

## RASIO KEPADATAN UDARA TERHADAP PERILAKU FORMASI PENGABUTAN BAHAN BAKAR CAMPURAN BIODIESEL

Lukman Hakim<sup>1</sup>, M. Fathuddin Noor<sup>2</sup>, Djoko Wahyudi<sup>3</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>4</sup>, Eva Kurniawan<sup>5</sup>

e-mail : [lukmanteknik@upm.ac.id](mailto:lukmanteknik@upm.ac.id), [fathuddin@upm.ac.id](mailto:fathuddin@upm.ac.id), [djokowahyudi@gmail.com](mailto:djokowahyudi@gmail.com),

[nasrulteknik@unej.ac.id](mailto:nasrulteknik@unej.ac.id), [evak@upm.ac.id](mailto:evak@upm.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Teknik Mesin, Universitas Panca Marga

<sup>4</sup>Teknik Mesin, Universitas Jember

<sup>5</sup>Teknik Elektro, Universitas Panca Marga

e-mail : [lukmanteknik@upm.ac.id](mailto:lukmanteknik@upm.ac.id)

Teknik Mesin, Universitas Panca Marga

### ABSTRAK

Rasio kepadatan udara memiliki peran penting dalam pengabutan bahan bakar, Pengabutan bahan bakar yang baik mampu dengan cepat mengubah fase bahan bakar cair ke dalam bentuk gas. Tujuan penelitian ini mengamati karakteristik pengabutan bahan bakar campuran biodiesel dan etanol. Metode Penelitian menggunakan metode ekperimental, Komposisi bahan bakar adalah B30+E5 (B30 sebanyak 95% dan etanol 5%), B30+E7 (B30 sebanyak 93% dan etanol 7%). Kepadatan udara di atur menggunakan sensor tekanan udara Tegangan Kerja: 5.0 VDC, Tegangan Keluaran: 0,5-4,5 VDC, Tekanan Kerja: 0-0,5 MPa. Tekanan injeksi 14,7 bar, pompa injeksi menggunakan pompa injeksi otomatis, variasi tekanan kompresi udara 2 bar, 3 bar, dan 4 bar. Hasil Penelitian peningkatan kepadatan udara mengakibatkan panjang pengabutan menurun, sudut pengabutan meningkat dan kecepatan pengabutan menurun.

**Kata kunci:** Rasio Udara, Pengabutan, Biodiesel, Etanol.

### PENDAHULUAN

Mesin pembakaran internal, adalah jenis mesin panas di mana pembakaran bahan bakar terjadi di dalam ruang bakar yang merupakan bagian integral dari rangkaian aliran fluida kerja (Chang et al., 2020). Aliran fluida dapat mengalami perubahan tekanan, sifat fisik, regangan fluida dan kecepatan dari waktu ke waktu (Du et al., 2020). Aliran fluida dapat diamati dan dikaji dengan menggunakan simulasi atau eksperimen (Yang et al., 2021)

Implementasi aliran fluida pada mesin internal melibatkan pengabutan bahan bakar seperti mesin berbahan bakar bensin atau mesin diesel. Bahan bakar di injeksikan langsung ke dalam ruang bakar dengan tekanan injeksi sangat tinggi, tekanan injeksi yang digunakan adalah 14,7 bar – 17 bar. Bahan bakar di injeksikan kedalam ruang pembakaran dalam bentuk partikel-partikel kecil untuk mencapai pembakaran yang efisien (Li et al., 2021). Pembakaran efisien pada mesin diesel sangat penting untuk meningkatkan kinerja, emisi, konsumsi bahan bakar dan efisiensi mesin (Patil & Nandgaonkar, 2021).

Efisiensi mesin diesel di peroleh dari capaian stokiometri pembakaran yang homogen sehingga Pengabutan bahan bakar pada mesin diesel lebih baik (Waluyo et al., 2021). Formasi pengabutan yang baik serta menghasilkan efisien luasan pengabutan menghasilkan pembakaran yang sempurna (Abe et al., 2017). Pengabutan bahan bakar di pengaruhi juga oleh

kualitas bahan bakar seperti sifat kimia, sifat fisik (Fan et al., 2020), Tekanan Injeksi dan kualitas injektor, Tekanan kompresi atau tekanan udara di sekitar ruang bakar yang membantu bahan bakar merubah sifat –sifat perubahan fase bahan bakar (Hakim et al., 2022) .

Tekanan udara ruang bakar yang rendah dapat mempengaruhi sistem pengisian udara pada mesin, seperti *turbocharger* atau *supercharger*. *Turbocharger* bekerja dengan mengkompresi udara yang masuk ke dalam mesin, dan tekanan yang rendah dapat mengurangi efisiensi kerja. Tekanan udara dalam ruang bakar atau istilah lain kompresi maupun tekanan *ambien* memiliki pengaruh sangat penting sehingga pembakaran didalam mesin menghasilkan pembakaran secara homogen dan tidak menghasilkan jelaga atau slag yang akibatnya mengurangi efisiensi pembakaran .

Optimasi pembakaran pada mesin diesel telah dilakukan pengkajian dengan campuran biodiesel dan etanol, etanol mampu mengurangi emisi gas karbon sisa pembakaran. Karakteristik pembakaran antara campuran kedua bahan bakar tersebut yaitu etanol dan biodiesel pada mesin diesel mengalami penurunan nilai NO<sub>x</sub>, HC dan CO sehingga emisi kedua bahan tersebut lebih baik dengan campuran biodiesel etanol 5% (BE5). Biodiesel - etanol memiliki *brake thermal efisiensi* (BTE) lebih tinggi dibanding biodiesel. (Patil & Nandgaonkar, 2021).

Pembakaran tidak sempurna menghasilkan asap tebal saat kendaraan di operasikan terutama kendaraan yang memiliki aktifitas berat seperti tanjakan dan

muatan berlebih, Akibatnya, aliran udara yang masuk ke dalam ruang bakar menjadi lebih rendah, akibatnya daya mesin menurun. Tekanan udara rendah dapat memiliki dampak negatif pada kinerja mesin pembakaran internal. Tekanan injeksi memiliki peranan sangat penting dalam menentukan kualitas pembakaran yang homogen sehingga kinerja pada mesin meningkat lebih baik, jika kompresi udara dan tekanan injeksi sesuai maka dengan cepat perubahn fase bahan bakar tersebut tercampur secara homogen. Berdasarkan hasil penelitian maka perlu dilakukan penelitian tentang rasio kepadatan udara ruang bakar terhadap perilaku pengabutan.

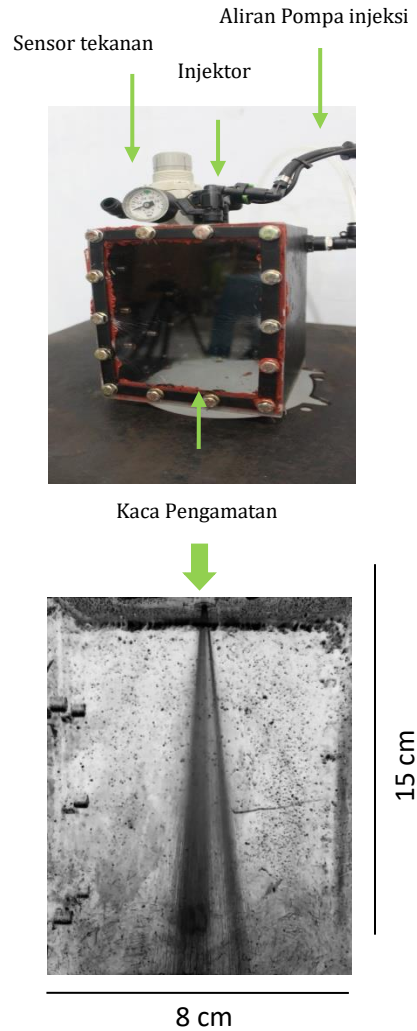
### METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pengamatan dan pengukuran pada pengabutan bahan bakar. Penelitian pengabutan bahan bakar dilakukan di Lab. Energi Universitas Panca Marga dan menggunakan bahan bakar dari PT. Pertamina B30 dan etanol 96%.

Komposisi bahan bakar adalah B30+E5 (B30 sebanyak 95% dan etanol 5%), B30+E7 (B30 sebanyak 93% dan etanol 7%). Pencampuran bahan bakar menggunakan *magnetic stirrer* dengan temperatur 40°C. Kepadatan udara di atur menggunakan sensor tekanan udara Tegangan Kerja: 5.0 VDC, Tegangan Keluaran: 0,5-4,5 VDC, Tekanan Kerja: 0-0,5 MPa. Tekanan injeksi 14,7 bar, pompa injeksi menggunakan pompa injeksi otomatis, kemudian variasi tekanan kompresi udara ruang bakar adalah 2 bar, 3 bar, dan 4 bar.

Langkah-langkah pengambilan data pengabutan bahan bakar :

- Siapkan alat dan bahan yang digunakan seperti gambar 1.
- Isi tangki bahan bakar dan ukur volume sample yang di uji.
- Atur kecepatan injeksi menggunakan pompa elektrik dan diatur dengan potensiometer.
- Isi Ruang *Chamber* dengan udara dari kompresor elektrik melalui *valve in* dengan tekanan 2 bar, 3 bar dan 4 bar.
- Merekam semprotan bahan bakar menggunakan *high speed camera*.
- Setelah bahan bakar di injeksikan, Bersihkan Ruang *Chamber* bertekanan dengan kain atau tisu dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas gambar.
- Atur kembali tekanan ruang bakar
- Lakukam langkah b,c,d,e,f sebanyak 3 kali.
- Mencatat hasil yang diperoleh



Gambar 1. Setup Eksperimental

Pengolahan gambar mengintegrasikan berbagai proses dan representasi. Rekaman yang telah layak untuk dijadikan sample selanjutnya di convert menjadi gambar menggunakan *software vidio to image inverter*, selanjutnya gambar yang memiliki kualitas bagus dengan resolusi terbaik di ukur panjang, luas, volume dan sudut menggunakan *software santen*.

Pengujian Panjang pengabutan dengan merekam penginjeksian pengabutan menggunakan kamera. Data pengabutan diambil sample gambar di frame ketiga dari frame pertama yaitu di waktu 6,25 ms dan di ukur. Teknik pengukuran dengan cara mengukur mulai ujung nozzle sampai pada ujung semprotan, pastikan skala yang diukur telah benar, kemudian dilakukan analisa dengan persamaan yang dilakukan, dibawah ini .

$$S = 3.07 \cdot \left\{ \frac{\Delta p}{\rho_g} \right\}^{1/4} \cdot t \cdot D \cdot \left\{ \frac{294}{T_g} \right\}^{1/4} \quad (a)$$

Perhitungan kecepatan pengabutan gambar dianalisa dan di ukur panjang dan lama waktu

diperlukan untuk membentuk panjang pengabutan, persamaan yang dilakukan, dibawah ini.

$$U_{in} = C_d \sqrt{\frac{2\Delta P_{inj}}{\rho_l}}; \widehat{\rho}_\alpha = \frac{\rho_\alpha}{\rho_l} \quad (b)$$

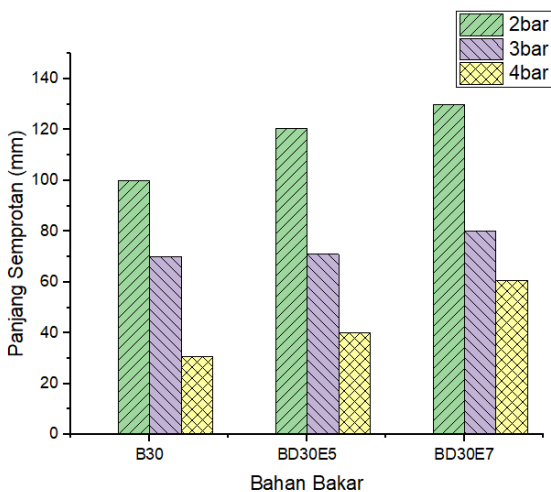
Pengukuran titik sudut pengabutan dengan di ukur luasan area pengabutan mulai dari ujung lubang nosel sampai ujung pengabutan. Data sudut pengabutan didapatkan dari frame keempat dari titik awal 0 ms sampai pada waktu 8,32 ms menggunakan aplikasi *santen*. Hasil pengukuran dari semua bahan bakar selanjutnya di analisa menggunakan persamaan, dibawah ini.

$$\Phi = 83.5 \left\{ \frac{L}{D} \right\}^{-0.22} \left\{ \frac{D}{D_s} \right\}^{0.15} \left\{ \frac{\rho_g}{\rho_l} \right\}^{0.26} \quad (c)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Panjang Pengabutan

Panjang Pengabutan bahan bakar mengacu pada jarak yang ditembus cairan bahan bakar kedalam ruang bakar, Formasi pengabutan mengacu pada proses atomisasi bahan bakar cair menjadi tetesan kecil dan mendistribusikannya secara merata di ruang bakar Pembentukan pengabutan merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi proses pembakaran secara homogen antara bahan bakar, udara dan energi aktivasi. Energi aktivasi inilah yang membantu proses terjadinya membakaran sehingga kinerja mesin secara keseluruhan menghasilkan power untuk menggerakkan torsi dan daya pada mesin tersebut, hasil dari proses pengabutan yang telah di analisa ditambihkan pada Gambar 2.



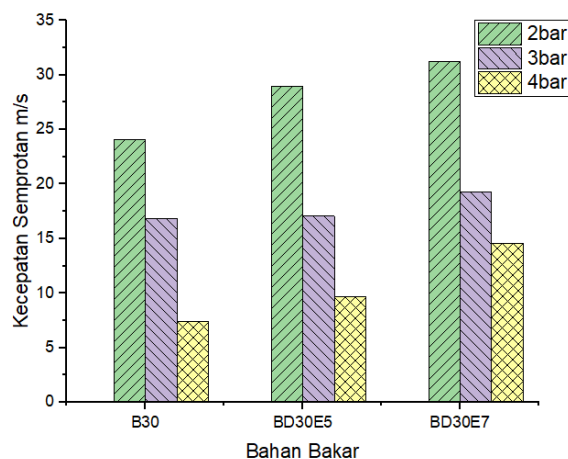
Gambar 2. Pengaruh kompresi terhadap panjang pengabutan

Pada Gambar 2. Peningkatan tekanan kepadatan udara dalam ruang bakar menunjukkan pengabutan mengalami resistensi bahan bakar dan panjang pengabutan lebih pendek. Sifat fisik bahan bakar seperti viskositas dan densitas mempengaruhi karakteristik pengabutan. Bahan bakar B30 dengan viskositas lebih tinggi cenderung menghasilkan tetesan lebih besar dan panjang pengabutan lebih pendek, sebaliknya bahan bakar B30E5 dan B30E7 memiliki panjang pengabutan lebih panjang dari B30 karena B30E5 dan B30E7 bahan bakar dengan komposisi campuran etanol ini memiliki viskositas lebih rendah. Sehingga resistensi pada permukaan silinder lebih cepat mengalami regangan permukaan pada bahan bakar tersebut.

Bahan bakar B30E7 dengan viskositas lebih rendah menghasilkan tetesan yang lebih kecil dan pengabutan lebih lama. Pengabutan B30E7 memiliki panjang pengabutan 80,121 mm Dan bahan bakar B30E5 memiliki panjang pengabutan 70,945 mm Sedang B30 memiliki panjang pengabutan 70,091 mm. Kesimpulan adalah pada Gambar 2. Menunjukkan bahwa karakteristik pengabutan memiliki peran penting dalam menentukan sifat fisik bahan bakar dan kepadatan udara dalam ruang bakar juga berperan dalam menghambat suatu aliran fluida, sehingga resistensi bahan bakar mengakibatkan bahan bakar melebar dan meningkatkan sudut pengabutan. Penelitian ini sama dengan yang telah dilakukan oleh (Fan et al., 2020).

#### 3.2 Kecepatan Pengabutan

Kecepatan pengabutan memiliki peran penting dalam penyebaran partikel-partikel kecil bahan bakar, sehingga bahan bakar menyebar sangat cepat dan kualitas pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar membaik, kinerja mesin meningkat dan emisi pembakaran menurun, pengaruh bahan bakar yang mengalami hambatan untuk melakukan formasi pengabutan ditampilkan pada gambar 3.



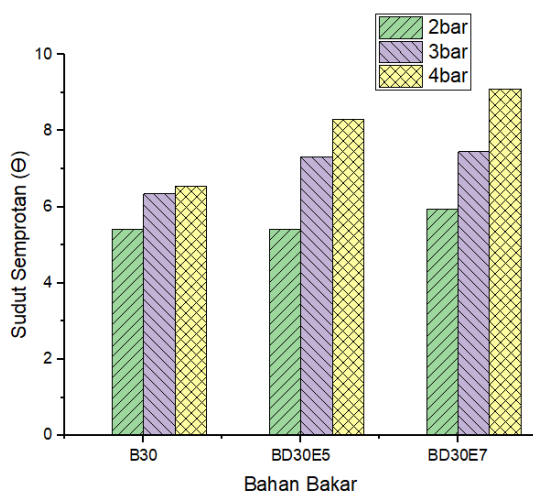
Gambar 3. Pengaruh kompresi terhadap kecepatan pengabutan

Pada gambar 3. Pengaruh kompresi terhadap kecepatan pengabutan memiliki pengaruh signifikan dalam pengabutan bahan bakar B30 dan campurannya, Sehingga sifat fisik bahan bakar seperti viskositas, densitas dan tegangan permukaan bahan bakar mengakibatkan pengabutan mengalami perbedaan disetiap kondisi kepadatan udara didalam ruang bakar, hal menjadi acuan bahwa sifat fisik bahan bakar juga mempengaruhi pengabutan.

Bahan bakar dengan viskositas yang lebih tinggi cenderung menghasilkan kecepatan lebih rendah, Bahan bakar B30 dengan viskositas lebih tinggi menghasilkan resistensi lebih besar dan pengabutan lebih lama. Karena B30 mengalami tegangan permukaan lebih besar dan bahan bakar mengalami kesulitan untuk melakukan formasi pengabutan. Pengabutan B30 memiliki kecepatan pengabutan 7,395 ml/s Dan bahan bakar B30E5 memiliki kecepatan pengabutan 9,666 ml/s , B30E7 memiliki kecepatan pengabutan 14,597 ml/s., sedangkan bahan bakar dengan viskositas yang lebih rendah dapat menghasilkan kecepatan lebih tinggi. Penelitian ini sama dengan yang telah dilakukan oleh (Yang et al, 2021; Yu et al, 2021)

### 3.3 Sudut Pengabutan

Sudut pengabutan yang tepat dapat menghasilkan pembakaran yang lebih efisien. Dengan sudut pengabutan yang optimal, campuran bahan bakar dan udara dapat tercampur dengan baik yaitu tercampur secara homogen antara bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar, sehingga pembakaran dalam mesin menjadi lebih sempurna. Pembakaran yang lebih efisien akan menghasilkan penggunaan bahan bakar yang lebih efisien dan mengurangi pemborosan bahan bakar, dibawah ini Gambar 4. Adalah Pengaruh kompresi udara terhadap Sudut pengabutan.



Gambar 4. Pengaruh kompresi udara terhadap Sudut pengabutan

Pada Gambar 4. Pengaruh kompresi udara terhadap Sudut pengabutan memiliki peran penting didalam pembentukan karakteristik pengabutan, sehingga kualitas bahan bakar, kepadatan udara didalam bahan bakar dan suhu ruangan di dalam ruang pembakaran mempunyai pengaruh yang signifikan. Gambar 4. Menjelaskan bahwa sekin tinggi kepadatan udara didalam ruang bakar maka semakin tinggi pula sudut semprotan yang terbentuk.

## PENUTUP

Penelitian ini untuk pengembangan energi alternatif campuran biodiesel dan etanol. Hasil analisis pengabutan bahan bakar dapat disimpulkan.

Penambahan etanol mempengaruhi kualitas pengabutan. Penambahan aditif etanol di bahan bakar biodiesel menghasilkan angka penurunan panjang pengabutan, kecepatan pengabutan, dan sudut pengabutan mengalami peningkatan. Hal ini ini disebabkan sifat fisik bahan bakar. Selanjutnya Penambahan kepadatan udara akan mempengaruhi karakteristik pengabutan bahan bakar. Peningkatan kepadatan udara mengakibatkan panjang pengabutan menurun, sudut pengabutan meningkat dan kecepatan pengabutan menurun. Hal ini disebabkan oleh regangan bahan bakar dengan viskositas tinggi yang sedikit lebih lambat terjadinya perubahan fase bahan bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abe, M., Ishii, E., & Ehara, H. (2017). Atomized spray droplet size prediction from multi-hole nozzle for direct injection gasoline engines. *Journal of Fluid Science and Technology*, 12(1), 1-8.  
<https://doi.org/10.1299/jfst.2017jfst0012>
- Chang, M., Lee, Z., Park, S., & Park, S. (2020). Characteristics of flash boiling and its effects on spray behavior in gasoline direct injection injectors: A review. *Fuel*, 271(March), 117600.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117600>
- Du, J., Cenker, E., Badra, J., Sim, J., & Roberts, W. L. (2020). Characteristics of a non-reacting spray from an outwardly opening hollow-cone injector with high-reactivity gasolines. *Fuel*, 268(January), 117293.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117293>
- Fan, Y., Duan, Y., Liu, W., & Han, D. (2020). Effects of butanol blending on spray auto-ignition of gasoline surrogate fuels. *Fuel*, 260(August 2019), 116368.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116368>
- Hakim, L., Ilminnafik, N., Jatisukamto, G., & Nurkoyim, M. (2022). *Karakteristik spray*

*diesel dan campuran biodiesel nyamplung pada ruang chamber dengan variasi temperatur ambient.* 11(1), 89–94.

- Hho, P., Performasi, T., Dan, E., Bahan, K., Mesin, T., Teknik, F., & Marga, U. P. (2023). *Pengaruh hho terhadap performasi, emisi dan konsumsi bahan bakar pertalite pada kendaraan.* 6, 22–27.
- Li, X., Sun, Z., Yang, S., Wang, H., & Nour, M. (2021). Flash boiling combustion of isomeric butanol and gasoline surrogate blends using constant volume spray chamber and GDI optical engine. *Fuel*, 286(P1), 119328. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119328>
- Patil, S., & Nandgaonkar, M. (2021). Experimental study of spray behavior and laser ignited combustion characteristics of a gasoline-air mixture using the GDI system. *Thermal Science and Engineering Progress*, 23(November 2020), 100796. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100796>
- Waluyo, B., Setiyo, M., Saifudin, & Wardana, I. N. G. (2021). Fuel performance for stable homogeneous gasoline-methanol-ethanol blends. *Fuel*, 294(December 2020), 120565. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120565>
- Yang, W., Xia, J., Wang, X. Y., Wan, K. D., Megaritis, A., & Zhao, H. (2021). Predicting evaporation dynamics of a multicomponent gasoline/ethanol droplet and spray using non-ideal vapour-liquid equilibrium models. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 168, 120876. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120876>
- Yu, S., Yin, B., Bi, Q., Jia, H., & Chen, C. (2021). Effects of gasoline and ethanol on inner flows and swallowtail-like spray behaviors of elliptical GDI injector. *Fuel*, 294(January), 120543. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120543>