

# PENGARUH *INTERNAL MIXED AIR-ASSISTED NOZZLE* TERHADAP ATOMISASI MINYAK JELANTAH DENGAN CEROBONG PEMANAS

Alexander Farell R.B, Ainul Ghurri, I Made Parwata

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

*Air-assisted nozzle beroperasi pada laju aliran rendah dengan pasokan udara tetap dalam tekanan yang bercampur dengan bahan bakar untuk menghasilkan spray dengan. Cerobong pemanas ditambahkan di depan nozzle untuk memberi perlakuan preheating pada spray yang keluar sehingga atomisasi yang dihasilkan lebih optimal. Pada penelitian ini, pengujian menggunakan internal mixed air-assisted nozzle untuk mengetahui perbedaan tingkat atomisasi pada kedua bahan bakar, yaitu minyak jelantah dan biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan tingkat atomisasi pada pengujian internal mixed air-assisted nozzle, yaitu kenaikan sebesar 2% ketika menguji biodiesel dibandingkan minyak jelantah.*

*Kata kunci: Pemanasan awal, Air-assisted atomizer, Nosel, Karakteristik spray, Atomisasi*

## Abstract

*Air-assisted nozzle operates on low flow rate with a constant pressured air supply mixed with fuels to produce a spray with certain characteristics, namely fuel atomization, spray length, and its angle. A heating funnel is added in front of the nozzle to give a preheating treatment to the spray that shoot through the funnel in result of a more optimized atomization. In this research, the experiment used an internal mixed air-assisted nozzle to discover the difference of atomization rate of both fuels, which are biodiesel and waste cooking oil. The result showed the difference of atomization rate on internal mixed air-assisted nozzle test, which is an increase of 2% while using biodiesel in compared to waste cooking oil.*

*Keywords: Preheat treatment, Air-assisted atomizer, Nozzle, Spray characteristic, Atomization*

## 1. Pendahuluan

Zaman globalisasi saat ini menyaksikan pesatnya perkembangan teknologi setiap tahunnya. Pertumbuhan jumlah penduduk dan revolusi industri menuntut manusia untuk mengelola Sumber Daya Alam (SDA) yang tersedia. Namun, pasokan SDA, terutama bahan bakar fosil, terus menurun seiring dengan meningkatnya konsumsi manusia. Kekhawatiran ini memicu pencarian sumber energi alternatif yang bersih dan ramah lingkungan.

Salah satu solusi alternatif dalam mengatasi masalah ini adalah penggunaan biofuel, dengan biodiesel sebagai salah satu jenisnya, atau minyak jelantah yang dihasilkan dari penggunaan minyak kelapa sawit yang sudah tidak terpakai [1]. Namun, isu utama *biofuel* adalah sulitnya pembakaran karena tingginya viskositas bahan bakar tersebut dibandingkan bahan bakar komersil lainnya sehingga dibutuhkan atomizer yang cocok dan desain burner yang sesuai untuk mencapai efisiensi pembakaran yang ideal.

Pada penelitian ini, *internal mixed air-assisted nozzle* digunakan untuk mencari perbedaan tingkat atomisasi antara kedua bahan bakar, yaitu biodiesel dan minyak jelantah. Batasan penelitian ditetapkan

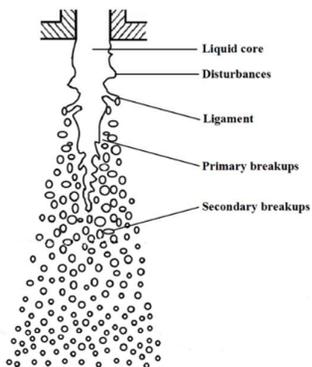
untuk membatasi lingkup dalam penelitian ini yang meliputi:

1. Bahan bakar minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan *random sampling*.
2. Properti dari minyak jelantah mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Maneerung (2016) [2].
3. *Air Fuel Ratio* (AFR) dihitung berdasarkan pengukuran *flowmeter* udara dan bahan bakar sebelum masuk ke *nozzle*.

## 2. Dasar Teori

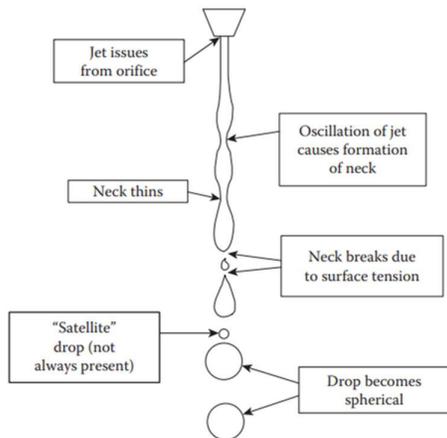
### 2.1. Atomisasi

Atomisasi adalah proses di mana cairan terpecah menjadi tetesan-tetesan kecil karena gaya internal dan eksternal yang mempengaruhi tegangan permukaan. Proses ini dimulai dengan cairan yang keluar dari *nozzle* dalam bentuk lembaran (*sheet*), lalu terpecah menjadi ikatan (*ligament*), dan akhirnya menjadi butiran (*droplet*) [3].



**Gambar 1. Proses Atomisasi**

Namun, *droplet* yang dihasilkan dalam proses awal disintegrasi tidak stabil dan mengalami disrupsi lebih lanjut menjadi *droplet* yang lebih kecil. Proses pemecahan ini dipengaruhi oleh geometri internal atomizer dan sifat fisik cairan itu sendiri. Cairan dalam jumlah besar diubah menjadi lembaran cair sebelum proses atomisasi di banyak *nozzle* semprotan. Lembaran cair yang keluar dari *nozzle* dapat mengalami osilasi tertentu, yang mengakibatkan pembentukan ligamen cair. Ligamen kemudian dipisahkan menjadi tetesan-tetesan kecil, membentuk semprotan. Ukuran *droplet* cairan berbanding searah dengan ketebalan lembaran, sehingga semakin tipis lembaran yang dikeluarkan, semakin kecil ukuran tetesan cairannya. Jet cairan dapat memecah menjadi *droplet-droplet* kecil ketika terkena gangguan internal maupun eksternal, seperti fluktuasi tekanan, kecepatan, atau properti cairan. Osilasi *droplet* dapat terjadi ketika *droplet* terpapar pada aliran eksternal atau gaya eksternal selama proses atomisasi.



**Gambar 1. Proses Disintegrasi Jet Menjadi Droplet**

## 2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Atomisasi

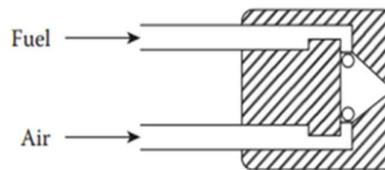
Kinerja *atomizer* jenis apapun sangat bergantung pada ukuran dan geometri dari alat dan sifat fisik dari fase terdispersi itu sendiri, yakni cairan yang akan diatomisasi dan fase kontinu

yang adalah medium gas tempat *droplet* akan tersebar. Pada *plain orifice nozzle* dan *air-blast jet spray* biasa, parameter yang terpenting untuk proses atomisasi adalah diameter *orifice* pelepasan akhir. Sementara pada *air-blast jet spray* tekanan putar dan prafil, dimensi yang paling berpengaruh adalah ketebalan lembaran cairan yang keluar dari alat. Berbagai macam teori dan eksperimen telah mengkonfirmasi bahwa ukuran rata-rata tetesan secara kasar mempunyai korelasi dengan ketebalan lembaran. Jadi, selama faktor-faktor utama lain yang mempengaruhi proses atomisasi tetap konstan, perubahan dalam ukuran *atomizer* akan memengaruhi proses atomisasi. Faktor-faktor tersebut, yaitu:

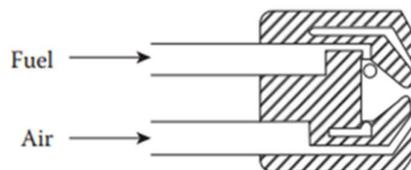
1. Properti cairan (densitas, tegangan permukaan, dan viskositas)[4]
2. Kondisi ambien.
3. Dimensi dan geometri atomizer dengan parameter operasional (tekanan dan laju alir massa cairan dan gas).
4. Parameter operasional (tekanan dan laju aliran massa fluida)

## 2.3. Air-assisted Nozzle

Pada *air-assisted nozzle* beroperasi pada laju aliran rendah dengan pasokan udara tetap dalam tekanan. Namun, tidak ada batasan pada kecepatan udara atau cairan. Pasokan udara disimpan dalam sumber bertekanan, dan dikeluarkan ketika diperlukan dan tidak secara kontinu. Seperti namanya, dalam *air-assisted nozzle*, udara hanya dipasok ketika diperlukan, sedangkan dalam *nozzle airblast*, udara dipasok secara kontinu. *Air-assisted nozzle* mempunyai dua konfigurasi, yaitu konfigurasi internal dan eksternal. Dalam konfigurasi pencampuran internal, gas dan cairan dicampur di dalam *nozzle* terlebih dahulu sebelum dikeluarkan melalui *orifice*. Cairan terkadang disuplai melalui slot tangensial agar terbentuk pola kerucut pada *spray*. Namun, sudut *spray* maksimum dibatasi sekitar 60°. Pada konfigurasi pencampuran eksternal, gas berkecepatan tinggi menimpa cairan di atau di luar *orifice* [5].



**Gambar 2. Internal Mixed Air-Assisted Atomizers**



Gambar 3. *External Mixed Air-Assisted Atomizers*

### 2.4. Karakteristik *Spray*

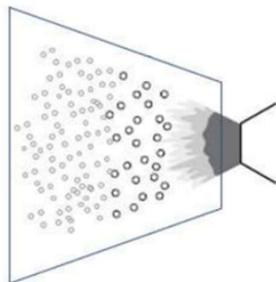
Karakteristik penting pada *spray* bahan bakar cair, meliputi :

1. Panjang *spray*
2. Sudut *spray*
3. Atomisasi bahan bakar (ukuran *droplet*)
4. Tingkat penguapan

Karakteristik diatas akan berkaitan dengan ukuran nyala api pembakaran sesuai desain yang diinginkan dan efisiensi pembakaran yang mampu dicapai oleh *burner* yang didesain.

### 2.5. Cerobong Pemanas *Fuel Spray*

Cerobong pemanas fuel spray yang bisa dilihat pada Gaambar 4, diusulkan pada penelitian ini untuk membantu atomisasi dan penguapan *fuel spray* di ujung *nozzle*. Cerobong tersebut terbuat dari plat besi dan *aluminum plate*. Dengan pemanasan, *droplet* bahan bakar menjadi lebih halus, meningkatkan efisiensi pembakaran. Pemanasan dengan temperatur yang lebih tinggi dapat menghasilkan *droplet* yang lebih halus lagi, sehingga pembakaran lebih mudah dan stabil. Pemanasan cerobong bisa menggunakan pemanas manual atau elektrik, dan api pembakaran akan sekaligus memanaskan cerobong secara kontinu.



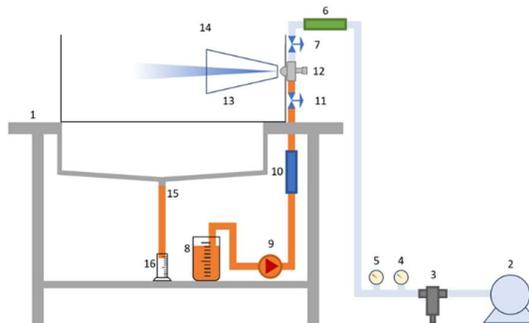
Gambar 4. Cerobong Pemanas *Fuel Spray*

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Skematik Pengujian Atomisasi Bahan Bakar

Prosedur penelitian ini mengikuti skema yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian ini dilakukan pada meja penelitian yang didesain secara khusus untuk pengujian *spray*. Pengujian dimulai dengan menghidupkan kompresor yang menyuplai udara ke *nozzle* melalui katup pengatur udara yang dilengkapi dengan *flowmeter* gas, *pressure gauge*, dan *temperature gauge*. Kemudian, melalui katup pengatur udara kedua sebelum memasuki *nozzle*, dari tangki bahan bakar, bahan bakar dialirkan melalui katup pengatur, kemudian melalui penyaring bahan bakar, setelah itu di dorong dengan pompa bahan bakar melewati *flowmeter liquid* dan katup pengatur kedua sebelum memasuki *nozzle* bahan bakar. Di dalam *nozzle* terjadi interaksi antara udara berkecepatan tinggi dengan bahan bakar berkecepatan rendah sehingga terbentuknya *spray*. *Spray* bahan

bakar akan melewati cerobong pemanas yang dilengkapi dengan pengontrol temperatur. Kemudian, bahan bakar akan ditampung kembali pada tangki bahan bakar melalui pipa yang menghubungkan lubang *sink* dengan tangki bahan bakar dilengkapi dengan katup.



Keterangan:

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Meja Penelitian      | 9. Pompa                       |
| 2. Kompresor            | 10. Flowmeter Liquid           |
| 3. Filter Air Kompresor | 11. Katup Pengatur Bahan Bakar |
| 4. Pressure Gauge       | 12. Nosel                      |
| 5. Temperature Gauge    | 13. Cerobong Pemanas           |
| 6. Flowmeter Gas        | 14. Dome                       |
| 7. Katup Pengatur Udara | 15. Selang Penghubung          |
| 8. Gelas Ukur           | 16. Silinder Ukur              |

Gambar 5. Skematik Pengujian Atomisasi Bahan Bakar

### 3.3. Variabel Bebas

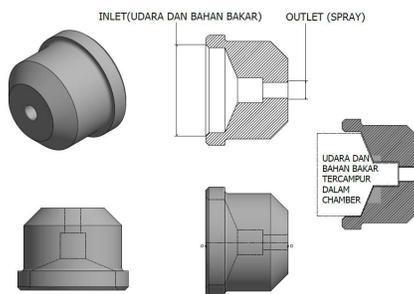
1. Bahan Bakar
  - i. Minyak Jelantah
  - ii. Biodiesel

### 3.4. Variabel Terikat

1. Atomisasi Bahan Bakar

### 3.5. Variabel Kontrol

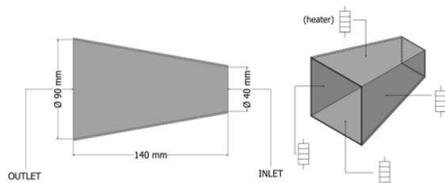
1. *Nozzle* menggunakan *internal mixed air-assisted nozzle*.



Gambar 6. *Internal Mixed Air-Assisted Nozzle*

2. *Air-fuel Ratio* (AFR) dihitung berdasarkan pengukuran *flowmeter* udara dan bahan bakar, yaitu 15:1.
3. Temperatur plat cerobong pemanas 120 °C.
4. Cerobong pemanas model *diffuser* berbentuk limas persegi dengan diameter *inlet* 40 mm, *outlet* 90 mm, panjang 140 mm, dan tebal 0.25 mm, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5.3

dengan daya 60 Watt dan material *aluminum plate*.

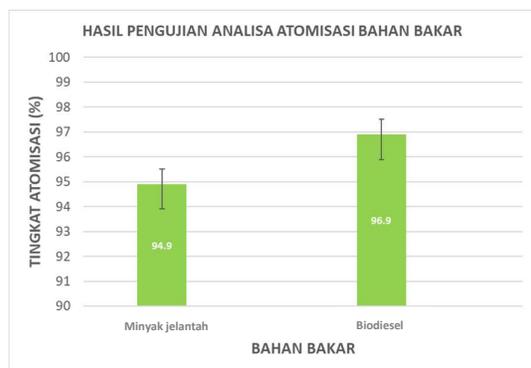


**Gambar 7. Bentuk dan Dimensi Cerobong Pemanas**

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Hasil Pengujian Atomisasi Bahan Bakar

Hasil pengujian atomisasi bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Atomisasi Bahan Bakar**

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada pengujian memakai *internal mixed air-assisted nozzle*, persentase biodiesel cenderung lebih besar dibandingkan minyak jelantah dengan selisih 2%. Ini bisa terjadi karena mentahnya komposisi kimia dan besarnya viskositas yang dipengaruhi oleh tingkat kandungan *FFA* dan gliserol dalam minyak jelantah dibandingkan dengan biodiesel yang sudah teresterifikasi. Kandungan-kandungan inilah yang lebih sulit untuk teratomisasi sehingga mempengaruhi selisih hasil persentase minyak jelantah yang lebih kecil daripada biodiesel.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dalam mencari perbedaan tingkat atomisasi minyak jelantah dan biodiesel pada penggunaan *internal mixed air-assisted nozzle*, dapat disimpulkan bahwa terdapat kenaikan persentase atomisasi sebesar 2% ketika memakai biodiesel dibandingkan dengan minyak jelantah.

#### Daftar Pustaka

- [1] Math, M. C., Kumar, S. P., & Chetty, S. V. (2010). *Technologies for Biodiesel Production from Used Cooking Oil*
- [2] Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., & Wang, C. H. (2016). *Sustainable Biodiesel*

#### *Production via Transesterification of Waste Cooking Oil by Using CaO Catalysts Prepared from Chicken Manure.*

- [3] Schick, R. J. (1997). *Spray Technology Reference Guide Understanding Drop Size*
- [4] Graco. (1995). *Atomization Concept and Theory.*
- [5] Ashgriz, N. (2011). *Handbook of Atomization and Sprays.*

	<p><b>Alexander Farrel Rubens Budhiarto</b> menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024.</p>
<p>Judul tugas akhir Pengaruh <i>Internal Mixed Air-Assisted Nozzle</i> Terhadap Atomisasi Bahan Bakar dengan Cerobong Pemanas.</p>	

	<p>Ainul Ghurri S.T M.T, Ph.D. menyelesaikan studi S1 di Universitas Brawijaya Malang, dan S2 di Universitas Indonesia. Pendidikan S3 ditempuh di <i>Chonbuk National University</i> Korea Selatan dan selesai pada tahun 2012. Bidang pendidikan dan riset yang didalami meliputi, pembakaran, mesin pembakaran dalam, <i>atomization</i> dan <i>spray</i>, mekanika fluida dan komputasi dinamika fluida (CFD)</p>
---	--

	<p>Dr. I Made Parwata, ST., MT., menyelesaikan pendidikan S3-nya di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2012, pendidikan S2 diselesaikan di ITS Surabaya pada tahun 2002 dan pendidikan tingkat sarjana juga di selesaikan di ITS pada tahun 1994. Bidang riset yang ditekuni hingga saat ini adalah di bidang tribologi meliputi mekanika kontak, keausan, gesekan, <i>lubrication</i> dan <i>atomization spray</i>. Saat ini bertugas sebagai dosen di PS. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana</p>
--	---