

PERANAN VARIASI *PERFORATED PLATE BURNER* PADA PEMBAKARAN *PREMIXED* MINYAK KELAPA MURNI TERHADAP KARAKTERISTIK NYALA API

Agil Aristyanto

Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia
e-mail : agil-aristyanto@student.umaha.ac.id

ABSTRAK

Terdapat berbagai macam metode untuk menentukan dan mengukur besarnya kecepatan pembakaran laminer salah satunya menggunakan metode *bunsen burner* dengan penambahan *perforated plate* untuk mendapatkan pembakaran api yang efektif, singkat dan nyala api lebih stabil. Utamanya untuk merespon regulasi emisi gas hasil pembakaran. Selain masalah emisi gas, masalah keterbatasan bahan bakar fosil juga menjadi masalah yang penting. Kebutuhan bahan bakar minyak akan bertambah seiring meningkatnya pembangunan. Hingga saat ini banyak dikembangkan bahan bakar alternative dari minyak nabati yang mengandung gliserol dan asam lemak (Wirawan, Wardana, Soenoko, & Wahyudi, 2014). Penelitian ini menggunakan uap minyak kelapa yang dicampur dengan udara pada *perforated plate burner* untuk menghasilkan nyala api *premixed*. Variasi AFR yang digunakan adalah 6,7; 9,6; 11,9; 13,7; 15,4; 16,8; 18,9 dan 19,4 untuk menghasilkan *equivalence ratio* yang bervariasi. Untuk variasi *perforated plate* adalah 7, 9 dan 11. Hasil dari penelitian ini adalah banyaknya jumlah *perforated plate* mempengaruhi pada bentuk nyala api pada pembakaran *premixed* lebih transparan, jernih dan nyala api nampak seperti kelopak bunga. Pada campuran miskin (*equivalence ratio* < 1) dengan pengaruh banyaknya jumlah *perforated plate* kecepatan pembakaran api lebih tinggi, sehingga temperatur yang dihasilkan jadi meningkat daripada jumlah *perforated plate* sedikit, namun pada tinggi nyala api semakin rendah dengan jumlah *perforated plate* lebih banyak.

Kata kunci : *Equivalence ratio*, kecepatan pembakaran, minyak kelapa, pembakaran *premixed*, *perforated plate*

PENDAHULUAN

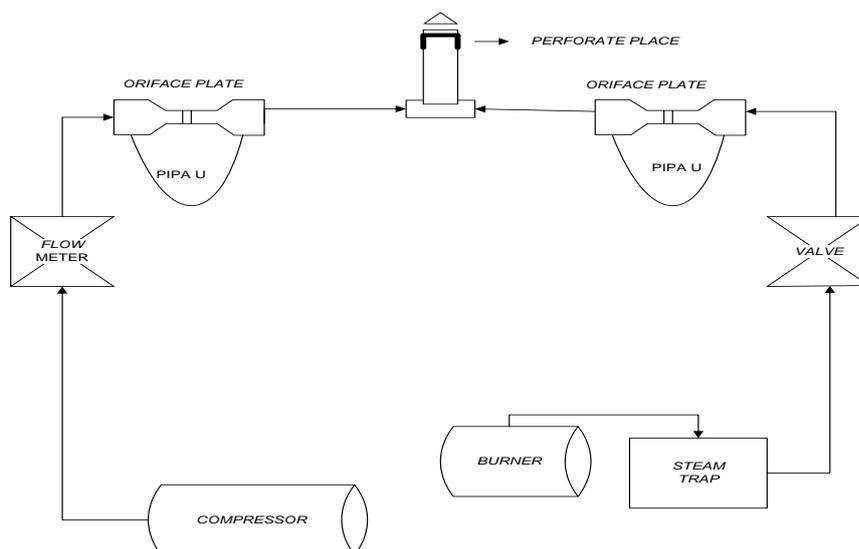
Keanekaragaman sumber daya energi dimiliki oleh negara kita. Sumber daya energi berupa minyak, gas, batubara, panas bumi, air dan sebagainya digunakan dalam berbagai aktivitas pembangunan. Permasalahan yang terjadi di Indonesia saat ini yaitu produksi bahan bakar tidak dapat mengimbangi besar konsumsinya, sehingga Indonesia melakukan impor minyak untuk memenuhi kebutuhan energi setiap harinya.

Banyak peneliti bahan bakar telah melakukan penelitian dengan bahan bakar alternatif yang menggunakan minyak nabati. Terdapat berbagai macam minyak nabati yang dapat dikembangkan dan diteliti sebagai bahan bakar alternatif. Bahan bakar fosil yang selama ini digunakan umumnya merupakan proses pembakaran *premixed*, dimana bahan bakar dan udara dicampur dalam satu *chamber*. Selain pembakaran *premixed*, ada juga pembakaran *non premixed* yaitu bahan bakar dan udara tidak dicampur dalam satu *chamber* atau sendiri sendiri (Lewis & von Elbe, 1943). Berbagai penelitian pun telah dilakukan dengan maksud untuk lebih memahami tentang fenomena-fenomena yang terjadi dalam proses pembakaran yang juga berhubungan dengan kecepatan

reaktan, kecepatan pembakaran laminer, tinggi nyala api dan temperaturnya. Terdapat berbagai macam metode untuk menentukan dan mengukur besarnya kecepatan pembakaran laminer salah satunya menggunakan metode *bunsen burner* dengan penambahan *perforated plate* (Baananto, Yulianti, & Hamidi, 2018).

Perforated Plate sendiri merupakan sebuah lempeng logam yang memiliki celah atau lubang yang telah ditentukan sebelumnya (Kedia & Ghoniem, 2012). Pada pengujian – pengujian sebelumnya *Perforated plate* terbukti meningkatkan performa dikarenakan karakteristik yang aerodinamis serta efektifitasnya dalam memasukkan serta mendistribusikan panas secara merata pada suatu proses pembakaran (Mwesigye, Bello-Ochende, & Meyer, 2014). Disamping itu *perforated plate* juga membantu membentuk stabilitas nyala api dimana hal ini dikarenakan *perforated plate* melambatkan laju aliran bahan bakar dan udara sebelum terbakar.

Hal ini yang menjadi acuan dasar untuk melakukan penelitian dengan membandingkan stabilitas nyala api minyak kelapa dengan penggunaan 3 macam variasi jumlah lubang *perforated plate*, sehingga akan diketahui perbedaan kecepatan reaktan, kecepatan,



Gambar 1. Skema instalasi alat pengambilan data

pembakaran laminar, tinggi nyala api, temperatur, dan bentuk nyala api dari hasil ketiga variasi *perforate plate* yang akan di teliti.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental nyata dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data yang secara langsung digunakan ke obyek yang akan diteliti. Obyek tersebut akan diambil datanya pada tahapan-tahapan tertentu yang akan menghasilkan beberapa data yang bisa dibandingkan dan akan menunjukkan suatu pola perbandingan tertentu yang bisa dikaitkan. Hasil dari kumpulan data tersebut disajikan baik dalam bentuk grafik maupun uraian. Dengan cara ini akan diuji pengaruh rasio ekuivalen terhadap bentuk nyala api, kecepatan pembakaran, tinggi nyala api dan temperatur nyala api premix. Penelitian menggunakan peralatan yang ditunjukkan secara skematik pada gambar 1.

Burner digunakan untuk menguapkan minyak kelapa dengan suhu uap konstan pada 350°C. Minyak dari proses penguapan dialirkan menuju *orifice* yang akan menimbulkan perbedaan tekanan dengan Δh menunjukkan 1mm. Uap yang telah melewati *orifice plate* akan menuju ke *burner* yang telah dilengkapi dengan *perforate plate* kemudian uap dibakar tanpa variasi udara hingga difusi. Kemudian udara dialirkan dari *compressor* menuju ke *orifice* dengan memvariasikan Δh hingga nyala api padam. *Perforated plate* dirancang dengan tiga variasi yaitu 7, 9, dan 11 lubang dengan diameter tiap lubang 1mm. Data gambar diperoleh dari proses pengujian pembakaran dengan merekam video nyala api dari nyala api difusi hingga nyala api padam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan bakar yang digunakan yaitu minyak kelapa murni yang dipanaskan hingga temperatur 350°C. Spesifikasi bahan bakar sebagai berikut.

- Density ρ (350°C, 3bar) : 0,00035 gr/cm³
- AFR_{stoic} minyak kelapa : 12,36

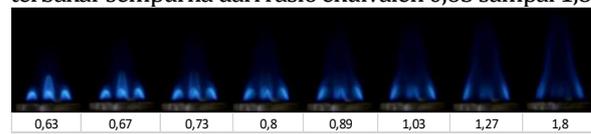
Perhitungan air fuel ratio dan rasio ekuivalen

$$AFR = \frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_{fuel}} \quad (1)$$

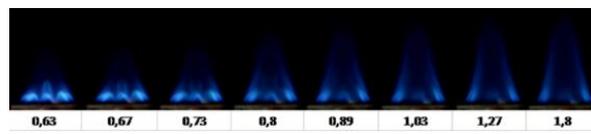
$$\phi = \frac{AFR_{stoic}}{AFR_{act}} \quad (2)$$

Hubungan ratio ekuivalen terhadap bentuk nyala api

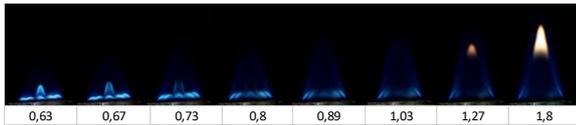
Bentuk nyala api minyak kelapa pada pembakaran *premixed* pada *perforated plate* 7, 9, dan 11 dalam berbagai rasio ekuivalen ditampilkan dalam gambar 2, 3 dan 4. Nyala api minyak kelapa murni terbakar sempurna dari rasio ekuivalen 0,63 sampai 1,8.



Gambar 2 Hubungan rasio ekuivalen terhadap bentuk nyala api *perforated plate* 7



Gambar 3 Hubungan rasio ekuivalen terhadap bentuk nyala api *perforated plate* 9



Gambar 4 Hubungan rasio ekuivalen terhadap bentuk nyala api *perforated plate* 11

Fenomena ini terjadi pertama semakin banyak jumlah *perforated* semakin besar laju aliran udara dan bahan bakar bereaksi dengan oksigen disekitar permukaan burner sehingga pembakaran *premixed* lebih cepat dan sempurna.

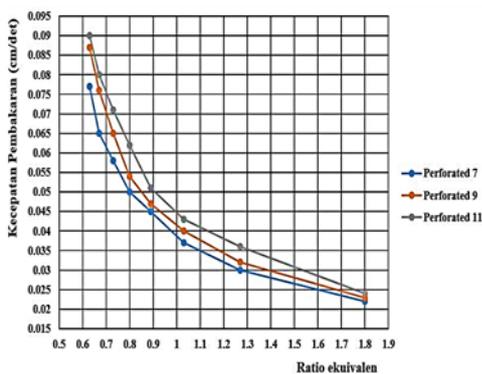
Hubungan ratio ekuivalen terhadap kecepatan pembakaran (S_L)

$$V_u = \frac{Q_{fuel} + Q_{air}}{A_b} \tag{3}$$

$$S_L = V_u \cdot \sin \alpha \tag{4}$$



Gambar 5 Contoh pengambilan sudut *perforated plate* 7

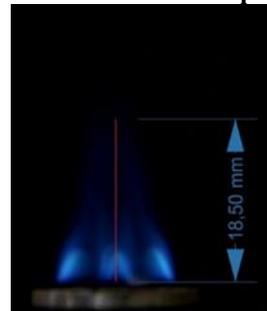


Gambar 6 Grafik hubungan rasio ekuivalen terhadap kecepatan pembakaran laminar pada variasi *perforated plate*

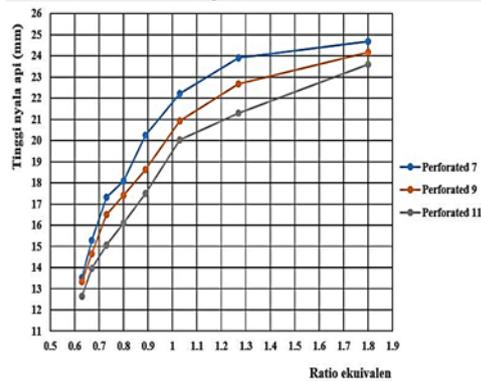
Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan rasio ekuivalen terhadap kecepatan pembakaran laminar minyak kelapa pada *perforated plate* 7, 9, 11. Menunjukkan kecepatan pembakaran yang tertinggi pada *perforated* 11 kemudian turun secara berurutan pada *perforated* 9 dan 7. Fenomena ini terjadi pertama karena pengaruh dari banyaknya jumlah lubang *perforated plate* yang mempengaruhi debit aliran campuran bahan bakar dengan udara dan campuran yang tidak bereaksi dengan sempurna karna terhambat dari lubang keluaran *perforated plate* seakan terjadinya aliran turbulen di dalam burner, hal ini juga mempengaruhi sudut nyala api

pada saat rasio ekuivalen meningkat ataupun menurun. api terbakar dengan nyala api biru pucat pada kerucut luar dilihat sebagai *outercone* yang dihasilkan ketika gas tidak teroksidasi dengan sempurna oleh udara, dan nyala api *innercone* dilihat sebagai kerucut bagian dalam yang kecil. Kedua disebabkan oleh kandungan asam *lauric* dan *myristic* pada minyak kelapa yang berkisar 31,43% dan 12,21% (table 2.1 dan 2.3). Asam lauric (CH₃(CH₂)₁₀COOH) dan asam myristic (CH₃(CH₂)₁₂COOH) adalah termasuk jenis asam lemak yang jenuh, yang artinya tidak terdapat ikatan ganda pada rantai karbon penyusunnya. Ikatan tunggal pada rantai asam lemak lebih sulit terbakar dibandingkan asam lemak dengan ikatan ganda pada rantai penyusunnya (Perdana, Wardana, Yuliati, & Hamidi, 2018). Sehingga minyak kelapa butuh udara yang banyak untuk mencapai api stokiometri, hal ini ditunjukkan pada grafik yang puncaknya ada pada campuran miskin (udara berlebih) lalu terus menurun seiring campuran semakin kaya bahan bakar.

Hubungan ratio ekuivalen terhadap tinggi nyala api



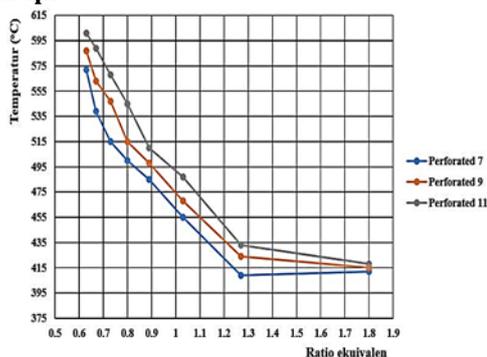
Gambar 7 Contoh pengambilan tinggi api *perforated plate* 7



Gambar 8 Grafik hubungan rasio ekuivalen terhadap tinggi nyala api pada variasi *perforated plate* Pada gambar 8 menunjukkan grafik perbedaan rasio ekuivalen terhadap tinggi nyala api minyak kelapa pada *perforated* (7, 9, 11). Terlihat bahwa tinggi nyala api mempunyai perbedaan pada saat rasio ekuivalen meningkat, tinggi nyala api pada *perforated plate* 7 menunjukkan 13,52 mm, 13,33 mm *perforated plate* 9 dan 12,64 pada *perforated plate* 11 dengan rasio ekuivalen 0,63. Pada rasio ekuivalen 1,8 tinggi nyala api 23,69 mm *perforated plate* 7, 24,17 mm *perforated plate* 9 dan 24,52 mm *perforated plate* 11. Meningkatkan rasio ekuivalen menyebabkan tinggi nyala api semakin naik,

tinggi nyala api setiap *perforated* bervariasi. Fenomena ini pertama menunjukkan banyaknya lubang *perforated plate* yang mempengaruhi kecepatan reaktan antara uap bahan bakar dengan udara ditambah adanya O_2 disekitar *burner* akan mempercepat proses reaksi didaerah *inner cone* sehingga pembarnya berlangsung cepat dan reaktif, mengakibatkan tinggi nyala api rendah, sehingga akan mempengaruhi tinggi nyala kerucut luar berkurang.

Hubungan ratio ekuivalen terhadap temperatur nyala api



Gambar 9 Grafik Hubungan rasio ekuivalen terhadap temperatur nyala api variasi perforated plate

Pada gambar 9 menunjukkan variasi perforated plate 7, 9 dan 11 pada grafik rasio ekuivalen terhadap temperatur nyala api minyak kelapa. Peningkatan rasio ekuivalen menyebabkan temperatur nyala api trendnya semakin menurun dari semua variasi perforated plate. Hal ini terlihat bahwa temperatur nyala api minyak kelapa mulai turun dari 572 OC perforated plate 7, 587 OC perforated 9 plate dan 601 OC perforated plate 11 pada rasio ekuivalen 0,63. Rasio ekuivalen 1,8 secara berurutan mengalami kenaikan temperatur nyala api minyak kelapa 412 OC perforated 7 plate, 415 OC perforated plate 9, dan 418 OC perforated plate 11. Perbedaan jumlah lubang dari perforated plate yang mempengaruhi debit aliran campuran bahan bakar dengan udara dan campuran yang tidak bereaksi dengan sempurna karna terhambat dari lubang keluaran perforated plate seakan terjadi aliran turbulen di dalam burner, penyebab penurunan temperatur pada tiap perforated plate terjadi adanya produk pembakaran menghasilkan H_2O , karena pembakaran berlangsung secara terus menerus maka panas yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh H_2O . Semakin tinggi kecepatan pembakaran semakin tinggi temperatur yang dihasilkan hal ini pembakaran berlangsung cepat dan singkat. Rasio ekuivalen yang kecil akan selalu memberikan efisiensi pembakaran tertinggi karena ini suhu maksimum dan rata-rata akan juga meningkat, yang berarti pada campuran miskin temperatur nyala api minyak kelapa pada ketiga perforated plate mempunyai perbedaan temperatur dan akan turun saat meningkatnya rasio ekuivalen, dan pada campuran kaya temperatur nyala api minyak kelapa perforated plate (7,

9, 11) tebilang mempunyai temperatur api minimum yang berbeda pada rasio ekuivalen 1,8.

PENUTUP

Pengaruh dari banyaknya lubang perforated yang mempengaruhi debit aliran campuran bahan bakar dengan udara dan campuran yang tidak bereaksi dengan sempurna karna terhambat dari lubang keluaran *perforated* seakan terjadinya aliran turbulen di dalam burner, tiap pembakaran pada masing-masing perforated menghasilkan jumlah CO dan H_2O yang berbeda, karena kelebihan jumlah oksigen dari CO dan H_2O karakteristik api pada *perforated burner* mempunyai perbedaan dari mulai kecepatan pembakaran laminar, bentuk nyala api, tinggi nyala api, dan temperatur api. Pada saat rasio ekuivalen yang sama *perforated 11* yang mempunyai karakteristik api terbaik. Bisa kita lihat pada *perforated 11* kecepatan pembakaran tertinggi di 0,09cm/dt, untuk tinggi nyala api terbilang rendah di 12,64mm tetapi temperatur mencapai 601°C, untuk perforated 9 kecepatan pembakaran tertinggi di 0,087cm/dt, tinggi nyala api di 13,33mm lebih tinggi dari perforated 11 tetapi temperatur mencapai 587°C lebih rendah dari perforated 11 dan pada perforated 7 kecepatan pembakaran tertinggi di 0,077cm/dt paling rendah dari ketiga perforated, tinggi nyala api di 13,52mm yang paling tinggi perforated 11 dan 9, tetapi temperaturnya hanya mencapai 572°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Secara khusus saya mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Bapak Dony Perdana, ST. MT yang telah bersedia meluangkan waktu guna memberikan bimbingan dan sumbangan pikiran untuk menyelesaikan penelitian ini.

Saya menyadari bahwa terselesaikannya penelitian ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang sangat bermanfaat, oleh karena itu saya juga mengucapkan terima kasih kepada para Team Combution di laboratorium teknik mesin Universitas Maarif Hasyim Latif yang telah membantu dan memberikan informasi dalam menyelesaikan penelitian ini. Serta semua pihak yang ikut serta dalam membantu proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, Y. N. (2016). *ALIRAN TAK TUNAK FLUIDA NANO MAGNETOHIDRODINAMIK (MHD) YANG MELEWATI BOLA*.
- Afifah, Y. N. (2019). (2019). Analysis of Unsteady Magneto Hydro Dynamic (MHD) Nano Fluid Flow Past A Sliced Sphere Analysis of Unsteady Magneto Hydro Dynamic (MHD) Nano Fluid Flow Past A Sliced Sphere. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494, 012033. <https://doi.org/10.1088/1757->

899X/494/1/012033

- Afifah, Y. N., & Putra, B. C. (2018). Model Matematika Aliran Tak Tunak Pada Nano Fluid Melewati Bola Teriris Dengan Pengaruh Medan Magnet. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 2(2), 119–124.
- Baananto, F., Yulianti, L., & Hamidi, N. (2018). Studi Numerik Pembakaran Butana (C₄H₁₀) dalam Meso Scale Combustor dengan Perforated Plate. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2), 69–74. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.02.1>
- Kedia, K. S., & Ghoniem, A. F. (2012). Mechanisms of stabilization and blowoff of a premixed flame downstream of a heat-conducting perforated plate. *Combustion and Flame*. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2011.10.014>
- Lewis, B., & von Elbe, G. (1943). Stability and Structure of Burner Flames. *The Journal of Chemical Physics*. <https://doi.org/10.1063/1.1723808>
- Mwesigye, A., Bello-Ochende, T., & Meyer, J. P. (2014). Heat transfer and thermodynamic performance of a parabolic trough receiver with centrally placed perforated plate inserts. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.037>
- Perdana, D., Wardana, I. N. G., Yuliaty, L., & Hamidi, N. (2018). The role of fatty acid structure in various pure vegetable oils on flame characteristics and stability behavior for industrial furnace. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144243>
- Putra, B. C., & Afifah, Y. N. (2018). Gaussian Mixture Model Untuk Penghitungan Tingkat. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 2, 53–58.
- Wirawan, I. K. G., Wardana, I. N. G., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2014). Premixed Combustion of Kapok (*ceiba pentandra*) seed oil on Perforated Burner. 3(July), 91–97. <https://doi.org/10.14710/ijred.3.2.91-97>
- Yunita Nur Afifah, MNH Qomarudin, & Imamatul Ummah. (2020). Optimal Control Model Pemanenan Prey-Predator di Area Konservasi Ikan. *Buana Matematika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v10i1.2410>