



Available online at www.jurnal.untidar.ac.id

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

Journal homepage: <http://jurnal.untidar.ac.id/index.php/mechanical/index>



Pengaruh Penambahan Katalis Bentonit Clay terhadap Pirolisis Plastik HDPE dan PET

Sigit Mujiarto^{a*}, Trisma Jaya Saputra^b, Muhammad Nizam Isfahan^c

^{a,*}Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin, Universitas Tidar, Jl. Kapten Supratman no. 39, Potrobangsang, Magelang Utara, Magelang, 56114 Indonesia

^bProgram Studi Diploma Empat Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Universitas Tidar, Jl. Kapten Supratman no. 39, Potrobangsang, Magelang Utara, Magelang, 56114 Indonesia

*sigitmujiarto@untidar.ac.id

Keyword:

Plastic waste,
HDPE, PET,
bentonite clay

ABSTRACT

Plastic waste is a serious environmental problem in Indonesia where in 2022 it will produce 37.37 million tons of waste and around 18.05% is plastic waste. This study was conducted to recycle HDPE and PET plastic into alternative fuels using the pyrolysis method by adding bentonite clay without a catalyst and with variations of adding 50 g, 100 g and 150 g. The methods used are thermal cracking and catalytic cracking at a temperature of 350°C for 120 minutes. After the product is produced, its density, viscosity and calorific value will be tested. The density values are 750 kg/m³, 781 kg/m³, 787 kg/m³ and 790 kg/m³ respectively. The viscosity values are 2.09 cSt, 2.349 cSt, 2.859 cSt and 2.93 cSt respectively. The calorific values were 10,194.7 cal/g, 10,732.9 cal/g, 11,315.7 cal/g and 11,556.6 cal/g respectively. These results prove that the catalyst can affect the pyrolysis results and the addition of 150 g of catalyst obtained the highest results.

Kata Kunci:

Sampah plastik,
HDPE, PET,
bentonite clay

ABSTRAK

Sampah plastik merupakan masalah lingkungan yang serius di Indonesia dimana pada tahun 2022 menghasilkan 37,37 juta ton sampah dan sekitar 18,05% adalah sampah plastik. Penelitian ini dilakukan untuk mendaur ulang plastik HDPE dan PET menjadi bahan bakar alternatif menggunakan metode pirolisis dengan dilakukan penambahan bentonite clay tanpa katalis dan dengan variasi penambahan 50 g, 100 g dan 150 g. Metode yang digunakan adalah thermal cracking dan catalytic cracking dengan suhu 350°C selama 120 menit. Setelah produk dihasilkan maka akan diuji massa jenis, viskositas dan nilai kalornya. Nilai massa jenis berturut-turut adalah 750 kg/m³, 781 kg/m³, 787 kg/m³ dan 790 kg/m³. Nilai viskositas berturut-turut adalah 2,09 cSt, 2,349 cSt, 2,859 cSt dan 2,93 cSt. Nilai kalor berturut-turut adalah 10.194,7 cal/g, 10.732,9 cal/g, 11.315,7 cal/g dan 11.556,6 cal/g. Hasil tersebut membuktikan katalis dapat

mempengaruhi hasil pirolisis dan pada penambahan katalis 150 g mendapatkan hasil tertinggi. Dengan demikian, katalis bentonite clay yang telah diaktivasi berpotensi menjadi alternatif katalis yang efektif untuk meningkatkan kualitas bahan bakar cair dari daur ulang limbah plastik HDPE dan PET.

PENDAHULUAN

Sampah plastik adalah salah satu masalah lingkungan serius di Indonesia yang menempati urutan kedua penyumbang sampah plastik ke laut terbesar di dunia. Menurut laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia menghasilkan 37,37 juta ton timbunan sampah sepanjang tahun 2022 sebanyak 18,05% diantaranya berupa sampah plastik. Sampah plastik yang dihasilkan pada tahun 2022 mengalami peningkatan sebesar 0,04% dibandingkan tahun sebelumnya. Sampah plastik di Indonesia terus meningkat sejak tahun 1995 dan naik secara eksponensial. Pirolisis merupakan alternatif untuk menangani sampah plastik dengan cara melalui proses daur ulang dengan mengubah plastik menjadi bahan bakar. Pirolisis menggunakan sampah plastik dapat menghasilkan bahan bakar dengan nilai energi yang cukup tinggi [1]

Penambahan katalis dalam pirolisis bertujuan untuk mereduksi waktu dan suhu reaksi, mengoptimalkan kinetika dan meningkatkan kualitas produk [2]. Bentonite clay merupakan salah satu katalis yang terbentuk dari endapan abu vulkanik yang berasal dari letusan gunung berapi yang mengalami pelapukan dan dekomposisi. Penambahan katalis bentonite clay sangat direkomendasikan untuk menghasilkan hasil terbaik karena dengan katalis ini dapat menghasilkan rendemen lebih besar [3]. Kajian ini bertujuan untuk melakukan penelitian kembali mengenai eksperimen pirolisis campuran plastik HDPE dan PET dengan berat 500 gram tanpa katalis dan dengan variasi katalis bentonit clay sebesar 50 g, 100 g dan 150 g. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan temperatur pirolisis sebesar 350°C tanpa kehadiran oksigen dan proses ini dilakukan selama 120 menit. Dari hasil pirolisis tersebut akan diuji dengan pengujian laju produksi, massa jenis, viskositas, dan nilai kalor.

Studi tentang campuran plastik HDPE dan PET menggunakan katalis zeolit alam dengan komposisi optimal, yakni berat bahan baku sampah plastik HDPE dan PET seberat 500 gram, serta katalis zeolit alam seberat 200 gram. Proses reaksi dilakukan pada suhu 400°C dengan waktu reaksi selama 30 menit. Hasil ini sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Keputusan Dirjen Migas No.28.K/10/DJM.T/2016 mengenai komposisi bahan bakar minyak diesel. Uji laboratorium juga menunjukkan parameter viskositas sebesar 3,02 mm²/s, densitas (massa jenis) 851,2 kg/m³, nilai kalor 10.228,8 kcal/kg, titik didih 215°C, dan kadar air sebesar 288 mg/kg [4]. Studi tentang penambahan katalis active carbon dan bentonite clay pada pirolisis lastik jenis (PET) menjadi bahan bakar cair melalui metode pirolisis. Dalam penelitian ini, digunakan campuran katalis dengan perbandingan 10:2 antara katalis active carbon dan bentonite clay. Tujuannya adalah untuk meningkatkan hasil produk cair serta kualitas bahan bakar cair yang dihasilkan dan dilakukan penghitungan yield (hasil produk), serta pengujian terhadap densitas (massa jenis), viskositas serta nilai kalor dari bahan bakar cair tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan katalis bentonit clay menghasilkan hasil terbaik yakni dengan peningkatan yield (rendemen) yang diperoleh lebih besar, yakni sekitar 4,1% hingga 6,7% dibandingkan dengan penggunaan katalis active carbon.

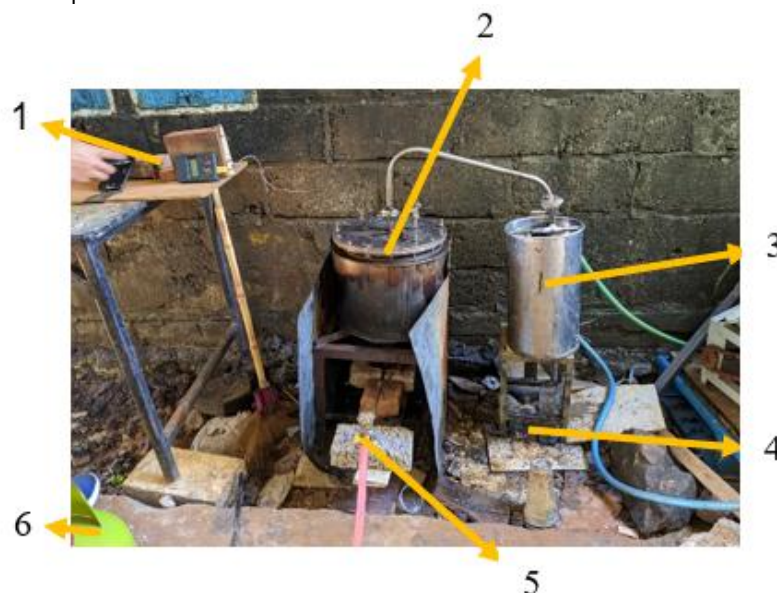
Penggunaan katalis active carbon akan menurunkan nilai kalor bahan bakar cair hasil pirolisis (PET). Sebaliknya, katalis bentonite clay akan meningkatkan nilai kalor minyak pirolisis. Nilai kalor bahan bakar cair hasil pirolisis sampah plastik jenis PET berkisar antara 10.572-10.860 cal/g sesuai dengan standar bahan bakar komersil. Massa jenis yang dihasilkan pada penambahan bentonite clay terjadi penurunan sebesar 0,02 g/ml menjadi

0,75 dibandingkan tanpa katalis dan katalis karbon aktif. Viskositas yang dihasilkan saat menggunakan katalis bentonite clay sebesar 0,5 cSt dimana mengalami penurunan dibandingkan tanpa katalis yaitu 0,8 cSt [3]. Studi tentang proses pirolisis plastik HDPE dan PP yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis sampah plastik dan biji plastik terhadap perolehan minyak hasil pirolisis. Pirolisis dilakukan dengan menggunakan variasi berat sebesar 500 gram, 1000 gram, 1500 gram, 2000 gram dan 2500 gram kemudian dilakukan analisa densitas, viskositas, nilai kalor dan flash point. Hasil penelitian menunjukkan minyak hasil pirolisis terbanyak diperoleh dari proses pirolisis biji plastik PP. Biji plastik PP yang terkonversi menjadi minyak sebesar 72%, sementara sampah plastik HDPE yang terkonversi menjadi minyak sebesar 31%. Nilai densitas minyak pirolisis biji plastik PP dan sampah plastik HDPE mendekati densitas dari premium dan minyak tanah yaitu sebesar 0,7679 g/ml untuk PP sedangkan HDPE sebesar 0,7681 g/ml. Nilai viskositas minyak hasil pirolisis biji plastik PP dan sampah plastik HDPE rata rata sebesar (0,28-0,33) Ns/m atau (3,6-4,3) cSt. Nilai kalor minyak pirolisis biji plastik PP dan sampah plastik HDPE mendekati nilai kalor bahan bakar solar yaitu HDPE sebesar 19463,9 Btu/lb (10,813 cal/kg) dan bahan bakar premium yaitu PP sebesar 19752,2 Btu/lb (10,973 cal/kg) [5].

Studi tentang pirolisis HDPE dan PET di dalam pabrik, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh suhu, waktu pengumpulan, dan kondensor terhadap sifat-sifat minyak pirolisis. Plastik sebanyak 100 kg dengan menggunakan variasi suhu 400°C, 425°C dan 450°C menghasilkan minyak sebanyak 22,5 L, 27 L dan 40,5 L. Ditemukan bahwa suhu 450°C menghasilkan jumlah minyak pirolisis terbanyak dalam eksperimen. Viskositas berkisar antara 3.287–4.850 cSt dan densitas antara 0.668–0.740 kg/L [6].

METODE

Penelitian menggunakan metode ekperimental dimana bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain yang bertempat di laboratorium Teknik Mesin Universitas Tidar dan untuk pengujian dilakukan di Laboratorium *Chem-mix* Pratama, Bantul, Yogyakarta. Alat yang digunakan selama penelitian ini adalah reaktor pirolisis, kondensor, *thermocouple*, gas LPG, gelas ukur, gelas *beaker*, timbangan digital, viskometer, bom kalorimeter, ayakan 60 mesh, kompor induksi, oven dan pH meter. Alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat pirolisis

Keterangan:

1. *Thermocouple*
2. Reaktor pirolisis
3. Kondensor

4. Penampungan hasil pirolisis
5. Sistem regulator
6. Gas LPG

Bahan yang digunakan pada kajian ini adalah plastik HDPE dan PET yang berupa botol kemasan dan tutup botol kemasan. Plastik yang digunakan akan di cuci terlebih dahulu dan dipotong kecil-kecil agar lebih mudan saat memasukkan ke dalam reaktor prirosis. Katalis yang digunakan *bentonite clay*. Bahan kimia untuk aktivasi adalah HCL 0,5 M dan air suling.

Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

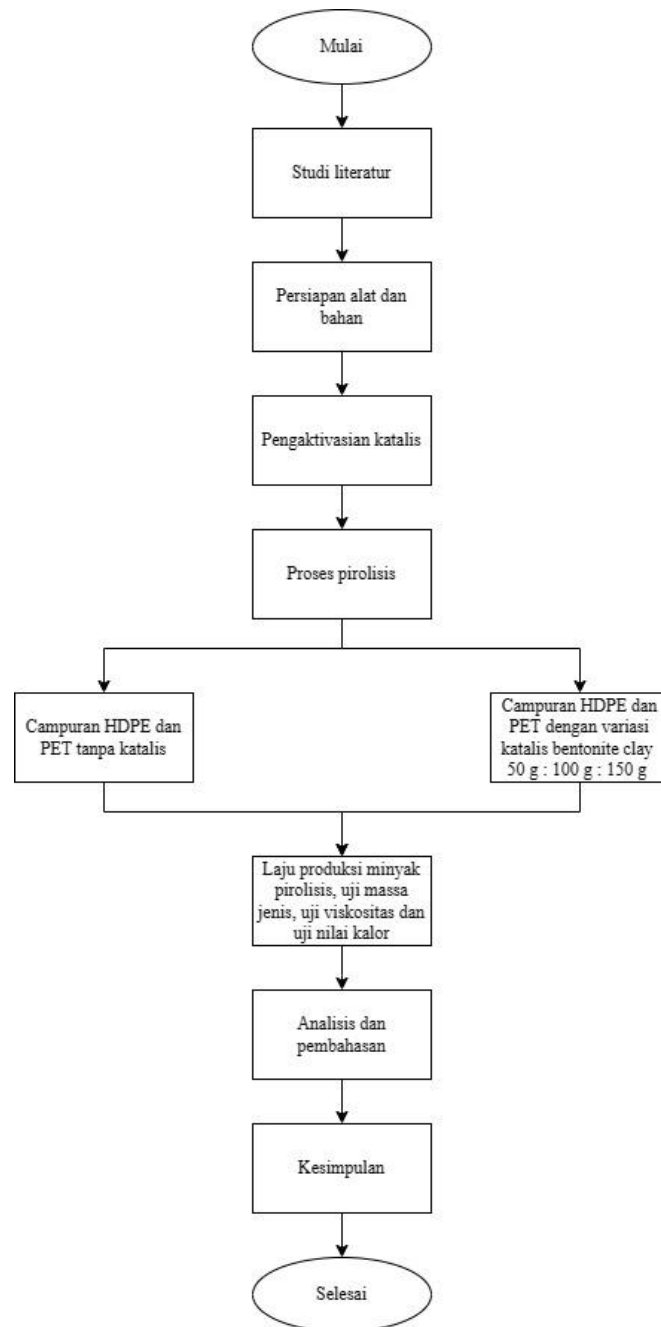
Setelah produk hasil pirolisis dari setiap sampel didapatkan maka selanjutnya akan dihitung dan diuji karakteristik bahan bakarnya. Karakteristik bahan bakar yang diuji dalam penelitian ini meliputi massa jenis, viskositas dan nilai kalor. Prosedur penelitian dapat dilihat pada diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Aktivasi Katalis *Bentonite clay*

Serbuk bentonit diayak hingga mendapatkan ukuran butir 60 mesh. Bulir-bulir yang lolos dari ayakan yang akan diaktivasi. Sebanyak 1000 gram dimasukkan ke wadah yang diisi larutan HCl 0,5 M sebanyak 1500 ml pada suhu kamar hingga seluruh bubuk bentonit terendam selama 1 jam. Kemudian diaduk selama 3 jam dengan suhu pencampuran 80°C setelah itu menghasilkan endapan. Endapan yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven selama 12 jam pada suhu 110°C agar menghilangkan kelembaban yang ada dan menghasilkan padatan. Padatan dicuci dengan air suling. Pencucian padatan diulangi dengan cara yang sama sampai pH kembali seperti semula kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 4 jam dan didapatkan katalis *bentonite clay* yang siap digunakan.

Proses Pirolisis

Memasukkan 500 gram campuran HDPE dan PET kedalam reaktor pirolisis dengan variasi penambahan katalis *bentonite clay* sebanyak 0 g, 50 g, 100 g dan 150 g. Setelah itu memulai proses pirolisis dengan batasan suhu 350°C selama 120 menit. Dari proses tersebut menghasilkan uap yang akan dikondensasi saat melewati kondensor dan menjadi cair, cairan tersebut berupa minyak dan ditampung pada wadah yang sudah disiapkan.

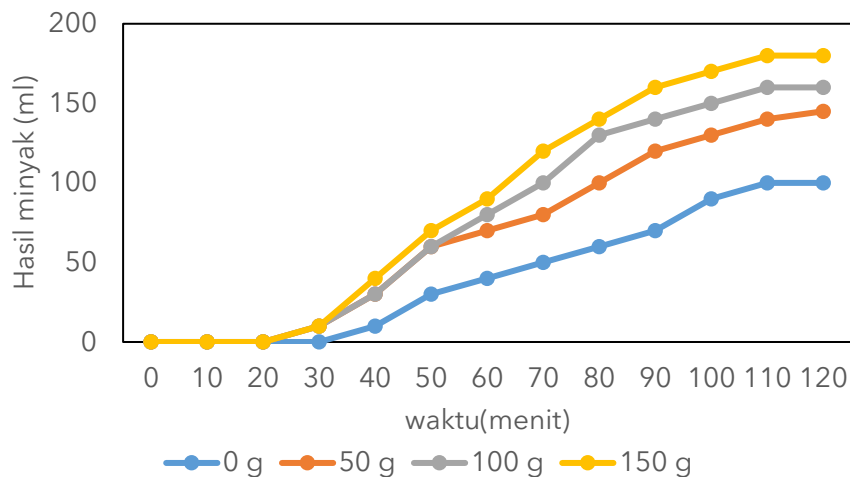


Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Produksi Minyak Hasil Pirolisis

Pada penelitian ini telah dilakukannya proses pirolisis campuran plastik HDPE dan PET menjadi bahan bakar. Proses pirolisis menggunakan penambahan katalis *bentonite clay* dengan variasi 0 g, 50 g, 100 g dan 150 g. Laju produksi minyak dapat dilihat pada Gambar 3.

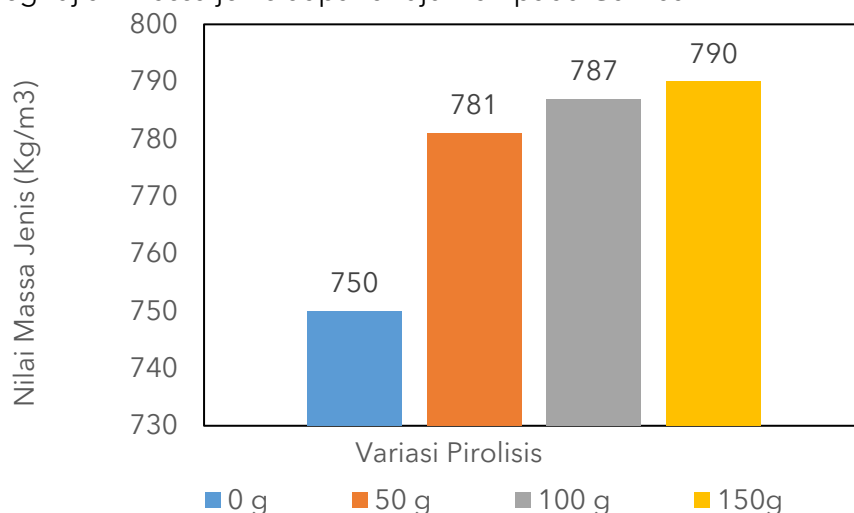


Gambar 3. Grafik laju produksi

Dapat dilihat pada Gambar 3. bahwa terjadi tren kenaikan hasil minyak pirolisis dengan penambahan katalis, pada penambahan 50 gram Terjadi kenaikan yang signifikan, sedangkan pada penambahan katalis 100 gram dan 150 gram terjadi kenaikan namun tidak signifikan. Pada variasi 0 g membutuhkan waktu 30 menit untuk minyak menetes pertama kalinya dan menghasilkan minyak akhir sebanyak 90 ml, sedangkan pada variasi penambahan 50 g, 100 maupun 150 g sudah mulai menetes pada menit ke 20 dan menghasilkan minyak akhir berurut urut 145 ml 160 ml dan 180 ml.

Massa Jenis

Massa jenis atau densitas suatu benda merupakan perbandingan massa per volume. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran menggunakan gelas ukur dan timbangan digital. Hasil dari pegnujian massa jenis dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



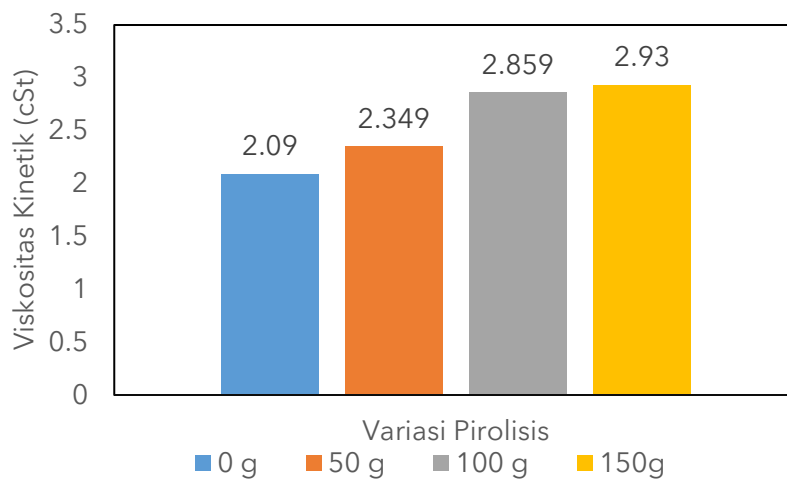
Gambar 4. Massa jenis hasil pirolisis

Berdasarkan Gambar 4. hasil pirolisis menggunakan katalis menunjukkan bahwa nilai massa jenis mengalami kenaikan dibandingkan tanpa katalis. Terjadi kenaikan yang signifikan pada penambahan katalis sebanyak 50 gram. Hal ini menunjukkan bahwa, penambahan katalis dapat menaikkan nilai massa jenis. Penambahan katalis dapat berpengaruh dimana rantai karbon akan terpecah menjadi lebih ringan dan semakin

banyak katalis yang ditambahkan maka volume bahan bakar yang dihasilkan semakin banyak [7]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan dimana semakin banyak volume yang dihasilkan maka nilai massa jenis yang dihasilkan semakin besar [4].

Viskositas

Viskositas atau yang biasa dikenal dengan kekentalan merupakan parameter fisik yang penting pada suatu bahan bakar. Jika suatu bahan bakar terlalu kental maka akan membuatnya sulit untuk mengalir dan menyala. Pada penelitian ini, pengukuran viskositas dilakukan menggunakan viskometer dan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.

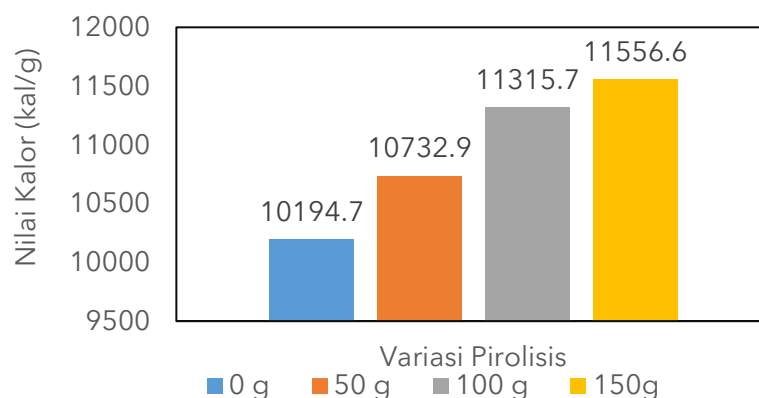


Gambar 5. Viskositas hasil pirolisis

Hasil pengujian hasil pirolisis dengan menggunakan katalis terjadi tren kenaikan nilai viskositas daripada hasil tanpa menggunakan katalis hal ini terjadi dikarenakan semakin tinggi nilai massa jenis maka nilai viskositas juga semakin tinggi [8]. Untuk sampel penambahan katalis 0 g memiliki nilai terendah yaitu sebesar 2,09 cSt, sedangkan untuk sampel dengan penambahan katalis 50 g yaitu sebesar 2,349 cSt, untuk sampel dengan penambahan katalis 100 g mengalami kenaikan yang signifikan yaitu sebesar 2,859 cSt dan sampel dengan penambahan katalis 150 g yaitu sebesar 2,93 cSt.

Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas yang dihasilkan oleh bahan bakar selama proses pembakaran dengan udara. Pada pengujian nilai kalor digunakan bom kalorimeter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai kalor hasil pirolisis

Dari Gambar dapat dilihat bahwa hasil pirolisis dengan menggunakan katalis terjadi tren kenaikan nilai kalor daripada hasil tanpa menggunakan katalis, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kamal dimana dengan penambahan katalis bentonite clay terjadi kenaikan nilai kalor [9]. Untuk sampel dengan katalis 0 g memiliki nilai sebesar 10.194,7 kal/g, sedangkan untuk sampel dengan penambahan katalis 50 g yaitu sebesar 10.732,9 kal/g, sedangkan untuk sampel dengan penambahan katalis 100 g yaitu sebesar 11.315,7 kal/g dan sampel dengan penambahan katalis 150 g menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 11.556,6 kal/g.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini berupa, katalis bentonite clay dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan dimana semakin banyak katalis digunakan maka nilai massa jenis, viskositas dan nilai kalor akan semakin naik. Nilai massa jenis yang didapatkan mendekati nilai standar bensin yaitu 750-790 kg/m³, nilai viskositas masuk dalam klasifikasi minyak diesel yaitu 2,09-2,93 cSt dan nilai kalor ada yang sudah masuk klasifikasi minyak diesel yaitu 10.194,7-11.556,6 cal/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thorat, P. V, Warulkar, S., & Sathone, H. 2013. Pyrolysis of waste plastic to produce Liquid Hydrocarbons. *Advances in Polymer Science and Technology: An International Journal*, 3(1).
- [2] Ramadhani, Y., & Kholidah, N. 2019. Pengaruh Aktivasi Katalis Zeolit terhadap Hasil Pirolisis Limbah Styrofoam. In *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 2(1).
- [3] Kamal, D. M. 2021. Pengaruh Penambahan Katalis Active Carbon Dan Bentonite Clay Pada Pirolisis Sampah Plastik Polyethylene Terephthalate (PETE) Terhadap Rendemen, Densitas, Viskositas, Dan Nilai Kalor. *Jurnal Poli-Teknologi*, 20(3).
- [4] Kartika, W. 2022. Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis HDPE dan PET Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Minyak Alternatif Menggunakan Metode Pirolisis Dengan Katalis Zeolit Alam. *Agroindustrial Technology Journal*, 6(02).
- [5] Kurniawan, S. D., & Saptoadi, H. 2016. Pengaruh Massa Katalis Zeolit Alam Pada Proses Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (Ldpe). *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 9(1).
- [6] Prurapark, R., Owjaraen, K., Saengphrom, B., Limthongtip, I., & Tongam, N. 2020. Effect of Temperature on Pyrolysis Oil Using High-Density Polyethylene and Polyethylene Terephthalate Sources From Mobile Pyrolysis Plant. *Frontiers in Energy Research*, 8.
- [7] Arita, S., Assalami, A., & Naibaho, D. I. 2015. Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Dengan Menggunakan Katalis Zeolit. *Teknik Kimia*, 21(2).
- [8] Effendy, S., Rusnadi, I., Fitria, Jaksen, Aina, N., Rossa, B., & Waltin, M. 2021. Unjuk Kerja Proses Pirolisis Katalitik Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau Dari Jumlah Katalis, Variasi Temperatur, Dan Waktu Operasi. *Kinetika*, 12(1).
- [9] Kamal, D. M. 2022. Penambahan Katalis Karbon Aktif dan Tanah Liat Bentonit Pada Pirolisis Sampah Plastik Polyethylene Terephthalate (PETE). *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur*, 05(01)..