

Pengaruh Dimensi Geometris Cerobong Pemanasan Awal Terhadap Atomisasi Bahan Bakar Biodiesel Dengan *Atomizer* Berbasis *Air-Assist*

Zelfa Graha Aqillah, Ainul Ghurri, I Made Parwata

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Minyak dan bahan bakar bio memiliki karakteristik viskositas yang tinggi maka desain burner sangat penting untuk menghasilkan hasil yang sempurna. Penggunaan *air-assisted atomizer* memiliki banyak keunggulan yang diharapkan mampu bekerja untuk membantu atomisasi bahan bakar yang akan dilakukan pada penelitian ini. Cerobong pemanas juga ditambahkan dalam penelitian ini untuk memberikan perlakuan panas sehingga dapat mengatasi viskositas bahan bakar yang tinggi sehingga menghasilkan semprotan dengan atomisasi yang lebih ideal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh dimensi cerobong pemanasan awal terhadap atomisasi bahan bakar dengan *atomizer* berbasis *air-assist*. Pengujian ini dilakukan dengan bahan bakar, biodiesel berbahan dasar minyak jelantah. Pada pengujian, ditemukan bahwa penggunaan *air-assisted atomizer* dengan bantuan cerobong pemanas sangat efisien untuk bahan bakar viskositas tinggi. Pada hasil dari atomisasi sangat baik seiring besarnya dimensi panjang dari cerobong pemanas. Dibuktikan pada penelitian dimana dimensi panjang cerobong pemanas yang memiliki ukuran lebih besar yaitu panjang 14 cm mendapatkan hasil yang lebih baik dibanding dengan cerobong pemanas panjang 12 cm dan 10 cm, dengan hasil atomisasi pada bahan bakar biodiesel sebesar 90,9%

Kata Kunci: Atomisasi, Semprotan, *Air-Assist Atomizer*, Nosel, Pemanasan Awal, Cerobong Pemanas

Abstract

The use of cooking oil produces wastes that we can then reused, that is used as fuels. Oils and biofuels have high viscosity characteristics, and a burner design is very important toward an ideal result. Utilization of an *air-assisted atomizer* with far ad-vantages for spraying fuel, added with heating funnel, could overcome the high viscos-ity of the fuels to produce finer spray with better atomization result. This research focus on analyzing the effect of heating funnel dimensions on fuel atomization with *air-assist* based atomizer. This study used of fuel biodiesel. The research showed that an *air-assisted atomizer* spray with heating funnel is highly efficient for high viscosity fuels. The atomization result is better as the length dimension of the heating funnel increased. This is because longer funnel dimen-sion result in a greater heat absolved by the atomized fuel. It was also proven in the study where the long dimension of the heating funnel which has a larger size, a length of 14 cm, has better results than 12 cm and 10 cm long heating funnel, with atomization on biodiesel fuel of 90.9%

Keywords: Atomization, Spray, *Air-Assist Atomizer*, Nozzle, preheating, Heating funnel

1. Pendahuluan

Banyak limbah dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar, seperti minyak goreng bekas, dan biodiesel dari minyak goreng bekas. Minyak dan bahan bakar ini bisa digunakan langsung atau dengan proses pada burner berbasis *fuel spray*. Namun, viskositas tinggi dan kontaminan dalam bahan bakar ini menimbulkan tantangan. Saat ini isu lingkungan terkait penggunaan kembali minyak atau bahan bakar hidro-karbon berat dan bahan bakar substandar (di bawah standar) untuk penyediaan energi melalui pembakaran merupakan isu yang penting dan relevan untuk dipecahkan[1], maka desain *burner* yang baik diperlukan untuk pembakaran efisien, mengingat pentingnya *biofuel* sebagai alternatif bahan bakar masa depan menggantikan fosil.

Untuk memperoleh pembakaran dengan efisiensi tinggi, diperlukan studi mengenai karakteristik *spray*

[2]. Jenis atomizer yang digunakan dengan penambahan penyemprot berbasis *air-assisted atomizer* yaitu alat penyemprot cairan yang menggunakan udara untuk membantu atomisasi bahan bakar cair sehingga meningkatkan performansi pembakaran[3]. Untuk mengoptimalkan atomisasi diperlukan cerobong *preheating* untuk bahan bakar. Penambahan *preheating* dapat mempengaruhi temperatur udara dan bahan bakar terhadap karakteristik semprotan minyak jelantah[4].

Pada penelitian yang akan dilakukan ini, akan mendesain cerobong pemanas semprotan bahan bakar (*fuel spray*) burner berbasis *air-assisted atomizer* untuk bahan bakar berkualitas rendah yang berviskositas tinggi (minyak goreng bekas, dan biodiesel dari minyak goreng bekas). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh dimensi geometris cerobong pemanasan awal terhadap

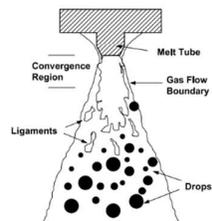
atomisasi bahan bakar dengan *atomizer* berbasis *air-assist*. Batasan penelitian ditetapkan untuk membatasi lingkup dalam penelitian ini yang meliputi:

1. Bahan bakar biodiesel yang digunakan dalam penelitian ini berbahan dasar minyak jelantah yang diproduksi oleh Yayasan Lengis Hijau
2. AFR dihitung berdasarkan pengukuran flowmeter udara dan bahan bakar sebelum masuk ke nosel

2. Dasar Teori

2.1. Atomisasi

Atomisasi adalah proses pemecahan cairan menjadi semburan halus; pengatoman. Atomisasi penyemprotan bahan bakar adalah proses di mana cairan bahan bakar diubah menjadi partikel-partikel kecil yang sangat halus, mirip dengan kabut atau kabut halus. Dalam aplikasi pembakaran, atomisasi bahan bakar adalah langkah kritis karena partikel-partikel bahan bakar yang sangat kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar dan lebih mudah untuk tercampur dengan udara atau oksigen[5]. Ini meningkatkan efisiensi pembakaran dan menghasilkan reaksi kimia yang lebih efektif, yang pada gilirannya menghasilkan energi yang lebih tinggi atau efisiensi yang lebih baik. Seperti pada Gambar 1 contoh proses terbentuknya atomisasi.



Gambar 1. Proses Atomisasi [6]

2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Atomisasi

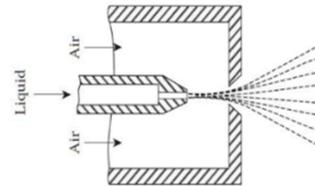
Kinerja setiap jenis nosel tergantung pada ukuran, bentuk, dan propertinya. Parameter penting lainnya adalah efek pada atomisasi dijaga konstan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas atomisasi meliputi:

- Properti cairan: Meliputi densitas, tegangan permukaan, dan viskositas.
- Kondisi udara ambien
- Dimensi dan geometri *atomizer*
- Parameter operasional (tekanan dan laju alir massa cairan dan gas)

2.2. Alat Penyemprot (*Atomizer*)

Alat penyemprot umumnya digunakan untuk menghasilkan semprotan. Pada dasarnya, yang dibutuhkan hanyalah kecepatan relatif yang tinggi antara cairan yang akan diatomisasi dan udara atau gas di sekitarnya. Dari beberapa alat penyemprot dalam penelitian ini menggunakan *Air-Assist Atomizers* dalam jenis nosel ini, cairan terkena aliran udara atau

uap yang mengalir dengan kecepatan tinggi. Dalam konfigurasi pencampuran *internal*, gas dan cairan dicampur di dalam nosel sebelum dikeluarkan melalui lubang keluar, seperti pada Gambar 2 contoh bentuk *nozzle air-assist atomizer*.

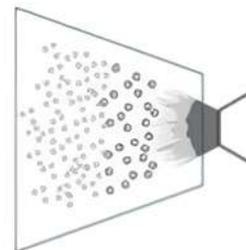


Gambar 2. *Nozzle Air-Assist Atomizer* [7]

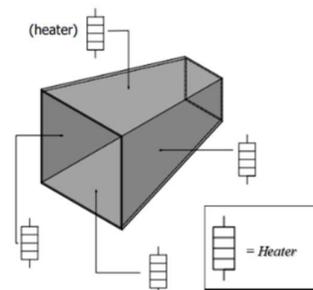
2.5. Cerobong Pemanas *Fuel Spray*

Metode kerja cerobong pemanas bahan bakar yang diusulkan dalam penelitian ini dipasang untuk menutupi semburan bahan bakar sehingga membantu proses pemanasan dan penguapan bahan bakar yang diinjeksikan pada nosel agar berlangsung tetesan yang lebih halus. Cerobong terbuat dari plat aluminium. Berfungsi sebagai jalur injeksi bahan bakar lalu dipanaskan sehingga ketika bahan bakar yang dikabutkan melewatinya menerima energi panas dari cerobong tersebut. Dengan pemanasan ini, diharapkan tetes bahan bakar akan menguap ke luar. Karena itu beberapa tetes akan menguap dan sisanya akan mengecil dalam ukuran tetesan; jadi atomisasi menghasilkan droplet yang lebih halus. Pemanasan ke suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan atomisasi lebih halus, semakin tipis tetesannya produk, proses pembakaran mudah, stabil dan efisiensi tinggi.

Cerobong pemanas *fuel spray* yang diusulkan pada penelitian ini memiliki cara kerja yang dapat dilihat pada Gambar 3 dengan desain pada Gambar 4.



Gambar 3. Cerobong Pemanas *Fuel Spray*



Gambar 4. Desain Cerobong Pemanas *Fuel Spray*

3. Metode Penelitian

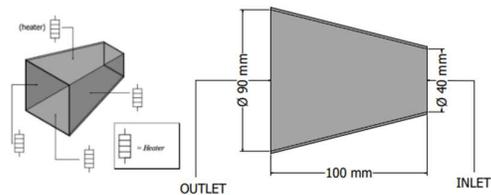
3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yaitu melakukan pengujian secara langsung untuk mendapatkan hasil berupa hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel lainnya, kemudian mem-bandingkan hasil satu dengan hasil yang lainnya sebagai pembanding.

3.2 Variabel Bebas

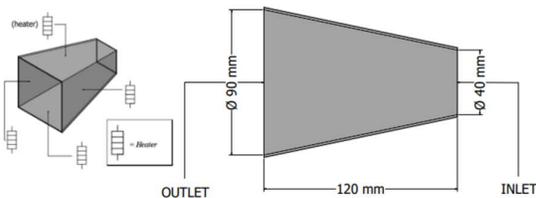
1. Cerobong Pemanas

- i. Cerobong pemanas ukuran panjang 10 cm



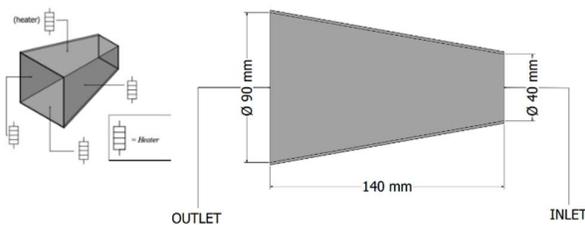
Gambar 5. Cerobong dengan ukuran inlet 40mm outlet 90mm panjang 100mm dengan luas permukaan 536 cm²

- ii. Cerobong pemanas ukuran panjang 12 cm



Gambar 6. Cerobong dengan ukuran inlet 40mm outlet 90mm panjang 120mm dengan luas permukaan 637,36 cm²

- iii. Cerobong pemanas ukuran panjang 14 cm



Gambar 7. Cerobong dengan ukuran inlet 40mm outlet 90mm panjang 140mm dengan luas permukaan 739,52 cm²

2. Bahan bakar biodiesel

3.3. Variabel Terikat

Atomisasi bahan bakar

3.4. Variabel Kontrol

1. Tipe nosel : Nosel tipe *air-assist (internal mix)*
2. Bentuk lubang nosel : Bulat
3. Diameter lubang nosel : 4mm
4. Bentuk cerobong pemanas : *Diffuser* bentuk limas persegi,
5. Temperatur plat besi cerobong pemanas : 120 ± 1 °C

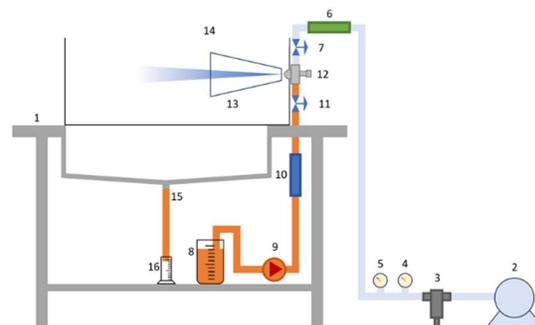
6. *Air-Fuel Ratio (AFR)* : 15:1

7. Dimensi cerobong pemanas :

- i. Diameter 4 cm pada bagian masuk (*Inlet*) dan Diameter 9 cm pada bagian keluar (*Outlet*) dengan Panjang 10 cm dengan dengan luas permukaan 536 cm², dan tebal plat 0.25 mm berbahan plat aluminium.
- ii. Diameter 4 cm pada bagian masuk (*Inlet*) dan Diameter 9 cm pada bagian keluar (*Outlet*) dengan Panjang 12 cm dengan luas permukaan 637,36 cm², dan tebal plat 0.25 mm berbahan plat aluminium.
- iii. Diameter 4 cm pada bagian masuk (*Inlet*) dan Diameter 9 cm pada bagian keluar (*Outlet*) dengan Panjang 14 cm dengan luas permukaan 739,52 cm², dan tebal plat 0.25 mm berbahan plat aluminium.

3.5. Skematik Pengujian Atomisasi Bahan Bakar

Skematik pengujian karakteristik spray ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian dimulai dengan menghidupkan kompresor kemudian membuka katup pengatur udara untuk menyuplai udara ke nosel yang dilengkapi dengan flowmeter gas, pressure gauge, dan temperature gauge. Bahan Bakar dialirkan dari gelas ukur dengan bantuan pompa, sebelum memasuki nosel, bahan bakar melewati flowmeter liquid dan katup pengatur. Di dalam nosel terjadi interaksi antara udara berkecepatan tinggi dengan bahan bakar berkecepatan rendah sehingga terbentuknya spray. Pada pengujian tanpa cerobong pemanas, bahan bakar akan disemprotkan tanpa melewati apapun, sedangkan pada pengujian dengan cerobong pemanas semprotan bahan bakar akan melewati cerobong pemanas terlebih dahulu. Pada penelitian ini, meja penelitian dilengkapi dengan dome tanpa atap. Dome digunakan agar spray tidak dipengaruhi oleh udara lingkungan sekitar. Bahan bakar yang teratomisasi dengan sempurna akan menguap dan terbawa udara sekitar melalui bagian atas dome yang terbuka, sedangkan yang tidak akan jatuh ke westafel atau bak kemudian di tampung pada silinder ukur melalui selang penghubung. Bahan bakar yang tertampung pada silinder ukur akan dicatat volumenya sebagai data. Alat uji akan dibiarkan beroperasi hingga bahan bakar pada silinder ukur berkurang sebanyak 50ml.



Keterangan:

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

Gambar 8. Skematik Pengujian Atomisasi Bahan Bakar

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Bahan Bakar

Pada pengujian ini atomisasi bahan bakar diperoleh dengan melihat tingkat penguapan dari bahan bakar yang terjadi. Tingkat penguapan diperoleh dengan mencari selisih antara volume bahan bakar sebelum diatomisasi dengan volume bahan bakar sesudah diatomisasi. Pengujian ini dilakukan dengan cerobong pemanas beberapa ukuran yaitu panjang 10cm, 12cm dan 14cm menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk mencari rata-rata dan standar deviasi bahan bakar yang teratomisasi.

4.1.1. Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Bahan Bakar Dengan Cerobong Pemanas 10 cm.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Biodiesel Dengan Cerobong Pemanas 10 cm

No	Volume Bahan Bakar Sebelum diatomisasi (ml)	Volume Bahan Bakar Sesudah diatomisasi (ml)	Volume Bahan Bakar Yang Teratomisasi dengan Sempurna (ml)	Tingkat Atomisasi Bahan Bakar (%)
1	50	5,2	44,8	89,6
2	50	5,4	44,6	89,2
3	50	5,6	44,4	88,8
Mean (\bar{x})				89,2
Standar Deviasi (σ)				0,400

4.1.2. Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Bahan Bakar Dengan Cerobong Pemanas 12 cm.

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Biodiesel Dengan Cerobong Pemanas 12 cm

No	Volume Bahan Bakar Sebelum diatomisasi (ml)	Volume Bahan Bakar Sesudah diatomisasi (ml)	Volume Bahan Bakar Yang Teratomisasi dengan Sempurna (ml)	Tingkat Atomisasi Bahan Bakar (%)
1	50	4,8	45,2	90,4
2	50	5	45	90
3	50	4,6	45,4	90,8
Mean (\bar{x})				90,04
Standar Deviasi (σ)				0,400

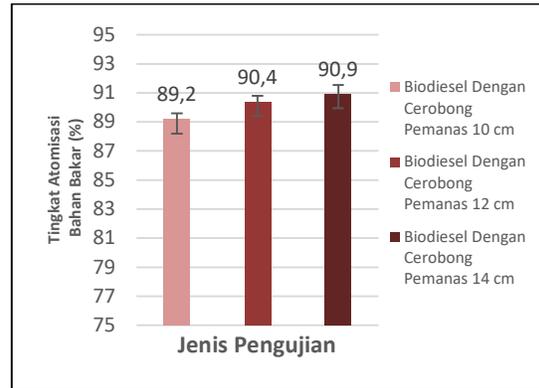
4.1.3. Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Bahan Bakar Dengan Cerobong Pemanas 14 cm.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Biodiesel Dengan Cerobong Pemanas 14 cm

No	Volume Bahan Bakar Sebelum diatomisasi (ml)	Volume Bahan Bakar Sesudah diatomisasi (ml)	Volume Bahan Bakar Yang Teratomisasi dengan Sempurna (ml)	Tingkat Atomisasi Bahan Bakar (%)
1	50	4,2	45,8	91,6
2	50	4,8	45,2	90,4
3	50	4,6	45,4	90,8
Mean (\bar{x})				90,9
Standar Deviasi (σ)				0,611

4.2. Hasil Pengujian Atomisasi Bahan Bakar

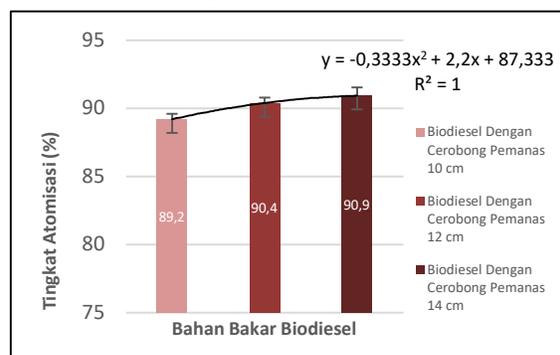
Hasil pengujian atomisasi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Data Keseluruhan Hasil Pengujian Analisa Atomisasi Bahan Bakar

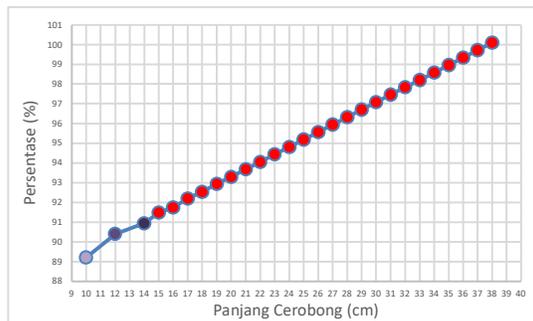
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa panjang cerobong pemanasan memiliki pengaruh terhadap setiap atomisasi bahan bakar. Dimana pada setiap panjang memiliki peningkatan atomisasi disetiap pengujian. Dalam grafik pada gambar 13 dapat dilihat kenaikan terhadap bahan bakar biodiesel yang disebabkan karena semakin panjang cerobong pemanas semakin besar ruang pemanasan sehingga bahan bakar mendapatkan pemanasan yang lebih maksimal pada cerobong yang memiliki panjang dimensi yang besar. Kenaikan grafik menunjukkan keberhasilan dalam pengatomisasian.

Pada pengujian bahan bakar biodiesel menggunakan cerobong pemanas panjang 10cm memiliki tingkat atomisasi sebesar 89,2% dengan menggunakan cerobong pemanas panjang 12cm diperoleh 90,4% dengan menggunakan cerobong pemanas panjang 14cm diperoleh 90,9%. Dapat disimpulkan setiap kenaikan panjang cerobong sebesar 2cm kenaikan persentase atomisasi diperoleh 0,8% dari rata-rata setiap kenaikan. Dengan penggunaan cerobong pemanas yang memiliki dimensi panjang lebih besar didapatkan hasil yang sempurna pada pengujian atomisasi ini.



Gambar 10 Trendline Hasil Pengujian Atomisasi Bahan Bakar Biodiesel

Dari Gambar 10 juga kita bisa membuat prediksi dari hasil atomisasi sebagai titik (ys) dan panjang cerobong sebagai titik (xs) yang dimana sebagai formula pada program Microsoft excel sehingga dengan rumus ($=TREND(known_ys; [known_xs]; [new_xs]; [const])$) bisa mendapatkan prediksi dalam setiap bertambahnya panjang cerobong pemanas, dengan memilih tabel hasil atomisasi menjadi $[known_ys]$ dan panjang cerobong menjadi $[known_xs]$ dan kita mencari panjang cerobong yang akan mendapatkan hasil atomisasi sebesar 100% dengan menambah tabel panjang cerobong yang akan dicari menjadi $[new_xs]$ dan untuk $[const]$ pilih label *TRUE* pada program excel dan akan keluar nilai prediksinya secara otomatis dalam program Microsoft excel. Berikut grafik prediksinya.



Gambar 11 Prediksi Atomisasi Biodiesel Sempurna

Pada Gambar 11 dapat dilihat prediksi panjang yang mendapatkan hasil atomisasi maksimal yaitu diangka 100% dengan panjang cerobong sekitar 38cm dengan selisih 1cm pada setiap kepanjangan berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya dengan nilai error kurang dari 1.

Dari hasil prediksi bahan bakar pada biodiesel untuk hasil atomisasi 100% dengan panjang 38cm hanya mengacu pada panjang dimensi cerobong saja, namun berbagai cara bisa mendapatkan hasil maksimal atomisasi seperti perbesar suhu plat cerobong pemanas dengan besaran lebih dari 120°C dengan menambah elemen pemanasnya atau mengubah elemen pemanas pada penelitian ini yang memiliki hasil yang lebih dari 120°C atau dengan daya lebih besar. Dapat juga dengan mengubah bentuk dari cerobong yang berawal diffuser limas persegi menjadi cone atau kerucut dengan ukuran dimensi yang dibuat lebih compact atau lebih baik.

5. Kesimpulan

Hasil penelitian atomisasi bahan bakar menggunakan minyak jelantah dan biodiesel, dapat disimpulkan hasil atomisasi semakin baik seiring dengan bertambah panjangnya dimensi cerobong pemanas, dengan hasil atomisasi yang lebih baik pada cerobong pemanas dengan panjang 14 cm. Didapatkan titik maksimal dalam prediksi atomisasi diperoleh 100% jika panjang cerobong untuk bahan bakar biodiesel sepanjang 38cm.

Daftar Pustaka

- [1]. Zhao, X., Gu, B., Gao, F., & Chen, S. (2020). *Matching Model Of Energy Supply And Demand Of The Integrated Energy System In Coastal Areas*. Journal of Coastal Research, 983-989.
- [2]. Gad, H., Ibrahim, I., Abdel-baky, M., El-samed, A. A., & Farag, T. 2018. *Experimental Study Of Diesel Fuel Atomization Performance Of Air Blast*. Experimental Thermal and Fluid Science, 99, 211-218.
- [3]. Zarembo, M., Weiß, L., Malý, M., Wensing, M., & Jedelský, J. 2017. *Low-Pressure Twin-Fluid Atomization: Effect Of Mixing Process On Spray Formation*. International Journal of Multiphase Flow, 89, 277-289.
- [4]. Urbán, A., Malý, M., Józsa, V., & Jedelský, J. 2019. *Effect of liquid preheating on high-velocity airblast atomization: From water to crude rapeseed oil*. Experimental Thermal and Fluid Science, 102, 137-151. doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2018.11.006 [diakses tanggal 7 Juni 2023]
- [5]. Williams, A. 1990. *Combustion Of Liquid Fuel Sprays*. Butterworths
- [6]. G.S.E. Antipas. 2006 *Modelling of the break up mechanism in gas atomization of liquid metals. Part I: The surface wave formation model*. doi.org/10.1016/j.commatsci.2005.03.009 [diakses tanggal 6 Oktober 2023]
- [7]. Dr. Olusegun Adefonabi Adefuye, Benneth Ifenna Okoli. 2017. *Design and Performance Evaluation of an Air-Blast-Atomizer*
- [8]. Ghurri, A., Anak Agung Adhi, S., & Bangun Tua, S. 2015. *Pengaruh Jumlah Lilitan Pipa Sebagai Pemanasan Awal Pada Kompur Pembakar Jenazah*. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin, 14.

	<p>Zelfa Graha Aqillah menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024.</p>
<p>Judul tugas akhir Pengaruh Dimensi Geometris Cerobong Pemanasan Awal Terhadap Atomisasi Bahan Bakar Biodiesel Dengan Atomizer Berbasis Air-Assist</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 Chonbuk National University Korea Selatan dan selesai pada tahun 2012. Bidang pendidikan dan riset yang didalami meliputi, pembakaran, mesin pembakaran dalam, <i>atomization & spray</i>, mekanika fluida dan komputasi dinamika fluida (CFD)</p>
---	--

	<p>Dr. I Made Parwata, ST., MT., menyelesaikan pendidikan S3nya 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, lubrication dan atomization spray. Saat ini bertugas sebagai dosen di PS. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana</p>
---	--