JMIO, 2021, 2(2), 21-26
ISSN 2721-8651

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH DIAMETER NOZZLE TERHADAP PEMBAKARAN BAHAN BAKAR

Experimental Study of The Effect of Nozzle Diameter on Fuel Combustion

Arif Setyo Nugroho[1] , Aris Teguh Rahayu[1], Novan Andreas Rubiandana[2]
1Program Studi Teknik Mesin- STTWarga Surakarta
JL Raya Solo Baki Km 2 Sukoharjo – Surakarta
2 Teknik Elektronika – STTWarga Surakarta
Jl. Raya Solo Baki Km 2 Sukoharjo – Surakarta
Penulis Korespondensi email: arifsn@sttw.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh diameter lubang nozzle dan jenis bahan bakar terhadap kualitas nyala api dan lama waktu pemanasan 1 liter air. Bahan bakar yang digunakan dalam pengujian adalah limbah cair yaitu minyak jelantah dan oli bekas. Minyak jelantah yang dihasilkan dari bekas penggorengan belum dimanfaatkan dan hanya dibuang sehingga dapat merusak lingkungan. Begitu pula oli bekas terutama dari penggunaan untuk motor bakar dan industri belum dimanfaatkan secara maksimum, dari hal tersebut diatas maka limbah minyak jelantah dan oli bekas digunakan sebagai bahan bakar. Hasil penelitian menunjukan bahwa kualitas nyala api tergantung dari diameter nozzle dan laju aliran bahan bakar dari limbah cair tersebut. Bahan bakar minyak jelantah dan oli bekas dinaikan temperaturnya dengan pemanasan dahulu sebelum digunakan sebagai bahan bakar, karena sifatnya yang sulit dibakar. Untuk mendidihkan 1 liter air diperlukan waktu sebesar 3,27 dengan bahan bakar minyak jelantah menggunakan nozzle 7 mm dan waktu pendidihan 1 liter air 3,21 menit menggunakan nozzle 7 mm berbahan bakar oli bekas. Dengan sifat nyala api berwarna orange, bahan bakar oli memiliki sifat menghasilkan asap agak tebal dan berwarna keruh dibandingkan dengan minyak jelantah. Air yang diubah uap memiliki tekanan yang berfungsi membesarkan nyala api dan mengurangi asap tebal karena air mengandung unsur oksigen dan hidrogen. Oksigen dan hidrogen yang terkandung dalam uap air tersebut menambah kualitas nyala api yaitu api menjadi lebih besar dan api menjadi lebih cerah.

Kata kunci: Kualitas api, nozzle, minyak jelantah, oli bekas, uap air.

ABSTRACT

This study aims to determine how the diameter of the nozzle hole and the type of fuel affect the quality of the flame and the heating time of 1 liter of water. The fuel used in the test is liquid waste, namely used cooking oil and used oil. The used cooking oil produced from the former frying pan has not been used and is only thrown away so that it can damage the environment. Likewise, used oil, especially from use for combustion engines and industry, has not been used to its full potential, from the above, waste cooking oil and used oil are used as fuel. The results showed that the quality of the flame depends on the diameter of the nozzle and the flow rate of fuel from the liquid waste. Used cooking oil and used oil are heated by heating before being used as fuel, because they are difficult to burn. To boil 1 liter of water it takes 3.27 minutes with used cooking oil fuel using a 7 mm nozzle and a boiling time of 1 liter of water 3.21 minutes using a 7 mm nozzle with used oil fuel. With the nature of the orange flame, fuel oil has the property of producing a rather thick and cloudy smoke compared to used cooking oil. Water converted to steam has a pressure that serves to increase the flame and reduce thick smoke because water contains elements of oxygen and hydrogen. The oxygen and hydrogen contained in the water vapor add to the quality of the flame, namely the fire becomes bigger and the fire becomes brighter.

Keywords : Fire quality, nozzle, cooking oil, waste oil, steam.

Received: 03 December 2021 Revised: 14 December 2021 Accepted: 14 December 2021

JMIO, 2021, 2(2), 21-26
ISSN 2721-8651

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk yang meningkat, diikuti pula peningkatan jumlah industri. Peningkatan jumlah industri untuk mencukupi kebutuhan manusia. Tetapi beberapa permasalahan yaitu meningkatnya penggunaan energi fosil dan permasalahan limbah atau sampah meningkat (Nugroho, 2020b). Peningkatan limbah atau sampah tentunya diakibatkan oleh tingkat konsumsi manusia dan industri yang mendukung kebutuhan manusia (Setyo Nugroho, 2020). Limbah cairan yang berbentuk minyak dan belum dimanfaatkan secara maksimal salah satunya adalah limbah industi makanan bernama minyak jelantah dan limbah oli di dunia otomotif maupun industri umum.

Minyak yang berasal dari fosil mulai berkurang jumlahnya, juga berdampak pada kebutuhan manusia tentang pemenuhan bahan bakar terutama minyak untuk memasak. Solusi yang dikembangkan adalah penggunaan bahan bakar LPG. Tentunya distribusi dan penggunaan pasti ada kendala. Tetapi belum menjawab mengenai pengolahan limbah, pengolahan limbah yang dimaksud adalah pengolahan limbah untuk menghasilkan bahan bakar yang bermanfaat bagi manusia dan pengurangan limbah yang dapat menghasilkan polusi dan pencemaran lingkungan. Pencemaran tanah yang berasal dari tumpahan oli sangat berbahaya. Beberapa ilmuawan telah melakukan berbagai penelitian penggunaan bahan bakar limbah antara lain oli bekas dan minyak jelantah untuk bahan bakar kendaraan maupun untuk kompor. Minyak jelantah berasal dari sisa industri makanan, bila terus digunakan akan mengakibatkan penyakit dan tidak baik bagi kesehatan manusia. Polimerisasi asam lemak dapat menghasilkan senyawa peroksida yang bersifat toksis bagi sel tubuh manusia, bila minyak goreng tersubut digunakan untuk menggoreng secara terus menerus atau sering disebut minyak jelantah. Perubahan warna minyak goreng menjadi gelap dan terkadang bau adalah salah satu ciri bila minyak goreng tersebut sudah tidak layak untuk menggoreng makanan.

Dunia industri dan otomotive sedikit banyak menyumbang limbah cair yang berupa oli (Hidayat & Basyirun, 2020). Oli merupakan sisa dari produk-produk minyak bumi yang lain. Beberapa produk sisa adalah minyak bakar residu, minyak bakar untuk diesel, *road oil, spray oil, coke, asphalt* (Amad Amri, Hamri, Kusno, Muhammad Syahrir, 2014). Jenis oli bekas yaitu oli bekas industri (*light industrial oil*) dan oli hitam (*black oil*). Oli yang berasal dari pelumasan otomotif biasanya berwarna hitam (Hidayat. dkk, 2020) (Pratama. dkk., 2020). Oli bekas belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat, terkadang hanya dibuang begitu saja atau hanya dibakar yang dapat menghasilkan polusi udara dan bau yang menyengat. Terkadang hanya diambil praktisnya saja, padahal bisa dimanfaatkan untuk bahan bakar, tetapi saat ini masih sedikit teknologi yang memanfaatkan oli untuk bahan bakar, sedikitnya kompor (*burner*) yang berbahan bakar oli bekas. Pemanfaatan oli bekas yang belum maksimal dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, semakin lama semakin parah karena oli tidak bisa terurai menjadi tanah atau cairan yang mampu untuk hidup mahkluk hidup, bila limbah oli tersebut bisa mengotori tanah, dan air. Oli bila tumpah di tanah akan mempengaruhi kualitas tanah dan air tanah, bila hal tersebut terjadi maka akan berbahaya bagi lingkungan. Berbahanya bila oli sampai tumpah ketanah maka dapat menyebabkan tanah kehilangan unsur hara, tanah menjadi rusak dan mengakibatkan ekosistem terganggu (Muslimah, 2017). Oli merupakan hasil penyulingan minyak bumi, oli memiliki sifat mampu bakar dengan nilai kalor 50,455 kJ/kg. Tetapi kelemahan oli bekas bila dibakar sulit terbakar. Walau demikian oli bekas dapat dimanfaatkan lagi penggunaanya. Untuk pemanfaatan lebih, oli bekas harus di lakukan perlakuan khusus, agar pemanfaatan bisa maksimal. Perlakuan khusus tersebut dengan cara penambahan zat atau dengan cara pembakaran dan ditambahi bahan bakar yang mampu cepat terbakar. Untuk memperbesar api dan mengurangi asap yang terbentuk dari pembakaran di hembuskan uap air yang berasal dari pembakaran air (H_2O), semakin besar uap yang di hembuskan ke api akan menghasilkan api dalam pembakaran akan semakin tinggi (Siagian. dkk., 2018).

Salah satu hasil penyulingan minyak bumi adalah oli, sehingga minyak bumi dan oli hampir memiliki sifat yang sama yaitu sebagai bahan bakar. Tetapi walaupun oli bisa menjadi bahan bakar sama dengan minyak bumi tetapi oli sulit langsung terbakar, dan oli bila menjadi bahan bakar tidak bisa mencapai pembakaran yang sempurna seperti bensin maupun solar. Oli tidak bisa langsung terbakar maka oli tersebut sulit dikabutkan seperti bahan bakar pada motor bakar. Oli bekas adalah oli yang sudah pernah digunakan untuk pelumasan mesin, maka oli tersebut sudah tidak layak digunakan lagi. Kandungan logam yang terkandung dalam oli bekas antara lain : alumunium (Al), tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn) dan mangan (Mn) (Hidayat, dkk, 2020). Penggunaan oli bekas adalah langsung dibakar dengan perlakuan kusus, perlakuan kusus tersebut adalah dengan

JMIO, 2021, 2(2), 21-26
ISSN 2721-8651

beberapa cara, cara membakar oli bekas dengan cara 1. Oli bekas dinaikan temperaturnya mendekati titik nyala bakar. 2. Untuk meningggikan temperatur oli, dengan cara mencampur oli dengan cairan mudah terbakar, kemudian campuran tersebut dibakar sehingga ketika temperatur campuran naik oli juga ikut terbakar. Oli bekas bersifat lebih cair dan memiliki viskositas 10,58 cts, memiliki nilai kalor 482.220 J/s, struktur kimia dari oli adalah $C_{18}H_{38}$. Viscositas oli adalah nilai kekentalan yang dimiliki yang berfungsi untuk melumasi dan melindungi permukaan logam ketika bergesekan dengan logam lain.

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah digunakan beberapa kali penggorengan, berwarna keruh tidak bening dan terkadang bau. Rumus kimia minyak jelantah adalah (Tamrin, 2013).

$CH_2 – O – OC – (CH_2)_{14} – CH_3$ (1)
|
$CH – O – OC – CH = CH – (CH_2)_{14} – CH_3$ (2) ….[1]
|
$CH_2 – O – OC – C\ C – (CH_2)_{14} – CH_3$ (3)

Titik didih minyak jelantah sebesar 180 °C (Tamrin, 2013). Titik nyala minyak jelantah sebesar 240°C, densitas minyak jelantah sebesar 0.898 Kg/L, nilai kalor sebesar 9197,29 cal/gram. Minyak jelantah yang berasal dari minyak goreng sawit memiliki kandungan sebagai berikut (Adhari dkk., 2016) :

Tabel 1 Komposisi minyak jelantah

Kriteria	Satuan	nilai
Asam palminat	wt %	21.47
Asam Stearat	wt %	13
Asam Oleat	wt %	28.64
Asam Linoleat	wt %	13.58
Asam Linoleneat	wt %	1.59
Asam Miristat	wt %	3.21
Asam laurat	wt %	1.1
Lain-lain	wt %	9.34

Air memiliki rumus kimia H_2O, yang artinya satu molekul air tersusun atas satu atom oksigen yang mengikat dua atom hidrogen. Air bersih pada tekanan 100 Kpa (0,99 atm) temperatur didih $100^{O}C$. Air dipanaskan di dalam bejana akan cepat mendidih dibandingkan di panaskan pada bejana terbuka. Air mendidih akan menaikan tekanan dan uap yang dihasilkan adalah uap jenuh (J. Firmansyah, 2018). Bila air yang mendidih menghasilkan tekanan dan dialirkan ke *nozzle* akan menghasilkan tekanan uap, adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{………………………………[2]}$$

Dimana :
P = Tekanan uap melalui *nozzle* satuannya N/m^2 atau pascal.
F = Gaya dari fluida satuannya N
A = Luas penampang lubang *nozzle* (m^2).

Laju aliran fluida didefinisikan sebagai banyaknya jumlah fluida (kg) persatuan waktu dalam detik (s).

Rumus laju fluida adalah

$$\dot{m}=\rho.Q=\rho.V.A \quad \text{………..……………….. [3]}$$

Dimana :
$\dot{m}$ = Laju aliran fluida kg/s
ρ = Massa jenis satuannya kg/m^3
V = kecepatan satuanya m/s
A = Luas permukaan m^2.

Nozzle adalah alat yang memiliki lubang berdiameter yang mempunyai fungsi untuk jalan keluar fluida bertekanan dan mengarahkan keluarnya uap bertekanan. Nozzle memiliki jenis, jenis *nozzle* adalah sebagai berikut : 1. *Nozzle* jenis konvergen memiliki ciri berdiameter lubang besar kemudian mengecil diameter lubang keluarnya. 2. *Nozzle* jenis divergen dari lubang kecil ke lubang berdiameter besar diujung keluarnya. 3. *Nozzle* jenis *de laval* (*nozzle* jenis convergen-divergen) memiliki ciri ada bagian yang convergen kemudian diikuti bagian yang divergen. Tekanan di *nozzle* maksimal maka aliran uap mencapai kecepatan tertinggi pada titik diameter lubang terkecil. Bila pada proses pengabutan uap air dalam ruang bakar dapat berfungsi normal bila lubang *nozzle* tanpa hambatan (Ahmad Puji Nugroho dkk., 2018). Konstruksi *nozzle* sangat berpengaruh terhadap pencampuran bahan bakar dan udara dalam pembakaran. Kualitas api dipengaruhi oleh diameter lubang *nozzle* dan kharakteristik nyala api dipengaruji oleh kekasaran lubang *nozzle* walaupun pengaruhnya sangat kecil (M. Firmansyah dkk., 2021). Nyala api dipengaruhi proses atomisasi bahan bakar. Proses atomisasi dipengaruhi oleh tekanan dalam *nozzle* (Rozaqi, 2019).

Fase gas dari air (H_2O) adalah uap air, uap air diperoleh dari proses pemanasan sampai mencapai temeperatur titik didih dibawah tekanan tertentu (Siagian .dkk., 2018) . Uap air memiliki sifat yang khas yaitu tidak berwarna dan pada saat uap panas lanjut tidak terlihat wujudnya.

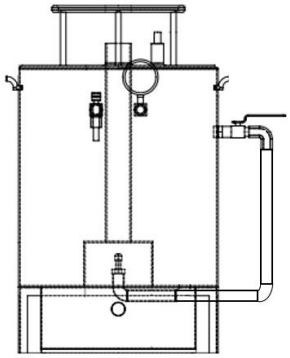
METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah oli bekas , minyak jelantah, dan air.

JMIO, 2021, 2(2), 21-26
ISSN 2721-8651

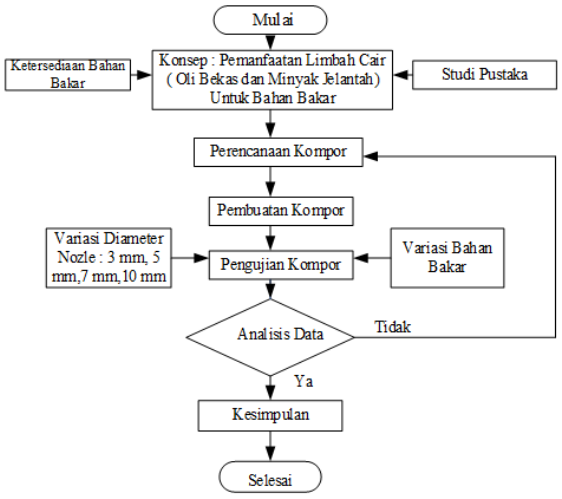
Kompor yang digunakan adalah kompor bertekanan, dengan pemanasan di luar. Tekanan berasal dari air yang dipanaskan menjadi uap jenuh. Untuk pengujian diperlukan alat ukur seperti *thermoreader* dan thermokople untuk mengetahui temperatur, gelas ukur untuk mengukur takaran bahan bakar dan air, stop watch untuk mengetahui waktu.

Pengujian dengan membandingkan minyak jelantah dan limbah oli yang berasal dari oli bekas digunakan pelumasan motor 4 tak. Desain kompor terdiri ruang bakar dan penguapan air, ruang penguapan dilengkapi dengan pipa yang yang terhubung di ruang bakar. Pipa tersebut dipasangi nozzle untuk mengeluarkan uap, uap dikontrol dengan kran pengatur. Untuk lebih efektif bahan bakar baik minyak jelantah maupun oli bekas atau limbah oli dipanasi dahulu sampai siap dibakar.



Gambar 1 Kompor pengujian bahan bakar

Pemanasan bahan bakar di ruang bawah kompor yang bentuk silinder tinggi 300 mm dan diameter 200 mm. variasi *nozzle* adalah 3 mm. 5 mm, 7 mm dan 10 mm. *Nozzle* terbuat dari besi. Bagian atas berisi air yang dipanaskan yang diharapkan menghasilkan uap kering dan dimanfaatkan untuk menambah besar api yang menyala dari bahan bakar jelantah maupun dari oli bekas. Pemanasan oli ditambahkan dengan bahan yang mudah terbakar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakter nyala api setiap variasi bahan bakar jelantah maupun oli bekas dan variasi nozzle setiap pengujian. Pengujian juga untuk mengetahui lama pendidihan air 1 liter. Arah aliran penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Aliran penelitian yang dilakukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas nyala api terbaik dan lama pendidihan air 1 liter. Pemanasan bahan bakar dengan menambahkan cairan yang mudah terbakar kemudian lama kelamaan setelah minyak jelantah maupun oli bekas akan terbakar, tetapi yang lebih mudah terbakar adalah minyak jelantah. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Karakter api

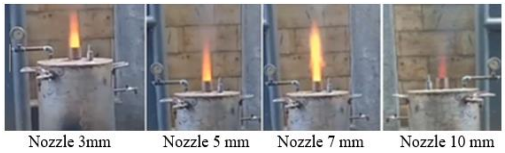
	Diameter *nozzle*			
	3	5	7	10
Minyak jelantah	Tinggi api 7 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tipis	Tinggi api 12 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tipis	Tinggi api 15 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tipis	Tinggi api 5 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tipis
Oli bekas	Tinggi api 8 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tebal	Tinggi api 14 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tebal	Tinggi api 14 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tebal	Tinggi api 8 cm, api berwarna oranye kemerahan berjelaga tebal

Tabel 1 menjelaskan mengenai sifat dan karakter api dari pengujian berbahan bakar minyak jelantah dan oli bekas dengan variasi nozzle. Kualitas nyala api dan bersihnya warna api dipengaruhi oleh air yang diubah uap, laju aliran fluida berpengaruh terhadap besar kecilnya api (Syahrir et al., 2018). Warna api yang menyala dipengaruhi oleh besar kecilnya fluida yang masuk dalam ruang bakar kompor (Riansyah, 2019).

Air yang dirubah menjadi uap memiliki tekanan yang berfungsi membesarkan nyala api dan mengurangi asap tebal karena air mengandung unsur oksigen dan hidrogen. Oksigen dan hidrogen yang terkandung dalam uap air tersebut menambah kualitas nyala api yaitu api menjadi

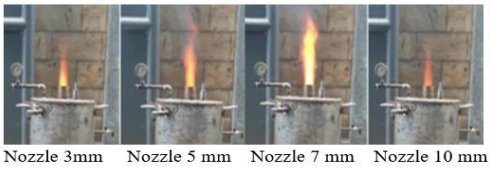
JMIO, 2021, 2(2), 21-26
ISSN 2721-8651

lebih besar dan api menjadi lebih cerah. Nyala api didefinisikan sebagai batas persediaan reaktan dari sisi bahan yang diperlakukan membentuk api (Sabitah dkk., 2020).



Gambar 3. Bentuk nyala api bahan bakar minyak jelantah.

Gambar 3 adalah gambar bentuk nyala api dari berbagai variasi *nozzle* dengan bahan bakar minyak jelantah. Keterangan kualitas nyala api terlihat di table 1.

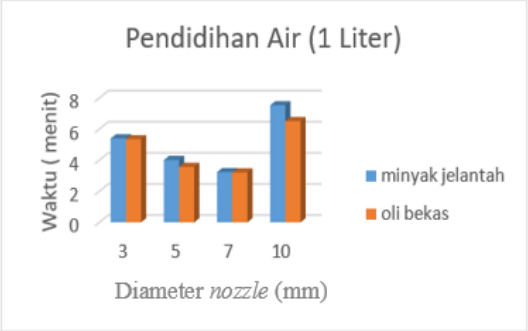


Gambar 4. Bentuk nyala api bahan bakar oli bekas.

Gambar 4 adalah gambar bentuk nyala api dari berbagai variasi *nozzle* dengan bahan bakar minyak oli bekas. Keterangan kualitas nyala api terlihat di table 1.

Suplai fluida untuk pembakaran dipengaruhi oleh diameter *nozzle* saluran fluida bahan bakar ke ruang bakar (Syahrir dkk., 2018). Perbedaan karakter api dari bahan bakar minyak jelantah dan oli bekas disebabkan karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut. Nilai kalor minyak jelantah adalah 9197,29 kal/gram dan oli bekas memiliki nilai kalor 10 684 kal/gram (Amad Amri, dkk, 2014). Jelaga yang lebih tebal dihasilkan dari bahan bakar oli bekas dikarenakan oli bekas adalah berasal dari minyak bumi, dan minyak jelantah berasal dari biomassa. Kualitas api dipengaruhi oleh diameter nozzle, laju aliran fluida dan tekanan fluida (Syahrir dkk., 2018). *Air Fuel Ratio* (AFR) berpengaruh terhadap api yang dihasilkan ketika proses pembakaran (Perdana et al., 2018).

Semakin besar uap yang dihembuskan ke api dalam pembakaran di ruang bakar akan menghasilkan panas semakin tinggi. Semakin tinggi tekanan uap mengakibatkan tinggi api yang menyala semakin besar dan tinggi, bila tekanan uap air yang dihembuskan ke api yang menyala bertekanan rendah maka berpengaruh terhadap ketinggian api dan besarnya api. Kadar air yang bertemperatur rendah dapat menghambat kecepatan pembakaran karena uap air memiliki viskositas molekul yang lebih tinggi, sehingga api akan mengecil atau bahkan mati (Sari dkk, 2015). Pengujian pendidihan air 1 liter menghasilkan hasil sebagai berikut :



Gambar 5 Lama waktu Pendidihan

Gambar 5 adalah gambar lama waktu pendidihan air 1 liter dengan berbagaimacam variasi *nozzle* dan bahan bakar minyak jelantah maupun oli bekas. Hasil pengujian adalah dengan menggunakan *nozzle* berdiameter 3 mm berbahan bakar minyak jelantah untuk mendidihkan air 1 liter membutuhkan waktu 5,4 menit dan bahan bakar oli bekas membutuhkan air sebanyak 5,35 menit. *Nozzle* berdiameter 5 mm berbahan bakar minyak jelantah untuk mendidihkan air 1 liter membutuhkan waktu 4,01 menit dan bahan bakar oli bekas membutuhkan air sebanyak 3,57 menit. *nozzle* berdiameter 7 mm berbahan bakar minyak jelantah untuk mendidihkan air 1 liter membutuhkan waktu 5,4 menit dan bahan bakar oli bekas membutuhkan air sebanyak 5,35 menit. *Nozzle* berdiameter 10 mm berbahan bakar minyak jelantah untuk mendidihkan air 1 liter membutuhkan waktu 7,53 menit dan bahan bakar oli bekas membutuhkan air sebanyak 6,51 menit.

SIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukan bahwa pemanfaatan limbah cair yaitu minyak jelantah dan oli bekas dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar.
2. Kualitas nyala api tergantung dari diameter *nozzle* dan bahan bakar. Bahan bakar minyak jelantah dan oli bekas harus dipanaskan dahulu sebelum dibakar, karena sifatnya yang sulit dibakar.
3. Untuk mendidihkan 1 liter air diperlukan waktu sebesar 3,27 dengan bahan bakar minyak jelantah menggunakan nozzle 7 mm dan waktu pendidihan 1 liter air 3,21 menit menggunakan *nozzle* 7 mm berbahan bakar oli bekas. Dengan sifat nyala api orange dan keduanya menghasilkan asap.

JMIO, 2021, 2(2), 21-26
ISSN 2721-8651

Asap yang dihasilkan oleh bahan bakar oli lebih tebal dibandingkan bahan bakar minyak jelantah.

4. Air yang diubah uap memiliki tekanan yang berfungsi membesarkan nyala api dan mengurangi asap tebal karena air mengandung unsur oksigen dan hidrogen. Oksigen dan hidrogen yang terkandung dalam uap air tersebut menambah kualitas nyala api yaitu api menjadi lebih besar dan api menjadi lebih cerah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada LPPM STTWarga Surakarta, Program Penelitian Lokal dapat dilaksanakan dengan pendanaan dari STTWarga Surakarta tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

Adhari, H., Yusnimar, & Utami, S. P. (2016). Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi Dan Jumlah Katalis. *JomFTEKNIK*, *3*(2).

Ahmad Puji Nugroho, Darjono, & Okvita Wahyuni. (2018). Pengaruh Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Kualitas Pembakaran Pada Mesin Induk Di Mt. Bauhinia. *Dinamika Bahari*, *9*(1), 2204 – 2217. https://doi.org/10.46484/db.v9i1.88

Amad Amri, Hamri, Kusno, Muhammad Syahrir, F. H. (2014). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Alternatif Bahan Bakar Kompor Bertekanan. *Universitas Muslim Indonesia*, 1–8.

Firmansyah, J. (2018). Eksplanasi Ilmiah Air Mendidih Dalam Suhu Ruang. *Jurnal Filsafat Indonesia*, *1*(2), 75 https://doi.org/10.23887./jfi.v1i2.13993

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), 57–60.

Hidayat, A. R., & Basyirun, B. (2020). Pengaruh Jenis Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Kompor Pengecoran Logam Terhadap Waktu Konsumsi dan Suhu Maksimal pada Pembakaran. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, *5*(2), 103–108. https://doi.org/10.21831/dinamika.v5i2.34802

Muslimah. (2017). Dampak Pencemaran Tanah Dan Langkah Pencegahan. *Jurnal Penelitian Agrisamudra*, *2*(1), 11–20. https://doi.org/10.33059/jpas.v2i1.224

Nugroho, A. S. (2020). Pengolahan Limbah Plastik LDPE dan PP Untuk Bahan Bakar Dengan Cara Pirolisis. *Jurnal Litbang Sukowati*, *4*(1), 91–100.

Nugroho, A. S. (2020b). Tembaga-SiO dan Gasohol E10 Untuk Mengurangi Emisi CO Gas Buang Kendaraan. *TRAKSI: Majalah Ilmiah Teknik Mesin*, *20*(1), 59–71.

Perdana, D., Gunawan, E., & PS, B. (2018). Perilaku dan Kestabilan Nyala Api Pada Pembakaran Premixed Minyak Biji Kapas terhadap variasi Air Fuel Ratio. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri XIII*, 239–246.

Pratama, A., Basyirun, B., Atmojo, Y. W., Ramadhan, G. W., & Hidayat, A. R. (2020). Rancang Bangun Kompor (Burner) Berbahan Bakar Oli Bekas. *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, *19*(2), 95. https://doi.org/10.20961/mekanika.v19i2.42378

Riansyah, D. (2019). Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio (AFR) Pada Gasifier Terhadap Kuantitas Nyala Api Syn Gas Pada Gasifikasi Biomassa Cangkang Sawit. *JTM*, *07*(02), 37–42.

Rozaqi, M. F. (2019). Pengaruh Variasi Diameter Lubang Nozzle Terhadap Dimensi Droplet, Sudut Spray, Jarak Spray, Dan Bentuk Nyala Api bahan Bakar Minyak Biji Kapuk. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, *2*, 17–24.

Sabitah, A., Sulhan, M., Indriyanto, R., & Syarief, A. (2020). Pengaruh Suplai Udara Terhadap Karakteristik Bentuk Dan Temperatur Nyala Api Dari Uap Premium. *Info-Teknik*, *21*(1), 15. https://doi.org/10.20527/infotek.v21i1.8960

Sari, H. N., & Kawano, D. S. (2015). Studi Eksperimen Pengaruh Penambahan Gas Hho Terhadap Distribusi Temperatur Api Pada Kompor Tekan (Blow-Torch Burner) Berbahan Bakar Kerosene+Oli Bekas. *Reaktom : Rekayasa Keteknikan Dan Optimasi*, *1*(2), 978–979. https://doi.org/reaktom.v1i2.55

Siagian, D. P., Widodo, A. S., & U.D, F. G. (2018). *Pengaruh Kadar uap Air Terhadap Kecepatan Api Laminer Dengan bahan Bakar Metana*. Universitas Brawijaya.

Syahrir, M., Hamri, & Habib, F. (2018). Analisis Pengaruh Diameter Nozzle Terhadap Kualitas Semprotan Pada Burner. *Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia*.

Tamrin. (2013). Gasifikasi Minyak Jelantah Pada Kompor Bertekanan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, *2*(2), 115–122.