

KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR CAIR ALTERNATIF HASIL PROSES PIROLISIS LIMBAH BAN DALAM MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT DAN CLAY

CHARACTERISTICS OF ALTERNATIVE LIQUID FUEL FROM PYROLYSIS PROCESS OF SCRAP TIRE WASTE USING ZEOLITE AND CLAY CATALYST

Indah Agus Setiorini¹⁾, Sri Ardhiany²⁾, M. Bima Yudhistira³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: indah@pap.ac.id

Abstract: In this study, the researchers employed catalytic cracking pyrolysis using used inner tube rubber as the feedstock, with zeolite and clay catalysts. The results indicate that zeolite catalysts produced a greater volume of product, with an average of 49,83 ml, compared to clay catalysts, which produced an average of 31,5 ml. In terms of % yield, the highest value was observed with zeolite catalyst of 200 mesh size, at 6,15%. The highest density value was also noted with the zeolite catalyst of 200 mesh size, at 1,092 g/ml. The highest specific gravity (SG) value in this study was achieved with the zeolite catalyst of 200 mesh size, at 1,094 g/ml. The highest viscosity was observed with the clay catalyst of 200 mesh size, at 26,05 cSt. When analyzing carbon residue (CCR), the clay catalyst of 200 mesh size showed the lowest carbon deposit percentage compared to other samples, at 0,2117%. The highest water and sediment value was found in the clay catalyst sample of 100 mesh size, at 4,3 ml.

Keywords: Pyrolysis, Liquid Fuel, Waste Tire, Zeolite, Clay.

Abstrak: Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode pirolisis catalytic cracking dengan bahan baku ban dalam bekas yang menggunakan katalis zeolit dan clay. Dari hasil penelitian, penggunaan katalis zeolit menghasilkan produk lebih banyak dengan rata-rata nilai 49,83 mL sementara katalis clay rata-rata menghasilkan produk sebesar 31,5 ml. Pada analisa % yield nilai terbesar ada pada saat penggunaan katalis zeolit ukuran 200 mesh sebesar 6,15 %. Nilai terbesar analisa densitas ada pada saat menggunakan katalis zeolit ukuran 200 mesh sebesar 1,092 g/ml. Nilai tertinggi analisa SG pada penelitian ini ada pada saat menggunakan katalis zeolit ukuran 200 mesh sebesar 1,094 g/ml. Nilai viskositas terbesar pada katalis clay ukuran 200 mesh dengan nilai 26,05 cSt. Saat analisa CCR menggunakan katalis clay ukuran 200 mesh nilai persentase karbon depositnya paling rendah di bandingkan dari sampel yang lain, yaitu 0,2117 %. Nilai terbesar analisa water and sediment pada sampel katalis clay pada ukuran 100 mesh dengan nilai 4,3 ml.

Kata kunci: Pirolisis, Bahan Bakar Cair, Limbah Ban Dalam, Zeolit, Clay.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia limbah ban dalam pemanfaatan atau pedaur ulangan kembali belum maksimal karena masih banyak limbah ban yang hanya dibuang begitu saja dan bisa memungkinkan kerusakan alam dan menjadi media pertumbuhan nyamuk. (Admadi, H. dkk. 2015) (Arita. S., dkk. 2015) (Saputra A dkk. 2022).

Berdasarkan catatan kementerian jumlah kendaraan mobil (roda 4) mencapai sekitar 17,2 juta unit pada akhir tahun 2022. Informasi ini dikumpulkan dalam laporan statistik Indonesia 2023 yang dirilis Badan Pusat Statistik (BPS) serta menurut data yang telah dilansir dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Selatan jumlah 1,2 juta

kendaraan, data ini diambil pada akhir tahun 2022 (BPS, 2022). Hal ini juga menjadi latar belakang peneliti untuk memanfaatkan limbah ban dalam menjadi bahan baku proses pengkonversian hidrokarbon menjadi bahan bakar cair alternatif.

Tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui karakteristik bahan bakar cair alternatif dari pengolahan limbah ban dalam menggunakan proses pirolisis terhadap variabel jenis katalis dan ukuran *mesh* katalis. Diharapkan juga dari penelitian ini kedepannya dapat memaksimalkan penggunaan limbah ban dalam yang berlimpah terutama di daerah perkotaan yang banyak perbengkelan seperti di daerah Sumatera Selatan.

2. TEORI DASAR

Proses konversi hidrokarbon atau yang lebih di kenal dengan istilah pirolisis adalah suatu metode yang optimal dan ramah lingkungan untuk proses penguraian melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit melibatkan oksigen. Proses ini dapat digunakan untuk proses perubahan komposisi kimia bahan-bahan seperti batubara, sampah organik dan non-organik (kertas, plastik), bahkan limbah manusia/hewan untuk menghasilkan material yang berguna baik berbentuk gas dengan kandungan metana, hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida. Selain itu, berbentuk oli dan tar serta material berbentuk padat (karbon padat). Proses ini secara umum dapat berlangsung pada suhu antara 500-800°C (Aguado dkk, 1999).

Proses pirolisis ini juga memproduksi material padat yang dapat berbentuk arang sebagai karbon aktif. Selain pirolisis ada 2 cara untuk mengatasi permasalahan limbah, yaitu *Insinerasi* dan *dumping* (Anggoro, dkk. 2020) (Effendy, Sahrul. dkk. 2021).

Prinsip kerja dari alat *konversi hidrokarbon* adalah perengkahan atau cracking. Pada penelitian ini peneliti menggunakan bahan baku padatan berjenis limbah *polimer* yang ada dimana mana dan menjadi salah satu permasalahan di Indonesia terhadap banyaknya limbah polimer ini. Di sini peneliti menggunakan *polimer* jenis *polystyrene* berupa limbah ban dalam. Pirolisis memiliki beberapa keuntungan dibanding proses pengolahan limbah lain yaitu, tidak memerlukan udara saat beroperasi, tidak perlu tekanan tinggi, dapat menghasilkan produk alternatif yang sangat menguntungkan dan dapat dimanfaatkan (Fatoni, Z. 2014).

Pada umumnya, *polimer* merupakan senyawa kimia organik yang didasarkan pada karbon, *hidrogen*, dan unsur bukan logam (O, N, dan Si). *Polimer* alam memiliki rantai karbon utama berupa Teknologi *Polimer* 4 rantai karbon (C). Umumnya, *polimer* memiliki struktur molekul yang sangat besar (Billmeyer, F,W. 1984) (Coker, K.A. 2001).

Berdasarkan sifatnya ketika dipanaskan, *polimer* dapat dibagi menjadi polimer termoplastik dan termoset. *Polimer termoplastik* adalah polimer yang ketika dipanaskan akan mengalami pelelehan dan dapat dibentuk sesuai pola yang diinginkan. Sedangkan, *polimer termoset* adalah *polimer* yang tidak mengalami pelelehan ketika dipanaskan. *Polimer termoset* tidak dapat didaur ulang sedangkan *polimer termoplastik* dapat didaur ulang (Galih, R. F. 2021).

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah (terutama Na dan Ca) dalam kerangka tiga dimensi yang terbatas dengan rongga-rongga. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara dapat balik (reversible). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti temperatur, tekanan uap air setempat dan komposisi airtanah lokasi kejadiannya (Rachmawati, Q. 2015) (Syamsiro, M. 2016) (Supriyanto, dkk. 2017) (Armayani, M., dkk. 2020).

Clay (Genteng tanah liat) merupakan katalis yang ramah lingkungan, karena terbuat dari bahan alam yang mudah didapat. Katalis *clay* digunakan karena tanah liat mempunyai sifat *ecofriendly*, ekonomis, dapat di daur ulang dan tidak korosif sehingga lebih efisien jika digunakan dalam reaksi organik. *Clay* mengandung silika alumina dimana dalam proses pirolisis silika alumina dapat berperan sebagai *polimerisasi*, *isomesisasi* dan perengkahan pada reaksi kimia hydrothermal yang memungkinkan tanah liat dapat digunakan sebagai katalis. Penggunaan katalis *clay* mempengaruhi laju reaksi dalam proses kondensasi gas menjadi *yield* (Galih, R. F. 2021).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari *heater* / pemanas,

reaktor, termokopel, termokontroler, display termokopel, kondensor, pompa, limbah ban dalam, katalis zeolit dan *clay* ukuran 80 #, 100 # dan 200 #.

Tabel 3.1 Alat dan bahan Pembuatan Alat Filtrasi dengan Membran Keramik Sekam Padi

Alat dan Bahan	Jumlah
Limbah Ban Dalam	1.000 g
Katalis Zeolit	100 g
Katalis Clay	100 g
Pompa	1 buah
Kondensor	1 buah
Display termokopel	1 buah
<i>Termokontroler</i>	1 buah
Termokopel	4 buah
Reaktor	1 buah
<i>Heater / Pemanas</i>	1 buah

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini bersumber dari literatur yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, baik literatur dari beberapa buku, jurnal dan website. Selain dari studi literatur, data yang dicantumkan juga merupakan data yang diperoleh langsung dari *running* alat di laboratorium.

3.3 Persiapan Awal Penelitian

1. Melakukan studi literatur untuk mencari referensi kondisi operasi, cara kerja, dan katalis.
2. Bimbingan pertama untuk menentukan jenis katalis dan kondisi operasi.
3. Pembagian tugas mencari bahan baku dan katalis.

3.4 Persiapan Alat

1. Pengecekan terhadap alat pirolisis di bagian kondensor dan reaktor.
2. Melakukan pembersihan dan maintenance di bagian *fitting* pada pompa dan kondensor.
3. Melakukan prarunning untuk mengecek kondisi operasi pada alat dan mengecek ada kebocoran atau tidak.

3.5 Pengaktifan Katalis

1. Penghalusan / pengecilan ukuran katalis 80, 100, 200 *mesh*.

2. Melakukan aktivasi katalis dengan menggunakan cairan asam H_2SO_4 0,01 M + aquades, katalis direndam selama minimal 1 x 24 jam.
3. Setelah perendaman katalis dibilas dengan aquades.
4. Selesai pembilasan katalis di keringkan di dalam *oven* hingga benar-benar kering.

3.6 Persiapan Running Pirolisis

1. Bersihkan bagian dalam reaktor.
2. Periksa bagian *fitting* pada pipa reaktor dan *kondensor*.
3. Masukkan limbah ban dalam yang sudah di potong-potong ke dalam reaktor sebanyak 1 kg dan juga masukan katalis 100 g.
4. Siapkan air dan es batu untuk media pendingin pada *kondensor*.

3.7 Proses Running Pirolisis (*Start Up*)

1. Aktifkan *heater* pada reaktor dan pompa *kondensor*.
2. Tunggu hingga temperature 100°C pada alat, setelah mencapai temperatur 100 °C catat kenaikan temperatur setiap 20°C dan mulai *stopwatch* 180 menit. Perhatikan juga temperature kondensor jaga di bawah 25°C.
3. Pada 30 menit awal keluar asap pada *outlet condensor*.
4. Di 60 menit awal produk mulai keluar dari *outlet condensor*, produk hasil pirolisis di tampung di dalam *beaker glass*. Setiap 30 menit wadah penampung/*beaker glass* di gantung untuk mengetahui waktu optimal operasi.

3.8 Penghentian Proses Pirolisis (*Shut Down*)

1. Setelah 180 menit, maka proses pirolisis telah selesai, lalu matikan *heater* reaktor dan pompa *kondensor*.
2. Tunggu hingga temperatur reaktor turun untuk bisa dibuka, jika temperatur sudah turun buka bagian reaktor untuk di lakukan penimbangan sisa hasil pirolisis dengan menggunakan neraca digital.

3.9 Skema Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Politeknik Akamigas Palembang dengan menggunakan bahan baku limbah ban dalam. Skema dari penelitian ini adalah:



Gambar 3.1 Blok Diagram Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Dari hasil penelitian pirolisis limbah ban berdasarkan perbedaan katalis antara zeolit dan *clay* di dapatkan hasil analisa sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Analisa Produk Pirolisis (Katalis Zeolit)

Analisa	Sampel		
	S ₁	S ₂	S ₃
Produk (m)	39	49	61,5
Yield (%)	3,9	4,9	6,15
Densitas (g/m)	1,04	1,06	1,092
SG	1,042	1,062	1,094
CCR (%)	0,7949	1,4441	3,5246
Viskositas kinematik (cSt)	23,75	24	24,35
Water and sedimen (ml)	1,4	2,1	2,9
Char (g)	967,63	982,52	972,67

Tabel 4.2 Hasil Analisa Produk Pirolisis (Katalis *Clay*)

Analisa	Sampel		
	S ₁	S ₂	S ₃
Produk (m)	33	26,5	35
Yield (%)	3,3	2,65	3,5
Densitas (g/m)	1,014	1,068	1,058
SG	1,016	1,070	1,060
CCR (%)	0,7400	3,1780	0,2117
Viskositas kinematik (cSt)	24,9	25,55	26,05
Water and sedimen (ml)	3,8	4,3	3,6
Char (g)	960,36	970,61	968,53

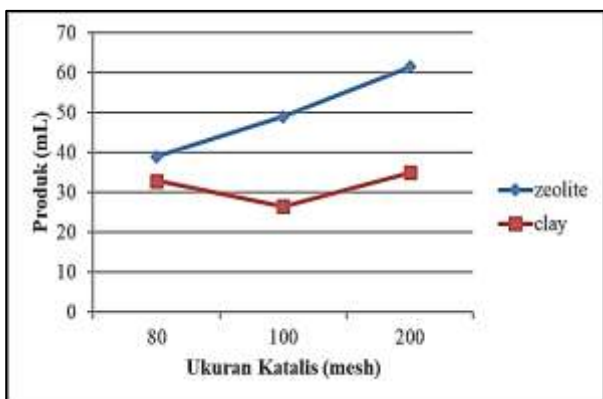
4.2 Analisa Terhadap Produk Bahan Bakar Cair

Dari tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa pada katalis zeolit menghasilkan produk lebih banyak dari pada menggunakan katalis *clay* untuk kondisi operasinya relatif sama temperatur berada di range 340-355°C, tekanan 1 atm, pendingin 20-22°C, dan menggunakan waktu *running* yang sama 180 menit. Menurut peneliti banyak produk yang menjadi gas dari pada menjadi liquid dan proses perengkahan pada reaktor berjalan kurang optimal karena kurangnya temperatur serta penginjeksian H₂. Penambahan gas H₂ bertujuan pada saat terjadi proses perengkahan atau pemutusan rantai *hydrocarbon* gas H₂ mengisi atom-atom carbon (C). Jika tidak ada penambahan gas H₂ rantai yang sudah terputus akan menyambung kembali menjadi rantai yang lebih panjang. *Cracking* berlebihan bisa dicegah dengan cara *quenching*. *Quenching* adalah proses penginjeksian media pendingin berupa H₂ atau air yang bertujuan untuk mendinginkan secara cepat.

4.2.1 Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Volume yang Dihasilkan Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

Dari gambar 4.2 peneliti mengambil variabel ukuran katalis terhadap volume produk bahan bakar cair, dilihat digambar bahwa penggunaan katalis zeolit lebih baik dari katalis *clay*, dibuktikan dengan gambar di atas. Setiap kenaikan ukuran katalis mengalami kenaikan yang signifikan. Zeolit memiliki kandungan alumina yang memberikan perambatan suhu yang cepat dan stabil pada bahan baku sehingga dengan

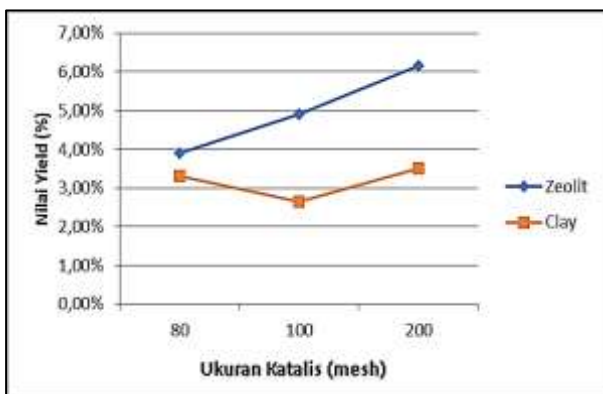
adanya kandungan tersebut dan dengan suhu yang tinggi akan memutus rangkaian struktur kimia pada bahan baku. Hal ini lah yang menyebabkan katalis zeolit lebih efektif dan menghasilkan lebih banyak produk dalam proses pirolisis di bandingkan katalis *clay*. Produk cair yang paling banyak dihasilkan yaitu, pada penggunaan katalis zeolit ukuran 200 *mesh*, dengan jumlah produk cair sebanyak 61,5 ml. Pengaruh ukuran katalis terhadap volume yang di hasilkan pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perbandingan Volume Hasil Pirolisis Limbah Ban Dalam Menggunakan Katalis Zeolit dan Clay

4.2.2 Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Nilai Yield Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

Pengaruh ukuran katalis terhadap nilai yield pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.2.

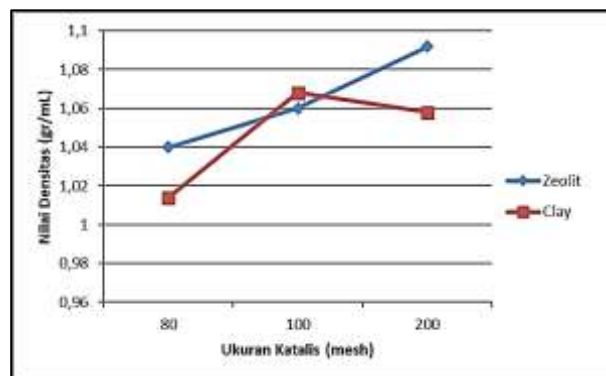


Gambar 4.2 Perbandingan Nilai Yield Terhadap Variasi Ukuran Mesh Katalis Zeolit dan Clay

Dari gambar 4.2 dapat dilihat pada penggunaan katalis zeolit mengalami kenaikan yang signifikan yang artinya semakin kecil ukuran *mesh*, semakin efektif untuk menjadi katalisator pada saat perengkahan pada proses pirolisis ini. Pada penggunaan katalis *clay* kenaikannya cenderung lebih kecil dibandingkan katalis zeolit. Pada saat *running* katalis *clay* ukuran 100 *mesh* terjadi penurunan temperatur yang drastis, dari 350 turun hingga 280°C. Penyebab dari turunnya temperatur disebabkan karena pada saat *running* daya listrik mengalami penurunan yang disebabkan banyak yang melakukan penelitian dengan menggunakan alat-alat yang menggunakan daya listrik yang tinggi.

4.2.3 Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Nilai Densitas Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

Pengaruh ukuran katalis terhadap nilai *densitas* pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.3.



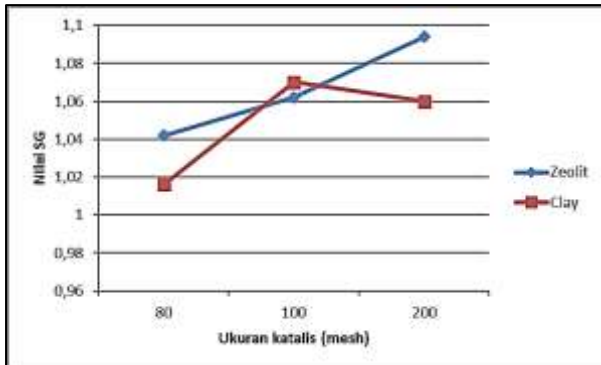
Gambar 4.3 Perbandingan Nilai Densitas Terhadap Variasi Ukuran Mesh Katalis Zeolit dan Clay

Dari gambar tersebut terlihat bahwa produk yang menggunakan katalis zeolit perbedaan *densitas* pada setiap variasi ukuran *mesh* mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan berbanding dengan katalis *clay* pada saat menggunakan ukuran 80 *mesh* nilai densitasnya 1,014 g/ml pada saat menggunakan ukuran 100 *mesh* mengalami kenaikan yang cukup tinggi, yaitu 1,068 g/ml tetapi pada saat menggunakan ukuran 200 *mesh* mengalami penurunan, yaitu 1,058 g/ml.

Semakin besar *mesh*, maka semakin besar pula densitas setiap volumenya.

4.2.4 Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Nilai SG Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

Pengaruh ukuran katalis terhadap nilai SG pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.4.

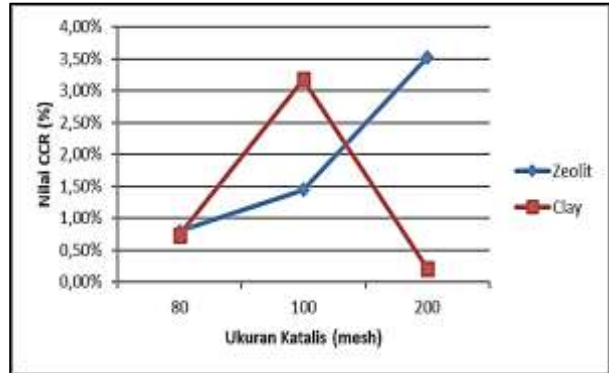


Gambar 4.4 Perbandingan Nilai SG Terhadap Variasi Ukuran *Mesh* Katalis Zeolit dan *Clay*

Pada gambar 4.4 menunjukkan pada penggunaan katalis zeolit setiap variasi ukuran *mesh*nya mengalami kenaikan yang stabil dan konsisten tetapi berbeda dengan katalis *clay* pada ukuran 200 *mesh* mengalami penurunan hal ini di sebabkan berbedannya fasa sampel, pada sampel 100 *mesh* lebih cair dan sampel 200 *mesh* sedikit lebih kental, karena pada ukuran 200 *mesh* produk tercampur kotoran/*sluge*.

4.2.5 Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Nilai CCR Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

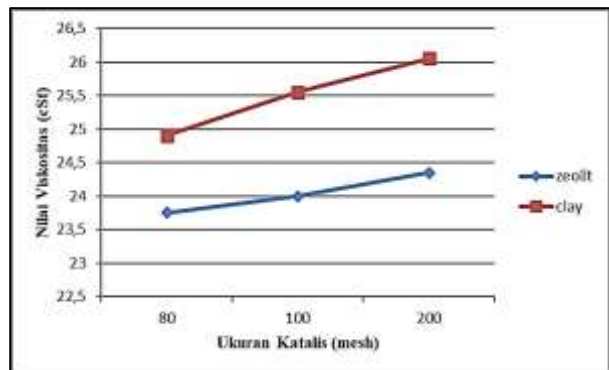
Pengaruh ukuran katalis terhadap nilai CCR pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.5. Dari gambar 4.5 bisa dilihat pada saat penggunaan katalis zeolit kenaikan grafiknya signifikan yang berarti setiap kenaikan ukuran *mesh* menghasilkan lebih banyak *karbon deposit* pada saat analisa CCR, yang berarti lebih bagus menggunakan katalis zeolit ukuran 80 *mesh*. Pada penggunaan katalis *clay* pada ukuran 80 dan 200 *mesh* menghasilkan lebih sedikit *karbon deposit* dibandingkan dengan ukuran 200 *mesh* yang menghasilkan 3,18 % *karbon deposit*.



Gambar 4.5 Gambar Perbandingan Nilai CCR Terhadap Variasi Ukuran *Mesh* Katalis Zeolit dan *Clay*

4.2.6 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Nilai Viskositas Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

Pengaruh jenis katalis terhadap nilai viskositas pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.6.

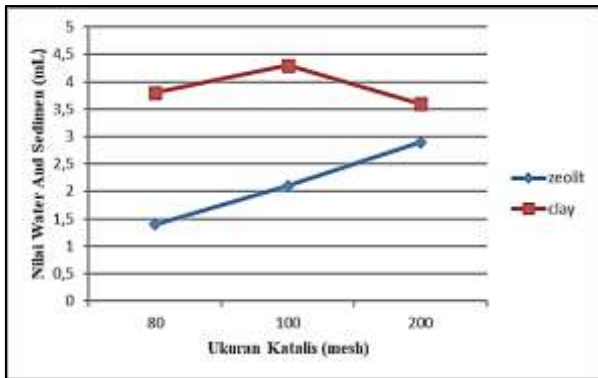


Gambar 4.6 Gambar Perbandingan Nilai Viskositas Terhadap Variasi Katalis Zeolit dan *Clay*

Dari gambar 4.6 nilai viskositas katalis *clay* lebih tinggi dibandingkan katalis zeolit, hal ini disebabkan katalis *clay* lebih kental di bandingkan katalis zeolit. Dari pengamatan peneliti dan uji sampel pada produk katalis *clay* banyak kotoran berupa *sluge* yang menyebabkan meningkatnya kekentalan produk. Nilai viskositas tertinggi di katalis *clay* ukuran 200 *mesh* dengan nilai 26,05 cSt.

4.2.7 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Nilai *Water and Sedimen* Pada Pirolisis Limbah Ban Dalam

Pengaruh jenis katalis terhadap nilai *water and sedimen* pada pirolisis limbah ban dalam dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Gambar Perbandingan Nilai *Water and Sedimen* Terhadap Variasi Katalis Zeolit dan Clay

Dari gambar 4.7 dapat dilihat nilai *water and sedimen* pada penggunaan katalis zeolit lebih sedikit mengandung *water and sedimen* dibandingkan dengan penggunaan katalis clay. Hal ini disebabkan pada sampel clay lebih banyak endapan di bagian bawah sampel dan bisa juga di sebabkan terjadinya *polimerisasi* kembali akibat suhu ruang. Nilai *water and sedimen* ada pada sampel dengan ukuran 100 *mesh* dengan nilai 4,3 ml.

5. KESIMPULAN

Dari hasil produk antara katalis zeolit dan clay bisa dilihat bahwa penggunaan katalis zeolit lebih efektif dan menghasilkan produk lebih banyak dibandingkan penggunaan katalis clay. Hal ini disebabkan zeolit memiliki kandungan alumina yang memberikan perambatan suhu yang cepat dan stabil pada bahan baku sehingga dengan adanya kandungan tersebut dan dengan suhu yang tinggi akan memutus rangkaian struktur kimia pada bahan baku. Hasil dari pirolisis yang menggunakan katalis zeolit dan clay cenderung berbeda menurut fasanya. Produk clay cenderung lebih kental dibandingkan produk yang menggunakan katalis zeolit.

1. Pada analisa % *yield* produk limbah ban dalam didapatkan rata-rata hasil untuk katalis zeolit sebesar 4,983% dan katalis clay 3,15%. Nilai % *yield* terbesar dianalisa ini pada saat menggunakan katalis zeolit 200 *mesh* yaitu, 6,15 %. Sedangkan dilihat hasil rata-rata analisa densitas, SG, katalis zeolit hasilnya lebih tinggi dibandingkan

dari clay. Pada analisa viskositas sampel yang menggunakan katalis zeolit hasilnya lebih rendah dibandingkan dengan katalis clay hal ini disebabkan fasa untuk katalis clay lebih kental dibandingkan katalis zeolit. Pada sampel katalis clay mengalami *polimerisasi* kembali yang lumayan signifikan karena faktor temperatur ruang, sampel katalis zeolit mengalami kejadian yang serupa tetapi tidak signifikan seperti katalis clay. Nilai viskositas terbesar pada katalis clay ukuran 200 *mesh* dengan nilai 26,05 cSt. Saat analisa CCR menggunakan katalis clay ukuran 200 *mesh* nilai persentase karbon depositnya paling rendah dibandingkan dari sampel yang lain, yaitu 0,2117 %. Perbandingan nilai *water and sedimen* menunjukkan bahwa pada penggunaan katalis zeolit kandungan *water and sedimennya* lebih sedikit dibandingkan katalis clay, nilai terbesar analisa *water and sedimen* pada sampel katalis clay pada ukuran 100 *mesh* dengan nilai 4,3 ml.

DAFTAR PUSTAKA

- Admadi H, Bambang, dan I Wayan Arnata. 2015. *Teknologi Polimer*. Bali: Universitas Udayana.
- Aguado, J, Serrano, D.P., San Miguel, G., and Castro, M.C. 2007. *Feedstock Recycling Of Polyethylene In A Two-step Thermo-Catalytic System*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Volume 79, Issues 1–2, May 2007, Pages 415-423. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165237006001586>. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.11.008>.
- Anggoro Arahim, Andry, Widayat, dan, Hadiyanto. 2020. *Pengaruh Katalis Genteng Tanah Liat dalam Proses Produksi Bahan Bakar Cair dari Limbah Ban Bekas dengan Proses Pirolisis*. Jurnal Energi Baru dan Terbarukan Vol. 1, No. 02 (2020)
- Arita. S., dkk.. 2015. *Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis*

Zeolit.e-ISSN: 2721-4885.

<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/524>.

Armayani, M., Mansur, M., dan Subaer. 2020. *Pengaruh Temperatur Dan Komposisi Kimia Terhadap Sintesis Zeolit-Y Berbasis Lempung dan Abu Sekam Padi*. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF). Jilid 16 No. 03 Desember 2020 Hal. 251-258. eISSN: 2548-637.

<https://ojs.unm.ac.id/JSdPF/article/view/15803>
.DOI: <https://doi.org/10.35580/jspf.v16i3.15803>

Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera. 2022. *Data Jumlah Kendaraan Di Indonesia. Palembang*.

Billmeyer, F.W. *Textbook Of Polymer Scient*. 3 edition. Willey. New York, 1984. (in Japanese 1960 & 1989; in Malaysian 1989).

Coker, K.A. 2001. *Modeling Of Chemical Kinetics and Reactor Design*. AKC Technology. by Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

Effendy, Sahrul, dkk. 2021. *Unjuk Kerja Proses Pirolisis Katalitik Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau Dari Jumlah Katalis, Variasi Temperatur, Dan Waktu Operasi*. Vol. 12, No. 1 (2021): KINETIKA 01032021.
<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/article/view/3124>.

Fatoni, Zainuddin. 2014. *Produk Migas*. Palembang: Politeknik Akamigas Palembang.

Galih, Rouzzaq Fathony. 2021. *Studi Proses Pirolisis Ban Dalam Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair*. Magelang. Skripsi, Universitas Tidar.

Rachmawati, Qonita. 2015. *Pengolahan Sampah Secara Pirolisis Dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik*. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Saputra A., Manggala L.K., dan Salimin. 2022. *Pemanfaatan Minyak Pirolisis Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Alternatif*. ETHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Vol. 7 (1), Februari 2022 : 9-14. e-ISSN 2502-8944.

<http://ojs.uho.ac.id/index.php/ENTHALPY>.DOI: <http://dx.doi.org/10.55679/enthalpy.v7i1.24495>.

Syamsiro, Muhammad. 2016. *Studi Pirolisis Sampah Ban Untuk Produksi Bahan Bakar Minyak Alternatif Bagi Industri Kecil dan Menengah*. Jurnal Riset Daerah Vol. 15, No. 03.

Supriyanto, Agung, Y. Yulianto Kristiawan, dan Stef Unyanto. 2017. *Pemanfaatan Limbah Ban Bekas sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Pirolisis*. Jurnal Teknika ATW.