

KARAKTERISTIK API HASIL PEMBAKARAN DIFUSI SPRAY BIODIESEL WASTE COOKING OIL AKIBAT PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR

Sukri^{1*}), Mega Nur Sasongko¹⁾, Teguh Dwi Widodo¹⁾

¹⁾Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang, Kota Malang

*Email Korespondensi : sukri.istiqomah@gmail.com

ABSTRAK

Minyak jelantah merupakan limbah murah yang melimpah yang dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan biodiesel dengan melewati pengolahan terlebih dahulu. Umumnya, minyak jelantah melewati proses esterifikasi dan transesterifikasi untuk menghasilkan asam lemak bebas agar dapat dikatakan sebagai bahan bakar biodiesel. Pada mesin diesel, bahan bakar disemurkan melalui nosel sehingga cairan mengalami atomisasi dan berubah menjadi partikel-partikel kecil (droplet) sebelum mengalami detonasi dan berlanjut pada pelepasan kompresi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan bahan bakar terhadap karakteristik api pembakaran difusi spray biodiesel waste cooking oil dengan hasil yang diharapkan yaitu visualisasi nyala api dan tinggi api. Pada penelitian ini menggunakan minyak jelantah (B100) dan bahan bakar solar (B0) dengan variasi tekanan yakni 3.5 bar, 4 bar, 4.5 bar dan 5 bar. Hasil penelitian didapatkan bahan bakar solar (B0) dengan variasi tekanan 5 bar memiliki nilai tinggi api 129,367 cm yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tekanan bahan bakar yang lainnya maupun minyak jelantah (B100). Hal ini disebabkan oleh nilai viskositas pada bahan bakar biodiesel minyak jelantah (B100) lebih besar, sehingga hal tersebut dapat menghambat deformasi dari bahan bakar yang disemurkan.

Kata Kunci: Biodiesel, Minyak Jelantah, Difusi

ABSTRACT

Waste cooking oil is an abundant cheap waste which can be used as a material for making biodiesel by going through processing first. Generally, waste cooking oil goes through an esterification and transesterification process to produce free fatty acids so that it can be said to be biodiesel fuel. In a diesel engine, fuel is sprayed through the nozzle so that the liquid undergoes atomization and turns into small particles (droplets) before detonation and continues to release compression. The purpose of this study was to determine the effect of fuel pressure on the flame characteristics of diffusion combustion spray biodiesel waste cooking oil with the expected results, namely visualization of flame and flame height. In this study, waste cooking oil (B100) and diesel fuel (B0) with variations in pressure, namely 3.5 bar, 4 bar, 4.5 bar and 5 bar. The results showed that diesel fuel (B0) with a pressure variation of 5 bar had a fire height value of 129.367 cm which was higher than the pressure of other fuels and waste cooking oil (B100). This is due to the greater viscosity value of waste cooking oil biodiesel (B100), so that it can inhibit the deformation of the fuel being sprayed.

Keywords: Biodiesel, Waste Cooking Oil, Diffusion

PENDAHULUAN

Biodiesel di Indonesia telah di perkenalkan dengan bahan baku minyak kelapa sawit dan minyak jarak pagar sebagai alternatif *renewable fuel*. Namun dalam pembuatannya masih dijumpai kendala, khususnya pembuatan biodiesel yang berasal dari tumbuhan. Permasalahan pembuatan biodiesel dari tumbuhan adalah tingginya biaya bahan baku dan kesulitan dalam proses merubah biomassa menjadi biodiesel [1]. Karena pembuatan

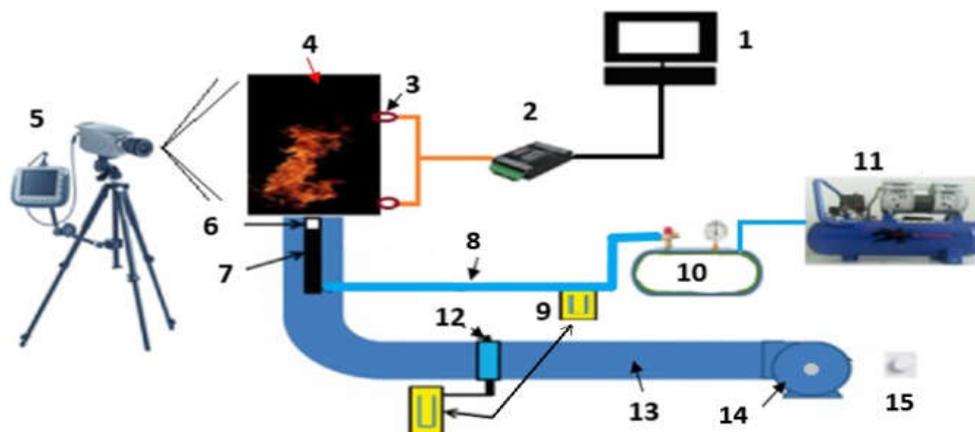
biodiesel dari tumbuhan masih terdapat beberapa kendala, maka perlu adanya mencari alternatif bahan bakar terbarukan yang mudah didapatkan. Salah satu alternatif bahan bakar biodiesel yaitu *waste cooking oil (WCO)*.

Waste cooking oil (minyak goreng bekas) saat ini menjadi salah satu kandidat terbaik sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Selain pemanfaatan limbah, penggunaan WCO sebagai pengganti minyak mentah dalam menghasilkan biodiesel merupakan metode yang efektif untuk menurunkan biaya bahan baku. Biodiesel dari WCO berpotensi sebagai pengganti dan atau sebagai pencampur minyak solar karena karakteristiknya hampir sama dengan minyak solar (diesel). Biodiesel yang terbuat dari WCO bersifat ramah terhadap lingkungan, tidak menimbulkan polusi pada air, udara, maupun tanah karena mudah diurai dan bahan bakunya dapat didaur ulang. Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian tentang biodiesel dari WCO.

Studi terhadap pengaruh variasi lip thickness pada nozzle terpancung terhadap karakteristik api pembakaran difusi concentric jet flow meneliti tentang pendistribusian temperature dan kestabilan nyala api. Penelitian ini menggunakan variasi nozzle sebagai variabelnya. Pada hasil penelitian tersebut, semakin berkurangnya besar lip thickness nozzle terpancung menunjukkan bahwa kestabilan dan temperatur nyala api difusi concentric jet flow semakin meningkat [2]. Selanjutnya penelitian tentang pengaruh prosentase campuran minyak jelantah terhadap biodiesel menunjukkan bahwa hasil tinggi api dari pembakaran droplet biodiesel B0 sampai dengan B100 adalah cenderung meningkat. Sedangkan untuk lebar api terlihat tidak mengalami perubahan yang begitu signifikan [3]. Penelitian mengenai pengaruh dari pemodelan breakup primer pada karakteristik semprotan dan pembakaran kompresi Mesin pengapian menggunakan tekanan injektor sebesar 400 bar, temperatur ruang sebesar 700 K, dan temperatur bahan bakar sebesar 400 K. Hasilnya menunjukkan bahwa kenaikan densitas udara sekitar, maka breakup dari bahan bakar akan semakin pendek. Hal ini terjadi karena padatnya udara sekitar, sehingga pada saat keluar dari nosel, bahan bakar tak mampu menahan kohesinya sehingga bahan bakar tersebut terpecah dan menjadi partikel-partikel kecil yang disebut droplet[4]. Berdasarkan penelitian sebelumnya sangat sedikit yang meneliti tentang karakteristik pembakaran difusi spray biodiesel waste cooking oil akibat pengaruh tekanan bahan bakar.

METODE PENELITIAN

Untuk memudahkan dalam penelitian, maka dibuatlah skema instalasi penelitian seperti gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Skema instalasi penelitian

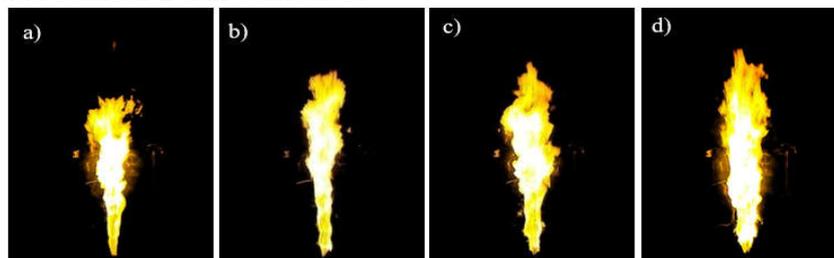
Keterangan :

- | | |
|---------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Laptop | 12. Orifice |
| 2. Data Logger | 13. Saluran Udara |
| 3. Termokopel tipe K | 14. Blower Fan |
| 4. Ruang Hitam | 15. AC. Dimer |
| 5. Kamera DSLR | |
| 6. Nozzle | |
| 7. Saluran Bahan Bakar | |
| 8. Selang Bahan Bakar | |
| 9. Mekanisme Manometer Tabung U | |
| 10. Tangki Bahan Bakar (katup dan pressure gauge) | |
| 11. Kompresor | |

Pada penelitian ini, difokuskan pada pengaruh tekanan bahan bakar yakni 3.5 bar, 4 bar, 4.5 bar dan 5 bar dari bahan bakar yang berupa (B100) maupun solar (B0) terhadap karakteristik api yakni tinggi api. Secara garis besar, bahan bakar yang tersimpan dalam tanki akan dialirkan dengan mengandalkan tekanan yang berasal dari kompresor, setelah mendapatkan tekanan yang cukup untuk mengalirkan bahan bakar, kemudian aliran bahan bakar akan dibuka secara penuh oleh katup pengatur. Pembakaran ini terjadi secara difusi yang berarti bahan bakar tercampur dengan udara pada saat kondisi 1 atm atau setelah bahan bakar keluar melalui nosel. Dalam penelitian ini keadaan udara sekitar berada pada tekanan 1 atm serta bertemperatur ruang. Prosedur persiapan yang dilaksanakan sebelum pengambilan data adalah merakit seluruh perangkat menjadi sebuah kesatuan alat, lalu memastikan bahwa semuanya terpasang dengan benar dan sesuai dengan skema awal yang telah dibuat. Lalu menyiapkan bahan bakar yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu biodiesel (B100) hasil transesterifikasi minyak jelantah dan solar murni (B0). Lalu masukkan bahan bakar yang akan diteliti ke dalam tanki bahan bakar dan pastikan tutup tanki kembali dengan rapat. Peneliti akan menempatkan termokopel sejajar dengan garis vertikal nosel. Termokopel diberikan interval jarak sebesar 20 cm yang merupakan titik awal yang ditarik sejajar dengan pusat nosel. Untuk pengolahan data menggunakan data logger, selanjutnya foto dari masing-masing pengambilan data akan dipilah dan diambil hasil terbaik untuk masing-masing sampel. Pada visualisasi api, sampel yang sudah dipilah dari foto akan diubah menjadi gambar lalu dianalisa lewat software ImageJ yang akan menghasilkan data berupa tinggi api dan lebar api.

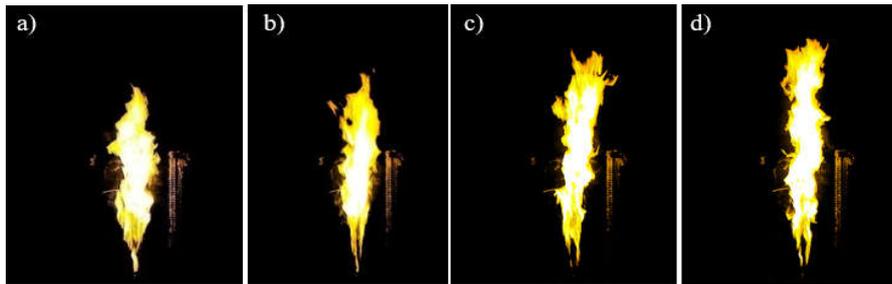
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari penelitian ini ialah data visualisasi berupa foto yang diambil dengan kamera pada saat proses pembakaran berlangsung. Pembakaran menggunakan bahan bakar biodiesel (B100) dan solar (B0) dengan variasi tekanan 3,5 bar, 4 bar, 4,5 bar, dan 5 bar pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Hasil pembakaran api dengan bahan bakar solar pada tekanan a) 3,5 bar, b) 4 bar, c) 4,5 bar, dan d) 5 bar

Pada gambar 2 diatas memperlihatkan bahwa jika tekanan bahan bakar semakin tinggi, api yang dihasilkan akan semakin tinggi dan semakin lebar.



Gambar 3. Hasil pembakaran api dengan bahan bakar biodiesel pada tekanan a) 3,5 bar, b) 4 bar, c) 4,5 bar, dan d) 5 bar

Telah dipaparkan pada gambar 3 hasil pembakaran api dengan bahan bakar biodiesel pada tekanan a) 3,5 bar, b) 4 bar, c) 4,5 bar, dan d) 5 bar menunjukkan perubahan signifikan semakin tinggi tekanan bahan bakar, api yang dihasilkan akan semakin tinggi dan semakin lebar akibat tekanan bahan bakar semakin tinggi yang membuat laju aliran yang dihasilkan semakin besar, oleh karena itu dorongan *droplet* semakin cepat dan dapat mencapai jarak yang lebih jauh dari mulut nosel. Selain itu, semakin tinggi tekanan bahan bakar yang dialirkan, akan semakin kecil juga butiran *droplet* yang dihasilkan (Wirawan, 2018), hal ini mengakibatkan distribusi *droplet* yang dihasilkan akan semakin membaik sehingga yang tadinya sebagian *droplet* tidak terbakar, namun karena meningkatnya tekanan *droplet* akan semakin sempurna distribusinya.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Pengaruh Tekanan Bahan Bakar terhadap Tinggi Api dan Lebar Api

Tekanan Bahan Bakar (bar)	Tinggi Api (cm)		Lebar Api (cm)	
	Solar	Biodiesel	Solar	Biodiesel
3,5	109,806	108,604	12,319	11,889
4	117,194	111,833	15,833	12,375
4,5	122,558	121,827	18,75	13
5	129,367	128,67	19,444	15,333

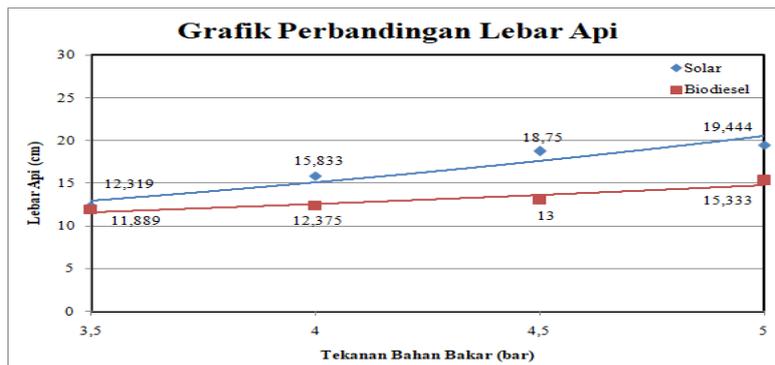
Pada tabel 1 merupakan tinggi dan lebar api. Data ini didapatkan dengan visual dan telah dianalisis secara kualitatif visual. Yang mana memunculkan angka dari hasil olahan *software* imagej, sehingga dari tabel ini dapat terbentuk grafik yang diolah melalui *software* Microsoft excel.



Gambar 4. Perbandingan antara tekanan bahan bakar solar dan biodiesel minyak jelantah dengan tinggi api hasil pembakaran.

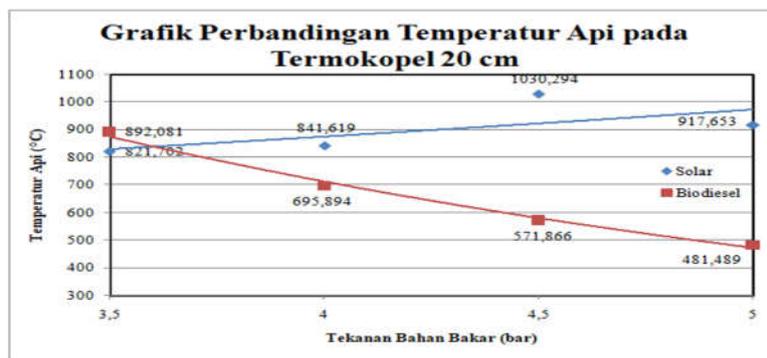
Dari grafik diatas (gambar 4) dapat dilihat semakin besar tekanan bahan bakar akan memiliki kecenderungan untuk meningkat pada data tinggi api yang dihasilkan dan lebar api juga akan meningkat. Mengacu pada hukum kontinuitas dinamika fluida, bahwa

semakin tinggi laju aliran yang disebabkan oleh tingginya tekanan aliran bahan bakar, maka laju aliran bahan bakar yang keluar dari nosel akan semakin tinggi. Hal ini menyebabkan kenaikan kecepatan partikel alir pada fluida. Oleh karena itu semakin besar laju aliran bahan bakar, droplet yang teratomiasi semakin banyak dan luasan yang dihasilkan akan semakin besar. Ketika kontak antara bahan bakar dengan udara lingkungan setelah keluar dari nosel lebih besar, maka droplet akan semakin mudah terdeformasi yang menghasilkan droplet yang lebih kecil dan lebih mudah terbakar, sehingga bagian droplet yang tadinya tidak dapat terbakar karena diameter dari partikel yang besar kini dapat terbakar akibat dari kenaikan tekanan dari aliran bahan bakar yang semakin meningkat.



Gambar 5. Perbandingan antara tekanan bahan bakar solar dan biodiesel minyak jelantah dengan lebar api hasil pembakaran.

Dari grafik diatas (gambar 5) dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan bahan bakar, maka lebar api akan memiliki kecenderungan yang semakin meningkat pula. Ini disebabkan karena semakin kecil droplet yang dihasilkan karena tekanan yang semakin tinggi akan semakin sulit pula droplet untuk mempertahankan momentumnya untuk bergerak lurus melawan udara sekitar sehingga droplet berbelok dan membentuk sudut yang lebih besar seiring meningkatnya tekanan dari aliran bahan bakar yang ditentukan [5].



Gambar 6. Perbandingan antara tekanan bahan bakar solar dan biodiesel terhadap temperatur pada termokopel ketinggian 20 cm

Grafik diatas (Gambar 6) menunjukkan semakin meningkatnya tekanan bahan bakar akan diiringi dengan peningkatan nilai temperatur pada tiap termokopel. Tekanan bahan bakar mempengaruhi temperatur dari api hasil pembakaran karena dengan meningkatnya tekanan bahan bakar, ukuran droplet yang dihasilkan semakin kecil dan luasan droplet yang dihasilkan semakin banyak, karenanya temperatur menjadi lebih tinggi, karena semakin banyak pula droplet yang dapat terbakar. Namun pada titik termokopel ketinggian 20 cm dengan tekanan bahan bakar 5 bar terlihat penurunan temperatur, hal ini disebabkan oleh primary breakup yang terjadi pada tekanan tinggi akan semakin jauh, sehingga droplet pada bagian bawah belum terdeformasi secara sempurna akibat tingginya tekanan yang keluar

dari nosel. Tekanan yang tinggi akan mempengaruhi viskositas dari bahan bakar menjadi lebih besar, karenanya primary breakup yang terjadi pada tekanan tinggi akan semakin panjang. Gagasan ini diperkuat oleh hasil penelitian Som (2010) dimana semakin meningkatnya densitas udara sekitar luar nosel akan mengakibatkan breakup yang lebih pendek, hal ini menjadi sebaliknya ketika densitas udara sekitar 1 atm namun tekanan bahan bakar ditingkatkan, primary breakup yang terjadi akan lebih panjang [4].

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa pada tinggi api pembakaran dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar. Pada grafik perbandingan tinggi api dengan tekanan bahan bakar terlihat garis trend cenderung meningkat. Hal ini disebabkan tekanan bahan bakar akan mempengaruhi laju alir fluida yang akan menyebabkan kecepatan alir fluida dan droplet yang dihasilkan semakin banyak serta luasannya yang lebih besar yang mengakibatkan bidang kontak antara semburan dengan udara sekitar lebih besar sehingga api yang dihasilkan akan lebih tinggi. Sedangkan pada lebar api pembakaran trend yang dihasilkan di grafik perbandingan lebar api dengan tekanan bahan bakar menunjukkan seiring meningkatnya tekanan bahan bakar akan diiringi dengan melebarnya api yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh ukuran droplet yang dihasilkan pada tekanan lebih tinggi akan menghasilkan ukuran yang lebih kecil, sehingga droplet tak mampu mempertahankan momentumnya untuk bergerak lurus searah dengan nosel, maka droplet akan bergerak menyamping dan membentuk sudut yang lebih besar lalu berdampak pada lebar api yang dihasilkan pada saat pembakaran. Lalu pada temperatur api yang dihasilkan ketika pembakaran dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar. Pada termokopel ketinggian 20 cm temperatur yang dihasilkan oleh masing bahan bakar menunjukkan kecenderungan yang berbeda, dimana pada bahan bakar solar garis trend menunjukkan kecenderungan meningkat, sedangkan pada garis trend bahan bakar biodiesel menunjukkan kecenderungan menurun. Hal ini terjadi akibat pada bahan bakar biodiesel minyak jelantah memiliki viskositas yang lebih tinggi sehingga *primary breakup* yang terjadi lebih panjang dibandingkan dengan bahan bakar solar. Bahan bakar solar baru menunjukkan adanya pengaruh dari tekanan terhadap *primary breakup* pada titik 5 bar dengan indikasi temperatur yang menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pembimbing 1 yakni bapak Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. dan pembimbing 2 yakni bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D. atas bimbingan dan arahnya.

REFERENSI

- [1] Chen Hand Chen G Q. (2011). Energy Cost Of Rapeseed-Based Biodiesel as Alternative Energy in China. *Renewable Energy*. 36, 1374-1378
- [2] Faizal, E., Widodo, S. A., dan Sasongko, M. N. (2016). Pengaruh Variasi Lip Thickness pada Nozzle Terpancung terhadap Karakteristik Api Pembakaran Difusi Concentric Jet Flow. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 7(2):13-20.
- [3] Sasongko, M. N. (2018). Pengaruh Prosentase Minyak Goreng Bekas terhadap Karakteristik pembakaran droplet biodiesel. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 4(2):8-13.
- [4] Som, S. & Aggarwal, S. K. (2010). Effects of Primary Breakup Modeling on Spray and Combustion Characteristics of Compression Ignition Engines. *Combustion and Flame*. 157(6):1179-1193.
- [5] Wirawan, I. K. G., Ghurri, A., Septiadi, W. N. (2018). Distribusi Ukuran Droplet Bahan Bakar Minyak Jelantah Sepanjang Region Semburan Nosel Sederhana. *Jurnal Mechanical*. 9(1):16-21