

# KARAKTERISTIK PRODUK CAIR HASIL PIROLISIS BAN MOTOR BEKAS MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM

Sitti Sahraeni<sup>1,\*</sup>, Firman<sup>2</sup>, Muh. Irwan<sup>3</sup>, Muhammad Syahrir Djalil<sup>4,\*\*</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

## ABSTRACT

Waste tires are very difficult for biological degradation because it takes a long time to breakdown and can pollute the environment. One way to handle waste tires to make them have an added value is by pyrolysis process. In waste tires, there are long hydrocarbon chains that can be turned into short chains. The purpose of this study to determine effect of pyrolysis time on the yield of pyrolysis products from motorcycle waste tires using natural zeolite as catalysts. The pyrolysis process was carried out by adding 1000 grams of waste tires in 2x2 centimeters and 60 grams of activated natural zeolite with pyrolysis time variations of 1,5h, 2h, 2,5h, 3h, and 3,5h a pyrolysis temperature of 400°C. The best results are purified by the catalytic pyrolysis process. Pyrolysis liquid product was measured for the yield and analyzed Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Pyrolysis time of 2,5h produced the highest liquid yield 58.77%, which had chains (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) as much as 37.41%, (C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub>) as much as 26.26%, (C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub>) as much as 32.22%, and (>C<sub>20</sub>) as much as 4.12%. The most hydrocarbon chain in pyrolysis liquid (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) 37.41% as the gasoline fraction. The refining process can increase the yield of gasoline fraction 74.83%.

**Key words:** waste tires, natural zeolite catalyst, pyrolysis

## ABSTRAK

Ban bekas merupakan limbah yang sangat 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 yang memiliki nilai tambah adalah melalui proses pirolisis. Di dalam ban bekas terdapat hidrokarbon rantai panjang yang dapat diubah menjadi hidrokarbon rantai pendek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu pirolisis terhadap rendemen produk cair hasil pirolisis dari limbah ban motor menggunakan katalis zeolit alam. Proses pirolisis dilakukan dengan memasukkan 1000 gram ban bekas dengan ukuran 2 x 2 cm dan 60 gram katalis zeolit alam yang telah diaktivasi dengan variasi waktu pirolisis 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, dan 3,5 jam pada temperatur 400°C. Hasil terbaik kemudian dimurnikan dengan proses pirolisis katalitik. Produk cair pirolisis yang diperoleh diukur rendemennya dan dianalisa dengan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS). Waktu pirolisis 2,5 jam menghasilkan rendemen cair tertinggi yaitu mencapai 58,77% yang memiliki rantai (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) sebanyak 37,41%, (C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub>) sebanyak 26,26%, (C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub>) sebanyak 32,22%, dan (>C<sub>20</sub>) sebanyak 4,12%. Kandungan rantai hidrokarbon terbesar adalah (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) sebanyak 37,41 % yang merupakan fraksi bensin. Proses pemurnian dapat meningkatkan perolehan fraksi bensin sebesar 74,83%.

**Kata kunci:** ban bekas, katalis zeolit alam, pirolisis

## 1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, penggunaan kendaraan bermotor semakin meningkat. Hal tersebut berdampak pada besarnya jumlah limbah ban yang dihasilkan. Berdasarkan data Asosiasi Perusahaan Ban Indonesia, penjualan ban untuk roda dua di Indonesia pada tahun 2018 adalah 69 juta unit [1]. Sebuah ban diperkirakan mampu bertahan sampai 3 tahun pemakaian, adapun berat rata-rata ban roda dua mempunyai berat sekitar 3 kg. [2]. Ban bekas sangat sulit terdegradasi oleh alam (mikrobiologi) karena memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengurainya. Salah satu cara dalam menangani limbah ban bekas yang memiliki nilai tambah adalah dengan mendegradasi secara *thermal* melalui proses pirolisis [3].

Komposisi ban terdiri dari *styrene-butadiene rubber* (SBR) 62,1%, *carbon black* 31%, *extender oil* 1,9%, *zinc oxide* 1,9%, *stearic acid* 1,2 %, sulfur 1,1%, *accelerator* 0,7% [4]. Salah satu komposisi pada ban bekas yaitu *styrene-butadiene rubber* (SBR) merupakan karet sintesis yang akan di konversi menjadi bentuk lain, yaitu bahan bakar cair sebagai energi alternatif. Senyawa hidrokarbon yang terdapat pada minyak hasil pirolisis ban dalam bekas banyak mengandung senyawa aromatis, dimana senyawa aromatis merupakan turunan dari senyawa hidrokarbon minyak bumi yang difungsikan sebagai komponen bahan bakar [5]. Cairan pirolisat

\* Korespondensi penulis: Sitti Sahraeni, email [sahraenisitti@gmail.com](mailto:sahraenisitti@gmail.com)

\*\* Mahasiswa

juga mengandung monoterpena seperti limonena yang merupakan bahan baku untuk berbagai aplikasi Industri seperti industri pelarut, resin, lem, dan dispersing agent untuk pigmen warna [3].

Penelitian tentang pengaruh berat katalis zeolit alam terhadap pencairan limbah ban dalam bekas kendaraan bermotor roda dua menjadi bahan bakar cair, telah dilakukan oleh Muis dkk. (2019) yang memvariasikan katalis zeolit alam yaitu 2%, 4%, dan 6% dari sejumlah bahan baku ban bekas sebanyak 3000 gram. Pirolisis dilakukan pada temperatur 400°C dalam waktu 3 jam, rendemen minyak yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya massa katalis. Hasil tertinggi terdapat pada variasi 6% katalis dari jumlah bahan baku. Hasil rendemen sebesar 41,073%. Penelitian yang dilakukan oleh Dumilah & Kholidah (2019), yaitu menggunakan 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 rendemen masing-masing adalah 17,793%, 41,1804%, dan 58,6030%. Hasil terbaik yang diperoleh dari penelitian tersebut pada temperatur 300°C sebesar 58.6030% [5]. Sahraeni dkk (2021) melakukan Proses pirolisis ban bekas selama 2 jam dan dijalankan pada variasi temperatur operasi yaitu 450°C, 500°C, 550°C, 600°C, dan 650°C tanpa menggunakan katalis. Adapun rendemen produk cair yang dihasilkan pada temperatur operasi yaitu 450°C, 500°C, 550°C, 600°C, dan 650°C masing-masing sebesar 41,31 %, 55,07%, 51,49%, 41,99%, dan 36,89%. Uji komposisi produk cair ban bekas kendaraan bermotor pada temperatur menggunakan GC-MS (*Gas Chromathography-Mass Spectrometer*) didapatkan rantai hidrokarbon sebagai berikut: (C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub>) sebanyak 95,12 % dan (C<sub>13</sub>-C<sub>20</sub>) sebanyak 4,88 % [6].

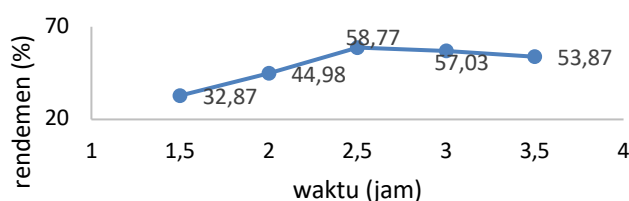
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Muis dkk. (2019), rendemen hasil cair pirolisis masih bisa dikembangkan untuk mencapai hasil yang optimum. Penelitian yang dilakukan oleh Dumilah & Kholidah (2019) telah mendapatkan hasil produk cair yang jauh lebih besar yaitu 58,6030% dengan waktu pirolisis 3 jam [7], sedangkan penelitian Sahraeni (2021) menghasilkan rendemen 55,07% selama 2 jam pada suhu 500°C. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu pirolisis terhadap rendemen produk cair hasil pirolisis dari limbah ban motor menggunakan katalis zeolit alam dan untuk mengetahui pengaruh proses pirolisis katalitik terhadap komposisi produk hasil cair. Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini agar mendapatkan hasil produk cair yang maksimal dalam metode pirolisis, maka pada penelitian kali ini menggunakan variabel waktu pirolisis. Waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung, produk yang dihasilkan (residu cair dan gas) semakin meningkat [8]. Produk cair yang diperoleh selanjutnya akan diproses lebih lanjut dengan destilasi katalitik. Komposisi dari produk cair hasil pirolisis ban motor bekas diidentifikasi untuk mengetahui fraksi minyak yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dan kualitatif yaitu menentukan rendemen produk dan komposisi penyusun produk. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ban luar motor bekas yang dipotong dengan ukuran 2x2 cm<sup>2</sup>. Zeolit alam dengan ukuran 6 mesh yang diaktifasi menggunakan NaOH 1,5M. Ban motor bekas yang dicampur dengan 6% katalis zeolit alam dimasukkan ke dalam reaktor dan dipirolisis pada temperatur 400°C selama 1, 5, 2, 2,5, 3 dan 3,5 jam. Produk cair yang dihasilkan dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Massa produk cair ditimbang untuk mengetahui rendemen produk sedangkan analisa kualitatif menggunakan GC-MS. Hasil rendemen tertinggi kemudian diproses dengan katalitik pirolitik selama 1,5 jam dengan perbandingan produk cair/katalis 100:1 pada suhu 450°C.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

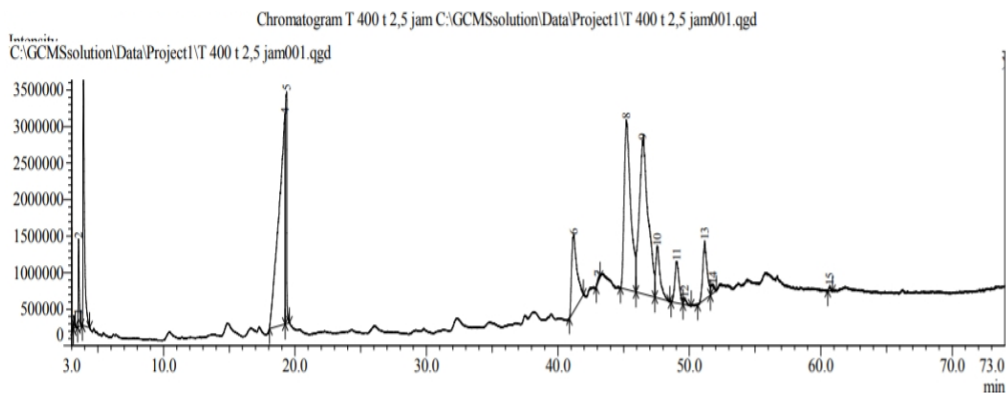
Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar. Proses pirolisis ban bekas ini diharapkan dapat membuat struktur makro molekul dari karet terurai menjadi molekul yang lebih kecil dan hidrokarbon rantai pendek dapat terbentuk. Adapun hasil dari pirolisis ban bekas disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Pengaruh Waktu Pirolisis Terhadap Rendemen Cair Pirolisis

Gambar 1 menunjukkan seiring bertambahnya waktu pirolisis diperoleh rendemen cair yang bertambah banyak. Pada waktu 1,5 jam didapatkan rendemen cair sebesar 32,87%, waktu 2 jam yaitu 44,98%, dan puncak kenaikan tertinggi yaitu pada waktu 2,5 jam dengan rendemen cair sebesar 58,77%. Namun, pada waktu 3 jam dan 3,5 jam terjadi penurunan rendemen hasil cair pirolisis dengan masing-masing nilai sebesar 57,03% dan 53,87%, hal ini disebabkan oleh semakin lama waktu pirolisis dapat menyebabkan pemecahan ikatan polimer semakin kuat, sehingga menghasilkan ikatan-ikatan yang lebih kecil dan menyebabkan produk yang dihasilkan lebih banyak dalam bentuk gas yang sulit terkondensasi. Gas yang sulit terkondensasi seperti CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> dapat menurunkan rendemen produk cair. Selain itu, jumlah rendemen cair yang dihasilkan pada proses pirolisis sangat bergantung pada kondisi proses, salah satunya pada sistem kondensasi yang digunakan. Pirolisis pada waktu yang lama akan menyebabkan kehilangan bobot (*loss*) yang semakin besar. Selain karena beberapa hal tersebut, pada saat proses pirolisis berlangsung sebagian gas lolos dari celah reaktor pirolisis dan tidak terkondensasi. Sehingga, persentase rendemen cair pirolisis menjadi berkurang.

Hasil produk cair pirolisis kemudian dianalisis menggunakan instrumen GC-MS untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada hasil cair pirolisis tersebut. Dalam analisis GC-MS sampel yang dianalisis adalah hasil cair pirolisis pada waktu 2,5 jam dengan nilai rendemen tertinggi yaitu 58,77%. kromatogram hasil analisa GC-MS dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kromatogram Hasil Analisa GC-MS

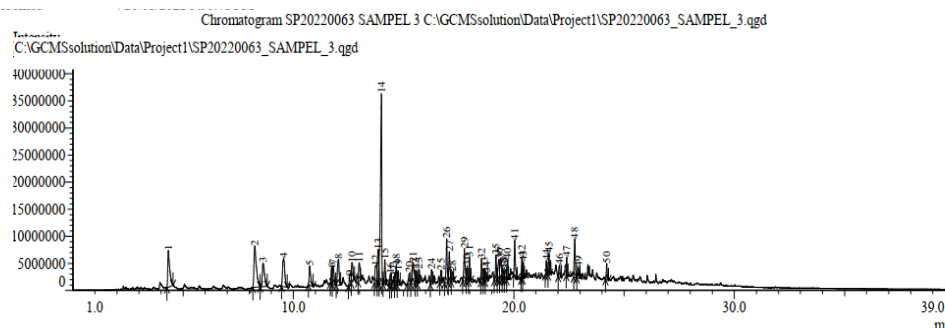
Hasil kromatogram yang terlihat pada gambar 2 menunjukkan minyak hasil cair pirolisis dari ban bekas dengan waktu retensi yaitu 3 - 40 menit menunjukkan telah terjadinya pemutusan ikatan dari hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek yang menunjukkan fraksi lebih ringan. Pada peak 1 teridentifikasi sebagai senyawa hex-5-enylamine dengan area sebesar 0,18 %, peak 2 adalah cyclohexanamine dengan area sebesar 1,56 %, peak 3 adalah 1H-azepine, hexahydro dengan area sebesar 6,84 %, peak 4 dan 5 adalah 2H-azepin-2-one, hexahydro dengan area masing-masing sebesar 22,53 % dan 6,30 %, peak 6 adalah hexadecanoic acid dengan area sebesar 7,18 %. Pada kromatogram dengan waktu retensi 40 - 60 menit menunjukkan puncak-puncak yang signifikan. Hal ini menunjukkan minyak hasil cair pirolisis dari ban bekas mengandung fraksi hidrokarbon berat dengan rantai karbon yang panjang. Pada peak 7 teridentifikasi sebagai senyawa hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester dengan area sebesar 0,15 %, peak 8 adalah cyclopentadecanone, 2-hydroxy sebesar 19,08 %, peak 9 adalah 3,3-dimethyl-1,5-dioxo-10,17-diazacycloheneicosane-6,9,18,21-tetrone sebesar 23,92 %. Peak 10 adalah senyawa hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester sebesar 3,85 %, peak 11 adalah 9-octadecenamamide sebesar 3,16 %, peak 12 adalah octadecanamide sebesar 0,34 %, peak 13 adalah 9-octadecenal, (z) sebesar 4,32 %, peak 14 adalah pyrrole-2-carboxylic acid, 4-(1-chlorodec-1-enyl)-3,5-dimethyl-, ethyl ester dengan area sebesar 0,48 %, dan peak 15 adalah tetracosamethylcyclododecasiloxane sebesar 0,12 %.

Terdapatnya kandungan oksida pada hasil cair pirolisis dikarenakan pada saat proses pemasukan *sample* ban luar bekas ke dalam tabung pirolisis, tidak dilakukan vakum untuk menghilangkan oksigen di dalam tabung pirolisis. Selain itu juga kandungan senyawa seperti, 2H-azepin-2-one, hexahydro dan senyawa octadecanamide yang terdapat pada hasil cair pirolisis dikarenakan senyawa tersebut memang sudah terdapat pada ban. Senyawa 2H-azepin-2-one, hexahydro ditambahkan pada akselerator ban saat formulasi ban. Lalu, senyawa octadecanamide yang berfungsi untuk melunakkan karet ban. Senyawa yang teridentifikasi di dalam produk cair hasil pirolisis ban bekas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa GC-MS Pada Waktu Pirolisis 2,5 Jam

No.	% Area	Rumus Molekul	Senyawa
1.	37,41	C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub>	Hex-5-enylamine; Cyclohexanamine; 1H-Azepine hexahydro- ;2H-Azepin-2-one,hexahydro- ; 2H-Azepin-2-one, hexahydro- .
2.	26,26	C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	Hexadecanoic acid ; Cyclopentadecanone, 2-hydroxy-;
3.	32,22	C <sub>14</sub> -C <sub>20</sub>	3,3-Dimethyl-1,5-dioxa-10,17diazacycloheneicosane 6,9,18,21-tetrone; 9-Octadecanamide ; Octadecanamide; 9-Octadecenal, (Z)-; Pyrrole-2-carboxylic acid, 4-(1-chlorodec-1-enyl)-3,5-dimethyl-, ethyl ester;
4.	4,12	>C <sub>20</sub>	Tetracosamethylcyclododecasiloxane; Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester (CAS)

Berdasarkan hasil pada tabel 1. senyawa-senyawa yang terdapat pada minyak hasil pirolisis ban luar bekas memiliki rantai hidrokarbon sebagai berikut: (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) sebanyak 37,41%, (C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub>) sebanyak 26,26%, (C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub>) 32,22%, dan (>C<sub>20</sub>) sebanyak 4,12%. Kandungan rantai hidrokarbon terbesar dari hasil cair pirolisis pada waktu 2,5 jam adalah C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> sebanyak 37,41 %. Dari hasil penelitian ini, diperoleh waktu optimum pirolisis ban bekas menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi yaitu pada waktu 2,5 jam dan temperatur 400 °C dengan hasil rendemen sebesar 58,77%. Hasil rendemen cair yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dengan waktu pirolisis yang lebih singkat dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian yang dilakukan Muis dkk. (2019), pirolisis dilakukan dengan waktu 3 jam. Hasil rendemen tertinggi sebesar 41, 073%. Hasil ini kemudian diproses lebih lanjut dengan pirolisis katalitik. Hasil analisa GC-MS produk cair hasil destilasi pirolitik pada suhu 450°C dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kromatogram Hasil Analisa GC-MS pada suhu 450°C

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

Tabel 2. Hasil Analisa GC-MS Produk Cair Hasil Destilasi Pirolitik

No.	Rumus Molekul	Fraksi	%Area
1.	C <sub>5</sub> – C <sub>10</sub>	Bensin	74,83%
2.	C <sub>11</sub> – C <sub>14</sub>	Kerosin	24,4%
3.	C <sub>15</sub> – C <sub>17</sub>	Minyak Solar	0,78%
4.	>C <sub>20</sub>	Minyak Bakar	-

Pada Tabel 2, terlihat 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 benzene. Produk cair hasil destilasi pirolitik pada suhu 450°C mengalami peningkatan dibandingkan produk cair hasil pirolisis ban bekas hal ini dapat dilihat dari kandungan fraksi (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) yang termasuk dalam golongan bensin meningkat sebesar 74,83% dari 37,41%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh waktu pirolisis ban bekas terhadap rendemen produk cair hasil pirolisis menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi dapat menghasilkan rendemen cair tertinggi, yaitu pada waktu pirolisis 2,5 jam sebesar 58,77% dengan komposisi

rantai (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) sebanyak 37,41%, (C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub>) sebanyak 26,26%, (C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub>) sebanyak 32,22%, dan (>C<sub>20</sub>) sebanyak 4,12%. Kandungan rantai hidrokarbon terbesar adalah C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> sebanyak 37,41 % yang merupakan fraksi bensin. Proses pirolisis katalitik pada produk cair hasil pirolisis ban motor bekas dapat meningkatkan kandungan rantai hidrokarbon terbesar adalah C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> sebanyak 74,83 %.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Samarinda melalui P3M Polnes atas pendanaan dan perizinan sehingga penelitian dan artikel ini dapat terlaksana dengan baik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Falaah, F. A., Cifriadi, A., & Maspanger, D. R. (2019). "Retrieved from Laporan Industri - Industri Ban di Indonesia, 2019" : <https://events.pqm.co.id/blog/pqm-news-1/post/laporan-industri-industri-ban-di-indonesia-2019-28>
- [2] Sutarto, A. L. (2016). *Analisa Pengaruh Distribusi Berat Terhadap Pemakaian Ban Pada Honda Beat FI*. Pontianak: Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- [3] Falaah, F. A., Cifriadi, A., & Maspanger, D. R. (2013). Pemanfaatan Hasil Pirolisis Limbah Ban Bekas Sebagai Bahan Pelunak Untuk Pembuatan Barang Jadi Karet. *Jurnal Penelitian Karet*, Vol. 31, No. 2, 149-158.
- [4] William, P. T., & Besler, S. (1995). Pyrolysis-Thermogravimetric Analysis of Tyres and Tyre Components. *Fuel*, 74(9), pp.1277-1283.
- [5] Muis, L., Prabasari, I. G., & Suyana, N. (2019). Pengaruh Berat Katalis Zeolit Alam Terhadap Pencairan Limbah Ban dalam Bekas Kendaraan Bermotor Roda Dua Menjadi Bahan Bakar Cair. *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(2): 63-67, ISSN 2615-1626
- [6] Sahraeni, s., Rahayu, I., E., dan Helda (2021) Quantity and Composition of Liquid Products from Used Motorcycle Tire Pyrolysis, Proceedings of the 4th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science iCAST-ES - Volume 1, 1142-1145, 2021, Samarinda, Indonesia
- [7] Dumilah, T. R., & Kholidah, N. (2019). Pengaruh Temperatur terhadap Hasil Pirolisis Limbah Ban menjadi Bahan Bakar Cair menggunakan Katalis Zeolit
- [8] Mulyadi, E. (2009). Degradasi Sampah Kota (Rubbish) Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 1, No.1, 1-5.