

repository.ub.ac.id

# PENGARUH PENAMBAHAN RHODIUM TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha Curcas*)

Andi Wardana, I.N.G Wardana, Mega Nur Sasongko

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. Mayjend Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : [Andi.wardana3@gmail.com](mailto:Andi.wardana3@gmail.com)

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menjelaskan pengaruh variasi penambahan Rhodium terhadap karakteristik pembakaran droplet minyak jarak pagar. Minyak jarak pagar merupakan sumber energi yang renewable, namun masih memiliki kendala karena kekentalan yang terlalu tinggi daripada minyak diesel sehingga sulit untuk penggunaannya. Maka dari itu minyak jarak pagar ditambahkan dengan Rhodium sebagai katalis untuk memperbaiki karakteristik pembakaran dengan membuat minyak jarak pagar bermuatan sehingga mempercepat proses pembakaran. Variabel bebas penelitian ini adalah penambahan Rhodium 0.00%, 0.01% dan 0.02%. Dari penelitian didapatkan hasil yaitu dengan penambahan Rhodium mengubah dimensi dari api, temperatur maksimal pembakaran, menaikkan nilai burning rate dan ignition delay.

**Kata Kunci** : droplet, karakteristik pembakaran, minyak jarak pagar, Rhodium

## PENDAHULUAN

Secara umum peningkatan kebutuhan minyak bumi mempunyai keterkaitan erat dengan kian berkembang kegiatan ekonomi dan kian bertambah jumlah penduduk. Cadangan minyak yang terus menurun diperkirakan akan menyebabkan ekspor minyak terus menurun dari 117 juta barel (2013) menjadi 6,4 juta barel (2050)<sup>[1]</sup>. Sehingga persediaan minyak bumi semakin berkurang dan semakin langka.

Maka untuk mengurangi konsumsi minyak bumi, banyak penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan energi yang bersumber dari *renewable resource*. Sumber energi yang dapat diperbaharui salah satunya adalah minyak nabati yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar motor diesel. Salah satu minyak nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar adalah minyak jarak pagar. Minyak biji jarak pagar mengandung racun sehingga minyak ini tidak dapat digunakan sebagai minyak makan<sup>[2]</sup>. Oleh karena itu, penggunaan minyak biji jarak pagar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar lebih dianjurkan.

Namun, minyak jarak pagar masih memiliki kekurangan yaitu kesulitan dalam proses pembakaran, titik nyala yang tinggi,

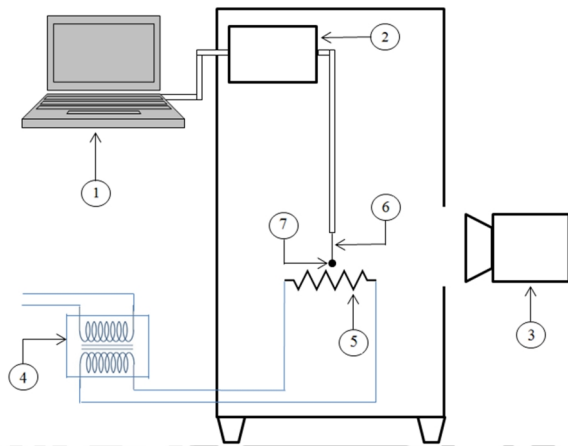
viskositas yang tinggi dan nilai kalor yang rendah. Maka minyak jarak pagar tidak bisa langsung digunakan untuk bahan bakar mesin diesel, perlu modifikasi dalam penggunaan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar. Salah satu modifikasinya yaitu dengan menambahkan katalis berupa Rhodium pada minyak jarak pagar yang memungkinkan Rhodium tersebut akan mempengaruhi muatan pada minyak jarak sehingga memudahkan terjadinya proses pembakaran.

Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak pagar yang dicampur dengan Rhodium. Dan diharapkan memperbaiki karakter minyak jarak pagar.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental nyata. Variabel bebas yang digunakan adalah presentase penambahan Rhodium 0.00%, 0.01% dan 0.02%. Selain itu, data dari minyak pertaDEX digunakan sebagai pembanding. Variabel terikatnya adalah karakteristik pembakaran berupa temperatur maksimal pembakaran, *ignition delay*, *burning*

rate, dan visualisasi nyala api yang meliputi tinggi dan lebar api.



Keterangan :

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1. Laptop        | 5. Heater       |
| 2. Data logger   | 6. Thermocouple |
| 3. Kamera        | 7. Droplet      |
| 4. Transformator |                 |

Gambar 1 Skema instalasi penelitian

Prosedur pengambilan data diawali dengan memasang instalasi penelitian sesuai dengan skema pada gambar 1. Langkah pertama sesuaikan jarak, zoom dan fokus lensa kamera terhadap jendela pada alat uji hingga droplet tampak jelas. Nyalakan program WaveScan 2.0, kemudian bentuk droplet pada alat pembentuk droplet dengan skala 1 pada alat dan letakkan droplet pada ujung thermocouple. Ambil gambar droplet sebelum dibakar, kemudian klik tombol start pada program WaveScan 2.0, tekan tombol rekam pada kamera, dan nyalakan heater pada saat bersamaan. Matikan heater sesaat setelah api menyala dan hentikan proses merekam sesaat setelah api mati. Klik stop pada program WaveScan 2.0 lalu pilih Save as. Data yang terbaca pada komputer kemudian disimpan dalam bentuk tabel maupun grafik untuk kemudian dilakukan proses pengolahan data. Gambar yang terekam kamera diolah untuk memperoleh gambar setiap proses penyalan api hingga api mati. Ulangi prosedur untuk tiap-tiap variasi pengujian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terdiri dari 4 macam yaitu Ignition delay, burning rate, temperatur pembakaran dan visualisasi nyala api meliputi tinggi dan lebar api.

### Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Visualisasi Api Pembakaran Droplet Minyak Jarak



Gambar 2 Visualisasi api pada minyak jarak + Rh 0.00%



Gambar 3 Visualisasi api pada minyak jarak + Rh 0.01%



Gambar 4 Visualisasi api pada minyak jarak + Rh 0.02%

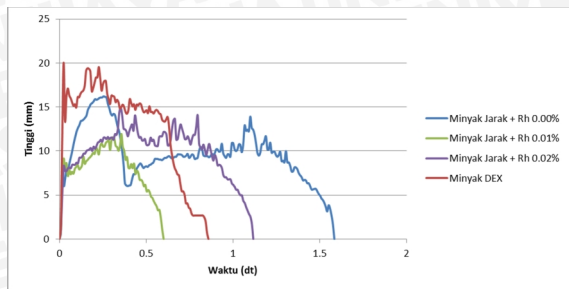


Gambar 5 Visualisasi api pada minyak DEX

Gambar 2, 3, 4 dan 5 diatas merupakan visualisasi dari proses pembakaran droplet pada minyak yang telah diuji. Pada perubahan tinggi dan lebar api minyak jarak pagar yang ditambahkan Rhodium cenderung lebih stabil dibandingkan tanpa penambahan Rhodium. Dan bisa dilihat untuk api minyak jarak pagar yang ditambahkan dengan Rhodium berbentuk lebih bulat pada awal pembakaran dibandingkan dengan minyak jarak pagar tanpa Rhodium.

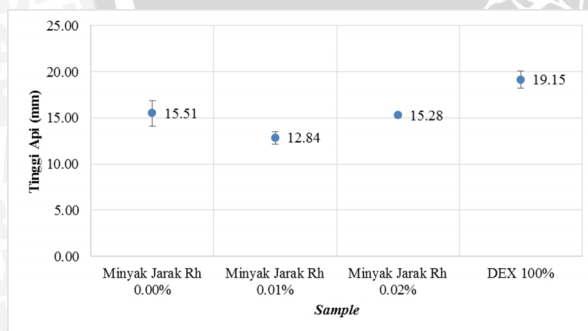


**Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Tinggi Api Pembakaran Droplet Minyak Jarak**



Gambar 6 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Tinggi Api Pembakaran Droplet Minyak Jarak

Pada Gambar 6 menunjukkan ketinggian api dan waktu dari pembakaran *droplet* masing-masing minyak yang diukur dari gambar nyala api pada gambar 2, 3, 4 dan 5. Sumbu horizontal menunjukkan waktu nyala api dan sumbu vertical menunjukkan tinggi api. Pada gambar diatas bisa dilihat terjadi peningkatan tinggi api secara tiba-tiba di yang dimana menandakan terjadinya *micro-explosion* seperti pada gambar 8. Dengan adanya penambahan Rhodium perubahan ketinggian cenderung lebih stabil dari waktu ke waktu.



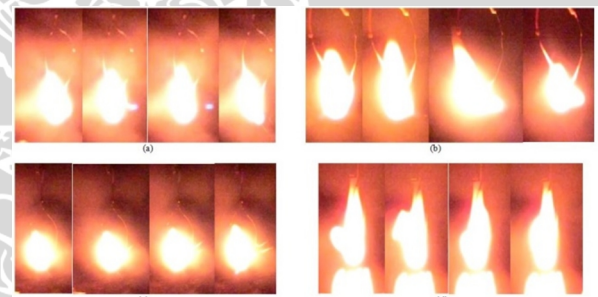
Gambar 7 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Tinggi Api Pembakaran Droplet Minyak Jarak

Pada Gambar 7 diatas adalah grafik pengaruh Variasi penambahan rhodium terhadap tinggi api pembakaran *droplet* minyak jarak. Yang dimana secara urut, nilai temperatur dari Minyak Jarak + Rh 0,00%, Minyak Jarak + Rh 0,01% dan Minyak Jarak + Rh 0,02% yaitu 15,51 mm, 12,84 mm dan

15,28 mm. Minyak Jarak Rh 0,00% memiliki nilai tertinggi dan Minyak Jarak + Rh 0,01% memiliki nilai paling rendah.

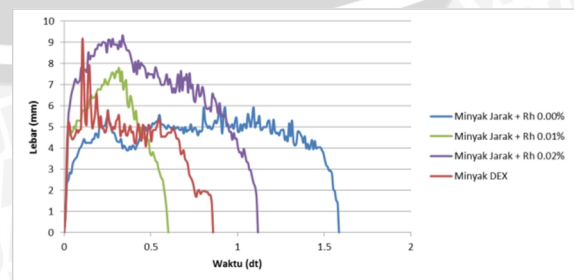
Dengan adanya Rhodium dapat menurunkan tinggi api dikarenakan dengan penambahan Rhodium akan mempercepat terjadi proses pembakaran dan proses pembakaran yang cepat membuat tinggi dari apinya turun. Panjang api berbanding terbalik dengan difusitas molekular<sup>[3]</sup>.

Namun pada Minyak Jarak Rh 0,02% ketinggian apinya tinggi dibandingkan dengan minyak jarak + Rh 0.00% dan minyak jarak + Rh 0.01% dikarenakan dengan penambahan Rhodium yang terlalu banyak menyebabkan molekul minyak jarak lebih bermuatan dan lebih reaktif ketika pembakaran sehingga mempermudah terjadinya *microexplosion* yang dimana membuat *bulge geometry* dan secara tiba-tiba tinggi api akan bertambah seperti jarum<sup>[4]</sup>.



Gambar 8 Fenomena *microexplosion* pada (a) minyak jarak + Rh 0.00 %, (b) minyak jarak + Rh 0.01 %, (c) minyak jarak + Rh 0.02 % dan (d) Minyak DEX

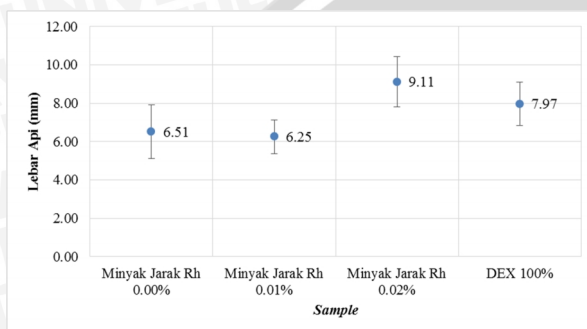
**Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Lebar Api Pembakaran Droplet Minyak Jarak**



Gambar 9 Grafik Hubungan lebar dan waktu pada pembakaran droplet minyak



Hampir sama dengan sebelumnya, pada Gambar 9 menunjukkan lebar api dan waktu dari pembakaran *droplet* masing-masing minyak yang diukur dari gambar nyala api pada gambar 2, 3, 4 dan 5. Sumbu *horizontal* menunjukkan waktu nyala api dan sumbu *vertical* menunjukkan lebar api. Pada gambar diatas bisa dilihat terjadi peningkatan lebar api secara tiba-tiba yang dimana menandakan terjadinya *micro-explosion* seperti pada gambar 8. Rhodium membuat perubahan dimensi lebar api dari waktu ke waktu lebih stabil.



Gambar 10 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Lebar Api Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

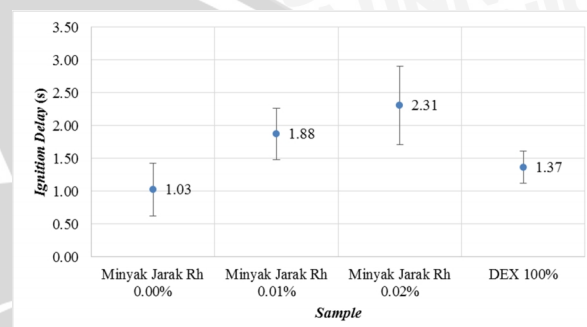
Pada Gambar 10 diatas adalah grafik pengaruh Variasi penambahan rhodium terhadap lebar api pembakaran *droplet* minyak jarak. Yang dimana secara urut, nilai temperatur dari Minyak Jarak Rh 0,00%, Minyak Jarak Rh 0,01% dan Minyak Jarak Rh 0,02% yaitu 6,51 mm, 6,25 mm dan 9,11 mm. Minyak Jarak Rh 0,02% memiliki nilai tertinggi dan Minyak Jarak Rh 0,01% memiliki nilai paling rendah.

Dengan adanya Rhodium akan menurunkan lebar api dikarenakan dengan penambahan Rhodium akan mempercepat terjadi proses pembakaran dan proses pembakaran yang cepat akan membuat lebar dari apiya turun.

Namun pada Minyak Jarak Rh 0,02% nilai lebar apinya besar dibandingkan dengan minyak jarak Rh 0.00% dan minyak jarak Rh 0.01% dikarenakan dengan penambahan Rhodium yang terlalu banyak menyebabkan molekul minyak jarak lebih bermuatan dan

lebih reaktif ketika pembakaran sehingga akan mempermudah terjadinya *microexplosion* yang dimana membuat *bulge geometry* dan secara tiba-tiba tinggi api akan bertambah seperti jarum<sup>[4]</sup>. Seperti ditunjukkan pada gambar 8.

### Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap *Ignition Delay Time* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 11 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap *Ignition Delay Time* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

Pada gambar 11 diatas adalah grafik pengaruh Variasi penambahan rhodium terhadap *ignition delay time* pembakaran *droplet* minyak jarak. Yang dimana secara urut, nilai *ignition delay time* dari Minyak Jarak Rh 0,00%, Minyak Jarak Rh 0,01% dan Minyak Jarak Rh 0,02% yaitu 6,64 s, 5,75 s dan 11,06 s. Minyak Jarak Rh 0,02% memiliki nilai tertinggi dan Minyak Jarak Rh 0,01% memiliki nilai paling rendah.

Dalam pembakaran minyak jarak dengan Rhodium menunjukkan *ignition delay* yang kecil dikarenakan Rhodium akan menurunkan energi aktivasinya. Yang dimana Rhodium memiliki aktivasi tinggi dalam reaksi adisi, yang menyebabkan ikatan rangkap kimia dari minyak jarak tersebut diubah menjadi ikatan tunggal sehingga menurunkan nilai energi diasosiasi molekul kimia minyak jarak sehingga tidak dibutuhkan energi aktivasi yang tinggi untuk terjadi reaksi pembakaran.

Namun pada Minyak Jarak Rh 0.01 % dan 0,02% mengalami peningkatan *ignition delay*. Faktor pertama yaitu Dikarenakan rhodium yang terlalu banyak dapat



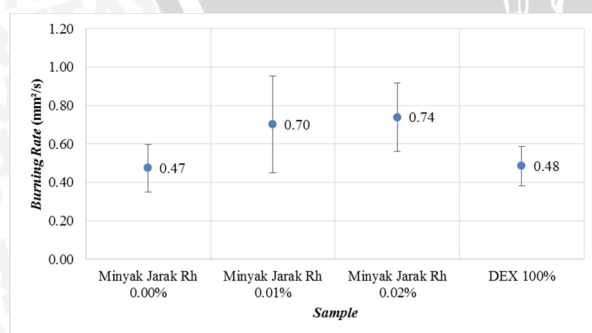
menghambat transfer panas dari heater yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan *droplet* minyak jarak, dikarenakan rhodium mempunyai sifat *non-flammable*<sup>[5]</sup>.

Yang kedua, Rhodium mempunyai suhu operasi pada 400-500 °C<sup>[6]</sup>. Sehingga dengan penambahan rhodium yang terlalu banyak akan meningkatkan suhu operasi dari Rhodium. Dan dengan meningkatnya suhu operasi maka akan menaikkan energi aktivasi dan *ignition delay* dari minyak jarak pula.

Yang ketiga, penambahan Rhodium yang banyak akan mengakibatkan nilai *heat of evaporation* minyak jarak akan naik. Yang dimana *heat of evaporation* minyak jarak 210 kJ/kg<sup>[7]</sup> dan rhodium 4564,81 kJ/kg<sup>[8]</sup>. Sehingga naiknya *heat of evaporation* akan membuat nilai *ignition delay*-nya naik pula.

Yang terakhir, pada minyak jarak Rh 0.02% mempunyai ukuran *droplet* yang besar sehingga akan menaikkan waktu pemanasan minyak jarak tersebut. Hal ini sesuai dengan persamaan  $Q.t = (m.c.\Delta T)$ , dengan bertambahnya diameter *droplet* maka massa bahan bakar (m) akan semakin besar juga sehingga waktu (t) yang dibutuhkan akan semakin lama. Dan akan menaikkan angka *ignition delay* dari minyak jarak Rh 0.02%.

### Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap *Burning rate* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 12 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap *Burning rate* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

Pada Gambar 12 diatas adalah grafik pengaruh Variasi penambahan rhodium

terhadap *burning rate* pembakaran *droplet* minyak jarak. Yang dimana secara urut, nilai *burning rate* dari Minyak Jarak Rh 0,00%, Minyak Jarak Rh 0,01% dan Minyak Jarak Rh 0,02% yaitu 0,47 mm<sup>2</sup>/s, 0,70 mm<sup>2</sup>/s dan 0,74 mm<sup>2</sup>/s. Minyak Jarak Rh 0,02% memiliki nilai tertinggi dan Minyak Jarak Rh 0,00% memiliki nilai paling rendah.

Agar dapat menghitung *burning rate*, data yang diperlukan yaitu *burning lifetime* dan diameter *droplet*. Contoh perhitungan *burning rate* dapat dilihat sebagai berikut. Contoh perhitungan dilakukan pada pembakaran *droplet* minyak jarak dengan variasi katalis Rhodium sebesar 0,01 %.

$$D^2(t) = D_0^2 - K_c \cdot t$$

Keterangan:

D : diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

D<sub>0</sub> : diameter *droplet* awal (mm)

K<sub>c</sub> : *burning rate constant* (mm<sup>2</sup>/s)

t : *burning lifetime* (s)

$$K_c = -\left(\frac{D^2 - D_0^2}{t}\right)$$

Contoh perhitungan :

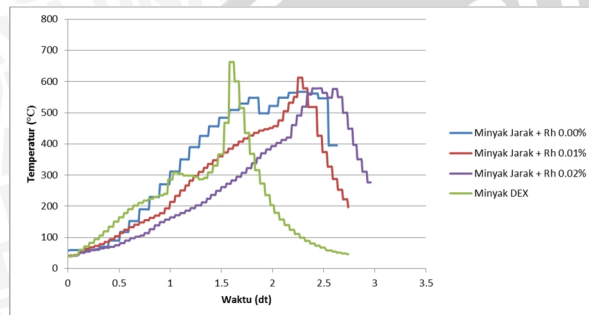
$$K_c = -\left(\frac{0^2 - 0,82^2}{1,46}\right)$$

$$K_c = 0,47 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Dalam pembakaran minyak jarak dengan katalis Rhodium akan menunjukkan *burning rate* yang tinggi. Rhodium akan membuat molekul minyak jarak menjadi lebih bermuatan dan lebih mudah berdifusi dengan oksigen ketika reaksi pembakaran dikarenakan Rhodium mempunyai elektron satu, sehingga akan cenderung melepaskan elektronnya. Elektron dari Rhodium diberikan kepada oksigen yang dimana akibat beda potensial, oksigen lebih positif daripada katalis Rhodium sehingga oksigen akan bermuatan negatif dan Rhodium akan bermuatan positif dikarenakan kehilangan satu elektronnya. Karena rhodium bermuatan positif maka rhodium akan menarik elektron pada ikatan rangkap minyak jarak yang dimana rhodium dan minyak jarak mempunyai beda potensial, minyak jarak mempunyai

potensial lebih negatif. Sehingga minyak jarak akan kehilangan elektronnya dan mengakibatkan minyak jarak bermuatan positif. Karena minyak jarak bermuatan positif dan oksigen disekitar droplet bermuatan negatif maka akan saling tarik menarik yang diakibatkan oleh beda potensial. Sehingga pembakaran akan terjadi semakin cepat dan nilai *burning rate* akan tinggi.

**Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Temperatur Maksimal Pembakaran Droplet Minyak Jarak**

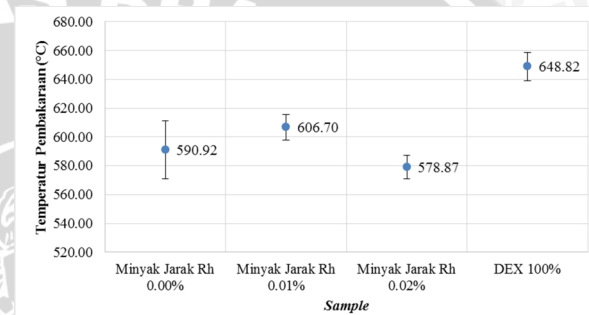


Gambar 13 Grafik Hubungan temperatur dan waktu pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar

Pada gambar 13 diatas menunjukkan hubungan temperatur dan waktu pembakaran *droplet* pada masing-masing sample minyak. Pada proses pembakaran droplet terdapat tiga tahap yaitu pemanasan, evaporasi dan proses pembakaran. Pada proses pemanasan, rata-rata pada setiap minyak membutuhkan waktu 0-2 detik dan bisa dilihat terjadi peningkatan suhu yang konstan pada gambar grafik temperatur-waktu. Setelah 2 detik terjadilah evaporasi dan terjadilah pembakaran.

Pada proses evaporasi minyak jarak menandakan adanya pecahnya 2 komponen yaitu asam lemak dan glycerol. Dan dalam pembakaran, asam lemak terbakar lebih dahulu dikarenakan densitas dan viskositas dari asam lemak lebih kecil dari glycerol<sup>[9]</sup>. Pada gambar diatas juga bisa dilihat adanya *micro-explosion* yang dimana ditandai oleh peningkatan temperature secara tiba-tiba sehingga membuat dimensinya pun meningkat secara tiba-tiba.

Bisa dilihat juga daya yang dihasilkan dari pembakaran tiap minyak akan semakin besar jika dalam mencapai temperatur tertinggi hanya membutuhkan waktu yang singkat. Sesuai dengan rumus daya yaitu Daya (P) = Energi (W) : Waktu (t). Maka dari itu minyak jarak + Rh 0.01% mempunyai daya yang besar dikarenakan mempunyai temperature yang tinggi dan waktu pembakaran yang singkat. Dan daya yang terendah dihasilkan oleh minyak jarak + Rh 0.00% dikarenakan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai temperatur maksimal.



Gambar 14 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Rhodium Terhadap Temperatur Maksimal Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

Pada Gambar 14 diatas adalah grafik pengaruh Variasi penambahan rhodium terhadap temperature maksimal pembakaran *droplet* minyak jarak. Yang dimana secara urut, nilai temperatur dari Minyak Jarak Rh 0,00%, Minyak Jarak Rh 0,01% dan Minyak Jarak Rh 0,02% yaitu 590,92 °C, 606,70 °C dan 578,87 °C. Minyak Jarak Rh 0,01% memiliki nilai tertinggi dan Minyak Jarak Rh 0,00% memiliki nilai paling rendah.

Dalam pembakaran minyak jarak dengan katalis Rhodium akan menunjukkan temperatur pembakaran yang tinggi dikarenakan katalis akan mempercepatnya terjadinya reaksi sehingga gerakan antar molekul-molekul dalam minyak jarak pagar akan semakin besar terjadinya tumbukan antar molekul bermuatan dan gerakan acak dari atom-atomnya semakin cepat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Dan pembakaran yang cepat atau proses oksidasi



yang cepat akan menghasilkan panas yang tinggi pula<sup>[3]</sup>.

Namun pada Minyak Jarak Rh 0,02% mengalami penurunan nilai temperatur, faktor yang pertama terlalu banyak penambahan katalis rhodium akan mengurangi nilai kalor dari minyak jarak. Yang dimana minyak jarak mempunyai nilai kalor 39662,48 kJ/kg<sup>[10]</sup> dan Rhodium mempunyai nilai kalor 5148,14815 kJ/kg<sup>[11]</sup>. Sehingga dengan menurunnya nilai kalor akan menurunkan temperatur pembakaran pula.

Faktor yang kedua, dikarenakan campuran rhodium yang terlalu banyak akan menurunkan nilai kalor. Dan rhodium yang terlalu banyak akan mengakibatkan panas yang dihasilkan dalam pembakaran akan tidak maksimal. dikarenakan rhodium mempunyai sifat *non-flammable*<sup>[5]</sup>.

Factor yang terakhir, pada minyak jarak Rh 0.02% memiliki *burning life time* yang lebih lama dibanding dengan *burning life time* dari minyak jarak Rh 0.01%. Sehingga dengan *burning life time* yang lama maka akan menurunkan temperatur pembakaran.

## KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh penambahan Rhodium pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan Rhodium pada 0.01 % dapat menurunkan dimensi api, akan tetapi pada 0.02 % dimensi api meningkat dan perubahan dimensi api lebih stabil seiring berjalannya waktu pembakaran. Dan dengan penambahan Rhodium meningkatkan terjadinya *micro-explosion* diawal pembakaran.

Semakin banyak penambahan Rhodium, semakin tinggi pula nilai *ignition delay*, *burning rate* dan temperatur maksimal pembakaran. Akan tetapi temperatur turun pada penambahan 0.02 %.

Nilai *burning life time* semakin kecil seiring bertambahnya Rhodium, sehingga menghasilkan daya yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BPPT (2015) *Outlook Energi Indonesia 2015*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- [2]. Syah A. (2006). *Biodiesel Jarak Pagar, Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- [3]. Wardana, I.N.G. 2008. *Bahan Bakar & Teknologi Pembakaran*. Brawijaya University Press. : Malang.
- [4]. Wardana, I.N.G. 2010. *Combustion characteristics of jatropha oil droplet at various oil temperatures*. ELSEVIER. Fuel 89 : 659-664
- [5]. Umicore, 2015, *material safety data sheet of rhodium*, U.S.A.
- [6]. Hagen, Jens, 2006. *Industrial Catalysis – A Practical Aproach*. Wiley-vch. Weinheim.
- [7]. Journal Engineering, Computing and Architecture, Volume 1, Issue 2, 2007 *Performance and Emission Analysis of Bio Diesel Operated CI Engine*.
- [8]. Wikipedia, 2016. Rhodium. <https://en.wikipedia.org/wiki/Rhodium>.
- [9]. Wardana, I.N.G, 2009, *Pengembangan Teknologi Pembakaran Minyak Nabati dan Teknologi Reformer untuk Mengubahnya Menjadi Hidrogen*.
- [10]. Zahran, M.A, 2010, *Climate-Vegetatin: Afro-Asian Mediterranean and Red Sea Coastal Lands*.
- [11]. Webelements, 2016, Rhodium, <https://www.webelements.com/rhodium/thermochemistr>

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

