

## PENGARUH TEMPERATUR PADA TAR DAN API PIROLISIS MINYAK JELANTAH

Purbo Suwandono<sup>1\*</sup>), Nova Risdiyanto Ismail<sup>2)</sup>, Mochammad Nurcholis Majid<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi D3 Mesin Otomotif, Universitas Widyagama Malang, Malang

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Widyagama Malang, Malang

\*Email Korespondensi : [purbo@widyagama.ac.id](mailto:purbo@widyagama.ac.id)

### ABSTRAK

Selama beberapa tahun terakhir, jumlah limbah seperti minyak goreng bekas (jelantah) yang telah habis masa pakainya meningkat secara tajam. Peningkatan kualitas dari minyak jelantah supaya bisa setara dengan kualitas dari biodiesel sudah banyak dilakukan seperti proses emulsifikasi, transesterifikasi, pirolisis dsb. Pengelolaan limbah dengan transesterifikasi yang menggunakan cairan kimia seperti alcohol menyebabkan tingkat keasaman yang tinggi pada biodiesel dan kebutuhan alcohol juga cukup banyak. Pemecahan menggunakan panas dirasa menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu cara untuk menangani pengolahan limbah adalah dengan proses pirolisis. Pirolisis adalah proses degradasi termal dari komponen organik tanpa menggunakan oksigen. Salah satu metode untuk mengetahui kualitas bahan bakar adalah dengan mengetahui nyala api. Karakteristik api yang dimaksud adalah sifat fisis seperti dimensi api, warna api dan temperature api. Proses pirolisis sudah mendapatkan hasil yang cukup baik dimana volume tar terbanyak didapatkan pada temperature pirolisis 450°C, namun temperature nyala api hasil pirolisis tertinggi didapatkan pada temperature pirolisis 400°C. Ketinggian nyala api paling tinggi didapatkan pada temperature pirolisis 500°C.

**Kata kunci:** Pirolisis, Jelantah, Tar

### ABSTRACT

Over the past few years, the amount of waste such as used cooking oil (jelantah) that has expired has increased sharply. The improvement of the quality of jelantah oil so that it can be equivalent to the quality of biodiesel has been done a lot such as emulsification process, transesterification, pyrolysis etc. Waste management with transesterification using chemical fluids such as alcohol causes high acidity levels in biodiesel and alcohol needs are also quite numerous. Solving heat is considered to be the solution to solve the problem. One way to handle waste treatment is with pyrolysis process. Pyrolysis is the process of thermal degradation of organic components without the use of oxygen. One method of knowing the quality of fuel is to know the flame. The characteristics of the fire in question are the physic properties such as the dimensions of the fire, the color of the fire and the temperature of the fire. The pyrolysis process has had a good enough result where the highest tar volume is obtained at 450°C pyrolysis temperature, but the highest pyrolysis flame temperature is obtained at 400°C pyrolysis temperature. The highest flame level is obtained at a pyrolysis temperature of 500°C.

**Keywords:** Pyrolysis, Crude Waste Oil, Tar

### PENDAHULUAN

Konsumsi bahan bakar fosil yang semakin meningkat disertai dengan meningkatnya kepedulian terhadap masalah lingkungan telah mendorong peneliti untuk mencari energi terbarukan termasuk dari biomassa [1]. Selama beberapa tahun terakhir, jumlah limbah seperti minyak goreng bekas (jelantah) yang telah habis masa pakainya meningkat secara tajam [2]. Penanganan limbah yang salah dapat membahayakan manusia dan lingkungan, sehingga perlu dilakukan proses pengolahan limbah.

Penggunaan jelantah secara langsung sebagai bahan bakar mesin diesel dapat menyebabkan masalah pembakaran dan polusi udara [3]. Peningkatan kualitas dari minyak jelantah supaya bisa setara dengan kualitas dari biodiesel sudah banyak dilakukan seperti proses emulsifikasi, transesterifikasi, pirolisis dsb. Pengelolaan limbah dengan transesterifikasi yang menggunakan cairan kimia seperti alkohol menyebabkan tingkat keasaman yang tinggi pada biodiesel dan kebutuhan alkohol juga cukup banyak [4]. Pemecahan menggunakan panas dirasa menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu cara untuk menangani pengolahan limbah adalah dengan proses pirolisis. Pirolisis adalah proses degradasi termal dari komponen organik tanpa menggunakan oksigen [5]. Berdasarkan hasil analisis dengan GC-MS diketahui bahwa dalam fasa organik terdapat beberapa senyawa seperti alkena, alkana, asam karboksilat, alkohol, keton dan aldehida [6]. Minyak jelantah sudah memiliki nilai kalor yang cukup untuk dilakukan pembakaran secara langsung, namun minyak jelantah masih memiliki viskositas yang tinggi. Dengan dilakukan proses pirolisis maka akan meningkatkan nilai kalor dari minyak jelantah tersebut.

Salah satu metode untuk mengetahui kualitas bahan bakar adalah dengan mengetahui nyala api. Karakteristik api yang dimaksud adalah sifat fisis seperti dimensi api, warna api dan temperature api. Dengan meneliti karakteristik api, maka didapatkan data penelitian awal untuk mendapatkan data penelitian lanjutan tentang sifat kimia dari minyak jelantah. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh temperature pirolisis terhadap tar dan karakteristik api dari pirolisis minyak jelantah?. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tar dan karakteristik nyala api dari variasi temperature tar pirolisis minyak jelantah.

### **Pirolisis**

Pirolisis adalah dekomposisi termal dari bahan bakar menjadi cairan (tar), gas, dan arang padat (char) dengan keadaan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam proses sangat sedikit. Kata pirolisis berasal dari Yunani yaitu "pyro" dan "lysis" yang berarti memecah menjadi beberapa bagian. Tujuan utama pirolisis yaitu untuk menghasilkan energi baru dari daur ulang material untuk menggantikan minyak dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Produk pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar secara langsung atau juga bisa ditingkatkan kualitasnya sehingga bisa dimanfaatkan lebih baik. Produk-produk ini merupakan hasil dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam bahan bakar. Proses pirolisis ini melakukan dekomposisi pada suhu tinggi. Pada umumnya proses dekomposisi pada pirolisis dimulai pada suhu di atas 350°C - 550°C masih berlanjut di suhu 700°C-800°C [7].

### **Tar**

Tar merupakan salah satu biomassa dan produk dari proses pirolisis yang berupa liquid. Tar dihasilkan dari uap yang dikondensasikan sehingga terjadi perubahan fase dari uap menjadi cair. Pada dasarnya tar mengandung air dan juga mengandung char yang ikut terbawa selama proses pirolisis, dan chart yang terkandung tergantung dari alat masing-masing [8].

Nama lain dari tar adalah bio-oil, pyrolysis oil, bio-crude oil, wood oil, wood liquids dan liquid smoke. Tar terbentuk dari depolimerisasi dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kualitas dari tar ini dapat dilihat dari berat minyak yang dihasilkan dan nilai kalor yang dimiliki oleh tar. Semakin berat massa tar maka semakin baik kualitas dari tar. Selain itu semakin tinggi nilai kalor yang dimiliki tar maka semakin baik pula kualitas dari ini. Air di dalam tar ini merupakan akibat dari uap air yang ikut terkondensasi sehingga ikut terjebak dengan tar [9]. Tar memiliki fungsi untuk pembakaran, bahan bakar mesin diesel dan Combustion Turbines. Pada publikasi yang lain menjelaskan tentang hubungan tar serta

temperatur selama proses pirolisis. Pada dasarnya tar merupakan biomassa yang mengandung beberapa unsur seperti pada keterangan diatas, yang merupakan campuran kompleks hidrokarbon akibat kondensasi. Semakin tinggi berat molekul hidrokarbon yang terkandung dalam tar maka akan membutuhkan banyak kalor agar bisa terbakar atau memiliki sifat tahan panas dan harus diproses ulang agar bisa digunakan kembali. Berbeda apabila memiliki hidrokarbon yang ringan akan dengan mudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar, karena membutuhkan panas kecil agar bisa terbakar.

Tar terbentuk selama proses gasifikasi pada proses yang kompleks. Dan tar yang dihasilkan tergantung pada kondisi reaksi yang terjadi salah satunya adalah peningkatan temperatur yang berhubungan dengan distribusi temperatur selama proses.

### **Minyak Jelantah**

Kelapa sawit termasuk tumbuhan pohon, tingginya dapat mencapai 24 meter, bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman, daging buahnya padat, dimana daging dan kulit buahnya mengandung minyak. Minyak kelapa sawit tersebut digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, lilin, maupun sebagai bahan bakar biodiesel [10].

Sebagai minyak atau lemak, minyak sawit adalah suatu trigiserida, yaitu senyawa gliserol dengan asam lemak. Sesuai dengan bentuk rantai bangun asam lemaknya, minyak sawit termasuk golongan minyak asam oleat - linoleat. Minyak sawit tersusun dari unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). minyak sawit ini terdiri dari fraksi padat dan fraksi cair dengan perbandingan yang seimbang. Penyusun fraksi padat terdiri atas asam lemak jenuh antara lain asam miristat (1%), asam palmitat (45%), dan asam stearat (4,5%). Penyusun fraksi cair tersusun dari asam lemak tak jenuh yang terdiri atas asam oleat (39%) dan asam linoleat (11%) [11].

### **METODE PENELITIAN**

Metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah metode penelitian nyata (*true experimental research*).

#### **Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-November 2020. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini di Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang, untuk proses pengambilan data.

#### **Variabel Penelitian**

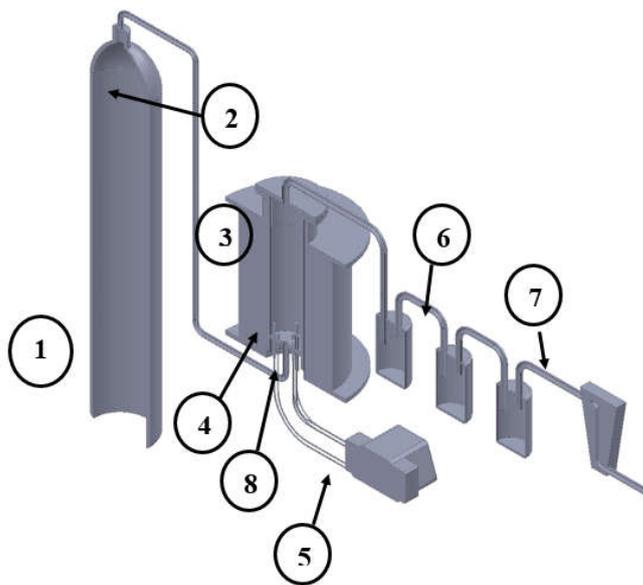
Di dalam penelitian ini terdapat 3 variabel yang dipergunakan, antara lain:

- a. Variabel bebas  
Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur pemanasan pada saat proses pirolisis yaitu 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C
- b. Variabel terikat  
Variabel terikat yang diamati dalam penelitian pirolisis ini adalah volume tar dan karakteristik nyala api yaitu dimensi api dan temperature api.
- c. Variabel terkontrol  
Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah: lama pengambilan data untuk tiap variasi temperature adalah 1 jam, banyaknya minyak jelantah yang dipirolisis adalah 200 ml.

#### **Alat Dan Bahan Penelitian**

##### **Instalasi Pirolisis**

Instalasi ini berfungsi untuk mem-pirolisis bahan baku yang dimana dalam hal ini serbuk kayu sebagai bahan utama. Serbuk kayu dimasukkan ke dalam pyrolyzer dan kemudian akan diatur suhu pemanasannya.



Keterangan gambar :

1. Tabung Gas N<sub>2</sub>
2. Flowmeter Gas N<sub>2</sub>
3. Pirolizer
4. Thermocouple
5. Data logger dan selenoid
6. Kondensor
7. Saluran Bio-gas
8. Pemanas pada Pirolizer
9. Flowmeter

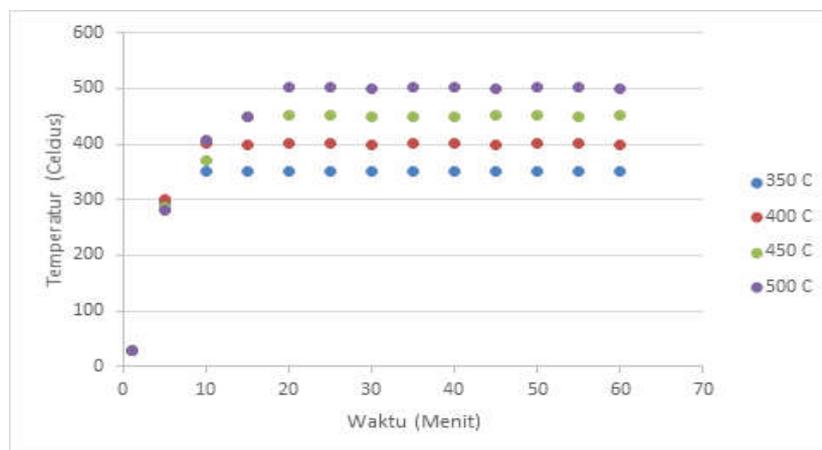
Gambar 1. Instalasi Pirolisis

### Prosedur Pengambilan Data

1. Mengambil minyak jelantah dan disaring menggunakan filter
2. Memasukkan minyak jelantah pada ruang bakar pirolisis
3. Membuka katup N<sub>2</sub> untuk mengalirkan N<sub>2</sub> ke dalam ruang pemanas pyrolyzer sampai kadar O<sub>2</sub> < 2,1% dari volume ruang pemanas dan buka juga katup buang pada pyrolizer supaya O<sub>2</sub> dapat terdorong keluar akibat dorongan dari N<sub>2</sub> yang memenuhi tabung. Dengan rentang lima menit dengan flow rate tiga liter per menit.
4. Mengatur temperature sesuai variasi yang diinginkan.
5. Melakukan proses pirolisis selama 1 jam.
6. Ulangi prosedur pirolisis dengan variasi suhu pemanasan pirolisis selanjutnya.
7. Menampung tar hasil pirolisis dan mengamati penambahan volumenya.
8. Menyalakan api dari hasil pirolisis dan mengamati warna api, temperature api dan dimensi api.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

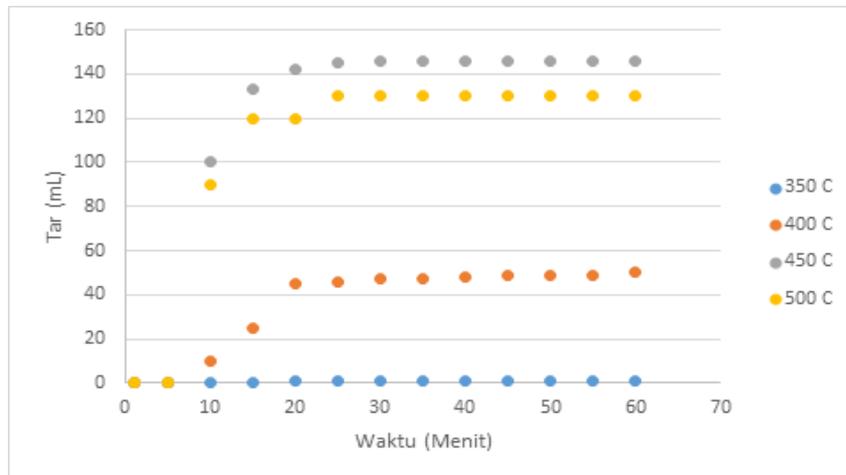
#### Laju pemanasan



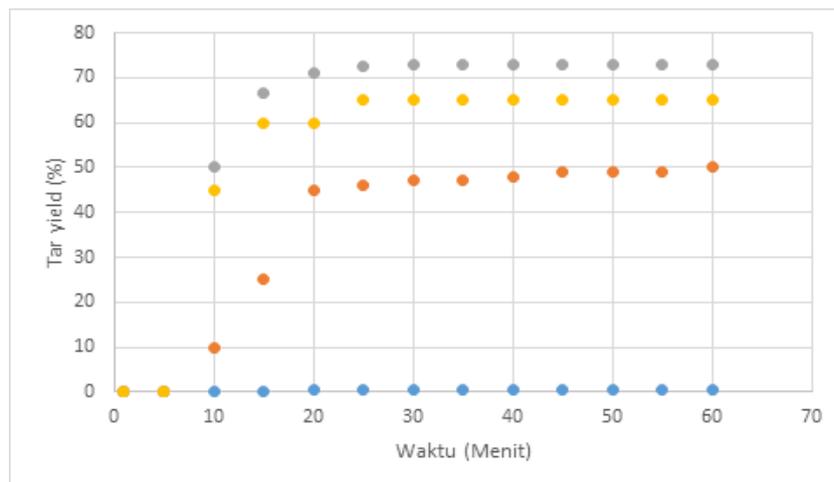
Gambar 2. Grafik laju pemanasan pirolisis terhadap waktu

Data diatas menunjukkan bahwa proses pirolisis terjadi cukup cepat. Untuk mencapai temperatur 350°C dapat dijangkau dalam waktu 10 menit. Heating rata-rata dari beberapa variasi temperature adalah 40°C/menit. Proses pemanasan berlangsung cukup cepat karena pyrolizer menggunakan plat besi 0,5 mm, sehingga perpindahan panas secara cepat.

**Volume tar**



Gambar 3. Grafik penambahan tar terhadap waktu



Gambar 4. Grafik yield tar terhadap waktu

Data diatas menunjukkan penambahan volume tar terhadap waktu. Dapat dilihat bahwa tar paling banyak terbentuk pada temperature 450°C dengan jumlah tar yang dihasilkan adalah 146 mL dengan tar yield 73%. Berturut-turut berikutnya adalah 500°C sebanyak 130 mL tar yield 65%, 400°C sebanyak 49 ml tar yield 24,5 % dan 350°C sebanyak 1 ml tar yield 0,5%. Pada temperature 450°C terjadi penambahan tar yang paling banyak karena pada temperature ini ikatan-ikatan asam lemak yang terdapat pada minyak jelantah sudah terdekomposisi dengan baik. Pada temperature 500°C, malah terjadi penurunan volume tar dikarenakan temperature yang terlalu tinggi, menyebabkan terjadinya pemecahan sekunder. Pemecahan sekunder menyebabkan tar yang telah terbentuk terpecah lagi menjadi bentuk gas sehingga volume tar akan berkurang. Pada temperature 400°C energi yang dibutuhkan untuk melakukan dekomposisi masih kurang, sehingga pada temperature 400°C tar yang dihasilkan masih kurang. Pada temperature 350°C belum terbentuk tar karena energi yang dibutuhkan untuk melakukan dekomposisi masih sangat kurang.

## Warna tar



Gambar 5. Warna tar hasil pirolisis minyak jelantah

Gambar diatas menunjukkan warna tar dari variasi temperature pirolisis, sebelah kiri adalah tar temperature 400°C, tengah adalah tar temperature 450°C dan kanan tar temperature 500°C. Perbedaan warna dimana semakin tinggi temperatur semakin pekat adalah semakin tingginya kandungan karbon yang terkandung dalam tar tersebut. Jumlah kadar karbon yang berada di dalam tar menyebabkan pembakaran yang terjadi kurang sempurna. Pembakaran yang kurang sempurna menyebabkan temperature api akan menurun dan api akan menimbulkan banyak jelaga. Hal ini didukung dengan pengujian temperature api di penelitian ini.

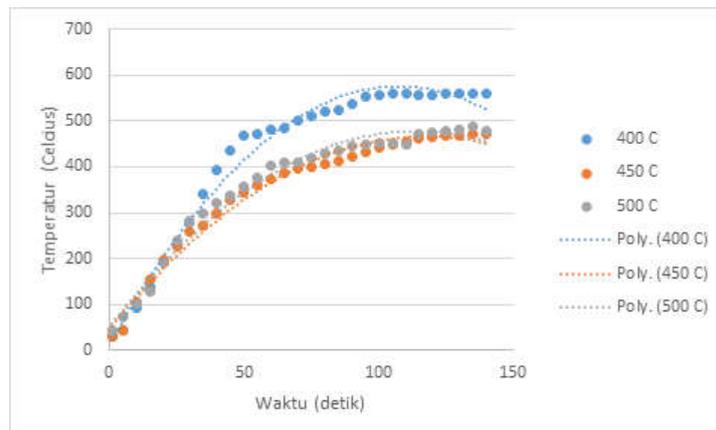
## Ketinggian api



Gambar 6. Perbedaan tinggi api

Gambar diatas menunjukkan ketinggian api dari tar sebelah kiri menggunakan bahan bakar tar dengan temperature 400°C, tengah 450°C dan kanan 500°C. Tar yang didapatkan dari minyak jelantah telah terbukti mampu menyala walaupun masih belum sempurna. Pada temperature 400°C, tinggi api yang didapatkan adalah sepanjang 4,2 cm, pada temperature 450°C sepanjang 10 cm dan pada temperature 500°C sepanjang 12,5 cm. Pengolahan data tinggi api ini menggunakan software imagej, dengan ukuran absolut menggunakan batang besi dengan panjang 10,5 cm. Pada temperature 400°C api terlihat lebih stabil dibandingkan temperature lainnya. Pada temperature 350°C, tar tidak menyala dikarenakan banyak mengandung uap air. Pada temperature 500°C, api semakin tinggi dikarenakan asam lemak yang terkandung dalam minyak jelantah sudah terurai menjadi ikatan hidrokarbon. Energi yang dimasukkan ke dalam proses dekomposisi juga semakin tinggi yang menyebabkan ikatan hidrokarbon semakin ringan sehingga api akan semakin tinggi.

## Temperatur api



Gambar 7. Grafik temperature api

Data diatas menunjukkan temperature api dari hasil tar pirolisis minyak jelantah. Temperatur tertinggi didapatkan dari temperature pirolisis 400°C hal ini disebabkan pembakaran yang terjadi cukup sempurna, dimana temperature tertinggi sebesar 560°C. Pada temperature pirolisis 450°C dan 500°C temperature api yang dihasilkan relative sama, dimana hal ini mengindikasikan pembakaran yang kurang sempurna. Pada temperature pirolisis 450°C dan 500°C api yang dihasilkan berjelaga.

## KESIMPULAN

Proses pirolisis sudah mendapatkan hasil yang cukup baik dimana volume tar terbanyak didapatkan pada temperature pirolisis 450°C. Temperature nyala api hasil pirolisis tertinggi didapatkan pada temperature pirolisis 400°C dikarenakan pembakaran terjadi secara sempurna. Ketinggian nyala api paling tinggi didapatkan pada temperature pirolisis 500°C hal ini dikarenakan energi yang dimasukkan ke dalam proses dekomposisi juga semakin tinggi yang menyebabkan ikatan hidrokarbon semakin ringan sehingga api akan semakin tinggi. Saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukan pembahasan secara mendetail terkait reaksi kimia yang terjadi bisa menggunakan GC-MS, FTIR atau metode lain untuk mengetahui proses terjadinya dekomposisi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada LPPM Universitas Widyagama yang telah menyediakan dana penelitian internal (Perintis) dan pihak-pihak yang membantu melakukan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] Z. Yang *et al.*, "Production of renewable alkyl-phenols from catalytic pyrolysis of Douglas fir sawdust over biomass-derived activated carbons," *Appl. Energy*, vol. 220, no. November 2017, pp. 426-436, 2018.
- [2] M. T. Rahman, M. R. Hainin, and W. A. W. A. Bakar, "Use of waste cooking oil, tire rubber powder and palm oil fuel ash in partial replacement of bitumen," *Constr. Build. Mater.*, vol. 150, pp. 95-104, 2017.
- [3] H. Altitude, E. Research, and P. Refining, "COMBUSTION OF FAT AND VEGETABLE OIL DERIVED FUELS IN DIESEL ENGINES Michael S. Graboski\* and Robert L. McCormick," *Science (80- )*, vol. 24, no. 97, pp. 125-164, 1998.
- [4] A. Demirbas, "Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels," *Fuel*, vol. 87, no. 8-9, pp. 1743-1748, 2008.

- [5] P. T. Williams, "Pyrolysis of waste tyres: A review," *Waste Manag.*, vol. 33, no. 8, pp. 1714–1728, 2013.
- [6] J. M. Jung, J. I. Oh, K. Baek, J. Lee, and E. E. Kwon, "Biodiesel production from waste cooking oil using biochar derived from chicken manure as a porous media and catalyst," *Energy Convers. Manag.*, vol. 165, no. February, pp. 628–633, 2018.
- [7] P. Suwandono, W. Wijayanti, and N. Hamidi, "Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetik Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetik Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni," no. May 2015, 2018.
- [8] J. Dong, Y. Tang, A. Nzihou, Y. Chi, E. Weiss-Hortala, and M. Ni, "Life cycle assessment of pyrolysis, gasification and incineration waste-to-energy technologies: Theoretical analysis and case study of commercial plants," *Sci. Total Environ.*, vol. 626, pp. 744–753, 2018.
- [9] P. Suwandono, "Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Kinetik Rate dan Volume Tar pada Limbah Serbuk Kayu Mahoni," *REM Umsida*, vol. 4, no. 1, 2019.
- [10] L. Fan, R. Ruan, J. Li, L. Ma, C. Wang, and W. Zhou, "Aromatics production from fast co-pyrolysis of lignin and waste cooking oil catalyzed by HZSM-5 zeolite," *Appl. Energy*, vol. 263, no. January, p. 114629, 2020.
- [11] A. Ben Hassen Trabelsi, K. Zaafouri, W. Baghdadi, S. Naoui, and A. Ouerghi, "Second generation biofuels production from waste cooking oil via pyrolysis process," *Renew. Energy*, vol. 126, pp. 888–896, 2018.