

## Pengaruh Daya Penyinaran Gelombang Mikro Terhadap Karakteristik Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak Pagar

Ray Dewi, ING. Wardana, Nurkholis Hamidi

Jurusan Teknik Mesin Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik UB

Jl. MT. Haryono No.165 Malang 65145, Indonesia

E-mail: [ray\\_kempo@yahoo.com](mailto:ray_kempo@yahoo.com)

### Abstract

*The objective this research is to investigate the effect of microwave irradiation power on the combustion characteristics of Jatropha curcas oil. Jatropha Curcas oil is one of alternative fuel. Some advantages of this oil are environmentally friendly, not included in food which can be consumed and renewable. But it can not be use directly because it has a long chemical chain with several double bonds and the viscosity and flash point are very high. One method to improve the combustion characteristics of Jatropha curcas oil, is to irradiate this oil with microwaves. This is due to the energy of microwaves can be absorbed by water, fats and sugars that can affect the Jathropa Curcas oil. The microwave frequency used is 2.45 GHz. Microwave irradiation power is given to the jatropha oil are 119 watt, 252 watt, 385 watt, 539 watt and 700 watt, and the time given 15 minute. And droplet diameter used is 1.5 - 2 mm. From this research was found that microwave can change the viscosity, visualization and dimension of the flame, increase the burning rate, percentage of microexplosion, accelerate the appearance and prolong the duration of microexplosion.*

**Keywords:** *microwave irradiation, combustion characteristic, droplet*

### PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan untuk segera memproduksi dan menggunakan energi alternatif.

Salah satu energi alternative yang telah banyak dimanfaatkan adalah minyak jarak pagar. Kandungan minyak yang mendekati propertis minyak solar, dapat tumbuh dan berkembang secara baik walaupun pada lahan kering/kritis, gas yang dihasilkan dari proses pembakaran minyak jarak lebih ramah lingkungan daripada minyak solar, dan bukan termasuk bahan yang dapat dikonsumsi, merupakan suatu potensi yang cukup besar yang dimiliki minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif. Namun, minyak jarak juga masih mempunyai kekurangan antara lain minyak jarak pagar murni yang dihasilkan dari proses pengepresan memiliki struktur kimia

dengan rantai yang panjang dan beberapa ikatan rangkap dimana mengakibatkan kesulitan dalam proses pembakaran, kemudian titik nyala yang tinggi, viskositas tinggi, dan nilai kalor rendah. Sehingga dalam penggunaannya, minyak jarak tidak dapat langsung digunakan untuk mesin diesel, sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan penggunaan minyak jarak tersebut.

Salah satu modifikasi adalah dengan cara memberikan gelombang *mikro* pada minyak jarak pagar. Radiasi gelombang mikro akan diserap oleh minyak jarak yang terdiri dari rantai asam lemak dan gliserol. Hal ini akan menyebabkan atom-atom pada minyak berotasi/bergetar dan saling bertabrakan. Dari sinilah akan timbul panas. Proses pemanasan dalam sintesis organik dengan gelombang mikro melibatkan agitasi molekul polar atau ion yang bergetar di bawah medan magnet atau listrik yang bergetar. Molekul polar yang berada dalam medan elektromagnetik yang beresilasi dengan frekuensi yang sesuai berusaha untuk mengikuti medan

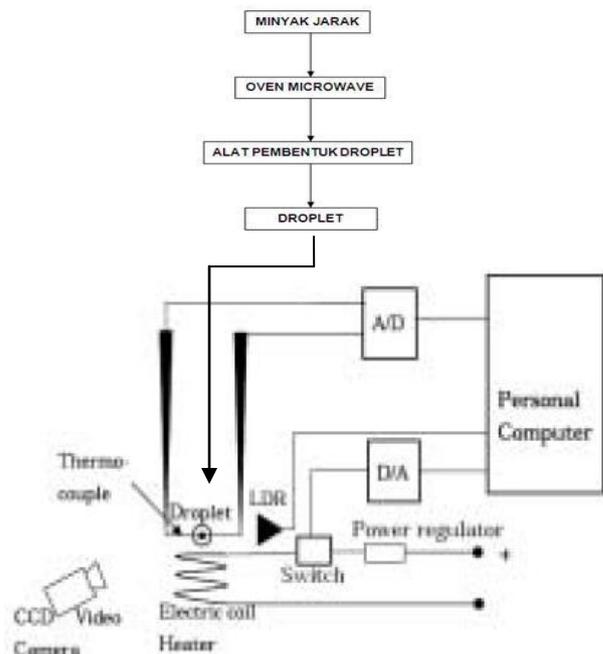
dan menjajarkan diri agar sefasa dengan medan. Adanya gaya dalam molekul menyebabkan molekul polar tidak dapat mengikuti orientasi medan. Peristiwa tersebut menghasilkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas [1].

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai bagaimana pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak pagar dengan harapan meningkatkan serta mempermudah penggunaan minyak jarak.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan variabel bebas yang digunakan adalah daya penyinaran gelombang mikro sebesar 119 watt (low), 252 watt (medium low), 385 watt (medium), 539 watt (medium high), dan 700 watt (high) dengan frekuensi gelombang mikro sebesar 2,45 GHz , diameter yang diujikan sebesar 1,5-2 mm dan lama penyinaran 15 menit pada setiap variasi daya. Variabel terikat yang diamati adalah visualisasi api, temperatur pembakaran, dimensi api, probabilitas *microexplosion*, *burning rate*, *ignition delay time*, durasi dan kemuculan *microexplosion*, serta viskositas minyak jarak.

Prosedur pengambilan data penelitian terdiri dari tiga tahap. Yang pertama prosedur penyinaran gelombang mikro terhadap minyak jarak pagar, minyak jarak dimasukkan ke dalam microwave kemudian atur timer selama 15 menit kemudian nyalakan microwave sesuai dengan daya yang dibutuhkan. Yang kedua prosedur pembuatan *droplet* minyak jarak pagar, minyak jarak yang sudah disinari microwave dimasukkan ke dalam alat pengatur volume *droplet*. Selanjutnya prosedur rangkaian pengambilan data.

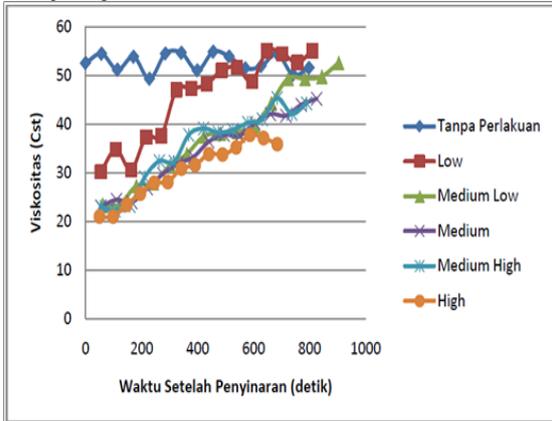


Gambar 1. Instalasi penelitian pembakaran droplet

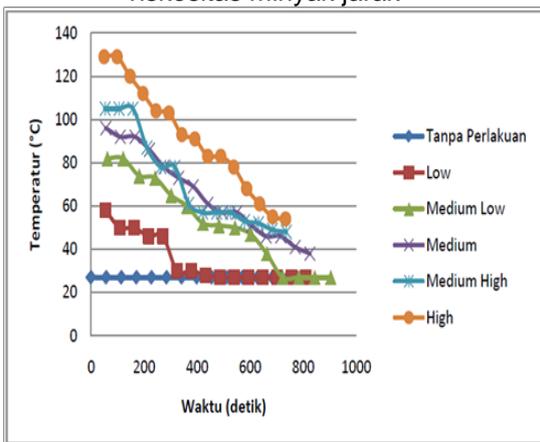
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian terdiri dari 9 macam, yaitu perubahan visualisasi api, temperatur pembakaran, dimensi api, probabilitas terjadinya *microexplosion*, *Burning rate*, *ignition delay time* dan waktu evaporasi kedua, waktu kemunculan *microexplosion*, durasi *microexplosion*, viskositas minyak jarak akibat pengaruh daya penyinaran gelombang mikro.

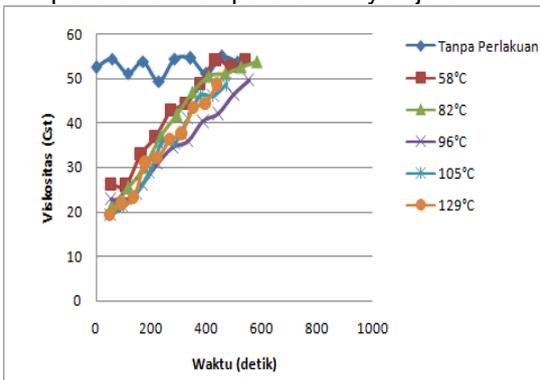
**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap viskositas minyak jarak**



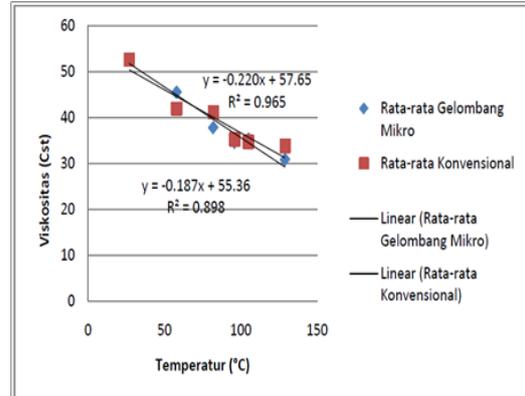
Gambar 2. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap viskositas minyak jarak



Gambar 3. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap perubahan temperatur minyak jarak



Gambar 4. Hubungan pengaruh pemanasan konvensional terhadap viskositas minyak jarak



Gambar 5. Perbandingan viskositas minyak jarak antara penyinaran gelombang mikro dengan pemanasan secara konvensional

Gambar 2, 3, 4 dan 5 menunjukkan bagaimana perbandingan viskositas minyak jarak dengan penyinaran gelombang mikro dan pemanasan konvensional. Viskositas mempunyai peranan yang sangat besar dalam pembakaran *droplet* minyak jarak pagar karena jika viskositas minyak jarak rendah maka ikatan atom antar minyak jarak juga akan lemah sehingga berpengaruh pada proses pembakaran.

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan pengaruh waktu pengambilan data terhadap viskositas minyak jarak pada berbagai variasi daya penyinaran gelombang mikro. Untuk minyak jarak tanpa perlakuan viskositas minyak cenderung tetap yaitu pada kisaran 50-55 cst. Sedangkan untuk minyak jarak dengan penyinaran gelombang mikro viskositas akan mengalami penurunan secara signifikan tetapi seiring dengan berjalannya waktu maka akan meningkat kembali sampai mendekati viskositas minyak jarak tanpa perlakuan. Hal tersebut terjadi akibat energi yang diserap dan digunakan oleh atom-atom pada minyak jarak untuk melakukan osilasi semakin lama akan semakin berkurang seiring dengan berjalannya waktu sehingga atom semakin lambat bergetar karena kehilangan pengaruh dari gelombang mikro yang berakibat ikatan antar atom kembali seperti semula yang artinya viskositas juga kembali seperti semula.

Dari gambar 2 dan 4 memperlihatkan bahwa viskositas dari

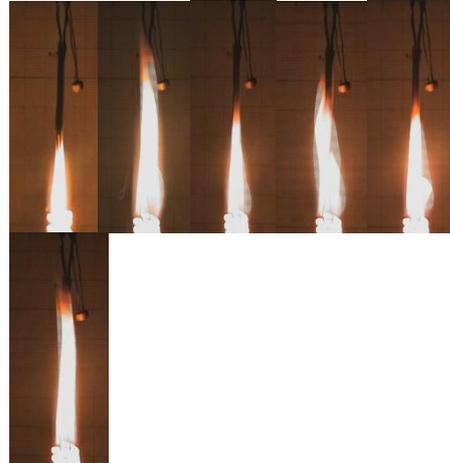
minyak jarak dengan pemanasan konvensional lebih cepat kembali seperti semula jika dibandingkan dengan penggunaan gelombang mikro yang berarti gelombang mikro menyebabkan minyak jarak memiliki waktu yang lebih lama viskositasnya kembali seperti semula. Sedangkan untuk viskositas rata-rata dari minyak jarak akibat dari pengaruh gelombang mikro menghasilkan data sebagai berikut: Tanpa perlakuan = 52,6 cst; Low (119 watt) = 45,43108 cst; Medium Low (252 watt) = 37,72758 cst; Medium (385 watt) = 34,50017 cst; Medium High (539 watt) = 35,23821 cst; High (700 watt) = 30,76212 cst.

Dari gambar 4 memperlihatkan kecenderungan viskositas semakin menurun seiring dengan meningkatnya waktu penyinaran gelombang mikro dengan persentase penurunan adalah sebesar 43,4%.

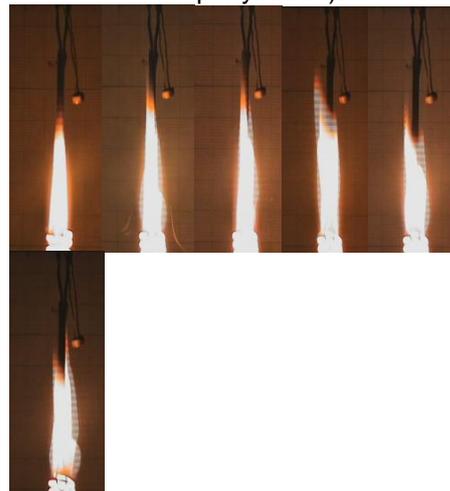
Hal ini disebabkan pada saat diberikan penyinaran gelombang mikro mengalami polarisasi dipolar. Molekul polar yang berada dalam medan elektromagnetik yang beresilasi dengan frekuensi yang sesuai berusaha untuk mengikuti medan dan menjajarkan diri agar sefasa dengan medan. Adanya gaya dalam molekul menyebabkan molekul polar tidak dapat mengikuti orientasi medan. Peristiwa tersebut menghasilkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas.

Dari persamaan teori kinetik gas juga dapat dilihat bahwa kecepatan reaksi berbanding lurus dengan temperatur. Sehingga dengan meningkatnya kecepatan reaksi atau kecepatan molekul-molekul yang mengalami getaran akan menyebabkan kenaikan temperatur dan ikatan antar atom menjadi lemah. Hal ini lah yang menyebabkan viskositas mengalami penurunan.

### Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap visualisasi api



Gambar 6. Visualisasi api pembakaran droplet minyak jarak pagar akibat pengaruh gelombang mikro (1 menit setelah penyinaran).



Gambar 7. Visualisasi api pembakaran droplet minyak jarak pagar akibat pengaruh gelombang mikro (10 menit setelah penyinaran).

Gambar 6 dan 7 memperlihatkan visualisasi nyala api pembakaran *droplet* tanpa perlakuan serta dengan perlakuan setelah 1 menit dan 10 menit setelah penyinaran gelombang mikro. Dari gambar terlihat bahwa dimensi api *droplet* mengalami perubahan panjang dan lebar api dengan cahaya pembakaran yang dihasilkan cukup terang.

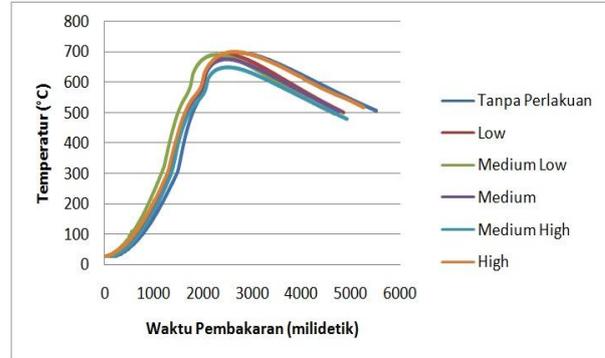
Pada data 1 menit setelah penyinaran gelombang atom-atom pada minyak jarak mengalami polarisasi dipolar yang merupakan proses menghasilkan panas oleh molekul polar. Molekul polar yang berada dalam medan elektromagnetik yang beresilasi dengan frekuensi yang sesuai berusaha untuk mengikuti medan dan menjajarkan diri agar sefasa dengan medan. Adanya gaya dalam molekul menyebabkan molekul polar tidak dapat mengikuti orientasi medan.

Peristiwa tersebut menghasilkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas. Akibat adanya atom-atom yang bergetar dan menghasilkan panas tersebut membuat ikatan antar atom menjadi lemah yang menyebabkan penurunan viskositas sehingga diameter droplet yang dibentuk oleh alat pembentuk droplet lebih besar karena memiliki tegangan permukaan yang cukup besar.

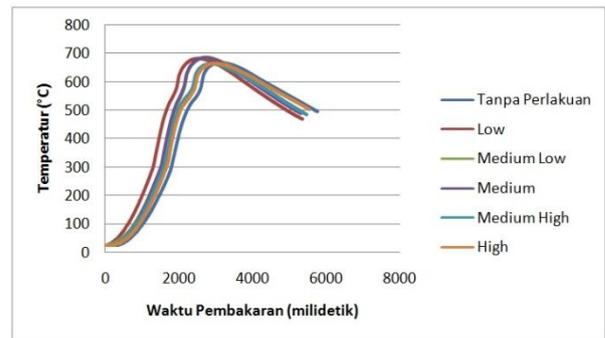
Dengan adanya volume dan tegangan permukaan *droplet* yang besar ini, pada saat terjadi pembakaran memberikan kesempatan menyebabkan asam lemak menyusup ke dalam gliserol terlebih dahulu dan pada saat tegangan permukaan tidak kuat untuk menahan tekanan dari dalam droplet menyebabkan terjadinya *microexplosion* [2].

Untuk visualisasi api pembakaran *droplet* 10 menit setelah minyak jarak disinari gelombang mikro terlihat bahwa minyak jarak mulai kehilangan pengaruh gelombang mikro sehingga data tanpa perlakuan dan dengan perlakuan untuk setiap data hampir sama. Hal ini dikarenakan energi gelombang mikro yang diserap oleh minyak jarak pagar telah habis digunakan atom-atom untuk meningkatkan frekuensi getarannya sehingga kembali seperti semula yang mengakibatkan viskositas minyak jarak juga kembali seperti semula.

**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap temperatur pembakaran**



Gambar 8. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap temperatur pembakaran (1 menit setelah penyinaran)



Gambar 9. Hubungan pengaruh waktu penyinaran gelombang mikro terhadap temperatur pembakaran (10 menit setelah penyinaran).

Dari gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa pembakaran *droplet* diawali dengan pemanasan awal yang ditandai dengan garis yang mendekati garis lurus yang bergerak naik keatas.

Proses pemanasan awal atau *preheating* ini menunjukkan bahwa pada rentang waktu tersebut panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas akan berpindah secara radiasi ke permukaan *droplet* kemudian dari permukaan *droplet* itu panas akan berpindah secara konduksi menuju titik pusat diameter dan berlangsung hingga temperatur terbaca oleh ujung termokopel.

Setelah mengalami proses pemanasan awal maka pada temperatur

tertentu, *droplet* akan mencapai titik penguapan dimana akan terjadi perubahan fase bahan bakar dari cair menjadi uap. Dimana pada proses penguapan, panas yang diterima *droplet* digunakan untuk memanaskan sebagian massa dari *droplet* minyak jarak pagar, terutama pada permukaannya dari fase cair menjadi fase uap atau gas. Kemudian dilanjutkan dengan temperatur yang terus naik sampai mencapai titik nyala sehingga bahan bakar mulai terbakar yang ditunjukkan dengan adanya nyala api.

Mulai timbulnya nyala api dapat dilihat pada grafik yang ditandai dengan kenaikan temperatur secara tiba-tiba pada grafik proses pembakaran *droplet* minyak jarak pagar. Proses pembakaran *droplet* minyak jarak terjadi dua kali yang ditandai adanya dua kali kenaikan temperatur secara signifikan. Dimana pembakaran pertama merupakan pembakaran asam lemak dan yang kedua adalah pembakaran gliserol. Pembakaran gliserol ini akan menghasilkan temperatur yang tinggi dan juga nyala api yang besar sehingga dapat meningkatkan kualitas pembakaran[5].

Selain itu gliserol juga memiliki peran yang sangat penting dalam terjadinya *microexplosion*. Hal ini terjadi karena perbedaan titik didih antara asam lemak yang terperangkap didalam gliserol. Dimana *microexplosion* ini mengakibatkan *droplet* pecah menjadi butiran-butiran kecil sehingga membantu mempercepat penguapan dan pembakaran. Selain itu kualitas campuran bahan bakar dengan udara akan meningkat sehingga dapat terjadi pembakaran yang lebih sempurna.

Dari grafik diatas diperoleh data-data *ignition delay time*, titik awal minyak terbakar temperatur 1 menit setelah minyak jarak mengalami penyinaran sebagai berikut: Tanpa perlakuan (1435,835 milidetik / 296°C / 698°C), 119 watt (1365,6744 milidetik / 315°C / 691°C), 252 watt (1205,9778 milidetik / 324°C / 693°C), 385 watt (1350,1495 milidetik / 308°C / 677°C), 539 watt (1352,2838 milidetik / 302°C / 652°C), 15 Menit (1287,1892 milidetik / 303°C / 700°C).

Sedangkan untuk data-data *ignition delay time*, titik awal minyak terbakar

temperatur 10 menit setelah minyak jarak mengalami penyinaran adalah sebagai berikut: Tanpa perlakuan (1781,2485 milidetik / 294°C / 668°C), 119 watt (1297,2122 milidetik / 301°C / 683°C), 252 watt (1696,3534 milidetik / 314°C / 685°C), 385 watt (1497,6913 milidetik / 298°C / 685°C), 539 watt (1616,326 milidetik / 311°C / 665°C), 700 watt (172,4274 milidetik / 303°C / 665°C).

Pada grafik 1 menit setelah perlakuan diberikan memperlihatkan bahwa penyinaran gelombang mikro yang diberikan pada minyak berpengaruh terhadap proses pembakaran *droplet*. Dimana terjadi perbedaan grafik proses pembakaran untuk tiap perlakuan.

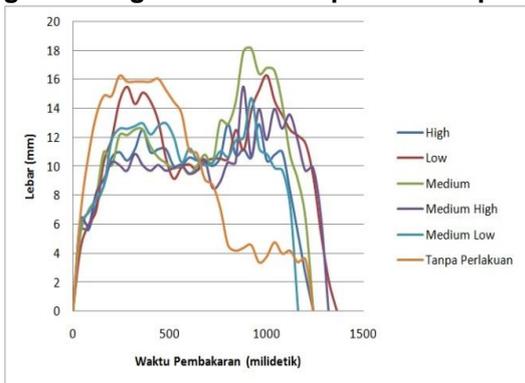
Terlihat juga bahwa *ignition delay time* dari pembakaran *droplet* minyak jarak tanpa perlakuan dan yang mengalami perlakuan terdapat sedikit perbedaan. Sedangkan untuk titik awal minyak terbakar dan temperatur maksimum yang dicapai, selisih temperatur antara tanpa perlakuan dengan yang mengalami perlakuan kurang lebih dibawah 35°C dimana perubahan temperatur sebesar itu tidak berpengaruh terhadap proses pembakaran. Jadi daya penyinaran gelombang mikro yang diberikan hanya memberikan pengaruh yang tidak begitu signifikan terhadap *ignition delay time*, *flash point*, dan temperatur maksimum pembakaran.

Tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap *ignition delay time*, titik awal minyak terbakar, dan temperatur maksimum pembakaran karena struktur kimia minyak jarak tidak mengalami pemutusan ikatan antar atomnya setelah diberikan penyinaran gelombang mikro. Hal ini dikarenakan minyak jarak yang diberikan penyinaran gelombang mikro hanya akan menyebabkan atom-atom yang ada pada minyak jarak akan mengalami polarisasi dipolar. Yang menyebabkan viskositas dari minyak jarak akan turun sehingga akan berpengaruh terhadap pembakaran *droplet* hanya pada waktu-waktu awal setelah minyak jarak mengalami penyinaran dengan gelombang mikro.

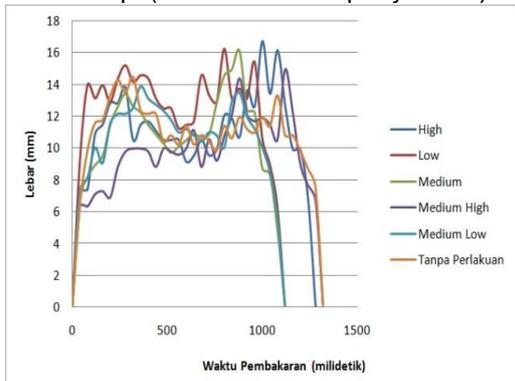
Jadi secara umum dapat diketahui dengan adanya peningkatan waktu

penyinaran gelombang mikro tidak mengubah struktur ikatan dari minyak jarak pagar tetapi hanya melemahkan ikatan atom. Peristiwa tersebut menyebabkan viskositas dari minyak jarak menurun yang mengakibatkan proses pembakaran *droplet* minyak jarak pagar terpengaruhi tetapi hanya pada beberapa saat setelah minyak jarak disinari gelombang mikro.

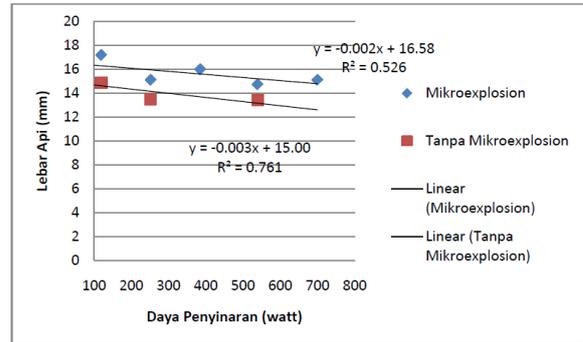
**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap dimensi api.**



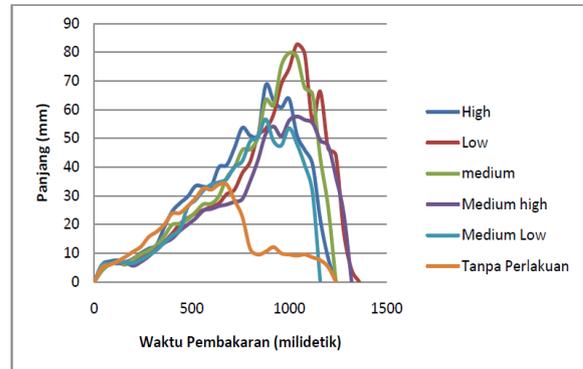
Gambar 10. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap lebar api (1 menit setelah penyinaran)



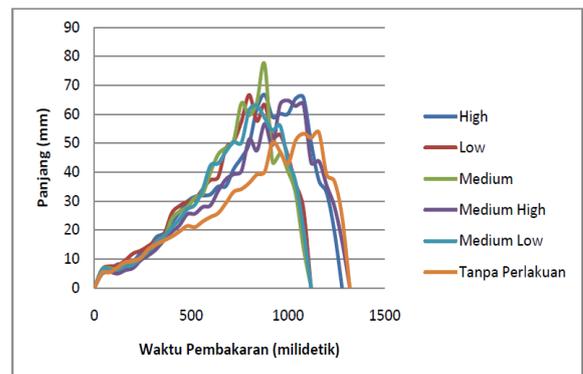
Gambar 11. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap lebar api (10 menit setelah penyinaran)



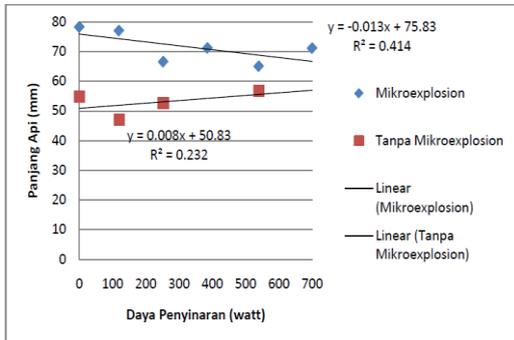
Gambar 12. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap lebar api maksimum



Gambar 13. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap panjang api (1 menit setelah penyinaran)



Gambar 14. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap panjang api (10 menit setelah penyinaran)



Gambar 15. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap panjang api maksimum

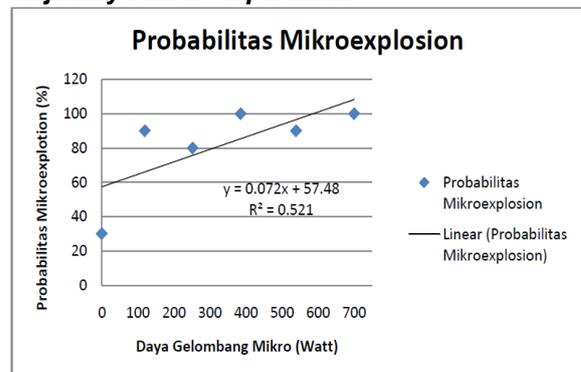
Gambar 10 sampai dengan gambar 15 adalah grafik yang menunjukkan perubahan dimensi api pembakaran droplet minyak jarak pagar tanpa perlakuan dan dengan penyinaran gelombang mikro. Untuk lebar api didapat dengan cara mengukur lebar api maksimal dari evolusi api pembakaran droplet yang terjadi, sedangkan untuk panjang api didapatkan dengan mengukur panjang api dari ujung *thermocouple* sampai panjang api maksimum dari evolusi api tersebut.

Dari gambar diatas terlihat perbedaan dimensi api antara 1 menit dan 10 menit setelah penyinaran dimana pada data 1 menit setelah penyinaran, evolusi dari api pembakaran droplet memiliki karakter perubahan dimensi yang berbeda untuk setiap perlakuan. Hal ini dikarenakan pengaruh gelombang mikro yang menyebabkan pergerakan partikel acak dan menghasilkan panas sehingga viskositas dari minyak jarak menurun. Viskositas minyak jarak tersebut memiliki penurunan yang berbeda-beda untuk tiap perlakuannya sehingga perubahan dimensi yang dihasilkan juga berbeda-beda.

Untuk perubahan dimensi api pada data 10 menit setelah penyinaran terlihat bahwa penyinaran gelombang mikro tidak memberikan pengaruh yang signifikan lagi. Penyebabnya adalah energi gelombang mikro yang diserap oleh minyak jarak pagar telah habis digunakan atom-atom untuk meningkatkan frekuensinya sehingga kembali seperti semula sehingga viskositas minyak jarak juga kembali seperti semula.

Secara umum dari gambar 10 dan 15 memperlihatkan dimensi api pembakaran droplet yang mengalami peristiwa *microexplosion* memiliki dimensi yang lebih besar akibat adanya ledakan-ledakan dari peristiwa *microexplosion*. Dimana pembakaran droplet dengan terjadinya *microexplosion* memiliki panjang dan lebar api yang lebih tinggi daripada pembakaran droplet tanpa *microexplosion*. Dari grafik juga terlihat bahwa lebar dan panjang api akan menurun seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran gelombang mikro.

**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap probabilitas terjadinya *microexplosion*.**



Gambar 16. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap probabilitas *microexplosion* pada 10 kali pengambilan data

Dari grafik pada gambar 16 menunjukkan hubungan antara pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap probabilitas *microexplosion* pada 10 kali pengambilan data tiap variasi daya dapat diketahui bahwa dengan semakin besarnya daya penyinaran yang diberikan pada minyak jarak maka probabilitas *microexplosion* yang terjadi cenderung semakin meningkat pula.

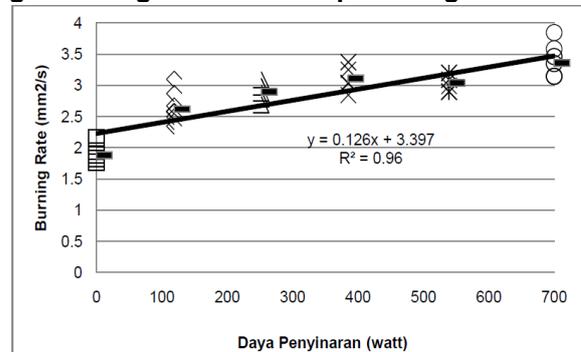
Probabilitas *microexplosion* didapatkan dengan cara menghitung jumlah *microexplosion* yang terjadi pada pembakaran droplet minyak jarak yang terjadi. Pada pengambilan 10 data pembakaran tanpa pemberian penyinaran gelombang mikro pada minyak jarak, *microexplosion* terjadi sebanyak 4 kali. Sedangkan pada daya penyinaran

gelombang mikro 119 watt terjadi 9 kali *microexplosion* (90 %). Untuk penyinaran gelombang mikro daya 252 watt *microexplosion* yang terjadi mengalami penurunan, yaitu 8 kali (80%). *Microexplosion* yang terjadi meningkat lagi minyak jarak diberikan penyinaran gelombang mikro daya 385 watt yaitu terjadi sebanyak 10 kali (100%). Pada penyinaran gelombang mikro dengan 539 watt terjadi 9 kali *microexplosion* dari 10 kali pengambilan data (90%). Sedangkan pada penyinaran gelombang mikro dengan daya 700 watt *microexplosion* terjadi sebanyak 10 kali (100%).

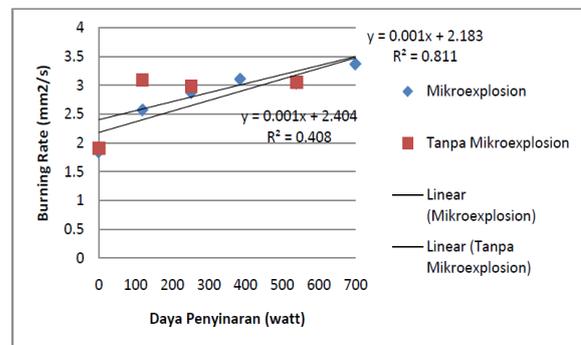
Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa dengan semakin besarnya waktu penyinaran gelombang mikro yang diberikan pada minyak jarak mengakibatkan semakin banyak pula *microexplosion* yang terjadi. Kencenderungan grafik menunjukkan bahwa *microexplosion* yang terjadi akan meningkat jika minyak jarak diberikan penyinaran gelombang mikro dibandingkan dengan data pembakaran droplet minyak jarak tanpa perlakuan. Hal ini dikarenakan minyak jarak yang diberikan penyinaran gelombang mikro menghasilkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas. Akibat adanya atom-atom yang bergetar dan menghasilkan panas tersebut menyebabkan ikatan antar atom menjadi lemah yang menyebabkan penurunan viskositas. Hal itu menyebabkan asam lemak yang terkandung didalam minyak jarak lebih mudah dan banyak menyusup kedalam gliserol karena viskositas asam lemak lebih rendah daripada gliserol. Semakin besar jumlah asam lemak yang menyusup dan terperangkap didalam gliserol akan menyebabkan terjadinya *microexplosion*.

Jadi dapat diketahui dengan adanya peningkatan daya penyinaran gelombang mikro akan meningkatkan persentase terjadinya *microexplosion* dimana dengan adanya *microexplosion* akan meningkatkan kualitas pembakaran karena gliserol pecah menjadi butiran-butiran kecil yang akan mempermudah proses penguapan dan pembakaran sehingga pembakaran yang terjadi akan menjadi lebih sempurna.

**Hubungan antara waktu penyinaran gelombang mikro terhadap *burning rate*.**



Gambar 17. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap *burning rate*



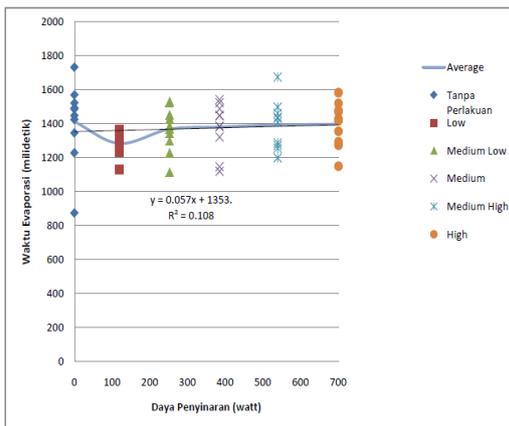
Gambar 18. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap *burning rate* tanpa dan dengan *microexplosion*

Gambar 17 dan 18 menunjukkan *burning rate* dari pembakaran *droplet* minyak jarak tanpa perlakuan dan *droplet* minyak jarak dengan pemberian penyinaran gelombang mikro. Dimana nilai rata-rata tiap perlakuan adalah sebagai berikut: Tanpa perlakuan = 1.8836 mm<sup>2</sup>/detik; 119 watt = 2.621 mm<sup>2</sup>/detik; 252 watt = 2.893 mm<sup>2</sup>/detik; 385 watt = 3.1067 mm<sup>2</sup>/detik; 539 watt = 3.037 mm<sup>2</sup>/detik; 700 watt = 3.365 mm<sup>2</sup>/detik.

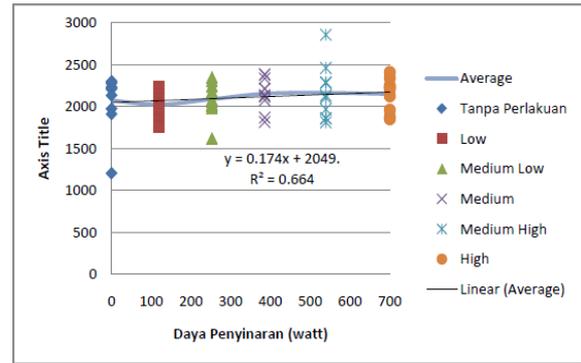
Dari gambar 17 dan data diatas terlihat bahwa *burning rate* semakin meningkat seiring dengan peningkatan daya penyinaran gelombang mikro yang diberikan. Kencenderungan grafik menunjukkan bahwa *burning rate* yang terjadi akan meningkat sekitar 44.02%. Hal ini dikarenakan polarisasi dipolar yang

terjadi pada atom-atom minyak jarak yang diberikan penyinaran gelombang mikro yang merupakan proses menghasilkan panas oleh molekul polar. Peristiwa tersebut menghasilkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas. Akibat adanya peristiwa tersebut menyebabkan ikatan antar atom menjadi lemah yang menyebabkan penurunan viskositas dari minyak jarak. Volume *droplet* akan menjadi lebih besar sebagai akibat adanya penurunan viskositas yang terjadi, sehingga *burning rate* juga akan meningkat karena peningkatannya berbanding lurus dengan kuadrat diameter *droplet* pembakaran minyak jarak pagar.

**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap *ignition delay time* dan waktu evaporasi kedua.**



Gambar 19. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap *ignition delay time* pada berbagai variasi



Gambar 20. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap waktu evaporasi kedua pada berbagai variasi.

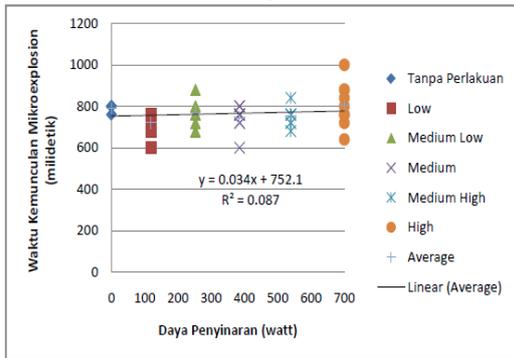
Dari Gambar 19 memperlihatkan bahwa *ignition delay time* akan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya daya penyinaran gelombang mikro yang diberikan sebelum *droplet* dibakar. Adapun nilai rata-rata *ignition delay time* tiap perlakuan adalah sebagai berikut: Tanpa perlakuan = 1412.36 milidetik; 119 watt = 1284,43 milidetik; 252 = 1368,24 milidetik; 385 watt = 1380,873 milidetik; 539 watt = 1392.982 milidetik dan 700 watt = 1397,357 milidetik. Kecenderungan grafik menunjukkan bahwa *ignition delay time* yang terjadi akan meningkat hanya sekitar 1.06 %. Dari persentase kenaikan *ignition delay time* tersebut dapat disimpulkan bahwa penyinaran gelombang mikro tidak berpengaruh terhadap *ignition delay time* dari pembakaran *droplet* minyak jarak pagar.

Demikian pula dengan waktu evaporasi kedua dari pembakaran *droplet* minyak jarak pagar. Nilai rata-rata tiap perlakuan adalah sebagai berikut: Tanpa perlakuan = 2073.672 milidetik; 119 watt = 2022.044 milidetik; 252 watt = 2086.254 milidetik; 385 watt = 2154.07 milidetik; 539 watt = 2162.782 milidetik; 700 watt = 2148.086 milidetik. Kecenderungan dari grafik hubungan pengaruh waktu penyinaran gelombang mikro terhadap waktu evaporasi kedua menunjukkan bahwa terjadi peningkatan persentase waktu sekitar 3.46 %.

Secara umum penyinaran gelombang mikro dengan variasi daya pada minyak

jarak pagar tidak berpengaruh secara signifikan terhadap *ignition delay time* dan waktu evaporasi kedua. Hal ini disebabkan penyinaran tidak memutus ikatan antar atom yang ada pada minyak jarak tetapi atom-atom hanya beresilasi dengan frekuensi yang sesuai dengan medan elektromagnetik berusaha untuk mengikuti medan dan menjajarkan diri agar sefasa dengan medan. Adanya gaya dalam molekul menyebabkan molekul polar tidak dapat mengikuti orientasi medan. Peristiwa tersebut menghasilkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas. Di samping itu, energi foton gelombang mikro sangat rendah relatif terhadap energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan molekul. Oleh karena itu, eksitasi molekul dengan gelombang mikro tidak mempengaruhi struktur molekul. Interaksi yang terjadi murni kinetik.

**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap waktu kemunculan *microexplosion*.**



Gambar 21. Hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap waktu kemunculan *microexplosion*

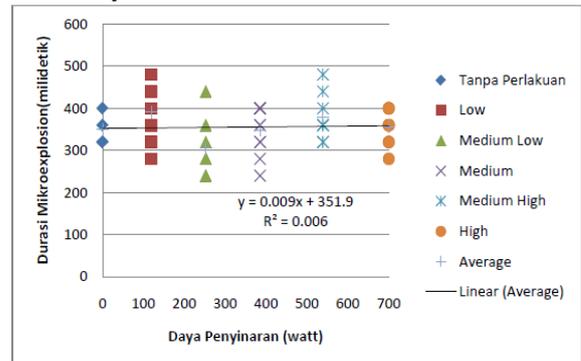
Grafik pada gambar 21 menunjukkan waktu kemunculan *microexplosion* dari pembakaran *droplet* minyak jarak tanpa perlakuan dan *droplet* minyak jarak dengan pemberian daya penyinaran gelombang mikro. Nilai rata-rata tiap perlakuan adalah sebagai berikut: Tanpa perlakuan = 790 milidetik; 119 watt = 720 milidetik; 252 watt = 770 milidetik; 385 watt = 744 milidetik; 539 watt = 754.2857 milidetik; 700 watt = 804 milidetik. Grafik memperlihatkan kecenderungan waktu kemunculan

*microexplosion* semakin menurun seiring dengan peningkatan daya penyinaran gelombang mikro.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa daya penyinaran gelombang mikro yang ditingkatkan akan mempercepat kemunculan terjadinya *microexplosion* di setiap data pembakaran *droplet* minyak jarak pagar. Penyinaran gelombang mikro pada minyak jarak akan menyebabkan pergerakan partikel acak yang akan menghasilkan panas. Akibat adanya atom-atom yang bergetar dan menghasilkan panas tersebut menyebabkan adanya energi yang cukup besar. Energi tersebut kemudian digunakan untuk membantu memecah gelembung bertekanan yang merupakan gliserol yang telah disusupi oleh asam lemak.

Jadi dengan meningkatnya daya penyinaran gelombang mikro pada minyak jarak akan menghasilkan energi yang lebih besar untuk membantu memecahkan gelembung bertekanan tersebut sehingga waktu kemunculan *microexplosion* yang terjadi lebih cepat.

**Hubungan antara daya penyinaran gelombang mikro terhadap durasi *microexplosion*.**



Gambar 22. Grafik hubungan pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap durasi *microexplosion*

Dari gambar 22 diatas terlihat bahwa durasi *microexplosion* berbeda-beda untuk setiap perlakuan. Pada perlakuan yang sama juga terjadi perbedaan waktu terjadinya *microexplosion* oleh karena itu diambil nilai rata-rata tiap perlakuan dimana hasilnya adalah sebagai berikut: Tanpa

perlakuan = 350 milidetik; 119 watt = 391 milidetik; 252 watt = 305 milidetik; 385 watt = 348 milidetik; 539 = 380 milidetik; 700 watt = 356 milidetik. Jika nilai rata-rata tersebut diplot, maka grafik akan menunjukkan bahwa waktu berlangsungnya *microexplosion* akan meningkat.

Perbedaan waktu berlangsungnya *microexplosion* ini terjadi karena perbedaan jumlah kandungan gliserol yang disusupi asam lemak. Dimana dengan semakin meningkatnya waktu penyinaran gelombang mikro yang diberikan akan menyebabkan viskositas dari minyak jarak menurun. Dengan menurunnya viskositas tersebut mengakibatkan volume dari droplet yang dihasilkan oleh alat pembentuk droplet semakin meningkat pula. Hal ini menyebabkan kandungan asam lemak yang menyusup kedalam gliserol lebih banyak, sehingga membuat *microexplosion* yang terjadi berlangsung lebih lama jika dibandingkan dengan minyak jarak tanpa diberi perlakuan.

Jadi secara umum dapat diketahui bahwa *microexplosion* terjadi dalam rentang waktu 391-305 milidetik, dimana durasi *microexplosion* sangat dipengaruhi oleh kandungan gliserol yang disusupi oleh asam lemak Gliserol yang disusupi asam lemak ini sangat dipengaruhi oleh daya penyinaran gelombang mikro. Makin lama penyinaran gelombang mikro yang diberikan akan mengakibatkan getaran atom-atom serta asam lemak yang menyusup ke dalam gliserol semakin banyak sehingga dapat menghasilkan *microexplosion* yang besar dan berlangsung dalam waktu yang cukup lama.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan analisa grafik, hasil percobaan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Penyinaran gelombang mikro dapat mempengaruhi viskositas minyak jarak pagar dimana dengan meningkatkan daya penyinaran terhadap minyak jarak pagar akan menyebabkan penurunan viskositas yang lebih besar, tetapi seiring dengan berjalannya waktu

viskositas dari minyak jarak tersebut akan kembali seperti semula.

2. Dengan meningkatkan daya penyinaran gelombang mikro dapat mengubah visualisasi dan dimensi api pembakaran droplet minyak jarak pagar dimana terjadi penurunan panjang dan lebar maksimum seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran gelombang mikro, meningkatkan *burning rate*, presentase terjadinya *microexplosion*, mempercepat kemunculan dan memperpanjang durasi *microexplosion*, tetapi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap temperatur pembakaran, *ignition delay time*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kenneth, K., 1986. Principles of combustion. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Wardana, I.N.G. 2008. Bahan bakar dan teknologi pembakaran. Brawijaya University Press. Malang.
- [3] Turns, Stephen. 1996. An introduction to combustion; McGraw-Hill, Inc, New York.
- [4] Wardana, I.N.G., 2009. Combustion characteristics of jatropha oil droplet at various oil temperatures. Elsevier. *Fuel*. 89 (3): 659-664.
- [5] [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com), 2008