

# Digital Repository Universitas



Remove Watermark



Wondershare  
PDFelement

[ANNOUNCEMENTS](#)[CURRENT](#)[ARCHIVES](#)[ABOUT](#) ▾

Search

[HOME](#) / [ARCHIVES](#) / [VOL 13 NO 1 \(2020\)](#) / [Articles](#)

# KARAKTERISTIK SPRAY BAHAN BAKAR CAMPURAN MINYAK DIESEL DAN BIODIESEL CALLOPHYLLUM INOPHYLLUM

**Muhammad Lutfi Azis**

Teknik Mesin, Universitas Jember

**Lukman Hakim**

Teknik Mesin, Universitas Jember

**Nasrul Ilminnafik**

Teknik Mesin, Universitas Jember

DOI: <https://doi.org/10.19184/rotor.v13i1.19589>

## ABSTRACT

The characteristic of spray largely determines of combustion quality. Before testing the fuel of diesel engine, characteristic of spray is needed to know. Biodiesel made from nyamplung seeds (callophyllum inophyllum) mixed with diesel oil for spray characteristics test. The research was conducted at 1 atm ambient pressure, 15 MPa injection pressure. The fuel used Oil diesel added biodiesel variation B0, B20, B30, dan B100. The fuel mixture sprayed by nozzle tester and recorded using a 480 fps camera at 224x168 resolution to cognize spray tip penetration and spray angle. The result of research showing viscosity of fuel mixture has huge impact on spray characteristic. At high viscosity, longer spray tip penetration longer and smaller spray angle. Its affects the homogeneity of the mixture of fuel and the air.



ISSN 1979 - 018X



# ROTOR

JURNAL ILMIAH

TEKNIK MESIN

Volume 13 Nomor 1, April 2020



ROTOR

Volume 13

Nomor 1

Halaman  
1 - 30

Jember  
April 2020

ISSN  
1979 - 018x



JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER

PUBLISHED

2020-09-06

## HOW TO CITE

AZIS, Muhammad Lutfi; HAKIM, Lukman; ILMINNAFIK, Nasrul. KARAKTERISTIK SPRAY BAHAN BAKAR CAMPURAN MINYAK DIESEL DAN BIODIESEL CALLOPHYLLUM INOPHYLLUM. **ROTOR**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 27-30, sep. 2020. ISSN 2460-0385. Available at: <<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/RTR/article/view/19589>>. Date accessed: 23 mar. 2021. doi: <https://doi.org/10.19184/rotor.v13i1.19589>.

## CITATION FORMATS

[ABNT](#)[APA](#)[BibTeX](#)[CBE](#)[EndNote - EndNote format \(Macintosh & Windows\)](#)[MLA](#)[ProCite - RIS format \(Macintosh & Windows\)](#)[RefWorks](#)[Reference Manager - RIS format \(Windows only\)](#)[Turabian](#)

## ISSUE

[Vol 13 No 1 \(2020\)](#)

## SECTION

Articles

## MENU

[Journal Contact](#)[Editorial Team](#)[Reviewer](#)[Author Guidelines](#)



# Digital Repository Universitas Jember

## Focus and Scope

[Indexing](#)

[Review Process](#)

[Open Access Policy](#)

[Copyright Notice](#)

[Publication Charge](#)

[Publication Ethics](#)

[Guidlines For Authors](#)

INFORMATION

[For Readers](#)

[For Librarians](#)

TEMPLATE



ISSN BARCODE

Print ISSN

ISSN 1979-018X



9 771979 018006

Online ISSN

ISSN 2460-0385



9 772460 038008

Digital Repository Universitas Jember

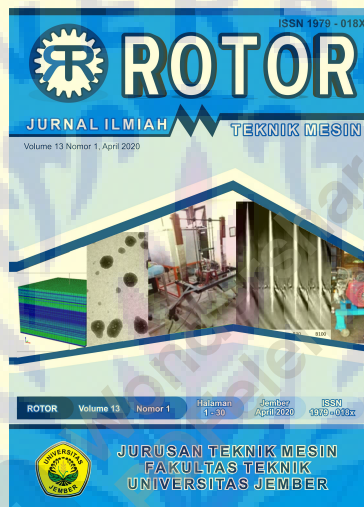


VISITOR

00030812

View My Stats



[ANNOUNCEMENTS](#)[CURRENT](#)[ARCHIVES](#)[ABOUT ▾](#)[HOME](#) / [ARCHIVES](#) / [Vol 13 No 1 \(2020\)](#)

PUBLISHED: 2020-04-30

## ARTICLES

### ANALISIS KARAKTERISASI SERBUK BIOKERAMIK DARI CANGKANG TELUR AYAM BROILER

Hendri Van Hoten

1-5

 PDF

### OPTIMASI PANJANG HYDRAULIC FRACTURE PADA RESERVOIR NON-KONVENSIONAL DENGAN METODE UNIFORM CONDUCTIVITY RECTANGULAR FRACTURE

Eriska Eklezia D.S., Hadziqul Abror

6-10





---

### **SIMULASI LENSА GRATING TERHADAP EFISIENSI DIFRAKSI GRATING PADA SISTEM PEMISAH CAHAYA SPEKTRAL CONCENTRATED PHOTOVOLTAIC/THERMAL**

Yuke Hary Laksono, Okasatria Novyanto

11-15



---

### **PERBANDINGAN EMISI GAS BUANG MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR PERTALITE DENGAN BAHAN BAKAR GAS ELPIJI PADA MESIN TRIARROWS TR200**

Budiyono Budiyono, Imam Prasetyo

16-19



---

### **PENGARUH PARAMETER SPRAY GUN TERHADAP KEKILAPAN PADA PELAPISAN BAJA KARBON RENDAH (ST37)**

Miftakhul Rohman, Mahros Darsin, Rika Dwi Hidayatul Qoryah

20-26



---

### **KARAKTERISTIK SPRAY BAHAN BAKAR CAMPURAN MINYAK DIESEL DAN BIODIESEL CALLOPHYLLUM INOPHYLLUM**

Muhammad Lutfi Azis, Lukman Hakim, Nasrul Ilminnafik

27-30



---

MENU

---

[Journal Contact](#)

---

[Editorial Team](#)

---

[Reviewer](#)

---

[Author Guidelines](#)

---

[Focus and Scope](#)

---

[Indexing](#)

[Review Process](#)

[Open Access Policy](#)

[Copyright Notice](#)

[Publication Charge](#)

[Publication Ethics](#)

[Guidlines For Authors](#)

INFORMATION

[For Readers](#)

[For Librarians](#)

TEMPLATE



ISSN BARCODE

Print ISSN

ISSN 1979-018X



Online ISSN

ISSN 2460-0385



9 772460 038008



VISITOR

00030813

View My Stats





ONLINE ISSN : 2460 - 0385

PRINT ISSN : 1979 - 018X

ANNOUNCEMENTS

CURRENT

ARCHIVES

ABOUT ▾

Search

## Editorial Team

### Executive Editor:

Ir. Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

### Editor in Chief and Managing Editor:

Dr. Ir. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

### Associate Editor:

Dr. Mochamad Asrofi, S.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Ir. Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Ir. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Ir. Hary Sutjajtjono, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Agus Triono, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

**Web Design:**

Firman Sauqi Nur Sabila, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Majid - Universitas Jember

**Secretariat:**

Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

## MENU

---

[Journal Contact](#)

---

[Editorial Team](#)

---

[Reviewer](#)

---

[Author Guidelines](#)

---

[Focus and Scope](#)

---

[Indexing](#)

---

[Review Process](#)

---

[Open Access Policy](#)

---

[Copyright Notice](#)

---

[Publication Charge](#)

---

[Publication Ethics](#)

---

[Guidlines For Authors](#)

---

INFORMATION

---

---

For Librarians

---

TEMPLATE

---



---

ISSN BARCODE

---

Print ISSN

ISSN 1979-018X



Online ISSN

ISSN 2460-0385





# We are Crossref

# Member



00030814

View My Stats







[ANNOUNCEMENTS](#)[CURRENT](#)[ARCHIVES](#)[ABOUT ▾](#)

## Reviewer

### Peer-Reviewers:

Prof. Dr. Triyono, S.T., M.T. - Universitas Sebelas Maret [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT. - Universitas Brawijaya [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Ir. Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Agus Suprihanto, S.T., M.T. - Universitas Diponegoro [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Sukarni, S.T., M.T. - Universitas Negeri Malang [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Eng. Agus Santoso, ST., MT. - Politeknik Negeri Cilacap [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

A. Jannifar, S.T., M.T., Ph.D. - Politeknik Negeri Lhokseumawe [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Mochamad Asrofi, S.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Agus Triono, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., M.T. - Universitas Muhammadiyah Sidoarjo [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T. - Universitas Hasanuddin [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

R. Priyoko Prayitno Adi, S.ST., M.Eng., Ph.D. - Universitas Bangka Belitung [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

Dr. M. Maktum Muharja Al Fajri, S.T. - Universitas Jember [[Scopus ID](#)], [[Google Scholar](#)], [[Sinta RistekBRIN](#)]

## MENU

[Journal Contact](#)

[Editorial Team](#)

[Reviewer](#)

[Author Guidelines](#)

[Focus and Scope](#)

[Indexing](#)

[Review Process](#)

[Open Access Policy](#)

[Copyright Notice](#)

[Publication Charge](#)

[Publication Ethics](#)

[Guidlines For Authors](#)

## INFORMATION

[For Readers](#)

[For Librarians](#)

TEMPLATE



ISSN BARCODE

Print ISSN

ISSN 1979-018X



Online ISSN

ISSN 2460-0385



# We are Crossref

# Member

VISITOR

00030815

View My Stats





## KARAKTERISTIK *SPRAY* BAHAN BAKAR CAMPURAN MINYAK DIESEL DAN BIODIESEL *CALLOPHYLLUM INOPHYLLUM*

Muhammad Lutfi Azis<sup>1</sup>, Lukman Hakim<sup>2</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

<sup>3</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: \*nasrul.teknik@unej.ac.id

### ABSTRACT

*The characteristic of spray largely determines of combustion quality. Before testing the fuel of diesel engine, characteristic of spray is needed to know. Biodiesel made from nyamplung seeds (callophyllum inophyllum) mixed with diesel oil for spray characteristics test. The research was conducted at 1 atm ambient pressure, 15 MPa injection pressure. The fuel used Oil diesel added biodiesel variation B0, B20, B30, dan B100. The fuel mixture sprayed by nozzle tester and recorded using a 480 fps camera at 224x168 resolution to cognize spray tip penetration and spray angle. The result of research showing viscosity of fuel mixture has huge impact on spray characteristic. At high viscosity, longer spray tip penetration longer and smaller spray angle. Its affects the homogeneity of the mixture of fuel and the air.*

*Keywords: spray characteristic, biodiesel, callophyllum inophyllum*

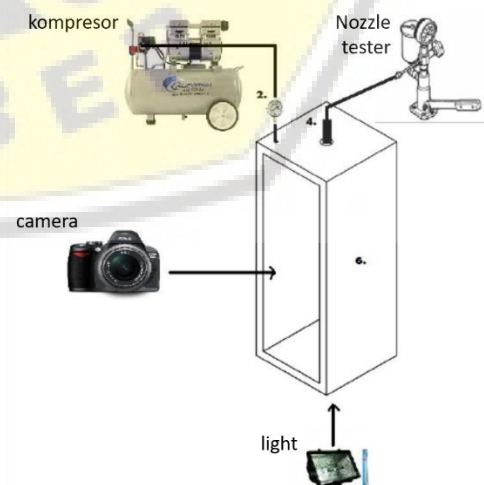
### PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negeri agraris memiliki potensi besar sebagai sumber energi nabati (biodiesel). Di antara yang sudah dilakukan penelitian adalah pembakaran biodiesel dari bahan biji bunga matahari [1], biji pohon jarak- *Jatropha Curcas* [2], biji nyamplung- *callophyllum inophyllum* [3], dan ampas kelapa [4]. Salah satu potensi yang belum banyak dimanfaatkan adalah biji nyamplung [5] yang banyak terdapat di daerah Jawa Timur terutama daerah tapal kuda. Alasan lain perlunya eksplorasi biodiesel dari biji *callophyllum inophyllum* adalah memiliki *yield* yang cukup tinggi. Ong, dkk, 2014 mendapatkan *yield* dari biodiesel *callophyllum inophyllum* mencapai yaitu 98,82% [6]. Sejumlah penelitian pada bahan bakar biodiesel nyamplung telah dilakukan untuk mengetahui karakteristiknya [7] dan [8], perilaku pembakarannya [3], dan pengujian *performance* pada mesin diesel [7] dan [9].

Kualitas pembakaran sangat mempengaruhi kinerja (*performance*) mesin diesel. Kualitas pembakaran sangat ditentukan oleh banyak faktor, salah satu yang paling berpengaruh adalah karakteristik *spray* dari bahan bakar pada *nozzle*. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik semprotan (*spray*) pada berbagai variasi penelitian, diantaranya variasi tekanan injeksi dan variasi lubang injector [10] dan variasi *impingement distance on flat-wall* [11]. Penelitian karakteristik *spray* umumnya masih menggunakan

bahan bakar minyak diesel. Karakteristik semprotan pada bahan bakar diesel yang dicampur biodiesel diantaranya telah dilakukan Ghurri, dkk (2011) [12] dan 2012 [13]), yang meliputi *tip penetration* dan sudut semprotan, baik kualitas maupun kuantitasnya. Dari sejumlah penelitian yang ada, karakteristik *spray* dari biodiesel *callophyllum inophyllum* belum pernah dilakukan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *spray* dari bahan bakar campuran biodiesel *callophyllum inophyllum* dan minyak diesel dengan beberapa komposisi campuran.



Gambar 1. Skema penelitian karakteristik *spray*

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang pengaruh penambahan biodiesel dari biji nyamplung (*callophyllum inophyllum*) pada minyak diesel, terhadap karakteristik *spray* (semprotan) dilakukan pada tekanan *chamber (ambient)* 1 atm dengan skema penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

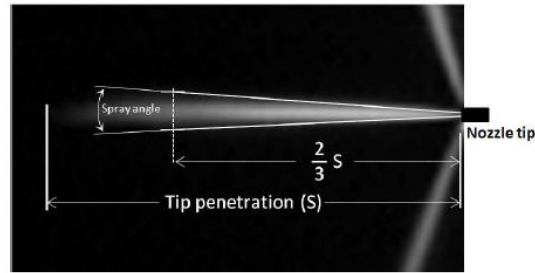
Minyak diesel yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PT Pertamina Indonesia sebelum dicampur dengan biodiesel. Pada penelitian ini, biodiesel dibuat dari biji nyamplung. Sebelum diuji *spray*, bahan bakar minyak diesel dan biodiesel masing-masing diuji viskositas dengan standar ASTM D-45 dan *flash point* dengan standar ASTM D-93.

Untuk mengetahui pengaruh campuran minyak diesel dan biodiesel, keduanya dicampur dengan komposisi sama dan sedikit lebih banyak dengan yang dilakukan oleh PT Pertamina Indonesia, sehingga ditetapkan campurannya adalah B20 (20% biodiesel), B30 (30% biodiesel). Penelitian dilakukan pada tekanan *ambient* 1 atm dan *temperature* udara lingkungan. Kondisi penelitian *spray* secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Penelitian

<i>Fuel</i>	Campuran Minyak Diesel dan Biodiesel Nyamplung (B0, B20, B30, B100)
<i>Ambient condition</i>	
<i>Ambient gas</i>	Udara
<i>Ambient pressure (atm)</i>	1
<i>Ambient temperature (K)</i>	300
<i>Injector and injection condition</i>	<i>Nozzle</i>
<i>Injector type</i>	1
<i>Number of nozzle holes</i>	15
<i>Injection pressure MPa</i>	

Hasil *spray* direkam dengan menggunakan *high speed camera Fuji Fine Pix HS 10* pada 480 fps (*frame per second*) pada resolusi 224x168. Gambar semprotan diukur perubahan panjang semprotan (*tip penetration*) dan sudut semprotan (*spray angle*) dan dilakukan analisa bagaimana pengaruh campuran bahan bakar terhadap karakteristik semprotan. Panjang semprotan (*tip penetration*) adalah jarak antara ujung nosel (*nozzle tip*) dan ujung semprotan. Adapun sudut semprotan (*spray angle*) adalah sudut *spray* pada jarak maksimal  $\frac{2}{3}$  dari *tip penetration*. *Tip penetration* dan *spray angle* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Definisi tip penetration dan spray angle [13]

## HASIL DAN PEMBAHASAN

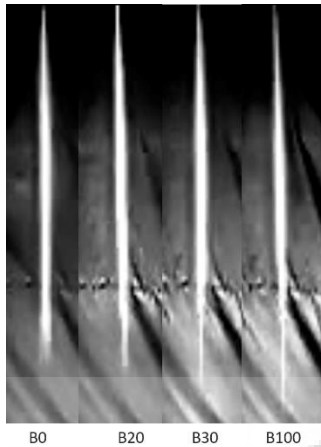
Telah dilakukan penelitian karakteristik *spray* bahan bakar campuran minyak diesel dan biodiesel yang dibuat dari biji nyamplung pada beberapa variasi komposisi. Minyak diesel dari PT Pertamina dan biodiesel yang dibuat diuji karakteristiknya, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil yang diperoleh sesuai dengan penelitian Ghurri, dkk (2012) bahwa bahan bakar biodiesel memiliki viskositas lebih tinggi (4 cSt) dibandingkan minyak diesel (3,25 cSt) [13].

Tabel 2. Karakteristik bahan bakar yang digunakan

Parameter	Satuan	Hasil pengujian	
		Minyak diesel (B0)	Biodiesel (B100)
<i>Flash point</i>	°C	52	192
<i>Viscosity</i>	40 cSt	2	4
	°C		

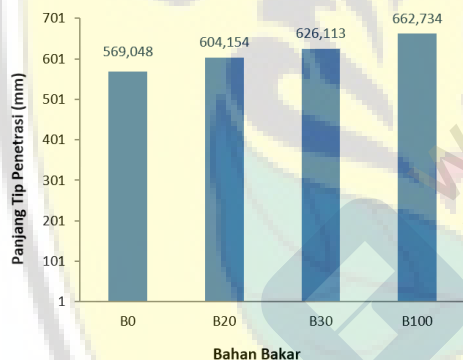
Adapun karakteristik *spray* (semprotan) pada variasi komposisi campuran bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 3, dimana gambar tersebut diambil pada waktu (t) ke 6,25 ms. Pada gambar tersebut terlihat, *spray tip penetration* pada minyak diesel (B0) paling pendek. Penambahan biodiesel menyebabkan *spray tip penetration* meningkat. *Spray tip penetration* paling panjang terjadi pada biodiesel B100. Ini menunjukkan pada semprotan dengan viskositas bahan bakar yang tinggi (B100) lebih mudah menerobos udara *ambient* sehingga dalam waktu lebih singkat mencapai *spray tip penetration* yang panjang. Ini berbeda pada bahan bakar dengan viskositas lebih rendah (B0), lebih sulit menerobos udara *ambient*, sehingga *spray tip penetration* lebih pendek.





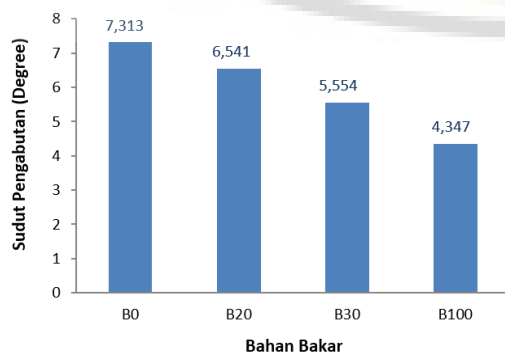
Gambar 3. Karakteristik *Spray* dengan variasi campuran pada  $t=6,25$ ms

Nilai *spray tip penetration* lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada B0 (100% minyak diesel) *spray tip penetration* paling pendek (569mm). Penambahan biodiesel menyebabkan *spray tip penetration* semakin panjang. Dan pada 100% biodiesel (B100), memiliki *spray tip penetration* terpanjang, 662mm.



Gambar 4. *Spray tip penetration* pada  $t=6,25$  ms

Pada Gambar 5 ditunjukkan pengaruh campuran biodiesel dan minyak diesel terhadap *spray angle*. Dari gambar tersebut terlihat, pada bahan bakar minyak diesel (B0) mempunyai *spray angle* terbesar dan penambahan biodiesel menyebabkan *spray angle* semakin kecil.



Gambar 5. *Spray angle* pada  $t=6,25$ ms

Hal ini menunjukkan bahwa pada bahan bakar dengan viskositas tinggi menyebabkan massa jenisnya meningkat sehingga momentum yang terjadi ketika *spray* menembus udara *ambient* lebih besar. Hal ini menyebabkan *spray tip penetration* semakin meningkat/ panjang sehingga sudut semprotan semakin kecil. Kondisi ini mempengaruhi homogenitas dari campuran bahan bakar dan udara.

Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ghurri, dkk (2012) bahwa biodiesel dengan viskositas lebih tinggi akan memiliki *tip penetration* lebih panjang dan *spray engle* yang lebih kecil [13]. Penelitian ini juga sesuai dengan penelitian Pramana, dkk (2015) yang meneliti biodiesel dari biji alpukat, yang menyatakan bahwa peningkatan viskositas bahan bakar mempengaruhi bentuk semprotan bahan bakar dan menyebabkan atomisasi bahan bakar rendah sehingga mesin sulit dihidupkan dan kualitas emisi semakin menurun [14]. Untuk memperbaiki karakteristik *spray* menggunakan biodiesel ini, perlu dilakukan penelitian karakteristik *spray* pada tekanan injeksi dan tekanan *ambient* yang lebih tinggi untuk mendapatkan kondisi yang mendekati dengan kondisi mesin diesel.

### KESIMPULAN

Karakteristik bahan bakar sangat menentukan karakteristik *spray*, baik *tip penetration* maupun *spray engle*. Semakin meningkat viskositas, *spray tip penetration* makin panjang dan *spray angle* semakin kecil. Untuk meningkatkan kualitas pembakaran perlu diperhatikan karakteristik *spray*. Viskositas adalah parameter yang penting untuk diketahui sebelum melakukan pengujian *performance* mesin diesel.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Uyaro, Uyumaz A. Celikten I. 2017. Comparison of the Combustion, Performance, and Emission Characteristics of Inedible Crambe abyssinica Biodiesel and Edible Hazelnut, Corn, Soybean, Sunflower, and Canola Biodiesels. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 00 (00) 1-10.
- [2] Arizal, M. A. A.a, Azman, A. H.a, Jaafar, M. N. M.a.c, Wan Omar, W. Z. June. 2015. Combustion Performance of Jatropha Biodiesel in An Oil Burner System. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*. 77 (8) 47-51.
- [3] H.H. Bachtiar, B.A. Fachri, N. Ilminafik. 2019. Flame Characteristics of Diffusion of Calophyllum inophyllum Methyl Ester on Mini Glass Tube. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 57 ( 1). 40-47
- [4] Setiawan, DS, N. Ilminafik, H. Sutjahjono, D.T Vicca and S. A. Farisi. 2019. Premixed

- Combustion Characteristics Between Biosolar that Produced Pertamina with Biodiesel from Coconut Waste (Coconut Nucifera). *Journal of Engineering and Applied Science*,
- [5] A. Arumugam, dan V. Ponnusami. 2019. Biodiesel production from Calophyllum inophyllum oil a potential 2non-edible feedstock: *An overview. Renewable Energy*. 131. 459-471.
- [6] Ong H.C., Masjuki HH, Mahlia TMI, Silitonga AS, Chong WT, Talal Yusaf. 2014. Engine performance and emissions using Jatropha curcas, Ceiba pentandra and Calophyllum inophyllum biodiesel in a CI diesel engine. *Energi*. 69: 427- 445
- [7] H. Juwono, Sutarno T., Wahyuni E.T., Ulfin I, and Kurniawan F. 2017. Production of Biodiesel from Seed Oil of Nyamplung (Calophyllum inophyllum) by Al-MCM-41 and Its Performance in Diesel Engine. *Indones. J. Chem.* 17 (2). 316-321
- [8] R. Musta, Haetami A., Salmawati M. 2017. Biodiesel of The Transesterification Production of Calophyllum inophyllum Seed Oil From Kendari Using Methanol Solution. *Ind. J. Chem. Res.* 4(2), 394-401
- [9] B. Ashok, K. Nanthagopal, D. Sakthi Vignesh. 2018. Calophyllum inophyllum methyl ester biodieselblend as an alternate fuel for diesel engine applications. *Alexandria Engineering Journal*. 57 1239–1247.
- [10] R. Mahmud, Toru Kurisu, Onur Akgol, Keiya Nishid, Yoichi Ogata. 2019. Characteristics of Flat-Wall Impinging Spray Flame and Its Heat Transfer under Diesel Engine-Like Condition: Effects of Injection Pressure, Nozzle Hole Diameter and Impingement Distance. *JSAE 20199255 SAE 01-2183*
- [11] R. Mahmud , Kurisu T., Nishida K., Ogata Y., Kanzaki J and Akgol O. 2019. Effects of injection pressure and impingement distance on flat-wall impinging spray flame and its heat flux under diesel engine-like condition. *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 11 (7) 1–15.
- [12] A. Ghurri, Kim J., Song K-K, Jung J.Yo and Kim H.G. 2011. Qualitative and quantitative analysis of spray characteristics of diesel and biodiesel blend on common-rail injection system, *Journal of Mechanical Science and Technology* 25 (4) 885-893.
- [13] A. Ghurri, Kim J.D., Hyung G.K., Jung J.Y and Song K-K. 2012. The effect of injection pressure and fuel viscosity on the spray characteristics of biodiesel blends injected into an atmospheric chamber - The African, Asian, Polynesian and Pacific Panacea,” *Int. J. Cosmet. Sci.*, 26 (9) 2941-2947.
- [14] AASD Pramana, Kusuma IGBW, Widiarta IM. 2015. Pengujian Performance Biodiesel Biji Alpukat ditinjau dari Karakteristik Panjang Penyemprotan dan Ukuran Butiran. *Jurnal Logic*. 15 (3) 164-170.