

## Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Dengan Penambahan Zeolit Dari Limbah Potongan Rambut Manusia

Jihan Artum Doliwa<sup>a</sup>, I Dewa Ketut Anom<sup>a</sup>, Marlina Karundeng<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Kimia, Universitas Negeri Manado, 95619, Indonesia

### INFO ARTIKEL

Diterima : 20 Februari 2024

Disetujui : 28 Maret 2024

*Key word:*

*Nutmeg shell charcoal*

*Activation*

*Liquid smoke*

*FTIR*

*SEM and EDS*

*Kata kunci:*

*Potongan rambut manusia*

*asap cair*

*pirolisis*

*zeolite*

*KG-SM.*

### ABSTRACT

Pieces of human hair are one type of rubbish that can be found in various places. Human haircut waste has not been widely used, most of this waste is thrown away or burned. The aim of this research is to convert human haircut waste into liquid smoke, analyzing the physical and chemical properties of liquid smoke from human haircut waste. The results of observations of pyrolysis of human hair cuttings were carried out by heating at temperatures ranging from 80°C to 290°C. Zeolite in the pyrolysis process can provide fast and stable temperature propagation. The characteristics of liquid smoke resulting from pyrolysis of human hair clippings are: density 0.9552 g/ml, viscosity 5.2759 cSt, heating value 8,461 cal/g, flash point 33.7°C, smoke point 178.2°C and boiling point 145.0°C. KG-SM analysis of liquid smoke resulting from pyrolysis of human hair clippings produced 24 compound peaks.

### ABSTRAK

Potongan rambut manusia menjadi salah satu sampah yang dapat ditemukan di berbagai tempat. Sampah potongan rambut manusia belum banyak dimanfaatkan, kebanyakan sampah ini dibuang atau dibakar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengubah sampah potongan rambut manusia menjadi asap cair, menganalisis sifat fisika dan kimia asap cair dari sampah potongan rambut manusia. Hasil pengamatan pirolisis potongan rambut manusia dilakukan dengan cara pemanasan dengan suhu mulai 80°C sampai dengan suhu 290°C. Zeolit dalam proses pirolisis dapat memberikan perambatan suhu yang cepat dan stabil. Karakterisasi dari asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia yaitu : densitas 0,9552 g/ml, viskositas 5,2759 cSt, nilai kalor 8.461 kal/g, titik nyala 33,7°C, titik asap 178,2°C dan titik didih 145,0°C. Analisis KG-SM cairan asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia menghasilkan 24 puncak senyawa.

*\*e-mail:*

artumd72@gmail.com

\*Telp: +6282249169379

## Pendahuluan

Rambut manusia adalah bio-sorben alami yang terdiri dari sel-sel mati yaitu kutikula, air, lipid, elemen jejak dan protein 65-95%, terutama polimer asam amino seperti keratin dan sistein, medula dan korteks. Rambut juga mengandung banyak ikatan peptida dan gugus CO- serta NH- yang membentuk ikatan hidrogen antara molekul tetangga pada permukaan folikel organik manusia dan memiliki korteks yang sangat berpori (V. Nities, 2019).

Potongan rambut manusia menjadi salah satu sampah yang dapat ditemukan di berbagai tempat. Sampah potongan rambut manusia belum banyak dimanfaatkan, kebanyakan sampah ini dibuang atau dibakar. Pembuangan dan pembakaran limbah potongan rambut manusia akan mengganggu kelestarian lingkungan air dan tanah.

Pembakaran rambut manusia di tempat terbuka akan menghasilkan gas yang berbau dan dapat mengganggu kesehatan manusia. Menurut Anjum dalam Anom (2022) memberikan data bahwa pekerja pada pengolahan sampah potongan rambut di India banyak yang mengalami Infeksi pernapasan dan Tuberkulosis, karena menghirup debu rambut yang dibakar dan bau rambut yang membusuk.

Pirolisis dapat dijadikan salah satu metode untuk mengolah sampah potongan rambut manusia, karena mekanisme kerja yang relatif mudah dan prosesnya tidak menghasilkan limbah baru yang dapat mencemari Lingkungan (Bhandari, 2021). Pirolisis limbah padat akan menghasilkan produk berupa cairan, gas, dan selebihnya berupa padatan atau arang. Penguraian senyawa kimia dalam proses pirolisis berkaitan erat dengan kinetika kimia zat, yaitu bagaimana waktu dan suhu mempengaruhi jumlah produk yang dihasilkan. Untuk mempercepat penguraian zat dan memperpendek rantai hidrokarbon dapat digunakan katalis. (Anom, 2022).

Penelitian dengan menambahkan katalis telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Syamsiro (2015). Katalis yang dapat digunakan dalam proses pirolisis bermacam-macam jenisnya seperti  $Al_2O_3$ , Bentonit, Zeolit dan

lainnya. Kumara (2015), membandingkan berbagai macam katalisator yang digunakan dalam pirolisis polietilen. Berdasarkan penelitian tersebut zeolit merupakan katalis yang paling efektif. Zeolit dalam proses pirolisis dapat menurunkan suhu yang cepat dan stabil. Menurut Ramadhani (2017), zeolit memiliki karakteristik berongga dan memiliki kation yang dapat dipertukarkan serta memiliki ukuran pori tertentu.

Seperti diketahui zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, adsorben dan katalis (Susilawati, 2006).

## Metode Penelitian

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia, spatula, pipet tetes, labu takar, labu erlenmeyer, corang, corong pisah, statif klem, buret, termometer, kondensor, analisis GC-MS, analisis sifat fisika dan sifat kimia.

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah potongan rambut manusia.

## Prosedur Kerja

### Preparasi Sampel

Sampel potongan rambut manusia dicuci dengan air dan shampoo lalu dijemur dibawah sinar matahari.

### Pirolisis

Sampel potongan rambut manusia ditimbang sebanyak 200 g dimasukkan perlahan-lahan ke dalam labu, kemudian labu ditutup rapat. Setiap sambungan pada rangkaian alat pirolisis diperiksa satu per satu. Pirolisis limbah potongan rambut manusia siap dimulai. Pengamatan pirolisis potongan rambut manusia setiap 15 menit selama 2 jam, selain itu juga diamati suhu pirolisis.

### Analisis

Sampel kemudian dianalisis menggunakan GC-MS, viskositas, nilai kalor, densitas, titik didih, titik asap, titik nyala.

## Hasil dan Pembahasan

### Pirolisis

Pirolisis limbah dari rambut manusia berlangsung selama 2 jam dan diamaati selama 15 menit, dihitung mulai dari pemanasan sampai selesai proses pirolisis. Pemanasan yang dimulai dengan suhu 80°C dan muncul asap putih, sampel mulai meleleh pada suhu 98°C lalu beberapa menit kemudian sampel mulai mendidih. Pada suhu sekitar 100-118°C mulai adanya uap, pemanasan sekitar 118-130°C teramati adanya cairan mulai menetes dan cairan tersebut adalah asap cair.

Pemanasan sekitar 210-258°C, penguapan mulai normal sehingga kecepatan menetesnya asap cair mulai stabil. Proses pirolisis potongan rambut manusia berakhir sampai tidak ada yang menetes ke dalam labu dan waktu yang diperlukan untuk pirolisis yaitu 2 jam.

Asap cair kemudian di pirolisis kembali dan ditambahkan dengan katalis zeolite sebanyak 10 gram, lalu di fraksinasi selama 1 jam. Pengamatan selama fraksinasi adalah setiap 10 menit, pada waktu menit ke 10 sampel mencapai suhu 118°C lalu munteramati adanya cairan mulai menetes. Pada waktu menit ke 20 sampel mencapai suhu 208°C, pada menit ke 30 suhu mencapai 232°C, pada menit ke 40 suhu mencapai 244°C, pada menit ke 50 suhu mencapai 246°C, dan pada menit ke 60 suhu mencapai 258°C. Proses ini berakhir sampai tidak ada yang menetes ke dalam botol penampung. Hasil pengamatan pirolisis potongan rambut manusia ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Pirolisis Potongan Rambut Manusia.

Sampel	Massa sampel (g)	Ulangan	Massa asap cair (g)	Rata-rata asap cair (g)
Asap cair potongan rambut manusia	200 g	1	130 g	125,2 g
	200 g	2	125 g	
	200 g	3	125 g	
	200 g	4	125 g	
	200 g	5	121 g	

## Karakterisasi Asap Cair Potongan Rambut Manusia

Tabel 2. Analisis Asap Cair Dari Potongan Rambut Manusia.

Nama Sampel	Nilai Kalor (kalori/gr)	Viskositas Kinematic T 25°C (cSt)	Densitas T 25°C (g/ml)	Titik Nyala (°C)	Titik Asap (°C)	Titik Didih (°C)
Potongan rambut manusia	8.461	5,2759	0,9552	33,7	178,2	145,0

### Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Nilai kalor dari hasil pirolisis potongan rambut manusia adalah 8.461 kal/gr. Nilai kalor dari bahan bakar minyak pada umumnya berkisar antara 10.160- 11.000 kkal/kg.

### Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida. Semakin besar viskositas fluida, maka semakin sulit suatu fluida untuk mengalir dan juga menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak dalam fluida. Viskositas dalam zat cair yang berperan adalah gayakohesi antar partikel zat cair. Sedangkan dalam zat gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan antara molekul (Lumbantoruan dan Yulianti, 2016). Hasil pengujian nilai viskositas asap cair potongan rambut manusia adalah 5,2759 m<sup>2</sup>/s. Berdasarkan standar mutu internasional yang dikeluarkan oleh Shell Petroleum Canada tahun 1999 bahwa nilai viskositas yang diperbolehkan untuk bahan bakar jenis bensin adalah <1 cSt.

### Densitas

Densitas atau massa jenis atau rapatan merupakan pengukuran massa setiap satuan volume dengan satuan standar pengukuran tertentu, seperti kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas dapat diperoleh dengan rumus di bawah ini:  $V = m / \rho$ . Keterangan :  $\rho$  = densitas (gram/cm<sup>3</sup>),  $m$  = massa (gram),  $V$  = Volume. Hasil pengujian asap cair pirolisis potongan rambut manusia

adalah 0,9552 g/ml. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Anom, 2020) nilai mutu SNI bahan bakar bensin 0,71-0,77 g/ml. Pada umumnya massa jenis bahan bakar harus memiliki nilai densitas yang rendah karena apabila nilai densitas bahan bakar terlalu tinggi maka akan meningkatkan keausan mesin dan menyebabkan kerusakan pada mesin.

#### Titik Nyala

Titik nyala (flash point) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer. Titik nyala (flash point) merupakan faktor penting untuk keamanan terhadap kebakaran menurut (Nasrun, 2016). Hasil pengujian titik nyala asap cair dari potongan rambut manusia 33,70°C. Titik nyala bensin yang beredar dipasaran adalah sebesar 57°C. Titik nyala yang telah dicapai pada proses pirolisis asap cair tersebut menunjukkan dibawah titik nyala bahan bakar bensin pada umumnya, sehingga asap cair hasil pirolisis limbah potongan rambut manusia dapat diusulkan sebagai bahan bakar alternatif.

#### Titik Asap

Titik asap adalah temperatur ketika minyak atau lemak pada kondisi tertentu menguapkan sejumlah senyawa volatil yang memberikan penampakan asap yang jelas. Titik asap 170°C merupakan standar minimum yang digunakan untuk menyatakan bahwa minyak tersebut sudah mencapai batas kerusakan (Berger, 2005). Dari hasil penelitian pirolisis potongan rambut manusia, titik asap mencapai angka 178,2°C dimana hasil tersebut melewati batas minimum kerusakan pada titik asap.

#### Titik Didih

Titik didih dari hasil pirolisis potongan rambut manusia adalah 145,0°C. Titik didih suatu zat adalah suhu yang tekanan uap jenuhnya sama dengan tekanan di atas permukaan zat cair. Titik didih suatu zat cair dipengaruhi oleh tekanan udara, artinya semakin besar tekanan udara maka semakin besar pula titik didih zat cair tersebut (Firmansyah, 2018). Berdasarkan SNI 06-3506-1994 titik didih akhir bahan bakar yang diizinkan maksimal sebesar 205°C. Hasil yang

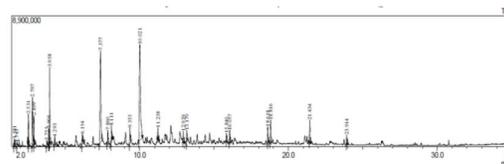
didapat oleh peneliti pada asap cair hasil pirolisis limbah potongan rambut manusia menunjukkan angka dibawah batas maksimal mutu standar yang telah ditentukan. Berdasarkan nilai titik didih yang dihasilkan sudah memenuhi standar sebagai bahan bakar alternatif.

#### Analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM)

Analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM) pada cairan asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia.

Berdasarkan hasil KG-SM asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia yang bertujuan untuk pemisahan senyawa dan mengetahui banyak senyawa-senyawa kimia yang terkandung didalam asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia.

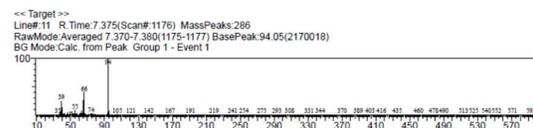
Hasil analisis KG-SM cairan asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia menghasilkan 24 puncak senyawa dan kromatogramnya. Pada data KG-SM senyawa target yang akan dibahas lebih lanjut ditunjukkan pada peak tertinggi yaitu senyawa 11 dan senyawa 15. Disajikan pada gambar 1.



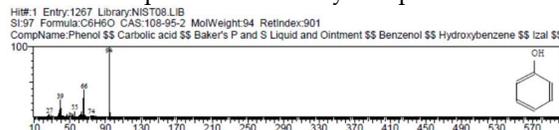
Gambar 1. Kromatogram dari cairan hasil pirolisis limbah potongan rambut manusia (KG-SM).

#### Senyawa target puncak 11

Identifikasi kromatogram asap cair, senyawa puncak 11 dengan waktu retensi 7,375 menit. Perbandingan spectra SM dari senyawa puncak 11 dan phenol ditunjukkan pada gambar 2



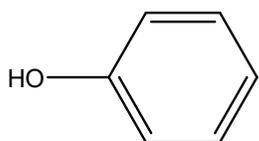
Gambar 2a. Spektra massa senyawa puncak 11.



Gambar 2b. Spektra massa senyawa phenol.

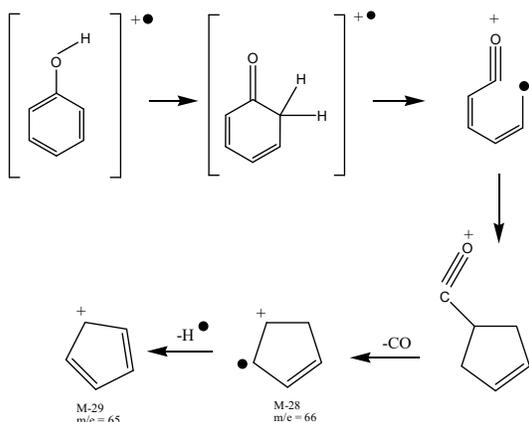
Senyawa target yang ditunjukkan pada puncak 11 mempunyai puncak dasar sama dengan senyawa yang ditunjukkan pada data *libraryNIST08.LIB* pada puncak  $m/z = 94$ . Massa molekul senyawa target puncak 11 adalah 286, sedangkan senyawa pembanding mempunyai massa molekul 94.

Oleh karena itu, senyawa target 11 diusulkan dengan nama Phenol dan strukturnya di modeling menggunakan aplikasi ChemDraw sebagai berikut.



Gambar 3 Struktur Phenol

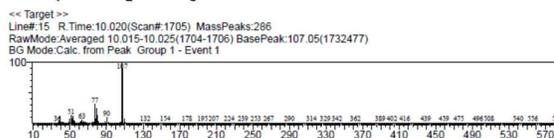
Adapun pola fragmentasi yang di modeling menggunakan aplikasi chemdraw pada senyawa phenol dapat ditunjukkan pada gambar 3.



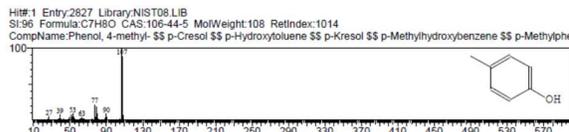
Gambar 4 Pola fragmentasi pelepasan ion pada senyawa target puncak 11 atau senyawa fenol.

#### Senyawa target puncak 15

Identifikasi kromatogram asap cair, senyawa puncak 15 dengan waktu retensi 10.020 menit dan kelimpahan 15.02%. Perbandingan spectra SM dari senyawa puncak 15 dan p-cresol ditunjukkan pada gambar 5



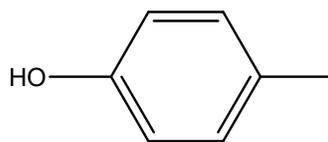
Gambar 5a Spektra massa senyawa puncak 15.



Gambar 5b. Spektra massa senyawa p-cresol.

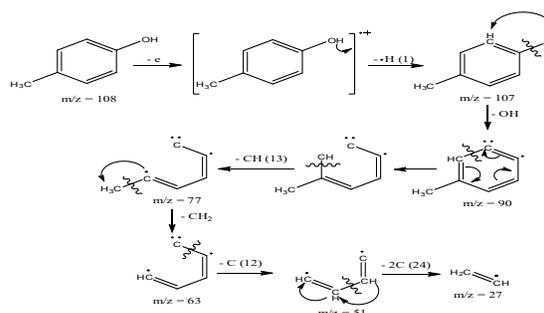
Senyawa target yang ditunjukkan pada puncak 15 mempunyai puncak dasar sama dengan senyawa yang ditunjukkan pada data *libraryNIST08.LIB* pada puncak  $m/z = 107$ . Massa molekul senyawa target puncak 15 adalah 286, sedangkan senyawa pembanding mempunyai massa molekul 108.

Oleh karena itu, senyawa target 15 diusulkan dengan nama p-cresol dan strukturnya di modeling menggunakan aplikasi ChemDraw sebagai berikut :



Gambar 6 Struktur p-cresol

Adapun pola fragmentasi yang di modeling menggunakan aplikasi chemdraw pada senyawa phenol dapat ditunjukkan pada gambar 7



Gambar 7 pola fragmentasi pelepasan ion senyawa target puncak 15 atau senyawa p-cresol.

#### Kesimpulan

Pirolisis 200 g potongan rambut manusia didapatkan total hasil Rata-rata 125,2 g atau 31,3% asap cair. Asap cair hasil pirolisis potongan rambut manusia yaitu : densitas 0,9552 g/ml, viskositas 5,2759 cSt, nilai kalor 8.461 kal/g, titik nyala 33,7°C, titik asap 178,2°C, titik didih 145,0°C. Katalis dapat menurunkan energi pengaktifan dengan menghindari tahap penentu laju yang lambat dari reaksi yang tidak

dapat dikatalis. Zeolit merupakan katalis yang paling efektif. Zeolit dalam proses pirolisis dapat menurunkan suhu yang cepat dan stabil. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, adsorben dan katalis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anom, I. D. K, Lombok. J. Z. (2022). *Reaction Kinetics in the Pyrolysis of Human Hair Waste*, 5(1), 181–187.
- [2] Tika Ram Bhandari, Bidit Lamsal, Rameshwar Adhikari. (2021). *Pyrolyzed human hair: a review on synthesis, characterization and applications*. 18(1):231-239.
- [3] Berger, K.G. 2005. *The Use of Palm Oil in Frying*. Malaysian Palm Oil Promotion Council.
- [4] Downing Simoné, Laura Louise Scott, Nadezda Zguna and Timothy Grant Downing. (2017). *Human Scalp Hair as an Indicator of Exposure to the*.
- [5] Kumar V. Nitilesh, Anup C Halekote, Hemanth Kumar B.J & Akshay. (2019) *Adsorption of Natural Oil Spills Using Human Hair As Sorbent*. 3(3) 1884-188.
- [6] Nitin W. Ingole, Sanju S. Vinchurkar, Sachin V. Dharpal. (2014). *Adsorption of Oil from Waste Water by Using Human Hair*, 3(1), 207-217.
- [7] Peter Rowland Ukotije-Ikwut, Akpevwe Kelvin Idogun, Christopher Tubuyai Iriakuma, Abiye Aseminaso and Tamunotonjo Obomanu – Federal Polytechnic of Oil and Gas, Bonny, Rivers State, Nigeria. (2016). *A Novel Method for Adsorption using Human Hair as a Natural Oil Spill Sorbent*, 7(8).
- [8] Szyrkowska, M., A. Pawlaczyk, E. Wojciechowska, S. Sypniewski, T. Paryczakoddz, 2009. *Human Hair as a Biomarker in Assessing Exposure to Toxic Metals*. Polish J. Of Environ. Stud. 18(6), 1151-1161.
- [9] Anom, I. D. K., & Lombok, J. Z. (2020). *Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Kantong Plastik sebagai Bahan Bakar Bensin*. Fullerene Journal of Chemistry, 5(2), 96-101.
- [10] Ellen Hotmian, Elly Suoth, Fatimawali, Trina Tallei. (2021). *Analisis GC-MS (Gas Chromatography – Mass Spectrometry) Ekstrak Metanol Dari Umbi Rumpuk Teki (Cyperus rotundus L.)*. Vol. 10, No. 2.
- [11] Handoko, D. Setyawan Purwo and , Dr. Wega Trisunaryanti, MS (2001). *Modifikasi zeolit alam dan karakterisasinya sebagai katalis perengkahan asap cair kayu bengkirei*.
- [12] Hartono, R., Wijanarko, A., & Hermansyah, H. (2018). *Synthesis of biodiesel using local natural zeolite as heterogeneous anion exchange catalyst*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 345(1), 012002.
- [13] Kumara, “Pengaruh Penggunaan Katalis (Zeolit) Terhadap Kinetik Rate Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla).” *Jurnal Rekayasa Mesin*, (2015) vol. 6, no. 1, pp. 19-25.
- [14] Nasrun, Eddy Kurniawan, Inggit Sari (2016). *Studi Awal Produksi Bahan Bakar Dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas*. 5:1, 30-44
- [15] Ramadhani, “Sintesis Ni/Zeolit Alam teraktivasi Asam sebagai Katalis pada Biodiesel Minyak Biji Ketapang.” *JKPK*. (2017). Vol. 2, no. 1, pp. 72-79.
- [16] Ramadhani Y, N Kholidah. (2017). *Pengaruh Aktivasi Katalis Zeolit terhadap Hasil Pirolisis Limbah Styrofoa*, Vol. 2.
- [17] Sylvia, N., Meriatna, M., Haslina, H., (2015). *Kinetika hidrolisa kulit pisang kepok menjadi glukosa menggunakan katalis asam klorida*. *J. Teknol. Kim. Unimal* 2, 51–65.
- [18] Syamsiro M, (2015). “Kajian pengaruh penggunaan katalis terhadap kualitas produk minyak hasil pirolisis Sampah plastik,” *Jurnal teknik*. vol. 5, no.1, pp. 47-56.
- [19] Susilowati, (2006). “ Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit “, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.1, No.1, hal 10-14.