

# Perbedaan Karakteristik *Spray* Bahan Bakar Minyak Jelantah Dan Biodiesel Menggunakan *Air-Assisted Nozzle* Dan Cerobong Pemanasan Awal

Fachrian Rizky Maulana, Ainul Ghurri, I Made Parwata

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

*Air-Assisted Atomizer* memiliki keunggulan yaitu dalam proses atomisasi bahan bakar dicapai dengan bantuan udara sehingga akan menghasilkan karakteristik *spray* yang baik. Karakteristik *spray* yang dimaksud yaitu jangkauan *spray* dan sudut *spray*. Penggunaan cerobong pemanasan awal sebagai perlakuan *preheating* pada bahan bakar dapat membantu penguapan pada *fuel spray* sehingga akan meningkatkan atomisasi yang dihasilkan. Pada penelitian kali ini menggunakan metode eksperimen dengan diameter *nozzle* 2,5 mm dan menggunakan cerobong pemanasan awal. Bahan bakar yang digunakan yaitu minyak jelantah dan biodiesel. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik *spray* antara minyak jelantah dan biodiesel. Minyak jelantah menghasilkan jangkauan *spray* yang lebih panjang daripada biodiesel. Untuk sudut *spray* yang dihasilkan, minyak jelantah memiliki sudut yang sedikit lebih lebar daripada biodiesel yaitu hanya terpaut 0,06°.

**Kata Kunci:** Pemanasan Awal, *Nozzle*, *Air-Assisted Atomizer*, Karakteristik *Spray*

## Abstract

*Air-assisted Atomizer* has an advantage in the fuel atomization process that is achieved with the help of air, and that will make good characteristics of *spray*. The *spray* characteristics are *spray* range and *spray* angle. The using of *preheating* funnel and *preheating* treatment on *fuel* can help the vaporization of the *fuel spray*, which will increase the result of the atomization. In this research, the *nozzle* diameter experimental method that will be used is 2,5 mm, with using *preheating* funnel. The *fuel* that will be used are waste cooking oil and biodiesel. The results of this research showed a difference in *spray* characteristics between waste cooking oil and biodiesel. Waste cooking oil produces a longer *spray* range than biodiesel. For the result of *spray* angle, waste cooking oil has a slightly wider angle than biodiesel, which is only 0.06°.

**Keywords:** *Preheating*, *Nozzle*, *Air-Assisted Atomizer*, *Spray* Characteristics

## 1. Pendahuluan

Perkembangan sektor industri dan transportasi yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan akan energi meningkat pula. Secara global, ketersediaan energi menjadi sebuah isu penting yang perlu dipecahkan. Ketersediaan energi saat ini masih didominasi oleh energi fosil yang tidak terbarukan, salah satu contohnya adalah minyak bumi. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengganti peran minyak bumi sebagai sumber energi, salah satunya adalah penggunaan bahan bakar alternatif seperti minyak jelantah. Minyak jelantah dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena termasuk dalam *bio fuel*. Minyak jelantah dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan bakar pada *burner* pembakaran dengan menggunakan metode *fuel spray* (penyemprotan bahan bakar cair).

Semprotan bahan bakar (*fuel spray*) dihasilkan dengan bantuan alat yang bernama *nozzle*. *Nozzle* adalah alat yang berfungsi untuk memecah cairan fluida menjadi butiran partikel halus yang menyerupai kabut [1]. Proses pecahnya cairan fluida menjadi butiran partikel halus diawali dengan adanya pencampuran antara bahan bakar cair dengan udara di dalam *nozzle* yang nantinya akan disemprotkan melewati lubang keluaran *nozzle* dan membentuk

partikel halus. Kumpulan dari partikel halus tersebut akan membentuk sebuah semprotan (*spray*) dengan karakteristik tertentu. Untuk menghasilkan karakteristik *spray* yang bagus, salah satu yang paling berpengaruh adalah diameter lubang dari sebuah *nozzle* [2]. Karakteristik *spray* yang dimaksud yaitu sudut *spray* dan jangkauan *spray*.

*Air-assisted atomizer* (*Air-assisted nozzle*) dapat dijadikan opsi alternatif sebagai alat penyemprot cairan dari *single liquid spray* yang membutuhkan tekanan tinggi [3]. *Air-assisted atomizer* (*air-assisted nozzle*) menggunakan atomisasi dengan bantuan udara, di mana prinsipnya adalah geser dan pecah, yaitu atomisasi cairan dicapai melalui tumbukan timbal balik dan gesekan antara udara dan cairan [4]. Penelitian tentang karakteristik *spray* menggunakan *air-assisted atomizer* pernah dilakukan oleh [5] disimpulkan bahwa rasio L/Do (panjang *nozzle* per diameter *nozzle*) memiliki pengaruh terhadap sudut *spray*, semakin kecil nilai rasio L/Do, maka semakin besar sudut *spray* yang dihasilkan.

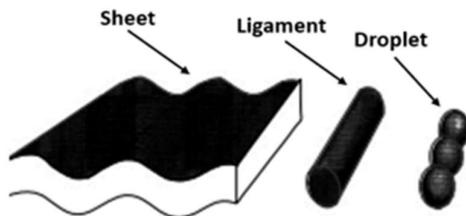
Perlakuan *preheating* pada bahan bakar diprediksi dapat menghasilkan *droplet* yang lebih halus. [6] telah menguji desain *burner* sebagai perlakuan *preheating* pada bahan bakar berviskositas tinggi menggunakan *air-assisted atomizer*, di mana ditemukan bahwa *fuel spray* dapat dihasilkan dengan

karakteristik yang cukup baik. Dari literatur tersebut muncul ide untuk mendesain pemanas *fuel spray* dalam bentuk cerobong pemanas. Cerobong pemanas *fuel spray* ini akan bekerja pada ujung *nozzle* untuk memanaskan bahan bakar di awal *spray*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan karakteristik *spray* antara minyak jelantah dan biodiesel menggunakan *nozzle air-assisted atomizer*. Cerobong pemanasan awal yang diusulkan dalam penelitian ini berfungsi sebagai lintasan *fuel spray*. Penelitian ini juga menggunakan diameter *nozzle* 2,5 mm.

## 2. Dasar Teori

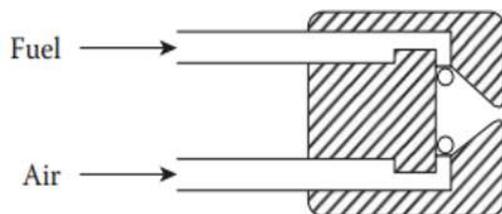
Atomisasi merupakan proses disintegrasi cairan dalam jumlah banyak menjadi tetesan kecil. Proses atomisasi dapat dilihat pada Gambar 1, prosesnya dimulai dari keluarnya cairan dari ujung *nozzle* dalam bentuk lembaran (*sheet*), kemudian membentuk ikatan (*ligament*), dan akhirnya terdisintegrasi menjadi butiran (*droplet*) [7].



Gambar 1. Proses Atomisasi

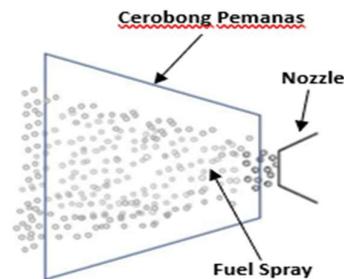
Kumpulan *droplet* yang terbentuk dari hasil atomisasi akan membentuk semburan (*spray*) dengan karakteristik tertentu. Adapun karakteristik yang dimaksud yaitu sudut *spray* dan jangkauan *spray*. Salah satu yang mempengaruhi karakteristik *spray* ini adalah diameter *nozzle* dan bahan bakar yang digunakan.

*Nozzle (atomizer)* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan *spray*. *Air-assisted nozzle* merupakan jenis *nozzle* dengan berbantuan udara, di mana cairan dikenakan aliran udara atau gas yang mengalir dengan kecepatan tinggi untuk terjadinya atomisasi. Udara dan cairan akan dicampur terlebih dahulu di dalam *nozzle* sebelum dikeluarkan melalui lubang keluar, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi Pencampuran Udara Dan Cairan Pada *Air-assisted Nozzle*

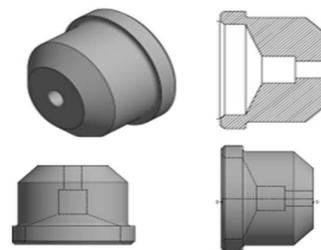
Cerobong pemanas yang diusulkan pada penelitian ini berfungsi sebagai lintasan *fuel spray*. Cerobong diberi perlakuan pemanasan, sehingga saat *fuel spray* melintas akan menerima energi panas dari cerobong tersebut. Dengan pemanasan tersebut, diharapkan dapat mempercepat penguapan pada *droplet* bahan bakar yang keluar dari ujung *nozzle* dan menghasilkan karakteristik *spray* yang baik. Cara kerja cerobong pemanas dapat dilihat pada Gambar 3.



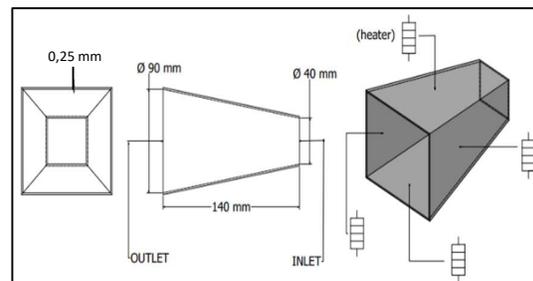
Gambar 3. Cara Kerja Cerobong Pemanas

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan diameter *nozzle* 2,5 mm menggunakan bahan bakar minyak jelantah dan biodiesel. Penelitian ini juga menggunakan cerobong pemanas dengan model *diffuser* berbentuk limas segi empat dengan dimensi: inlet 40 mm, outlet 90 mm, panjang 140 mm, dan tebal 0,25 mm. Gambar diameter *nozzle* dan bentuk cerobong pemanas dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



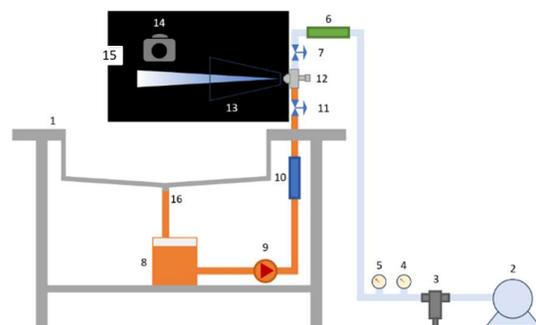
Gambar 4. Diameter *Nozzle* 2,5 mm



Gambar 5. Bentuk Dan Dimensi Cerobong Pemanas

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendapat data karakteristik *spray*. Karakteristik *spray* yang dimaksud adalah sudut *spray* dan jangkauan *spray*. Adapun skematik penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut

Prosedur penelitian mengikuti skema yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pengujian dimulai dengan menghidupkan kompresor untuk menyuplai udara ke *nozzle*. Bahan bakar dialirkan dari tangki bahan bakar dengan bantuan pompa sebelum memasuki *nozzle*. Di dalam *nozzle* terjadi interaksi antara udara dengan bahan bakar sehingga terbentuknya *spray*. *Fuel spray* yang dihasilkan akan melewati cerobong pemanas. Selanjutnya, akan dilakukan pengambilan gambar dan video hasil *spray* menggunakan kamera digital sebagai data untuk dilakukannya analisis. Agar video hasil *spray* yang diperoleh jelas, *background* hitam dipasang di samping meja penelitian. Hasil *spray* bahan bakar kemudian akan jatuh pada wastafel, kemudian bahan bakar akan ditampung kembali pada tangki bahan bakar melalui selang yang menghubungkan lubang wastafel dengan tangki bahan bakar.



- Keterangan:
- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. Meja penelitian          | 9. Pompa                       |
| 2. Kompresor                | 10. <i>Flowmeter liquid</i>    |
| 3. Filter air kompresor     | 11. Katup pengatur bahan bakar |
| 4. <i>Pressure gauge</i>    | 12. <i>Nozzle</i>              |
| 5. <i>Temperature gauge</i> | 13. Cerobong pemanas           |
| 6. <i>Flowmeter gas</i>     | 14. Kamera digital             |
| 7. Katup pengatur udara     | 15. <i>Background</i> hitam    |
| 8. Tangki bahan bakar       | 16. Selang penghubung          |

Gambar 6. Skematik Penelitian Analisa Karakteristik *spray*

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meja penelitian
2. *Nozzle* tipe *air-assisted*
3. Kompresor
4. Filter air kompresor
5. Pompa bahan bakar
6. Tangki penampung bahan bakar
7. Cerobong pemanas
8. *Pressure gauge*
9. *Temperature gauge*
10. *Flowmeter gas*
11. *Flowmeter liquid*
12. *Thermocouple set*

13. Kamera digital
14. Selang
15. *Background* hitam
16. Minyak jelantah

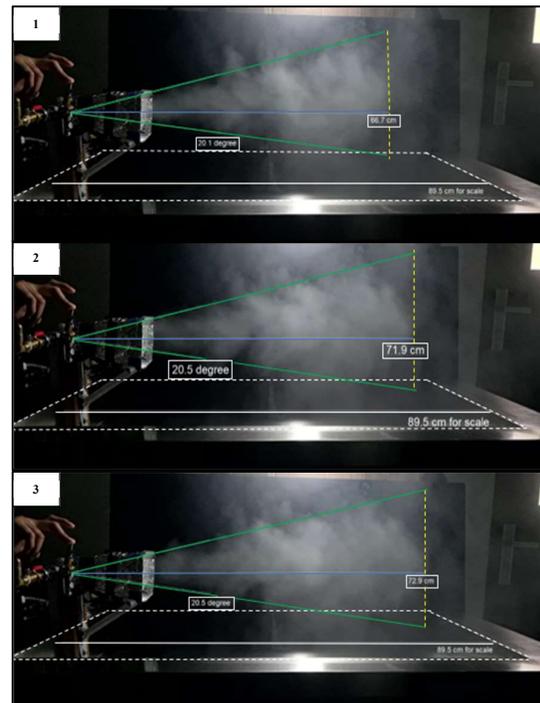
#### 4. Hasil dan Pembahasan

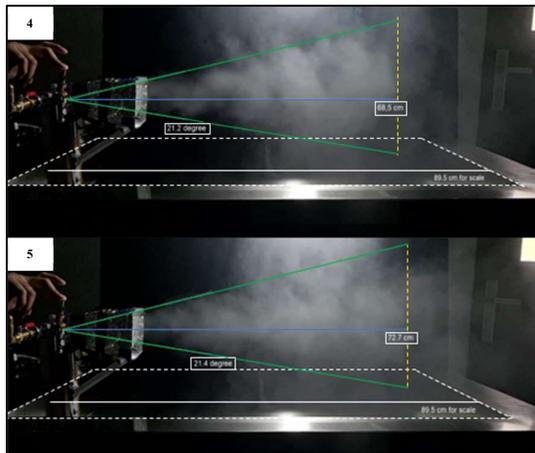
##### 4.1. Metode Analisa Karakteristik *Spray*

Pengukuran jangkauan *spray* akan diukur dari ujung *nozzle* hingga *spray* yang terbentuk mulai memudar. Pada sudut *spray* akan diambil dari sudut terbesar *spray* yang ditarik sepanjang garis jangkauan *spray*. Pengolahan gambar hasil *spray* akan digunakan beberapa garis yang berbeda warna sebagai penanda. Garis putus-putus berwarna putih merupakan garis yang menggambarkan wastafel meja yang berbentuk persegi panjang. Garis solid berwarna putih merupakan garis skala gambar yang menunjukkan panjang wastafel yaitu 89,5 cm. Garis solid berwarna biru merupakan garis jangkauan *spray*. Garis solid berwarna hijau merupakan garis sudut *spray*, di mana *spray* yang berada di luar garis hijau dianggap sudah menguap. Garis putus-putus berwarna kuning merupakan garis pembatas jangkauan *spray* dan sudut *spray*, di mana *spray* yang berada di sisi kanan garis kuning dianggap sudah menguap.

##### 4.2. Pengujian Karakteristik *Spray* Bahan Bakar Minyak Jelantah

Lima gambar diambil sebagai perwakilan untuk mencari rata-rata dan standar deviasi dari jangkauan *spray* dan sudut *spray*. Gambar 7 menunjukkan kumpulan hasil *spray* menggunakan bahan bakar minyak jelantah yang telah diolah menggunakan *software ImageJ*.





Gambar 7. Hasil *Spray* Bahan Bakar Minyak Jelantah

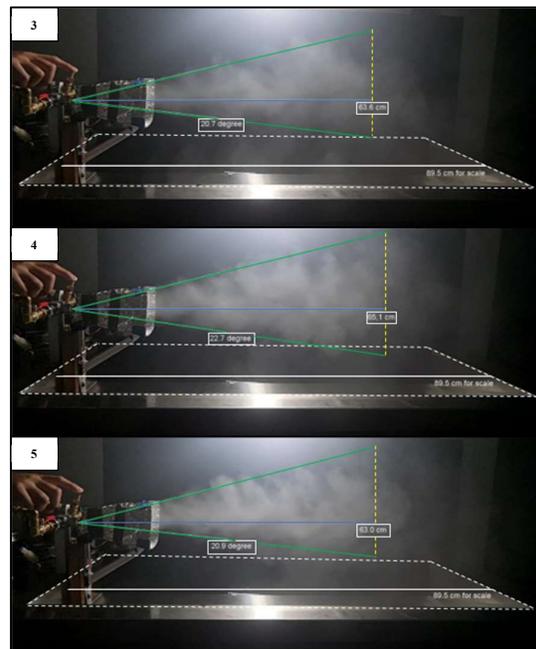
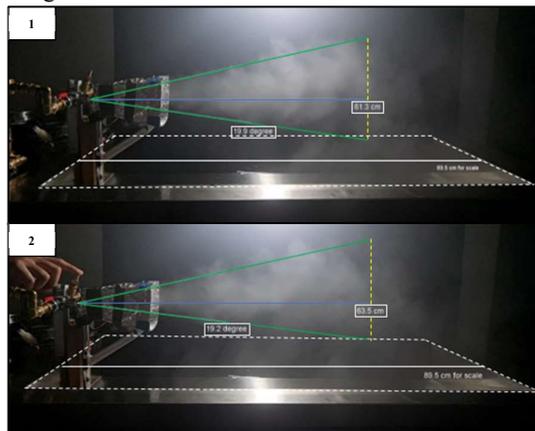
Data dari pengujian karakteristik *spray* dengan nozzle 2,5 mm menggunakan minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Karakteristik *Spray* Bahan Bakar Minyak Jelantah

| No                           | Jangkauan <i>Spray</i> (cm) | Sudut <i>Spray</i> (°) |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1                            | 66,7                        | 20,1                   |
| 2                            | 71,9                        | 20,5                   |
| 3                            | 72,9                        | 20,5                   |
| 4                            | 68,5                        | 21,2                   |
| 5                            | 72,7                        | 21,4                   |
| Mean ( $\bar{x}$ )           | 70,54                       | 20,74                  |
| Standar Deviasi ( $\sigma$ ) | 2,783                       | 0,541                  |

#### 4.2. Pengujian Karakteristik *Spray* Bahan Bakar Biodiesel

Lima gambar diambil sebagai perwakilan untuk mencari rata-rata dan standar deviasi dari jangkauan *spray* dan sudut *spray*. Gambar 8 menunjukkan kumpulan hasil *spray* menggunakan bahan bakar biodiesel yang telah diolah menggunakan *software* ImageJ.



Gambar 8. Hasil *Spray* Bahan Bakar Biodiesel

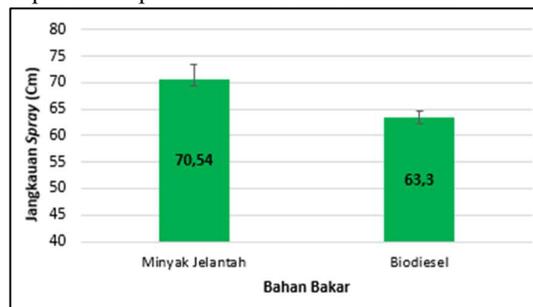
Data dari pengujian karakteristik *spray* dengan nozzle 2,5 mm menggunakan biodiesel dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Karakteristik *Spray* Bahan Bakar Biodiesel

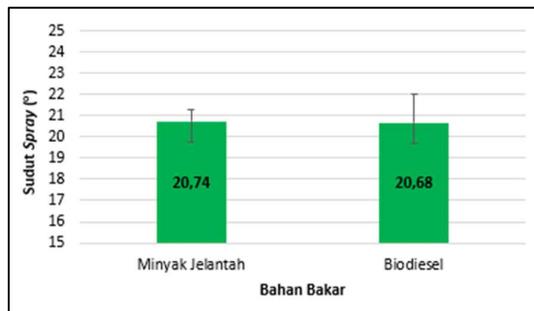
| No                           | Jangkauan <i>Spray</i> (cm) | Sudut <i>Spray</i> (o) |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1                            | 61,3                        | 19,9                   |
| 2                            | 63,5                        | 19,2                   |
| 3                            | 63,6                        | 20,7                   |
| 4                            | 65,1                        | 22,7                   |
| 5                            | 63,0                        | 20,9                   |
| Mean ( $\bar{x}$ )           | 63,3                        | 20,68                  |
| Standar Deviasi ( $\sigma$ ) | 1,365                       | 1,316                  |

#### 4.3. Data Keseluruhan Karakteristik *Spray*

Grafik perbandingan data pengujian karakteristik *spray* menggunakan minyak jelantah dan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Data Keseluruhan Pengujian Jangkauan *Spray*



Gambar 10. Grafik Data Keseluruhan Pengujian Sudut *Spray*

Dari dua grafik di atas dapat dilihat bahwa minyak jelantah memiliki jangkauan *spray* yang lebih panjang daripada biodiesel. Hal ini disebabkan karena minyak jelantah memiliki viskositas yang lebih tinggi daripada biodiesel. Hal tersebut berpengaruh terhadap proses atomisasi, di mana semakin tinggi viskositas maka semakin sulit proses atomisasinya. Sehingga saat minyak jelantah disemprotkan dari *nozzle*, atomisasinya berjalan lebih lambat daripada biodiesel, sehingga jangkauan *spray* nya lebih panjang. Pada pengujian sudut *spray* minyak jelantah menghasilkan sudut *spray*  $0,06^\circ$  lebih lebar daripada biodiesel.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dalam mencari perbedaan karakteristik *spray* minyak jelantah dan biodiesel menggunakan diameter *air-assisted nozzle* 2,5 mm, dapat disimpulkan bahwa minyak jelantah menghasilkan jangkauan *spray* yang lebih panjang daripada biodiesel. Untuk sudut *spray*, minyak jelantah menghasilkan sudut *spray*  $0,06^\circ$  lebih lebar daripada biodiesel. Biodiesel memiliki karakteristik *spray* yang lebih bagus daripada minyak jelantah. Hal ini disebabkan karena proses atomisasi biodiesel berjalan lebih cepat sehingga jangkauan *spray* yang dihasilkan lebih pendek

## Daftar Pustaka

- [1] Firmansyah, M., Qiram, I., & Rubiono, G, (2021), *Pengaruh Variasi Kekasaran Lubang Nozzle Dengan Campuran Bahan Bakar Pertalite dan Spiritus Terhadap Karakteristik Nyala Api*, Jurnal V-Mac, 6(2), 57–61.
- [2] Azis, M. L., Hakim, L., & Ilminafik, N, (2020), *Karakteristik Spray Bahan Bakar Campuran Minyak Diesel Dan Biodiesel Callophyllum Inophyllum*, Jurnal Rotor, 13(1), 27–30.
- [3] Watanawanyoo, P., Mochida, H., Furukawa, T., Nakamura, M., & Hirahara, H, (2012), *Experimental Study on the Spray Characteristics of an Air Assisted Atomizer*

*with Internal Mixing Chamber*, European Journal of Scientific Research, 84(4), 507–521.

- [4] Wang, P., Shi, Y., Zhang, L., & Li, Y, (2019), *Effect of structural parameters on atomization characteristics and dust reduction performance of internal-mixing air-assisted atomizer nozzle*, Process Safety and Environmental Protection, 128, 316–328.
- [5] Gad, H. M., Baraya, E. A., Farag, T. M., & Ibrahim, I. A, (2022), *Effect of geometric parameters on spray characteristics of air assisted pressure swirl atomizer*, Alexandria Engineering Journal, 61(7), 5557–5571.
- [6] Ghurri, A., Parwata, I. M., & Karohika, I. M, (2022), *Karakteristik Semprotan Bahan Bakar Berdensitas Tinggi pada Air-Assisted Atomizer*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin.
- [7] Le Moyne, (2010), *Trends in Atomization Theory*, International Journal of Spray and Combustion Dynamics, 2(1), 49–83.



**Fachrian Rizky Maulana** menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024.

Judul tugas akhir Perbedaan Karakteristik *Spray* Bahan Bakar Minyak Jelantah Dan Biodiesel Menggunakan *Air-Assisted Nozzle* Dan Cerobong Pemanasan Awal



Ainul Ghurri, Ph.D. menyelesaikan studi S1 di Universitas Brawijaya dan S2 di Universitas Indonesia. Pendidikan S3 ditempuh di Chonbuk National University Korea Selatan dan selesai pada tahun 2012. Bidang pendidikan dan riset yang didalami meliputi, pembakaran, mesin pembakaran dalam, *atomization & spray*, mekanika fluida dan komputasi dinamika fluida (CFD)



Dr. I Made Parwata, ST., MT., menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 di ITS. Pendidikan S3 diselesaikan di ITB pada tahun 2012. Bidang riset yang ditekuni adalah bidang tribologi meliputi mekanika kontak, keausan, gesekan, *lubrication* dan *atomization spray*.