh lebih tinggi dari nilai kekentalan minyak LDPE.

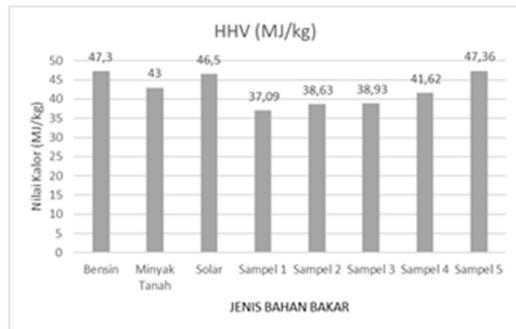
4.3 Hasil Pengujian Nilai Kalor

Energi yang dilepaskan selama proses pembakaran dapat disebut sebagai nilai kalor karena nilai kalor adalah jumlah energi panas yang dihasilkan oleh suatu zat per satuan massa.



Gambar 7. Grafik pengaruh laju volume air pendingin terhadap nilai kalor

Terlihat pada grafik diatas, Hasil pengujian nilai kalor minyak LDPE ini mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya jumlah laju aliran air pendingin yang digunakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan penggunaan laju aliran air pendingin yang lebih besar, proses kondensasi terhadap kondensat akan lebih optimal sehingga menghasilkan minyak dengan nilai kalor yang tinggi

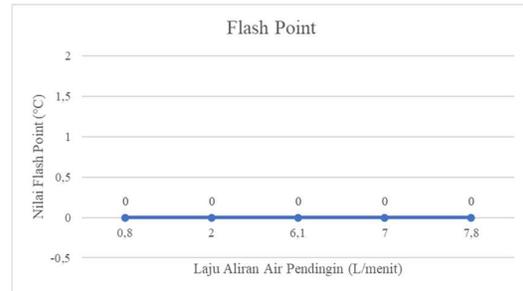


Gambar 8. Perbandingan nilai kalor minyak LDPE dengan BBM di Indonesia

Berdasarkan diagram di atas, terlihat bahwa besarnya nilai kalor semua uji minyak LDPE mempunyai nilai kalor tipikal di bawah nilai kalor ketiga jenis bahan bakar tersebut dan hanya pada

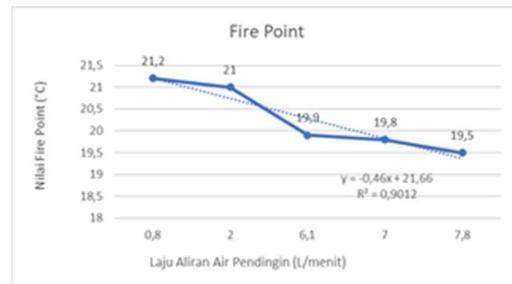
minyak hasil pirolisis variasi laju volume 7,8 L/min yang mempunyai nilai kalor diatas minyak tanah dan solar. Minyak pirolisis dengan laju volume 7,8 L/min mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi dari minyak tanah dan solar, nilai kalor ini setara dengan nilai kalor bensin yaitu sebesar 47,3 MJ/kg.

4.4 Hasil Pengujian Flash Point dan Fire Point



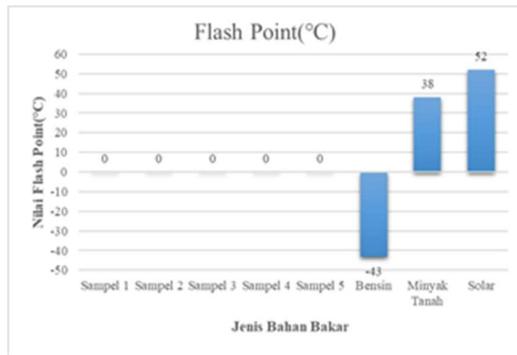
Gambar 9. Grafik pengaruh laju volume air pendingin terhadap nilai flash point

Berdasarkan gambar, flash point minyak LDPE yang didapatkan pada setiap variasi sampel minyak yaitu sebesar 0°C. Sampel bahan bakar cair hasil pirolisis plastik LDPE ini kemungkinan masih mampu mencapai temperature titik nyala yang lebih rendah dari 0°C. Bahan bakar cair yang diuji hanya dapat didinginkan mencapai temperature 0°C, sehingga nilai flash point dari bahan bakar cair ini berada pada <0°C.



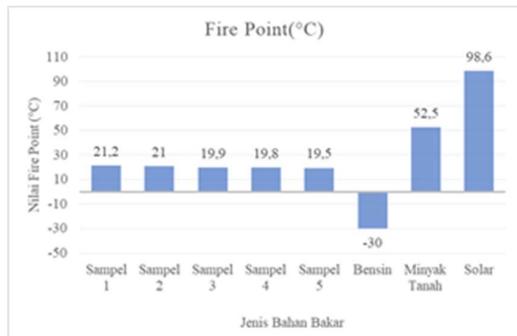
Gambar 10. Grafik pengaruh laju volume air pendingin terhadap nilai fire point

Pada grafik, nilai fire point plastik mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi jumlah laju volume air pendingin yang digunakan. Terlihat pada grafik, temperature fire point yang dihasilkan minyak hasil pirolisis LDPE berada pada temperature dengan rata-rata yaitu 20,3°C. Temperature fire point pada kelima sampel minyak hasil pirolisis plastik LDPE dengan variasi laju volume air pendingin menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan.



Gambar 11. Perbandingan flash point minyak LDPE dengan BBM di Indonesia

Pada grafik diatas terlihat bahwa nilai flash point berada diangka -43°C. Sedangkan nilai flash point dari minyak hasil pirolisis plastik LDPE ini juga berada dibawah 0°C. Flash point minyak LDPE ini hampir mendekati dengan flash point dari bensin hanya saja masih belum didapat temperature pastinya dari titik nyala dari minyak pirolisis ini sehingga tidak dapat dipastikan seberapa mendekati nilai flash point minyak hasil pirolisis ini dengan BBM jenis bensin. Sedangkan minyak LDPE ini mempunyai titik nyala jauh dibawah titik nyala dari BBM jenis minyak tanah dan solar.



Gambar 12. Perbandingan fire point minyak LDPE dengan BBM di Indonesia

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, fire point minyak LDPE jauh lebih rendah daripada fire point bahan bakar solar dan minyak tanah. Fire point minyak LDPE berkisar antara 19°C hingga 21°C, sedangkan fire point minyak tanah adalah 52°C dan solar adalah 98,6°C. Fire point minyak LDPE lebih tinggi daripada fire point bensin, yaitu -30°C.

5. Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa variasi laju volume air pendingin pada kondensor mempunyai pengaruh terhadap volume minyak. Akan tetapi, variasi laju volume air pendingin pada kondensor mempunyai pengaruh yang cenderung kecil terhadap karakteristik minyak LDPE hasil pirolisis.

6. Daftar Pustaka

- [1] Ekawati, S. 2016. *Mengkritisi Kebijakan Penanganan Kantong Plastik di Indonesia*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial, Ekonomi, Kebijakan dan Perubahan Iklim.
- [2] Endang, K. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metode Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- [3] Purwanti, A., & Sumarni. 2008. *Kinematika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. Yogyakarta: AKPRIND.
- [4] Reynei, R. 2019. *Pengaruh Debit dan Arah Aliran Air Pendingin Kondensor Tipe Double Tube Terhadap Minyak Hasil Plastik Pirolisis Polypropylene*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [5] Billmeyer, B. 1971. *Textbook of Polymer Science*.
- [6] A, S Chaurasia; B, V Babu. 2005. *Modeling and Simulation of Pyrolysis of Biomass*. Effect of Thermal Conductivity, Reactor Temperatur and Particle Size on Product Concentrations. India.
- [7] Wiratmaja, I. G. 2010. *Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni*. Bali.
- [8] Wong, S., Ngadi, N., Abdullah, T., & Inuwa, I. 2015. *Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50, 1167-1180.
- [9] Chang, R. 2010. *Chemistry 10th Edition*. NewYork: McGraw-Hill.



Rafly Nanda Prasetya menyelesaikan pendidikan SMA di SMAN 15 Surabaya pada tahun 2019, kemudian mengambil S1 Teknik Mesin di Universitas Udayana pada tahun 2019. Pada tugas akhir ia riset mengenai Pirolisis Plastik LDPE dengan judul skripsi “Uji Karakteristik Bahan Bakar Hasil Pirolisis Sampah Plastik Berjenis Low Density Polyethylene (LDPE) dengan Memvariasikan Laju Volume Air Pendingin pada Kondensor”.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi.