

Karakteristik Nyala Api Dan Air Fuel Ratio Minyak Nabati Terhadap Pembakaran *Premixed*

Bagus Wahyu Pratama¹⁾, Gatot Soebaktiyo²⁾, Dadang Hermawan³⁾
Universitas Widyagama Malang, Jl. Borobudur No 35, Mojolangu, Kec. Lowokwaru, Kota
Malang, Jawa Timur 65142
Email: baguswahyu1996@gmail.com

Abstrak

Perkembangan otomotif sebagai sarana transportasi sangat memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan, dalam era modern seperti sekarang ini kendaraan sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok, hal ini dibuktikan dengan melonjaknya penjualan kendaraan bermotor setiap tahunnya. Diketahui bahwa bahan bakar Nabati merupakan sumber energi yang dihasilkan dari tumbuhan dan memiliki potensi yang sangat besar untuk menggantikan bahan bakar fosil, dua jenis bahan bakar yang paling sering digunakan adalah etanol dan biodiesel, biodiesel dari minyak kelapa sawit mencatatkan penurunan emisi sebesar 50% dibanding minyak solar, yang artinya selain sebagai bahan bakar alternative bahan bakar nabati juga lebih ramah lingkungan. Untuk itu dalam penelitian ini dicari karakteristik minyak nabati yaitu minyak kayu putih, minyak kemiri, minyak kedelai dan minyak kacang tanah terhadap pembakaran secara *premixed*, yang sesuai dengan karakteristik pembakaran pada mobil. Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*true experiment reseach*). objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah karakteristik nyala api dan air fuel ratio minyak nabati terhadap pembakaran *premixed*. Data yang diperoleh akan diplot pada grafik yaitu air fuel rasio terhadap masing-masing minyak nabati dan udara. Grafik ini akan dijadikan acuan untuk menganalisis bagaimana karakteristik bahan bakar minyak nabati terhadap pembakaran *premixed*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak kacang tanah memiliki profil nyala api yang paling baik dengan RGB sebesar 155.164 dan jari-jari kontur 2,87, diikuti minyak kedelai dengan RGB sebesar 62.956 dan jari-jari kontur 2,6275, minyak kayu putih memiliki profil nyala api yang paling rendah dengan RGB 12.639 dan jari-jari kontur 1,47, sementara minyak kemiri tidak dapat menyala pada saat perlakuan uji pengambilan data. Sedangkan AFR terbaik pembakaran *premixed* minyak nabati adalah 20:40. Boiling point tidak berpengaruh terhadap temperatur, kacang tanah memiliki boiling point yang tertinggi yaitu 363 derajat celcius, sementara kedelai memiliki temperatur pembakaran yang paling baik yaitu 42,4 derajat celcius.

Kata kunci: *pembakaran premixed, air fuel ratio, minyak kayu putih, minyak kemiri, minyak kedelai.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan otomotif sebagai sarana transportasi sangat memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan, dalam era modern seperti sekarang ini kendaraan sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok, hal ini dibuktikan dengan melonjaknya penjualan kendaraan bermotor setiap tahunnya.

Kendaraan bermotor pada era sekarang ini masih menggunakan bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya alam jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui. Keterbatasan

bahan bakar fosil menjadi permasalahan dunia saat ini, perkembangan dunia otomotif yang semakin pesat dan mobilitas yang tinggi menjadi penyebab utama menipisnya sumber bahan bakar fosil, maka dari itu perlu adanya bahan bakar alternative yang bisa mensupport ketersediaan bahan bakar agar mobilitas terutama di dunia industri dan ekonomi tidak terganggu.

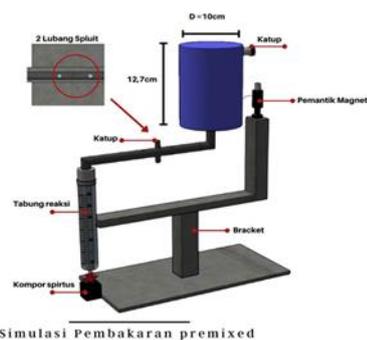
Bahan bakar nabati merupakan sumber energi yang dihasilkan dari tumbuhan dan memiliki potensi yang sangat besar untuk

menggantikan bahan bakar fosil, dua jenis bahan bakar yang paling sering digunakan adalah etanol dan biodiesel, biodiesel dari minyak kelapa sawit mencatatkan penurunan emisi sebesar 50% dibanding minyak solar, yang artinya selain sebagai bahan bakar alternative bahan bakar nabati juga lebih ramah lingkungan. Untuk itu dalam penelitian ini dicari karakteristik minyak nabati yaitu minyak kayu putih, minyak kemiri, minyak kedelai dan minyak kacang tanah terhadap pembakaran secara *premixed*, yang sesuai dengan karakteristik pembakaran pada mobil.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*True Experimental Reseach*). Jenis penelitian ini digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan terhadap proses. Dalam hal ini obyek yang akan dilakukan penelitian adalah karakteristik nyala api dan AFR bahan bakar minyak nabati terhadap pembakaran *premixed*.

Terdapat 3 variabel pada penelitian ini : 1. Variabel bebas (variasi bahan bakar minyak nabati (a. minyak kayu putih, b. minyak kemiri, c. minyak kedelai, d. minyak kacang tanah) dan variasi perbandingan bahan bakar campuran minyak nabati dan udara (1:5 dan 2:4)). 2. Variabel terikat (variasi pembakaran *premixed* (a. air fuel rasio terhadap minyak kayu putih dan udara, b. air fuel rasio terhadap minyak kemiri dan udara. c. air fuel rasio terhadap minyak kedelai dan udara. d. air fuel rasio terhadap minyak kacang tanah dan udara), karakteristik nyala api (a. warna api dominan merah atau biru, b. penyebaran api dilihat dari atas)). 3. Variabel terukur (volume minyak nabati masing-masing 20 ml dan pembakaran api stabil / terkontrol).



Gambar 1. Desain Peralatan Seksi Uji

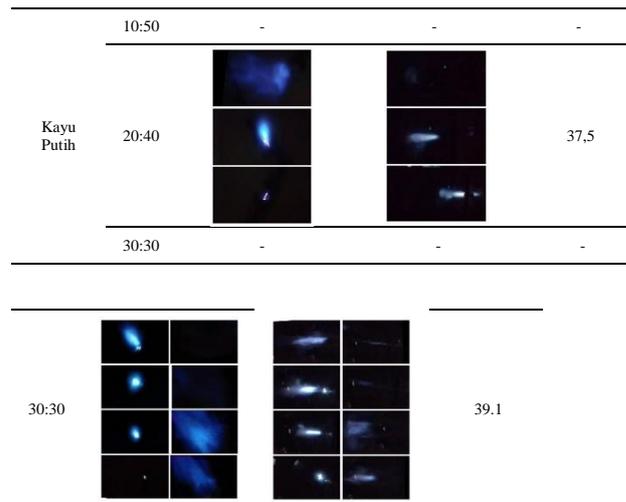
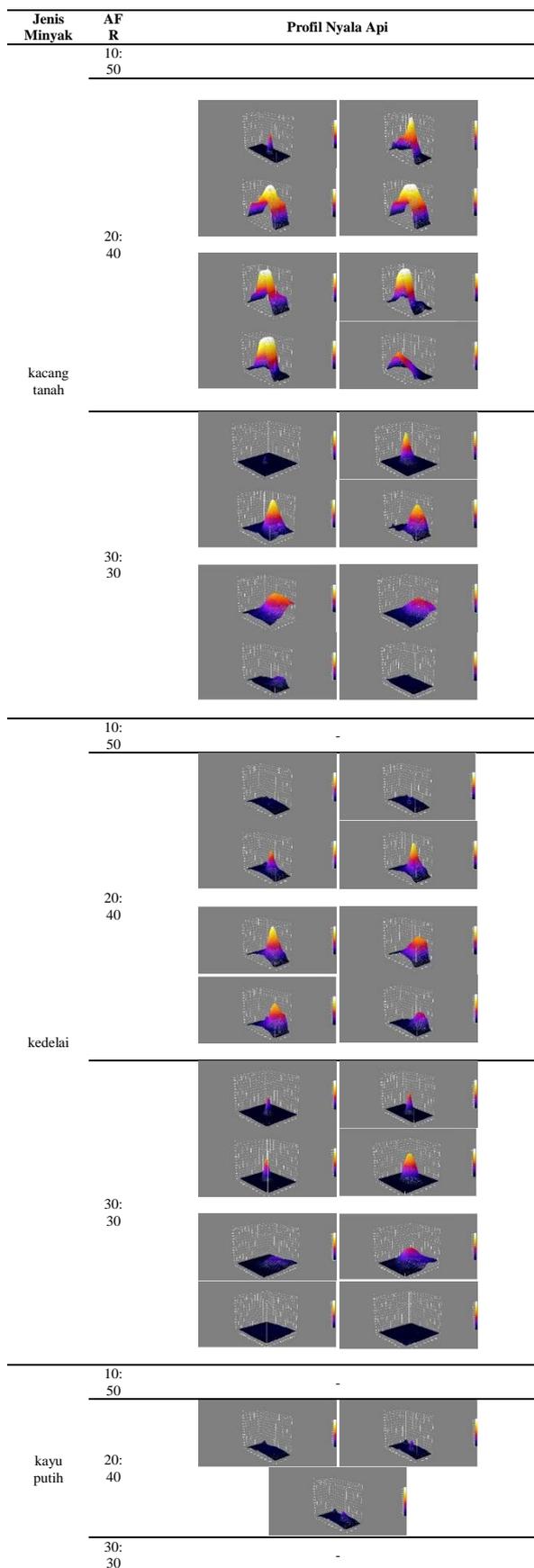
Data yang diperoleh akan diplot pada grafik yaitu air fuel rasio terhadap masing-masing minyak nabati dan udara. Grafik ini akan dijadikan acuan untuk menganalisis bagaimana karakteristik bahan bakar minyak nabati terhadap pembakaran *premixed*. peneliti menduga minyak kayu putih memiliki waktu yang paling sedikit dan karakteristik nyala api yang terbaik dikarenakan viskositas (kekentalan) yang paling kecil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Pembakaran *Premixed*

Tabel 1. Gambar Pergerakan Penyebaran Api dan Temperatur

AFR	GAMBAR NYALA API		TEMPERATUR
	ATAS	SAMPING	
10:50	-	-	-
Kacang Tanah			40,7
	20:40		
	30:30		
Kedelai			42,4
	10:50		
	20:40		



Dari pengujian pembakaran premixed minyak nabati untuk bahan bakar minyak nabati kacang tanah dengan afr 10:50 tidak didapatkan gambar profil nyala api. minyak nabati kedelai memiliki karakteristik yang hampir sama dengan minyak nabati kacang tanah, dimana untuk afr 10:50 tidak didapatkan sampel gambar nyala api, sementara untuk afr 20:40 dan 30:30 didapatkan sampel profil nyala api tampak samping dan tampak atas. Bahan bakar minyak kayu putih didapatkan sampel nyala api hanya pada afr 20:40, untuk afr 10:50 dan 30:30 tidak dapat menyala. Bahan bakar minyak kemiri tidak didapatkan hasil sampel sama sekali baik di afr 10:50, 20:40 dan 30:30.

Tabel 2. Profil Nyala Api Simulasi Fire LUT Dengan Aplikasi ImageJ

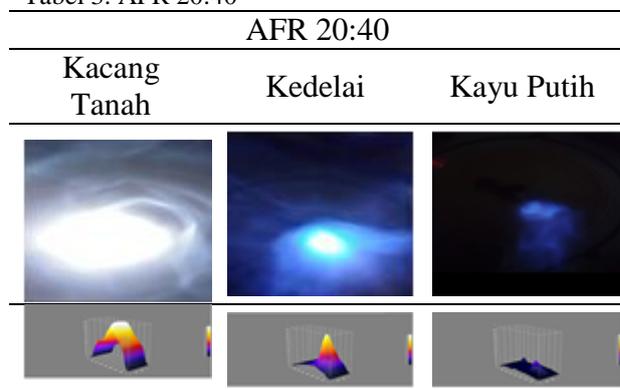
Dari masing-masing sampel yang sudah dibuat 3D menggunakan aplikasi ImageJ terlihat jelas bahwa penyebaran api berbeda pada masing-masing minyak nabati. dalam hal ini meliputi lebar, tinggi, dan penyebaran temperatur atau radius api. dari beberapa sampel yang diujikan didapatkan hasil sebagai berikut: a) AFR 10:50 tidak ada minyak nabati yang menyala. Dapat disimpulkan AFR 10:50 belum memenuhi persyaratan campuran ideal untuk menyalakan bahan bakar minyak nabati dalam proses pembakaran *premixed*, b) AFR 20:40 minyak kacang tanah, minyak kedelai dan minyak kayu putih menyala, sedangkan minyak kemiri tidak menyala. Dapat disimpulkan AFR 20:40 sudah memenuhi

persyaratan dan dapat dikatakan ideal untuk menyalakan bahan bakar minyak nabati dalam proses pembakaran *premixed*, c) AFR 30:30 minyak kacang tanah dan minyak kedelai menyala, sedangkan minyak kayu putih dan minyak kemiri tidak menyala. Dapat disimpulkan AFR 30:30 sudah cukup baik dan memenuhi persyaratan untuk menyalakan bahan bakar minyak nabati dalam proses pembakaran *premixed*.

A. Profil Nyala Api pada AFR 20:40

Dari beberapa sampel yang sudah diambil didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. AFR 20:40



Dari gambar 3D yang disimulasikan dengan menggunakan aplikasi ImageJ dapat dijelaskan bahwa sumbu X mewakili lebar penyebaran api, sumbu Y mewakili panjang api, sumbu Z mewakili tinggi api, masing-masing kotak mewakili 1cm, sementara warna mewakili temperatur.

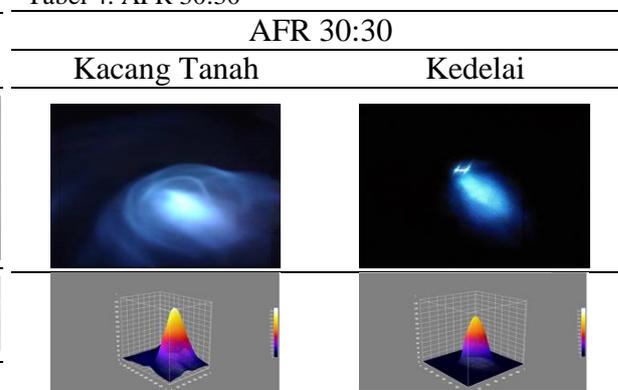
Hasil pengujian pembakaran *premixed* minyak nabati kacang tanah dengan air fuel ratio 20:40 didapatkan sampel yang paling baik untuk penyebaran api. Bagian ini menyajikan hasil penelitian. Model nyala api menyerupai segitiga dengan ujung yang sedikit bulat dan tumpul menandakan bahan bakar nabati terbakar sempurna dan hampir merata di setiap sisinya.

Pengujian pembakaran *premixed* minyak nabati kedelai dengan afr 20:40 didapatkan hasil yang baik dimana penyebaran titik api terpusat pada puncak yang berwarna putih. Warna merah lebih dominan yang menandakan api memiliki temperatur sedang dan merata pada bagian bawah disekitar pematik. Sedangkan pada pembakaran *pramixed* minyak nabati kayu

putih dengan AFR 20:40 didapatkan hasil yang kurang baik dimana nyala api sangat kecil dengan penyebarannya tidak merata. Warna biru dan hitam lebih dominan menandakan api yang dihasilkan memiliki temperatur yang rendah dan memiliki bentuk menyerupai dua gundukan bukit melandai, dimana api terbakar tidak terpusat atau terpecah. Sehingga hasil pembakaran minyak kayu putih merupakan pembakaran yang paling buruk diantara minyak nabati kacang tanah dan kedelai dengan afr yang sama yaitu 20:40.

B. Profil Nyala Api pada AFR 30:30

Tabel 4. AFR 30:30



Pada pembakaran minyak nabati kacang tanah dengan AFR 30:30 didapatkan model menyerupai kerucut dengan didominasi warna merah dan kuning, menandakan temperatur lumayan tinggi penyebaran lumayan baik walaupun sedikit lebih condong ke satu sisi.

Pada pembakaran *premixed* minyak nabati kedelai dengan AFR 30:30 didapatkan bentuk menyerupai kerucut yang tidak terlalu tinggi dengan ujung tumpul , didominasi warna biru kemerahan menandakan temperatur sedang. Penyebaran (radiasi) api hanya berada di sekitar pematik dan sedikit condong ke satu sisi. Masih kurang baik dibandingkan dengan minyak nabati kacang tanah dengan perbandingan AFR yang sama.

3.2 Temperatur minyak nabati terhadap pembakaran *premixed*

A. Boiling Point

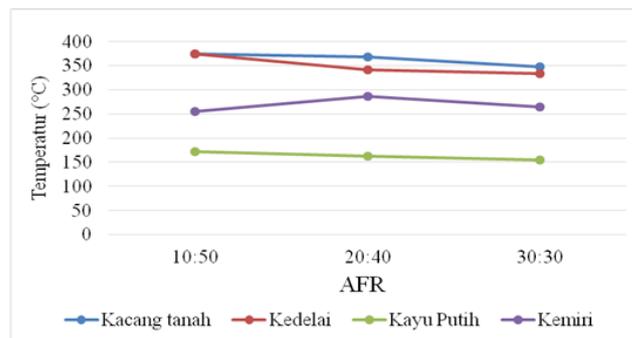
Tabel 5. Pengujian karakteristik nyala api & Air Fuel Ratio minyak nabati terhadap pembakaran *premixed*

Jenis minyak	Jumlah (ml)	waktu konversi cair ke gas (s)	air fuel ratio	Temperatur (Boiling Point)	Rata – rata (boiling point)
kacang tanah	20	569	10:50	374	363
	20	569	20:40	368	
	20	569	30:30	347	
Kedelai	20	203	10:50	375	349,6
	20	203	20:40	341	
	20	203	30:30	333	
kayu putih	20	116	10:50	172	163
	20	116	20:40	163	
	20	116	30:30	154	
Kemiri	20	222	10:50	255	268,3
	20	222	20:40	286	
	20	222	30:30	264	

Temperatur *boiling point* minyak nabati kacang tanah pada afr 10:50 adalah 374, afr 20:40 adalah 368 dan afr 30:30 adalah 347, didapatkan rata-rata *boiling point* untuk minyak kacang tanah adalah 363 derajat Celcius. Temperatur *boiling point* minyak nabati kedelai pada afr 10:50 adalah 375, afr 20:40 adalah 341 dan afr 30:30 adalah 333, didapatkan rata-rata *boiling point* untuk minyak kacang tanah adalah 349,6 derajat Celcius. Temperatur *boiling point* minyak nabati kayu putih pada afr 10:50 adalah 172, afr 20:40 adalah 163 dan afr 30:30 adalah 154, didapatkan rata-rata *boiling point* untuk minyak kacang tanah adalah 163 derajat Celcius. Temperatur *boiling point* minyak nabati kemiri pada afr 10:50 adalah 255, afr 20:40 adalah 286 dan afr 30:30 adalah 264, didapatkan rata-rata *boiling point* untuk minyak kacang tanah adalah 268,3 derajat celcius.

Tabel 6. Pengujian *boiling point* dan *air fuel ratio* minyak nabati terhadap pembakaran premixed

Air Fuel Ratio	Kacang Tanah	Kedelai	Kayu Putih	Kemiri
10:50	374	375	172	255
20:40	368	341	163	286
30:30	347	333	154	264



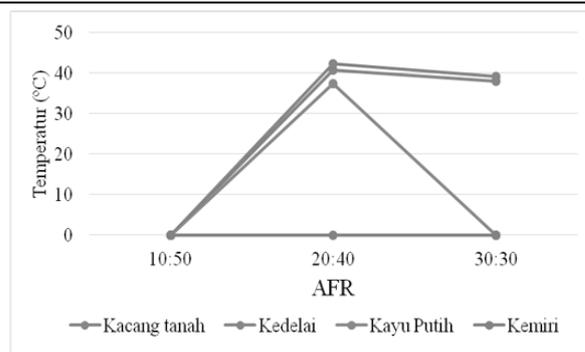
Gambar 2. Grafik temperatur (*boiling point*) terhadap AFR

Pada AFR 10:50 *boiling point* terhadap minyak kacang tanah adalah 374, minyak kedelai 375, minyak kayu putih 172, dan minyak kemiri 255. Pada AFR 20:40 *boiling point* terhadap minyak kacang tanah adalah 368, minyak kedelai 341, minyak kayu putih 163, dan minyak kemiri 286. Pada AFR 30:30 *boiling point* terhadap minyak kacang tanah adalah 347, minyak kedelai 333, minyak kayu putih 154, dan minyak kemiri 264. *Boiling point* tertinggi adalah minyak kacang tanah dengan rata-rata 363, sementara yang terendah adalah minyak kayu putih dengan rata-rata 163.

Boiling point relatif stabil terhadap setiap minyak nabati pada kondisi AFR 10:50, 20:40 dan 30:30. Minyak kacang tanah memiliki boiling point tertinggi karena mempunyai viskositas yang tertinggi sementara minyak kayu putih memiliki boiling point terendah karena viskositasnya yang rendah.

Tabel 7. Temperatur terhadap AFR

Air Fuel Ratio	Kacang Tanah	Kedelai	Kayu Putih	Kemiri
10:50	0	0	0	0
20:40	40,7	42,4	37,5	0
30:30	38	39,1	0	0



Gambar 3. Grafik Temperatur terhadap AFR

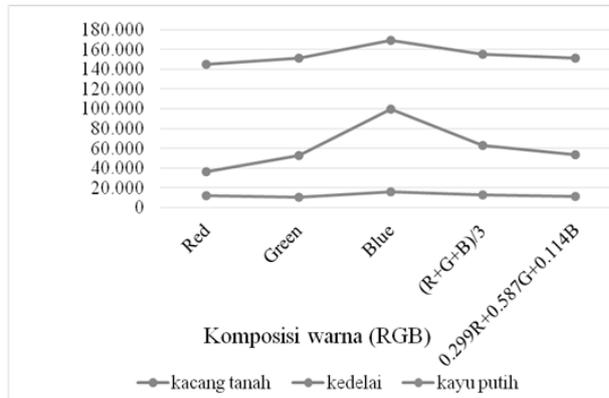
Temperatur yang didapatkan dari hasil pengujian menunjukkan pada AFR 20:40 minyak kacang tanah memiliki Temperatur sebesar 40,7, minyak kedelai 42,4 serta minyak kayu putih 37,5. Sementara pada AFR 30:30 Temperatur pada minyak kacang tanah sebesar 38, minyak kedelai 39,1. Temperatur tertinggi pada AFR 20:40 dan 30:30 dihasilkan pada pembakaran minyak nabati kedelai. Diikuti kacang tanah dan terendah dihasilkan pada pembakaran minyak kayu putih.

Minyak kacang tanah pada AFR 20:40 memiliki karakteristik api yang paling baik, sehingga temperaturnya juga semakin meningkat sementara turun pada AFR 30:30 karena nyala apinya lebih kecil, begitu juga dengan minyak kedelai pada AFR 20:40 mempunyai profil nyala api yang baik dan menurun pada AFR 30:30 sehingga grafik menurun. Untuk minyak kayu putih pada AFR 10:50 tidak menyala sehingga temperatur 0, pada AFR 20:40 menyala dan menghasilkan temperatur sebesar 37,5 dan kembali turun karena pada AFR 30:30 kembali tidak dapat memercikkan api sehingga temperatur kembali ke angka 0.

3.3 Komposisi Warna RGB

Tabel 8. Komposisi Warna (RGB) terhadap AFR

Jenis Minyak	Red	Green	Blue	$(R+G+B)/3$	$0.299R+0.587G+0.114B$
Kacang Tanah	144.818	151.415	169.206	155.164	151.470
Kedelai	36.423	52.803	99.675	62.956	53.252
Kayu Putih	12.074	10.182	15.608	12.639	11.342



Gambar 3. Grafik komposisi warna (RGB) terhadap AFR

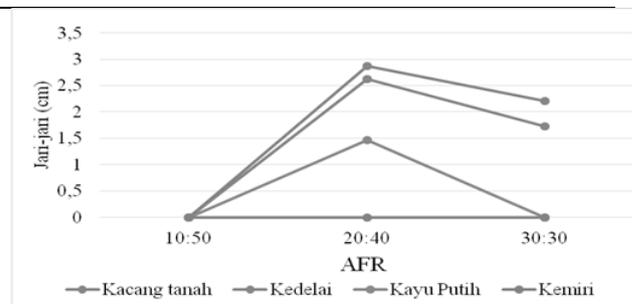
Kacang tanah mempunyai komposisi warna yang paling baik diantara yang lainnya dengan perbandingan warna merah 144.818, warna hijau 151.415, dan warna biru 169.206, sementara kedelai memiliki komposisi warna merah 36.423, warna hijau 52.803 dan warna biru 99.675. Kayu putih menjadi yang terendah dengan perbandingan warna merah 12.074, warna hijau 10.182 dan warna biru 15.608.

Kecerahan pada minyak kacang tanah mempunyai grafik yang menyerupai kerucut dimana menanjak pada awalnya dan kemudian melandai, mempunyai warna merah sebesar 144.818, sementara warna hijau lebih besar senilai 151.415 sehingga grafik naik, grafik kembali naik pada warna biru sebesar 169.206 hal ini diakrenakan profil nyala api yang didominasi warna biru, dapat dilihat pada frame foto data api, untuk perbandingan rata-rata nilai RGB hanya dikisaran nilai 155.164 dan 151.470 sehingga grafik kembali melandai. Sementara untuk minyak kedelai juga sama mempunyai grafik meningkat pada warna biru karena memang profil nyala api yang didominasi warna biru. Untuk minyak kayu putih terlihat lebih stabil karena kecerahan nyala api tidak terlalu tinggi hal ini karena minyak kayu putih memiliki profil nyala api yang kecil

4.4 Radiasi Api

Tabel 9. Jari-Jari Kontur Radiasi Api

Air Fuel Ratio	Kacang Tanah	Kedelai	Kayu Putih	Kemiri
10:50	0	0	0	0
20:40	2,87	2,6275	1,47	0
30:30	2,2025	1,73	0	0



Gambar 4. Grafik jari-jari kontur radiasi api terhadap AFR

Pada AFR 10:50 semua minyak nabati tidak menyala sehingga tidak mempunyai jari-jari kontur radiasi api, pada

AFR 20:40 minyak kacang tanah memiliki jari-jari kontur yang terbaik dengan 2,87 cm, diikuti dengan minyak kedelai dengan 2,6275cm dan minyak kayu putih dengan 1,47 cm, sementara pada AFR 30:30 minyak kacang tanah memiliki jari-jari kontur sebesar 2,2025 cm dan minyak kedelai memiliki jari-jari kontur sebesar 1,73cm. Minyak kacang tanah memiliki jari-jari kontur radiasi api terbaik dengan jari-jari maksimal 2,87 cm, sementara minyak kayu putih memiliki jari-jari kontur radiasi api terkecil dengan 1,47cm.

Pada AFR 10:50 minyak kacang tanah tidak menyala sehingga nilai jari-jarinya 0, barulah pada AFR 20:40 dapat menyala dan memiliki profil nyala api yang baik sehingga grafik meningkat, dan pada AFR 30:30 juga menyala cukup baik tapi nilainya hanya sebesar 2,2025 cm, masih lebih kecil dari AFR 20:40 sehingga grafik kembali menurun. Minyak kedelai pada AFR10:50 juga tidak menyala sehingga jari-jari konturnya adalah 0 cm, pada AFR 20:40 barulah dapat menyala dengan jari-jari kontur sebesar 2.6275 cm sehingga grafik naik. Pada AFR 30:30 grafik kembali turun karena jari-jari konturnya hanya sebesar 1,73 cm. Untuk minyak kayu putih hanya menyala pada AFR 20:40, jadi dapat dipastikan bahwa grafik akan naik pada AFR 20:40 dan turun ke angka 0 cm pada AFR 30:30.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1 minyak kacang tanah memiliki profil nyala api yang paling baik dengan RGB sebesar 155.164 dan jari-jari kontur 2,87, diikuti minyak kedelai dengan RGB sebesar 62.956 dan jari-jari kontur 2,6275, minyak kayu putih memiliki profil nyala api yang paling rendah dengan RGB 12.639 dan jari-jari kontur 1,47, sementara minyak kemiri tidak dapat menyala pada saat perlakuan uji pengambilan data.
- 2 AFR terbaik pembakaran premixed minyak nabati adalah 20:40. Boiling point tidak berpengaruh terhadap

temperatur, kacang tanah memiliki boiling point yang tertinggi yaitu 363 derajat celcius, sementara kedelai memiliki temperatur pembakaran yang paling baik yaitu 42,4 derajat celcius.

REFERENSI

- [1]. Arsad Al Banjari, M., Yuliati, L., & As'ad Sonief, A. (2015). Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropha Curcas L*) - Etanol/Metanol Pada Mini Glass Tube. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 85–93.
<https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.01.12>
- [2]. Bahri La Muhaya, S., Wardana, I., & Widhiyanuriyawan, D. (2015). Pembakaran Premixed Minyak Nabati pada Bunsen Burner Type Silinder. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 45–49.
<https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.01.7>
- [3]. Diaz, M., Ilminnafik, N., & Mulyono, T. (2014). Sekam Padi Tipe Downdraft (Effect of Air Fuel Ratio (AFR) on the Syn-gas Quality of Rice Husk Gasification Downdraft Type). *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 2–5.
- [4]. Dinyanti, S. (2021). Digital Repository Universitas Jember Digital Repository Universitas Jember. *Digital Repository Universitas Jember*, September 2019, 2019–2022.
- [5]. Hery Soegiharto, A. F., Wardana, I. N. G., Yuliati, L., & Nursasongko, M. (2017). The Role of Liquid Fuels Channel Configuration on the Combustion inside Cylindrical Mesoscale Combustor. *Journal of Combustion*, 2017.
<https://doi.org/10.1155/2017/36796>

- [6]. Jonoadi, N., Sutrisno, S., Anggono, W., Sugondo, A., Septhian, E., & Simanjuntak, M. E. (2021). Pengaruh Penambahan Minyak Kulit Pisang Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel. *Jurnal Teknik Mesin*, 17(1), 17–22. <https://doi.org/10.9744/jtm.17.1.17-22>.
- [7]. Kharis, N., Sutjahjono, H., Arbiantara, H., Setyawan, D. L., & Ilminnafik, N. (2019). Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Randu (Ceiba Pentandra) dengan Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis NaOH. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(1), 37. <https://doi.org/10.24843/jem.2019.v12.i01.p07>.
- [8]. Marlina, E., Nanlohy, H. Y., Gusti Ketut Puja, I., & Riupassa, H. (2021). Droplet combustion behavior of crude palm oil-carbon nanoparticles blends. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1034/1/012039>.
- [9]. Maulana, M., & Azis, M. (2016). Kinerja dan Prospek Pengembangan Bahan Bakar Nabati di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 30(2), 147. <https://doi.org/10.21082/fae.v30n2.2012.147-158>
- [10]. Plat, V. J., Plat, L., & Katalis, D. A. N. P. (2019). Analisa Volume Hidrogen Dan Temperatur Nyala Api Pada Generator Hho. *Ciastech*, 275–280.
- [11]. 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.
- [12]. Ricky Winaya, & Philip Kristanto. (2002). Penggunaan Minyak Nabati Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Motor Diesel Sistim Injeksi Langsung. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 99–103. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/15961>
- [13]. Soebiyakto, G., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., & Yuliati, L. (2016). Pengaruh Medan Magnet Terhadap Warna Api Pembakaran Premix Minyak Kelapa. *Prosiding SENTIA*, 8, 17–20.
- [14]. TMUB, P. (2019). Pengaruh Karbon Aktif Terhadap Kecepatan Api Pembakaran Premixed Minyak Kelapa. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, V(1), 65. <https://doi.org/10.36055/fwl.v0i0.3653>
- [15]. Widodo, Y., Lagiyono, & Wibowo, A. (2014). Penentuan Air Fuel Ratio (AFR) Aktual Pembakaran LPG Pada Celah Sempit Tipe Horizontalis. *UPS Tegal*, 8, 2–8.
- [16]. Wirawan, I. K. G., Wardana, I. N. G., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2014). Premixed combustion of kapok (Ceiba pentandra) seed oil on perforated burner. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3(2), 91–97. <https://doi.org/10.14710/ijred.3.2.91-97>.
- [17]. Ketaren, S., 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*, Edisi 1. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).