

PENGOLAHAN MINYAK HASIL PIROLISIS BAN MOTOR BEKAS DENGAN PROSES PIROLISIS KATALITIK MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI

Sitti Sahraeni^{1,*}, Firman¹, dan Trianti Milla Pratiwi^{2,**}

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

ABSTRAK

Ban bekas merupakan limbah yang sulit terdegradasi secara biologis karena memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengurainya, hal ini dapat mencemari lingkungan. Salah satu cara dalam menangani limbah ban bekas agar memiliki nilai tambah adalah melalui proses pirolisis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh suhu pirolisis katalitik terhadap rendemen dan kualitas minyak yang dihasilkan pada proses pengolahan produk cair hasil pirolisis ban motor bekas. Penelitian ini diawali dengan melakukan proses pirolisis ban motor bekas sebanyak 1000 gram dengan ukuran 2×2 cm menggunakan katalis zeolit alam yang teraktivasi dengan ukuran 6 mesh sebanyak 60 gram pada suhu 400°C dan waktu 2,5 jam. Produk cair dari hasil pirolisis kemudian diproses menggunakan perengkahan destilasi dengan perbandingan minyak hasil pirolisis:katalis (100:1) dengan variasi suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C dalam waktu 1,5 jam. Minyak hasil destilasi kemudian diukur rendemennya dan dianalisis densitas, viskositas dan angka oktan. Produk dengan rendemen tertinggi kemudian dianalisis komponen penyusunnya menggunakan Kromatografi Gas – Spektrometri Massa. Hasil terbaik didapat pada suhu 450°C menghasilkan rendemen sebesar 66,20%, densitas 0,853gr/mL, viskositas 1,0589cSt, angka oktan 99,2 dengan komposisi rantai (C₅-C₁₀) yang termasuk dalam golongan fraksi bensin sebesar 74,83%.

Kata Kunci: ban bekas, destilasi, katalis zeolit alam, pirolisis.

ABSTRACT

Used tires are waste that is difficult to degrade biologically because it takes a long time to decompose, this can pollute the environment. One way to deal with used tire waste in order to have added value is through the pyrolysis process. The purpose of this study is to determine the effect of catalytic pyrolysis temperature on the yield and quality of the oil produced in the processing process of liquid products resulting from pyrolysis of used motor tires. This study began by doing the process of pyrolysis of used motorcycle tires as much as 1000 grams with a measure of 2×2 cm using a natural zeolite catalyst that is activated with a size of 6 mesh as much as 60 grams at a temperature of 400 ° C and a time of 2.5 hours. Liquid products from pyrolysis are then processed using distillation with a ratio of pyrolysis oil:catalyst (100:1) with temperature variations of 300 ° C, 350 ° C, 400 ° C, 450 ° C and 500 ° C within 1.5 hours. The distillation oil is then measured and analyzed the density, viscosity and octane number. The products with the highest yields are then analyzed by their constituent components using Gas Chromatography – Mass Spectrometry(GC-MS). The best results obtained at 450°C resulted in a yield of 66.20%, a density of 0.853gr/mL, a viscosity of 1.0589cSt, an octane number of 99.2 with a chain composition (C₅-C₁₀) belonging to the gasoline fraction group of 74.83%.

Keywords: used tires, distillation, natural zeolite catalysts, pyrolysis.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan populasi kendaraan bermotor di Indonesia mengakibatkan permasalahan baru. Pada tahun akhir 2019 jumlah total kendaraan bermotor di Indonesia sebanyak 143,75 unit meningkat 4,39% dari 137,7 juta pada akhir tahun 2018 [1]. Jika produksi kendaraan bermotor bertambah, maka produksi ban semakin meningkat. Seiring dengan itu, limbah ban – ban bekas yang tidak terpakai di lingkungan pun semakin meningkat.

Limbah ban sangat sulit terdegradasi secara alami oleh alam. Selama ini penanganan limbah ban hanya dengan menimbun dan dibakar langsung pada udara terbuka. Hal ini masih belum bisa mengurangi limbah ban, karena akan menyebabkan polusi udara dan pemanasan global. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi limbah ban bekas adalah dengan mengkonversi ban bekas menjadi sumber alternatif terbarukan (*renewable energy*) melalui proses pirolisis [2]. Produk cair hasil pirolisis kemudian diolah lebih lanjut untuk memisahkan campuran yang masih ada dalam produk cair hasil pirolisis sebelumnya

¹ * Korespondensi penulis: Sitti Sahraeni, email sahraenisitti@gmail.com

^{**} Mahasiswa Teknik Kimia

dengan katalis yang berfungsi sebagai adsorben, sekaligus memecah rantai hidrokarbon yang masih kompleks agar lebih sederhana.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dumilah & Kholidah, digunakan limbah ban bekas sebagai bahan baku. Variasi temperatur yang digunakan adalah 200°C, 250°C, dan 300°C dengan waktu operasi selama 3 jam dan menggunakan katalis zeolit alam. Hasil terbaik yang diperoleh dari penelitian tersebut pada temperatur 300°C sebesar 58,6030%, dengan komposisi rantai hidrokarbon terbesar yaitu (C₉ – C₁₄) sebanyak 55,28% yang merupakan fraksi minyak tanah [3]. Penelitian yang dilakukan oleh Nurdewanti dengan variasi waktu pirolisis yaitu 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, 3 jam dan 3,5 jam dari jumlah bahan baku ban bekas sebanyak 1000 gram [4]. Pirolisis dilakukan pada temperatur 400°C dengan massa katalis Zeolit Alam sebanyak 60 gram dengan mengaktivasi katalis secara kimia dan fisika, rendemen minyak tertinggi yang didapat yaitu pada waktu pirolisis 2,5 jam sebesar 58,77%, dengan komposisi rantai hidrokarbon terbesar adalah (C₅ – C₁₀) sebanyak 37,41% yang merupakan fraksi bensin.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Dumilah & Kholidah dan Nurdewanti produk cair hasil pirolisis ini masih bisa diolah lebih lanjut [3][4]. Proses yang dilakukan adalah destilasi menggunakan alat pirolisis dengan penambahan katalis zeolite alam teraktivasi. Proses ini dilakukan untuk menghasilkan rantai karbon yang lebih sederhana sehingga memenuhi syarat kualitas bahan bakar. Oleh karena itu, untuk mendapatkan produk cair hasil pirolisis yang lebih murni dengan komposisi fraksi ringan yang lebih besar, pada penelitian ini digunakan proses katalitik pirolitik dengan variasi temperatur yaitu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C dan mengaktivasi katalis dengan aktivasi kimia. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wijarnarko dkk membuktikan bahwa peningkatan suhu distilasi menyebabkan reaksi perengkahan berlangsung semakin cepat sehingga dihasilkan pula senyawa dengan rantai molekul yang lebih pendek, densitas, dan viskositas senyawa hasil perengkahan menjadi lebih besar [5]. Tujuan penelitian ini untuk menentukan pengaruh suhu proses pirolisis katalitik terhadap rendemen dan kualitas minyak yang dihasilkan pada proses pengolahan produk cair hasil pirolisis ban motor bekas.

2. METODE PENELITIAN

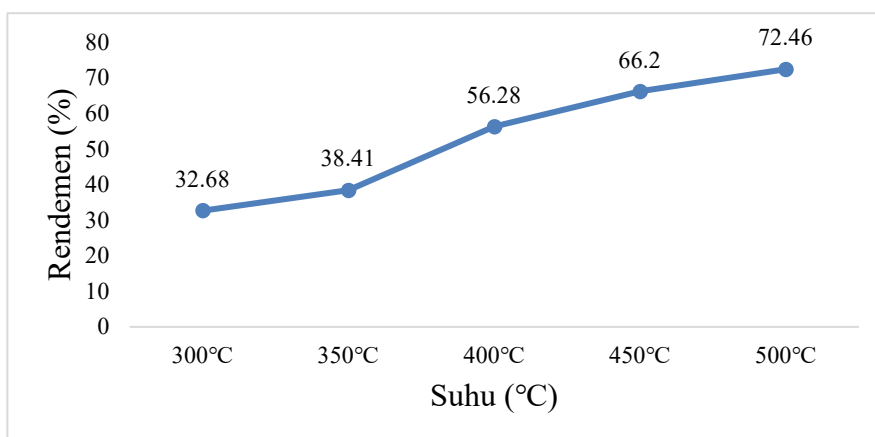
Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dan kualitatif yaitu menentukan rendemen produk dan karakterisasi produk yang dihasilkan meliputi densitas, viskositas, angka oktan dan komposisi penyusun produk. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ban luar motor bekas yang dipotong dengan ukuran 2x2 cm². Zeolit alam dengan ukuran 6 mesh yang diaktivasi menggunakan NaOH 1,5M. Ban motor bekas yang dicampur dengan 6% katalis zeolite alam dimasukkan ke dalam reactor dan dipirolisis pada temperatur 400°C selama 2,5 jam. Produk cair hasil pirolisis ditampung kemudian dilakukan proses selanjutnya. yaitu katalitik pirolitik dengan waktu 1,5 jam, perbandingan produk cair/katalis 100:1 dengan variasi suhu (300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C). Produk cair hasil proses katalitik pirolitik yang dihasilkan kemudian dianalisis rendemen, komposisi dengan GS-Ms, densitas, viskositas dan angka oktan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pirolisis ini menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi untuk mempercepat proses pirolisis. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar. Zeolit juga digunakan sebagai adsorben pada proses destilasi pirolitik. Suhu destilasi produk cair yang divariasikan pada penelitian ini adalah 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, dan 500°C.

3.1 Pengaruh Suhu Terhadap Rendemen

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan antara suhu terhadap rendemen produk cair hasil destilasi pirolitik yang dapat dilihat pada Gambar 1.



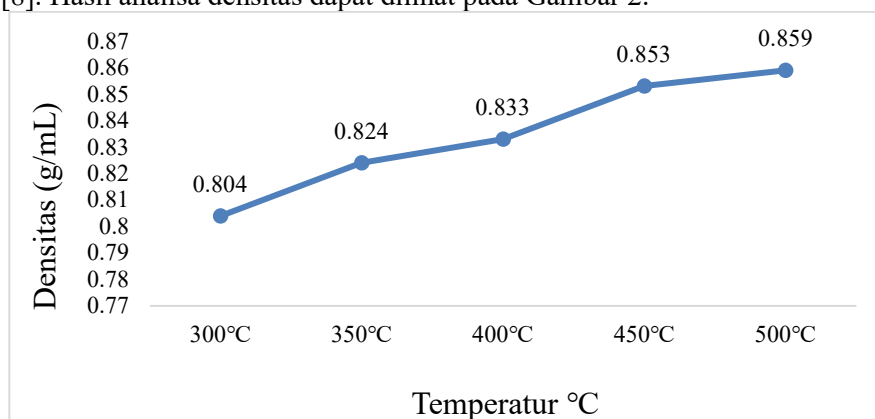
Gambar 1 Grafik Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Rendemen Cair Pirolisis

Gambar 1 menunjukkan pengaruh hubungan antara suhu terhadap rendemen produk cair dari hasil destilasi pirolitik limbah ban bekas, rendemen produk cair dari hasil destilasi pirolitik limbah ban terus meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur. Jadi, semakin tinggi temperatur pada proses destilasi limbah ban bekas maka rendemen produk cair yang dihasilkan juga semakin banyak. Pada suhu 300°C didapatkan rendemen cair sebesar 32,68%, suhu 350°C yaitu 38,41%, suhu 400°C yaitu 56,28%, suhu 450°C yaitu 66,20% dan tertinggi pada suhu 500°C dengan rendemen cair sebesar 72,46%.

Menurut Arita, bahwa “suhu sangat mempengaruhi jumlah produk yang dihasilkan karena sesuai dengan persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka nilai konstanta dekomposisi termal makin besar akibatnya laju pirolisis bertambah dan konversi meningkat” [6]. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Kholidah bahwa semakin tinggi temperatur, maka rendemen bahan bakar cair yang dihasilkan semakin banyak [7]. Hal ini dikarenakan pada temperatur tinggi rantai karbon akan lebih mudah terengkah dibandingkan pada suhu rendah [3] [6] [7].

3.2 Pengaruh Suhu Terhadap Densitas

Dari hasil pengujian densitas didapatkan hubungan antara suhu terhadap densitas produk cair hasil destilasi pirolitik. Densitas adalah salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas bahan bakar. Jika massa suatu bahan bakar melebihi standar batasnya, maka meningkatkan keausan mesin dan menyebabkan kerusakan mesin [8]. Hasil analisa densitas dapat dilihat pada Gambar 2.



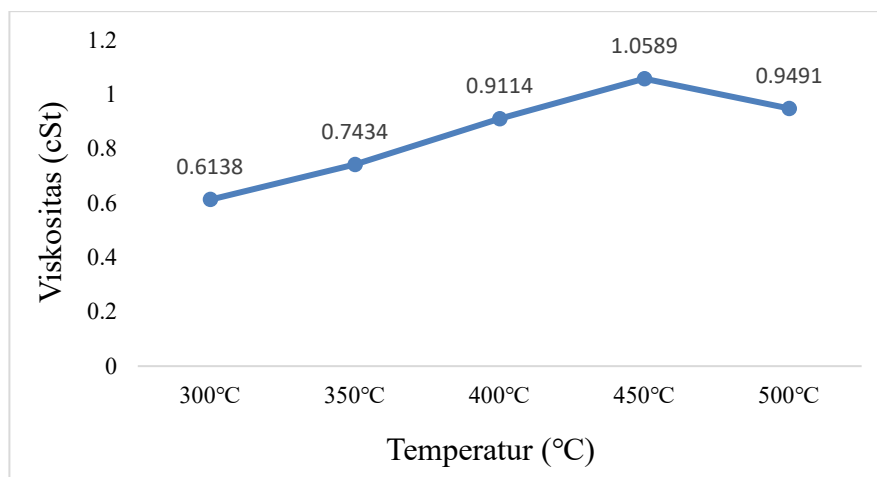
Gambar 2 Grafik Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Densitas Produk Cair Pirolisis

Gambar 2 menunjukkan pengaruh hubungan antara suhu terhadap densitas produk cair dari hasil destilasi pirolitik limbah ban bekas. Terlihat bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi densitas produk cair yang dihasilkan, dikarenakan semakin banyak molekul berat yang ikut terdekomposisi. Liestino dkk melaporkan hal yang serupa bahwa kenaikan temperatur pemanasan berdampak pada kenaikan massa jenis produk minyak yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi temperatur mengurangi terjadinya reaksi sekunder uap hidrokarbon menjadi gas, sehingga fraksi-fraksi berat semakin banyak yang terikat ke dalam kondensor dan terkondensasi menjadi minyak. Menurut Keputusan Ditjen Migas Nomor 0177.K/10/DJM.T/2018 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin (*Gasoline*) RON 98 menyebutkan bahwa densitas (pada suhu 15°C) yaitu 0,715 – 0,770 g/mL. Menurut Keputusan Ditjen

Migas Nomor 146.K/10/DJM/2020 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Murni (B-0) dengan Angka Setana (CN) 51 menyebutkan bahwa densitas (pada suhu 15°C) yaitu 0,810 – 0,850 g/mL.

3.3 Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas

Dari hasil pengujian viskositas didapatkan hubungan antara suhu terhadap viskositas produk cair hasil destilasi pirolitik. Viskositas merupakan salah satu parameter penting pada suatu bahan bakar. Nilai viskositas suatu bahan bakar bergantung pada kandungan fraksi ringan dan temperatur disekitarnya. Suatu bahan bakar terlalu encer, maka sulit terbakar dan menyebabkan kebocoran pipa injeksi [8]. Pengukuran viskositas pada penelitian ini menggunakan viskometer ostwald pada suhu 40°C. Hasil analisa viskositas dapat dilihat pada Gambar 3.

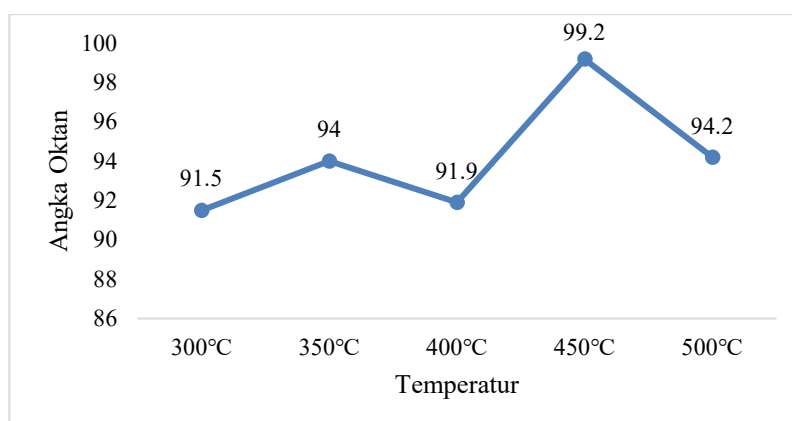


Gambar 3 Grafik Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Viskositas Produk Cair Pirolisis

Gambar 3 menunjukkan pengaruh hubungan antara suhu terhadap viskositas produk cair dari hasil destilasi pirolitik limbah ban bekas. Semakin rendah viskositas meningkatkan pembakaran yang sempurna. Sebaliknya nilai viskositas yang tinggi dapat menyebabkan pemompaan cairan dari tangki ke ruang bahan bakar mesin menjadi berat. Hal ini dapat mengakibatkan pembakaran kurang sempurna dan menimbulkan endapan pada nosel [8]. Viskositas produk cair hasil destilasi pirolitik ini melebihi viskositas BBM Jenis Bensin (*Gasoline*) RON 98 pada pengukuran suhu 40°C sebesar 0,4417 cSt. Dan masih sangat rendah jika digolongkan sebagai BBM Jenis Minyak Solar Murni (B-0) Dengan Angka Setana (CN) 48 maupun 51 dengan viskositas antara 2,0 – 4,5 cSt pada suhu 40°C.

3.4 Pengaruh Suhu Terhadap Angka Oktan

Pada penelitian kali ini pengujian angka oktan menggunakan alat uji oktan merek Zeltex ZX-101, dengan memasukkan sampel 200 – 250 mL kedalam wadah dan kemudian terbaca pada kertas yang digunakan. Hasil analisa angka oktan dapat dilihat pada Gambar 4.

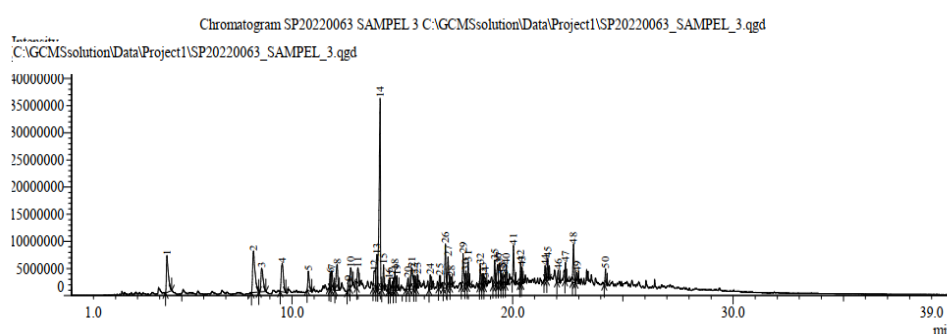


Gambar 4 Grafik Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Angka Oktan Produk Cair Pirolisis

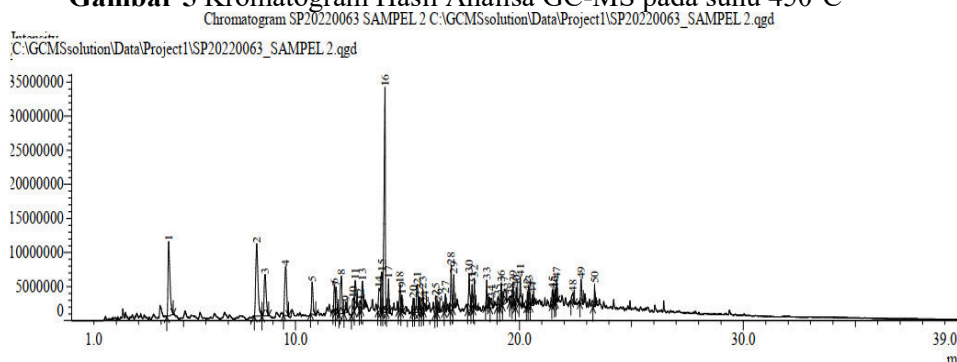
Gambar 4 menunjukkan pengaruh hubungan antara suhu terhadap angka oktan produk cair dari hasil destilasi pirolitik limbah ban bekas. Semakin tinggi nilai oktan, maka bahan bakar lebih lambat terbakar, sehingga tidak meninggalkan residu pada mesin yang bisa mengganggu kinerjanya. Angka oktan yang dihasilkan masih berada pada rentang angka oktan BBM Jenis Bensin (*gasoline*) yaitu RON 98 atau yang dikenal pertamax turbo.

3.5 Hasil Analisa GC-MS

Hasil produk cair pirolisis kemudian dianalisis menggunakan metode *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada hasil cair destilasi pirolitik tersebut. Dalam analisis GC-MS sampel yang dianalisa adalah hasil destilasi pirolitik produk cair pada suhu 450°C dengan nilai rendemen tertinggi yaitu 72,46% dan juga pada suhu 500°C dengan angka oktan tertinggi yaitu 99,2. Hasil analisa GC-MS produk cair hasil destilasi pirolitik pada suhu 450°C dapat dilihat pada Gambar 5 dan hasil analisa GC-MS produk cair hasil destilasi pirolitik pada suhu 500°C dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5 Kromatogram Hasil Analisa GC-MS pada suhu 450°C



Gambar 6 Kromatogram Hasil Analisa GC-MS pada suhu 500°C

Berikut tabel komposisi yang ada didalam minyak hasil destilasi pirolitik ban bekas :

Tabel 1. Hasil Analisa GC-MS Produk Cair Hasil Destilasi Pirolitik pada Suhu 450°C dan 500°C

No.	Rumus Molekul	Fraksi	%Area	
			450°C	500°C
1.	C ₅ – C ₁₀	Bensin	74,83%	67,9%
2.	C ₁₁ – C ₁₄	Kerosin	24,4%	31,22%
3.	C ₁₅ – C ₁₇	Minyak Solar	0,78%	0,87%
4.	>C ₂₀	Minyak Bakar	-	-

Pada Tabel 1 terlihat pada kedua titik dari hasil pemurnian produk cair pirolisis didapatkan komponen aromatik yang lebih besar dibandingkan olefin, parafin dan zat pengotor, Aromatik yang terdapat pada produk cair pirolisis tanpa katalis adalah benzena. Benzene adalah komponen aromatik yang tak berwarna, mudah terbakar, titik leleh tinggi dan mempunyai aroma yang manis. Kandungan benzena pada bensin dapat

meningkatkan angka oktan dan mengurangi knocking. Pada tahun 50-an, benzena digunakan sebagai aditif pada bensin sebelum digantikan oleh timbal tetraethyl [9].

Terdapat juga kandungan olefin (alkena) dan parafin (alkana) dalam kedua produk cair hasil destilasi pirolitik ini, namun hasil yang didapat sangat rendah dari aromatik. Alkena termasuk hidrokarbon yang relatif stabil namun lebih reaktif daripada alkana. Kereaktifan alkena disebabkan dan adanya ikatan pi antar karbon yang bersifat mudah rusak sehingga terbentuk ikatan tunggal yang baru. Kandungan alkena yang tinggi menyebabkan suatu bahan bakar mudah teroksidasi, sehingga menyebabkan hidrokarbon tersebut berwarna gelap dan memicu timbulnya pencemar/impurities. Kandungan alkena tidak diharapkan pada komposisi bensin. Selain memiliki nilai oktan rendah, alkena juga berpengaruh pada densitas produk cair pirolisis. Densitas alkena lebih tinggi dari alkana sehingga semakin tinggi. Hal ini membuktikan bahwa kandungan olefin pada suhu 500°C lebih besar dibandingkan suhu 450°C sehingga densitas produk cair pada suhu 500°C cukup tinggi.

Sedangkan Alkana dengan jumlah lebih sedikit merupakan suatu kerugian karena alkana adalah hidrokarbon jenuh yang sangat baik untuk auto ignition quality pada bensin dan ignition delay pada solar. Alkena yang dihasilkan, walaupun lebih sedikit dibanding pirolisis dengan katalis, masih termasuk tinggi untuk digunakan dalam bahan bakar. Pada proses pembuatan bahan bakar yang sesungguhnya, jumlah alkena berusaha dihilangkan dengan cara menghilangkan ikatan rangkapnya menggunakan teknik hidrogenasi. Terdapatnya kandungan oksida pada hasil cair pirolisis dikarenakan pada saat proses pemasukan sampel ban luar bekas ke dalam tabung pirolisis, tidak dilakukan vakum untuk menghilangkan oksigen di dalam tabung pirolisis. Kesimpulannya, produk cair hasil destilasi pirolitik pada suhu 450°C masih lebih unggul dibandingkan pada suhu 500°C hal ini dapat dilihat dari kandungan fraksi (C₅-C₁₀) yang termasuk dalam golongan bensin pada suhu 450°C sebesar 74,83%, sedangkan pada suhu 500°C sebesar 67,9%.

4. KESIMPULAN

Proses pirolisis katalitik minyak hasil pirolisis ban bekas dengan variasi suhu menggunakan katalis zeolit alam, hasil terbaik didapat pada suhu 450°C menghasilkan rendemen sebesar 66,20%, densitas 0,853gr/mL, viskositas 1,0589cSt, angka oktan 99,2 dengan komposisi rantai (C₅-C₁₀) yang termasuk dalam golongan fraksi bensin sebesar 74,83%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada P3M Politeknik Negeri Samarinda, dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis" Badan Pusat Statistik, 2019. <http://bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>.
- [2] Effendy, S., Rusnadi, I., Amin, J. M., 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), 32-39.
- [3] Dumilah, T. R., & Kholidah, N. (2019). Pengaruh Temperatur terhadap Hasil Pirolisis Limbah Ban menjadi Bahan Bakar Cair menggunakan Katalis Zeolit.
- [4] Nurdewanti, R.F. (2020). *Laporan Penelitian Pengaruh Waktu Pirolisis Ban Bekas Terhadap Rendemen Pertamina*. Spesifikasi Produk BBM, dan LPG.
- [5] Wijanarko, A., Mawardi, DA, & Nasikin, M. (2006). Produksi biogasoline dari minyak sawit melalui reaksi catalytic pirolitik dengan katalis -alumina. *Jurnal Teknologi Makara*, 10 (2), 148496.
- [6] Arita, S., Assalami, A., dan Naibaho, D.I. (2015). Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*. 21(2):8-14.
- [7] Kholidah, N. (2018). Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Yield pada Proses Perengkahan Katalitik Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Cair. *Alkimia: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 2(1), 28-33.
- [8] Jahiding, M., Nurfianti, E., Hasan, E. S., & Rizki, R. S. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik Polipropilena. *Gravitasi*, 19(1), 6-10.
- [9] Askaditya, G. (2010). Studi Eksperimen Pirolisis Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Katalis Zeolit.