

Karakteristik *spray* diesel dan campuran biodiesel nyamplung pada ruang *chamber* dengan variasi temperatur *ambient*

Lukman Hakim^{1*}, Nasrul Ilminnafik², Gaguk Jatisukanto³, Moh. Nurkoyim Kustanto⁴, Andi Sanata⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No.37, Krajan Timur, Sumpersari, Kec. Sumpersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

*Corresponding author: nasrul.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Spray characteristics have an important role in improving the quality of combustion in compression engines. This study analyzes the effect of ambient temperature on spray characteristics including spray tip penetration, spray angle and velocity of spray. The research method uses an experimental method with ambient temperature variations of 60°C, 80°C, 100°C controlled using a thermocouple and an ambient pressure of 0.3 MPa. the composition of the fuel uses diesel (diesel 100%), B30 (30% biodiesel), B100 (100% biodiesel). Image recording using camera speed 480 fms. Based on the experimental results, the ambient temperature increases the spray angle and B100 at all ambient temperatures has a spray tip penetration, velocity of spray is lower.

Keywords: *Spray, diesel, biodiesel, ambient temperature.*

Abstrak

Karakteristik *spray* memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas pembakaran di mesin kompresi. Studi ini menganalisis efek temperatur *ambient* pada karakteristik *spray* meliputi *spray tip penetration*, *spray angle* dan *velocity of spray*. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan variasi temperatur *ambient* 60°C, 80°C, 100°C dikendalikan menggunakan termokopel dan tekanan ruang *ambient* 0,3 MPa. komposisi bahan bakar menggunakan diesel (diesel 100%), B30 (biodiesel nyamplung 30%), B100 (biodiesel nyamplung 100%). Perekaman gambar menggunakan kamera kecepatan 480 fms. Berdasarkan hasil percobaan temperatur *ambient* meningkatkan *spray angle* lebih besar dan B100 di semua temperatur *ambient* memiliki *spray tip penetration*, *velocity of spray* lebih rendah.

Kata kunci: *Spray, diesel, biodiesel, temperatur ambient.*

Pendahuluan

Pemanasan global dan menipisnya cadangan minyak, ditambah dengan regulasi emisi pada mesin CI, peneliti di seluruh dunia menggunakan bahan bakar alternatif terbarukan untuk mesin diesel [1][2]. bahan bakar alternatif dengan oksigen dalam molekulnya seperti biodiesel, metil ester menarik perhatian karena kemampuannya dalam mereduksi emisi [3-8]. Bahan bakar alternatif seperti *Calophyllum inophyllum methyl ester*, *canola methyl ester*, *coconut methyl ester*,

croton megalocarpus methyl ester memiliki sifat kimia yang berbeda dengan solar [4], [9]. Memahami pengaruh sifat fisika-kimia *metil ester* (nyamplung) pada proses pembakaran di mesin CI sangat penting, studi eksperimental dilakukan pada pembakaran laminar kualitas pembakaran sangat dipengaruhi oleh penguapan bahan bakar [10].

Penguapan bahan bakar telah diselidiki secara mikroskopis atau makroskopis pada karakteristik *spray*. Pendekatan terdahulu mempertimbangkan ukuran tetesan [11], *spray tip penetration*,

spray angle [12]. *Spray* dapat diselidiki dalam kondisi menguap atau tidak menguap [13][14], tergantung pada parameter dan tujuan penelitian. Karakteristik *spray* penting untuk dikaji tentang perilaku *spray* di bawah kondisi mesin yang sebenarnya sedangkan *spray* non-evaporasi melibatkan injeksi bahan bakar ke dalam tekanan *ambient* relatif rendah [15], karakteristik makroskopik diesel/biodiesel diselidiki secara numerik dan eksperimental [16-18].

Sejumlah penelitian melakukan pengaruh temperatur *ambient* pada karakteristik *spray* mesin diesel. Liu [19], melakukan variasi temperatur *ambient* pada bahan bakar diesel sebagai dasar pengendalian laju nyala api. Shi [20], melakukan variasi temperatur *ambient* pada bahan bakar diesel/campuran kerosine untuk mengidentifikasi warna nyala api. Demikian pula Shi [21], pengaruh tekanan dan temperatur *ambient* memberikan pengaruh pada karakteristik *spray* dan titik nyala api setelah bahan bakar mencapai dinding *impingement* dengan tujuan untuk mengoptimalkan karakteristik *spray* dan pembakaran pada kondisi mesin awal dihidupkan.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian tentang bahan bakar diesel dan campuran biodiesel nyamplung pada variasi temperatur *ambient*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sifat bahan bakar pada kondisi mesin dalam keadaan dingin dan berdampak pada *spray tip penetration*, *spray angle*, dan *velocity of spray*.

Metode Penelitian

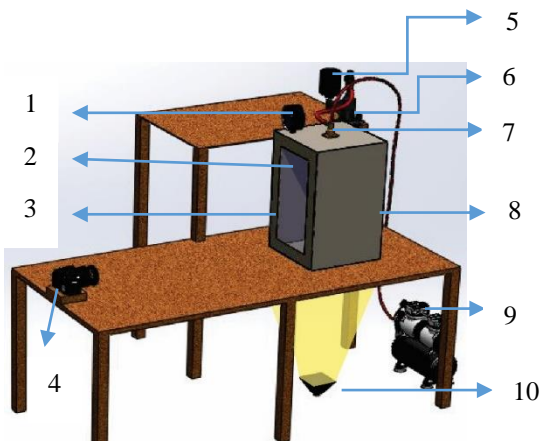
Penelitian karakteristik *spray* bahan bakar digunakan Diesel (dari PT. Pertamina), B30, dan B100 dengan komposisi B30 (biodiesel nyamplung 30% dan diesel 70%). Pencampuran Diesel dan biodiesel menggunakan magnetic stirrer. Proses pelarutan di temperatur 40°C. Kemudian bahan bakar diinjeksikan ke dalam *spray chamber* dengan tekanan 15

MPa, tekanan injeksi dapat diamati pada *pressure gauge nozzle tester*. Injektor menggunakan tipe R175. *Chamber* dikondisikan pada tekanan 0,3 Mpa. Pengkondisian tekanan *ambient* dengan memasukkan udara tekan dari kompresor ke dalam *chamber*, variasi temperatur dikendalikan *thermocouple*. *Chamber* memiliki 2 sisi transparan yang terbuat dari kaca akrilik. Satu sisi digunakan untuk pemotretan dan sisi lainnya untuk penerangan. Kondisi percobaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi eksperimen

Fuel	Diesel, B30 & B100
Chamber/Ambient Pressure	3 bar
Temperatur ambient	60°C 80°C and 100°C
Injector type	R175 type
Number of nozzle holes	1
Nozzle diameter	0,8 mm
Injection Pressure	15 Mpa
Chamber Dimensions	Length x width x height
Thick iron plate	30 x 30 x 30 cm
Thick acrylic glass	15 mm 6 mm

Perekaman karakteristik *spray* menggunakan kecepatan kamera ISO 1600, kecepatan rana 125, F- stop 11, Rentang Dynamite 400, kecepatan bingkai 480 fps dan resolusi 224x168 piksel. Latar belakang gambar menggunakan warna hitam agar hasil *spray* bahan bakar lebih terlihat jelas. Posisi pencahayaan menghadap ke arah *spray* bahan bakar karena dari hasil beberapa pengujian posisi ini menghasilkan visualisasi terbaik dari karakteristik *spray*. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema eksperimen

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1. Pressure gauge | 6. Nozzle tester |
| 2. Thermocouple | 7. Injector |
| 3. Akrilik | 8. Chamber |
| 4. Camera | 9. Kompresor |
| 5. Fuel tank | 10. Hallogen |

Pemrosesan citra digital melibatkan otomatisasi dan pengintegrasian berbagai proses dan representasi untuk penglihatan perseptual, pengolahan citra kemudian dilakukan dengan menggunakan *software video to image inverter*. Interpretasi dilakukan dengan menggunakan *software santen*.

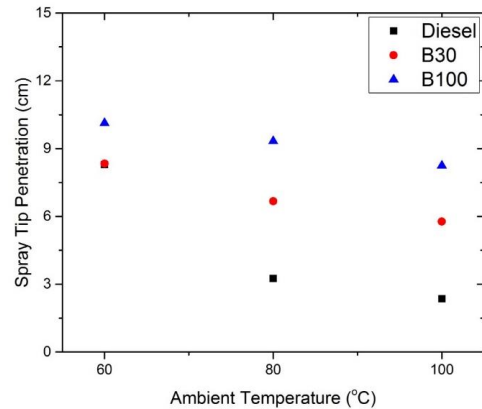
Tabel 2. Propertis bahan bakar

Parameter	Unit	Fuel			Analisis Method
		Diesel	B30	B100	
Calorie value	Kcal/kg	-	1049,2,2	9673,51	Boom calorimetri
Flash point	°C	81	118	192	ASTM D-93
Viskosity	mm ² /s	2,21	3,25	4,88	ASTM D-1298
Density	gr/mL	0,83	0,854	0,890	ASTM D-45

Hasil dan Pembahasan

1. *Spray tip penetration*

Karakteristik *spray* dengan variasi temperatur *ambient* pada Gambar 4, *spray tip penetration* diambil di frame kedua atau pada waktu 4,16 ms. Hasil pengukuran *Spray tip penetration* ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga efek temperatur *ambient* lebih mudah diamati gambar 2.

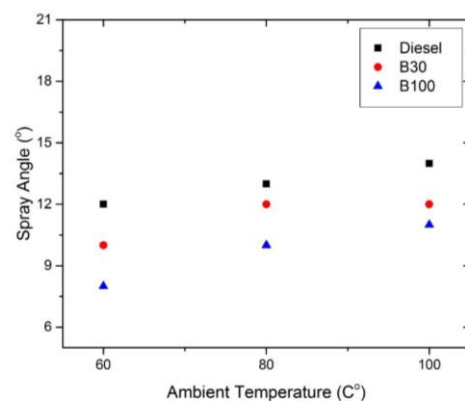


Gambar 2. Pengaruh temperatur *ambient* terhadap panjang *spray*

Spray tip penetration pada B100 pada semua temperatur *ambient* memiliki *Spray tip penetration* tertinggi, hal ini karena viskositas, densitas, tegangan permukaan lebih tinggi pada bahan bakar B100. Peningkatan temperatur *ambient* menyebabkan viskositas menurun, secara bersamaan terjadi gelombang kompresi setelah bahan bakar di injeksikan. Sehingga cairan semprotan lebih cepat menjadi atomisasi, semakin tinggi temperatur ujung *spray* bahan bakar diesel menghasilkan tegangan permukaan relatif lebih rendah. Penelitian ini sesuai dengan liu [19] dan shi [20].

2. *Spray Angle*

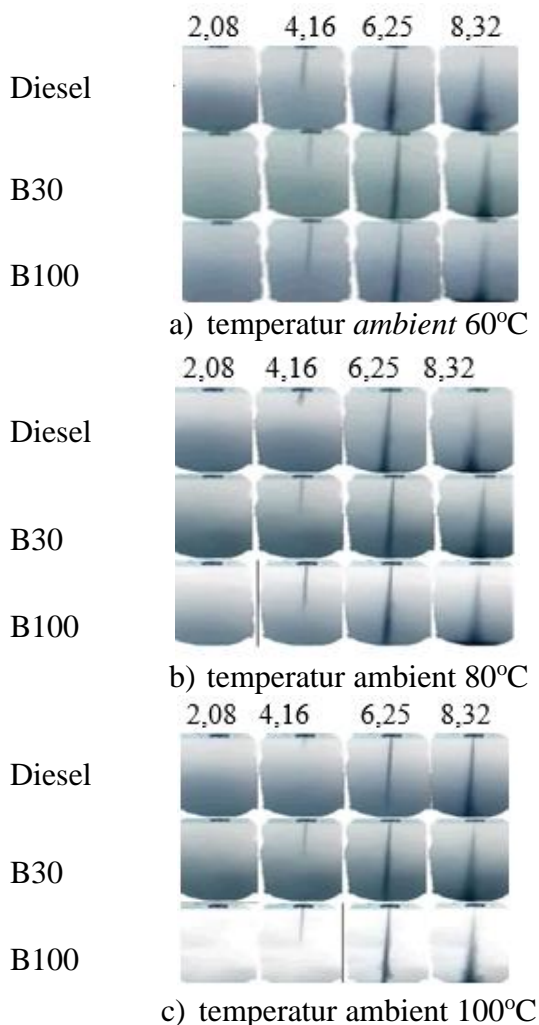
Gambar 4 menunjukkan pengaruh komposisi bahan bakar Diesel, B30, B100 pada variasi temperatur *ambient*, data *spray* diambil di frame keempat. *Spray angle* ditampilkan bentuk grafik Gambar 3. sehingga pengaruh temperatur *ambient* pada *spray angle* lebih mudah diamati.



Gambar 3. Pengaruh temperatur *ambient* terhadap *spray angle*

Temperatur *ambient* menyebabkan *spray angle* meningkat, Gambar 3. Hal ini disebabkan perubahan udara ke gas di dalam *chamber*, butiran *spray* akan sulit berdifusi ke udara sehingga butiran bergerak ke samping mengakibatkan peningkatan *spray angle*. Sesuai dengan penelitian sebelumnya [20], dinyatakan bahwa peningkatan temperatur *ambient* berbanding lurus dengan lebar *spray angle*, karena perubahan fasa udara di dalam *chamber*.

3. Velocity of Spray



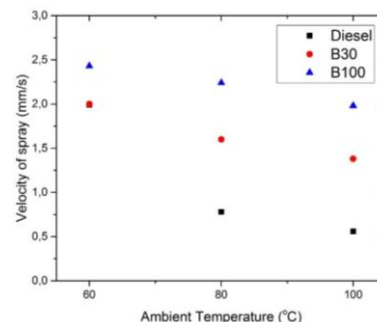
Gambar 4. Pengaruh campuran bahan bakar terhadap *velocity of spray* (a,b,c)

Pada Gambar 4.a, pengaruh campuran biodiesel pada temperatur *ambient* 60°C terhadap *velocity of spray*. terlihat bahwa semua ujung *spray* mencapai

dinding *chamber* pada 6,25 ms, artinya pada suhu 60°C, kecepatan semprotan tinggi, sehingga dalam waktu singkat mencapai dinding. Hal ini dikarenakan pada temperatur *ambient* rendah, pada waktu setelah injeksi 8,32 ms bahan bakar diesel mengalami turbolensi di dalam *chamber*, sehingga butiran bahan bakar mudah menembus ke samping dan menguap.

Pada Gambar 4.b, pengaruh bahan bakar diesel, B30, B100 pada suhu 80°C terhadap *velocity of spray*. Pada gambar terlihat semua *spray* mencapai dinding pada gambar semprotan ketiga 6,25 ms, Hal ini dikarenakan temperatur *ambient* memiliki panas *sensible* di dalam *chamber* sehingga bahan bakar lebih sulit untuk menembus udara kesamping di dalam *chamber* sehingga gerakan semprotan hampir sama.

Pada Gambar 4.c, pengaruh bahan bakar diesel, B30, B100 pada temperatur *ambient* 100°C terhadap *velocity of spray*. Pada gambar ditampilkan *spray* bahan bakar diesel belum mencapai dinding B30, B100 mencapai dinding *chamber* gambar *spray* kedua atau frame 6,25 ms, pada waktu setelah injeksi 8,32 ms butir-butir bahan bakar mulai terpecah sampai ujung dinding *chamber*. Panas *sensible* didalam *chamber* menyebabkan *velocity of spray* menurun karena viskositas dan tegangan permukaan bahan bakar menurun pada semua percobaan.



Gambar 5. Pengaruh temperatur *ambient* terhadap *velocity of spray*

Kesimpulan

Hasil penelitian tentang bahan bakar campuran biodiesel nyamplung terhadap

temperatur *ambient* diperoleh kesimpulan bahwa peningkatan temperatur *ambient* menyebabkan viskositas, tegangan permukaan menurun dan terjadi gelombang kompresi setelah bahan bakar diinjeksikan di dalam *chamber*, temperatur *ambient* meningkat dan semakin besar *spray angle*, cairan bahan bakar lebih cepat terpisah menjadi partikel kecil yang bergerak kesamping dan mempercepat penguapan bahan bakar.

Ucapan terima kasih

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Jember atas dukungan dana pada penelitian ini melalui hibah internal Kelompok Riset (KERIS) Universitas Jember.

Referensi

- [1] J. Janaun and N. Ellis, "Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 4, pp. 1312–1320, 2010, doi: 10.1016/j.rser.2009.12.011.
- [2] A. C. Arifin, A. Aminudin, and R. M. Putra, "Automotive Experiences," vol. 2, no. 3, pp. 91–96, 2019.
- [3] P. K. Sahoo, L. M. Das, M. K. G. Babu, and S. N. Naik, "Biodiesel development from high acid value polanga seed oil and performance evaluation in a CI engine," *Fuel*, 2007, doi: 10.1016/j.fuel.2006.07.025.
- [4] B. Ashok, K. Nanthagopal, and D. Sakthi Vignesh, "Calophyllum inophyllum methyl ester biodiesel blend as an alternate fuel for diesel engine applications," *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 3, pp. 1239–1247, 2018, doi: 10.1016/j.aej.2017.03.042.
- [5] H. Chyuan *et al.*, "Biodiesel production from Calophyllum inophyllum - Ceiba pentandra oil mixture: Optimization and characterization," *J. Clean. Prod.*, vol. 219, pp. 183–198, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.048.
- [6] A. S. Silitonga, H. C. Ong, T. M. I. Mahlia, H. H. Masjuki, and W. T. Chong, "Biodiesel conversion from high FFA crude jatropha curcas, calophyllum inophyllum and ceiba pentandra oil," *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 480–483, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.1153.
- [7] A. Sanjid, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, S. M. A. Rahman, M. J. Abedin, and S. M. Palash, "Impact of palm, mustard, waste cooking oil and Calophyllum inophyllum biofuels on performance and emission of CI engine," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 27, pp. 664–682, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.07.059.
- [8] A. Saravanan, M. Murugan, M. S. Reddy, and S. Parida, "Performance and emission characteristics of variable compression ratio CI engine fueled with dual biodiesel blends of Rapeseed and Mahua," *Fuel*, no. November, p. 116751, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2019.116751.
- [9] V. K. Belagur and V. R. Chitimi, "Few physical, chemical and fuel related properties of calophyllum inophyllum linn (honne) oil and its blends with diesel fuel for their use in diesel engine," *Fuel*, vol. 109, pp. 356–361, 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2013.02.015.
- [10] H. H. Bachtiar, B. A. Fachri, and N. Ilminnafik, "Flame Characteristics of Diffusion of Calophyllum inophyllum Methyl Ester on Mini Glass Tube," vol. 1, no. 1, pp. 40–47, 2019.
- [11] T. Daho *et al.*, "Study of droplet vaporization of various vegetable oils and blends of domestic fuel oil-cottonseed oil under different ambient temperature conditions," *Biomass and Bioenergy*, vol. 46, pp. 653–663, 2012, doi: 10.1016/j.biombioe.2012.06.031.

- [12] B. Mohan, W. Yang, K. L. Tay, and W. Yu, "Experimental study of spray characteristics of biodiesel derived from waste cooking oil," *ENERGY Convers. Manag.*, vol. 88, pp. 622–632, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.09.013.
- [13] T. Li, K. Nishida, and H. Hiroyasu, "Droplet size distribution and evaporation characteristics of fuel spray by a swirl type atomizer," *Fuel*, vol. 90, no. 7, pp. 2367–2376, 2011, doi: 10.1016/j.fuel.2011.03.011.
- [14] C. Zhai, Y. Jin, Q. Wu, K. Nishida, and Y. Ogata, "Diesel spray and combustion of multi-hole injectors with micro-hole under ultra-high injection pressure – Combustion characteristics," *Fuel*, vol. 300, no. September 2020, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.120949.
- [15] N. Ilminnafik, F. Firdausi, L. F. Yani, I. Hardiatama, and A. Adib, "Spray Characteristics of Biodiesel Fuel and Ethanol Mixture with Ambient Pressure Variation," no. X, pp. 17–25, 2018.
- [16] M. Battistoni and C. N. Grimaldi, "Numerical analysis of injector flow and spray characteristics from diesel injectors using fossil and biodiesel fuels," *Appl. Energy*, vol. 97, pp. 656–666, 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.11.080.
- [17] M. Hawi, H. Kosaka, S. Sato, T. Nagasawa, A. Elwardany, and M. Ahmed, "Effect of injection pressure and ambient density on spray characteristics of diesel and biodiesel surrogate fuels," *Fuel*, vol. 254, no. December 2018, p. 115674, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2019.115674.
- [18] J. C. Ong, K. M. Pang, X. S. Bai, M. Jangi, and J. H. Walther, "Large-eddy simulation of n-dodecane spray flame: Effects of nozzle diameters on autoignition at varying ambient temperatures," *Proc. Combust. Inst.*, vol. 38, no. 2, pp. 3427–3434, 2021, doi: 10.1016/j.proci.2020.08.018.
- [19] F. Liu, Z. Yang, Y. Li, and H. Wu, "Experimental study on the combustion characteristics of impinging diesel spray at low temperature environment," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 148, no. August 2018, pp. 1233–1245, 2019, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.12.016.
- [20] Z. Shi, C. fon Lee, H. Wu, Y. Wu, L. Zhang, and F. Liu, "Optical diagnostics of low-temperature ignition and combustion characteristics of diesel/kerosene blends under cold-start conditions," *Appl. Energy*, vol. 251, no. April, p. 113307, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113307.
- [21] Z. Shi *et al.*, "Effect of injection pressure on the impinging spray and ignition characteristics of the heavy-duty diesel engine under low-temperature conditions," *Appl. Energy*, vol. 262, no. January, p. 114552, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.114552.
- [22] T. A. D. S, L. Hakim, N. Ilminnafik, M. Nurkoyim, and K. Kunci, "Karakteristik Penyemprotan Campuran Diesel-Biodiesel Minyak Nyamplung dan Etanol Dengan Variasi Tekanan Injeksi," pp. 26–27, 2020.
- [23] E. Ave, P. O. Box, and L. Ca, "Effect of Ambient Temperature and Density on Diesel-Spray-Generated Shock Waves Sanghoon Kook * and Lyle M . Pickett Sandia National Laboratories," no. i, 2008.
- [24] J. Tian, M. Zhao, W. Long, K. Nishida, T. Fujikawa, and W. Zhang, "Experimental study on spray characteristics under ultra-high injection pressure for DISI engines," *Fuel*, vol. 186, pp. 365–374, 2016, doi: 10.1016/j.fuel.2016.08.086.