

# PENGARUH KOMPOSISI CAMPURAN BAHAN BAKAR ETANOL BENJIN TERHADAP TEMPERATUR DAN LAMA NYALA API PADA PEMBAKARAN *DROPLET*

Arwin<sup>1)</sup>, Aryati Muhaymin Marali<sup>2)</sup>, Herdian Dwimas<sup>3)</sup> dan Yasmin Zulfati Yusrina<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Alat Berat, Politeknik Negeri Balikpapan

<sup>1,2,3,4</sup>Jl. Soekarno Hatta Km 8, Balikpapan, 76126

E-mail: arwin@poltekba.ac.id<sup>1)</sup>, aryati.muhammad@poltekba.ac.id<sup>2)</sup>, herdian.dwimas@poltekba.ac.id<sup>3)</sup>, yasmin.zulfati@poltekba.ac.id<sup>4)</sup>

## ABSTRAK

Etanol merupakan salah satu bahan bakar nabati yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pengganti atau campuran pada bahan bakar bensin. Namun dalam penggunaannya harus memperhatikan beberapa hal karena etanol memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda dengan bensin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran bahan bakar etanol bensin terhadap temperatur dan lama nyala api pada pembakaran *droplet*. Melalui penggunaan metode eksperimental bahan bakar etanol dan bensin dicampurkan dengan komposisi etanol dalam bensin sebesar 10% (E10), 20% (E20), 30% (E30), 40% (E40) dan 50% (E50) persentase dihitung berdasarkan volume. Selanjutnya *droplet* tiap komposisi campuran bahan bakar dilakukan pengujian pembakaran *droplet* dengan meletakkan pada *thermocouple junction* lalu di nyalakan dengan pemanasan dari nyala api pembakaran *butan*-udara pada *cylindrical burner* yang diletakkan di bawah *flame ignitor cover*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase campuran etanol dalam bensin maka nilai maksimum temperatur api yang dihasilkan semakin rendah karena dipengaruhi oleh nilai kalor campuran bahan bakar. Semakin tinggi persentase campuran etanol dalam bensin maka semakin kecil nilai kalor campuran bahan bakar sehingga temperatur yang dihasilkan dari proses pembakaran akan semakin rendah. Sedangkan untuk lama nyala api paling singkat terjadi selama 1,15 detik pada E20 dan lama nyala api paling lama berlangsung selama 1,41 detik pada E50. Penambahan jumlah kadar etanol di atas 20% menunjukkan proses pembakaran *droplet* berlangsung lebih lama. Hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan kalor laten penguapan campuran bahan bakar yang cukup signifikan dan intensitas terjadinya fenomena *microexplosion* rendah menyebabkan kecepatan penguapan dan difusi campuran bahan bakar dengan udara (oksigen) lambat sehingga kecepatan pembakaran rendah.

**Kata Kunci:** Etanol, Bensin, Pembakaran *droplet*, Temperatur api, Lama nyala api

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu tujuan dari 17 tujuan global dalam SDGs (*Sustainable Development Goals*)/TPB (Tujuan Pembangunan Berkelanjutan) yang ditetapkan oleh PBB adalah energi bersih dan terjangkau. Untuk merealisasikan tujuan tersebut dapat dilakukan dengan beralih ke sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*) melalui peningkatan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati pada sektor transportasi yang menggunakan bahan bakar bensin. Salah satu bahan bakar nabati/energi alternatif yang dapat digunakan sebagai campuran maupun pengganti bahan bakar bensin adalah etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) (Krismanuel, 2021). Penggunaan etanol sebagai bahan bakar alternatif tergolong aman karena memiliki titik nyala tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin dapat mengurangi emisi gas buang dan dampak terhadap lingkungan (Amine & Barakat, 2019) (Rifal & Rauf, 2018). Namun pemakaian etanol pada mesin bensin perlu memperhatikan beberapa hal, diantaranya nilai kalori etanol yang lebih rendah dari bensin, nilai oktan yang lebih tinggi, kemurnian etanol, sifat etanol yang korosif, dan sifat *volatility* etanol.

Etanol dapat diperoleh dari 4 kategori bahan baku, yakni bahan baku yang mengandung gula (*sukrosa*) dan pati (seperti tebu, bit, buah-buahan, jagung, gandum, beras), disebut juga etanol generasi pertama (G1) (Bušić dkk., 2018) (Rifal & Rauf, 2018), bahan baku dari *lignoselulosa* yang mengandung gula sederhana (seperti kayu, jerami dan rumput) biasa disebut etanol generasi kedua (G2) (Wiratmaja & Elisa, 2020), bahan baku yang berasal dari mikro alga atau makro alga yang disebut etanol generasi ketiga (G3) dan bahan baku yang berasal dari biomassa dan mikroba yang telah mengalami rekayasa genetika yang disebut juga etanol generasi ke 4 (G4) (Qian dkk., 2019; Sudiyani dkk., 2019). Proses pembuatan etanol terdiri atas proses fermentasi, destilasi dan dehidrasi yang akan menghasilkan dua bentuk etanol, yaitu etanol *hidrat* dan *anhidrat*. Etanol *hidrat* diperoleh setelah proses fermentasi dan destilasi dengan kadar kemurnian 95,6% sedangkan etanol *anhidrat* diperoleh melalui penambahan proses dehidrasi dengan kadar kemurnian 99,5% (Deng dkk., 2018). Penggunaan bioetanol sebagai campuran bahan bakar mesin haruslah menggunakan *anhidrat* etanol karena kandungan air yang terkandung di dalamnya sangat sedikit bahkan

dapat dikatakan murni, sehingga apabila dicampurkan langsung dengan *gasoline* didapatkan campuran yang homogen dan dapat langsung masuk keruang bakar (Monasari dkk., 2021). Etanol memiliki angka RON (*Research Oktane Number*) yang tinggi dibandingkan dengan bensin sehingga dalam penggunaannya pada mesin bensin harus juga menggunakan tekanan kompresi yang tinggi. Pencampuran antara etanol bensin meningkatkan angka RON secara signifikan, pada pencampuran etanol 30% dalam bensin meningkatkan angka RON dari 92 menjadi 100 (Sakthivel dkk., 2020). Komposisi campuran etanol yang tepat dapat digunakan langsung pada kendaraan tanpa memerlukan modifikasi (Priatama dkk., 2020). Namun di sisi lain penambahan kadar etanol juga dapat mengurangi nilai kalor campuran bahan bakar (Pratama dan Trisna, 2020). Penurunan nilai kalor bahan bakar akan berdampak pada temperatur hasil pembakaran bahan bakar. Selain dari segi nilai kalor fakta lain bahwa etanol memiliki titik didih dan suhu kritis yang lebih rendah, tetapi densitas cairan dan tekanan uap jenuhnya lebih tinggi dari pada bahan bakar bensin sehingga akan berdampak pula pada temperatur hasil pembakaran (Qubessi dkk., 2018).

Pengamatan secara analisis yang dilakukan oleh (Yusuf & Inambao, 2019) mengenai viskositas antara etanol dan bensin didapatkan bahwa memiliki selisih yang sangat jauh, angka viskositas pada temperatur 20°C untuk bensin yaitu 0,44 mm<sup>2</sup>/s dan pada etanol yaitu 1,19 mm<sup>2</sup>/s (Yusuf dkk., 2019). Hal tersebut dapat mempengaruhi proses pembakaran pada mesin bensin dengan sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*) karena viskositas yang tinggi dapat menghambat bahan bakar terbakar dikarenakan proses atomisasi bahan bakar akan sulit dan memerlukan tekanan yang besar untuk membuat bahan bakar menjadi partikel-partikel kecil (*droplet*).

Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan campuran bensin-etanol hingga 20% (E20) dapat meningkatkan torsi, daya dan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan bensin murni dan sebaliknya emisi CO, HC dan NOx menurun secara signifikan dengan peningkatan kandungan etanol dalam campuran (Iodice dkk., 2020) (Rifal dkk., 2021). Penelitian pengaruh sudut pengapian dengan bahan bakar etanol terhadap unjuk kerja pada motor 6 langkah disimpulkan bahwa pada sudut pengapian 28° BTDC menghasilkan torsi dan daya efektif yang lebih tinggi di bandingkan dengan sudut pengapian 26° dan 24° BTDC. Hal ini disebabkan karena penggunaan bahan bakar etanol mengakibatkan kecepatan pembakaran yang lebih lambat sehingga perlu memajukan sudut pengapian agar daya ledak campuran udara bahan bakar lebih besar (Aulia, I.P., 2018). Penelitian yang dilakukan oleh (Majedi & Susanto, 2019) tentang torsi dan daya bahan bakar etanol pada motor bensin menyimpulkan bahwa nilai torsi dan daya bahan bakar etanol lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar *pertalite*. Hal serupa didapatkan dari

penelitian yang dilakukan (Nofendri, 2018) bahwa terjadi penurunan torsi dan daya mesin pada campuran bahan bakar etanol dan bensin dengan RON 88 dan RON 92 serta terjadi penghematan BSFC (*Brake Spesific Fuel Comsumsion*) pada putaran tinggi.

Pencampuran antara bensin dan etanol dapat meningkatkan kadar rasio antara oksigen dan karbon karena etanol memiliki kandungan oksigen 34% dari beratnya. Hasil pencampuran ini akan menyebabkan *Air Fuel Ratio* (AFR) *Stoichiometric* campuran bahan bakar akan mengalami penurunan khususnya pada komposisi campuran etanol yang tinggi akibat peningkatan kandungan oksigen (Sakthivel dkk., 2020). Terjadinya penurunan AFR *Stoichiometric* dapat mempengaruhi reaksi atau kecepatan pembakaran dari campuran bahan bakar.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan tentang campuran etanol bensin kebanyakan mengamati pengaruh terhadap kinerja, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada saat diuji coba di kendaraan dengan komposisi etanol di dalam bensin sekitar 0-30%, namun masih kurang penelitian mengenai bagaimana proses pembakaran campuran bahan bakar itu sendiri terutama pada komposisi etanol bensin di atas 30%. Sangat penting dilakukan penelitian tentang pembakaran *droplet* bahan bakar karena pembakaran yang terjadi pada kendaraan EFI dengan sistem GDI (*Gasoline Direct Injection*) dalam prosesnya menyemprotkan bahan bakar langsung ke ruang bakar untuk bercampur dengan udara berupa *spray* yang merupakan kumpulan *droplet-droplet* bahan bakar. Oleh karena itu, pengaruh komposisi campuran bahan bakar etanol bensin terhadap temperatur dan lama nyala api dapat di analisa lebih lanjut melalui pembakaran *droplet* bahan bakar.

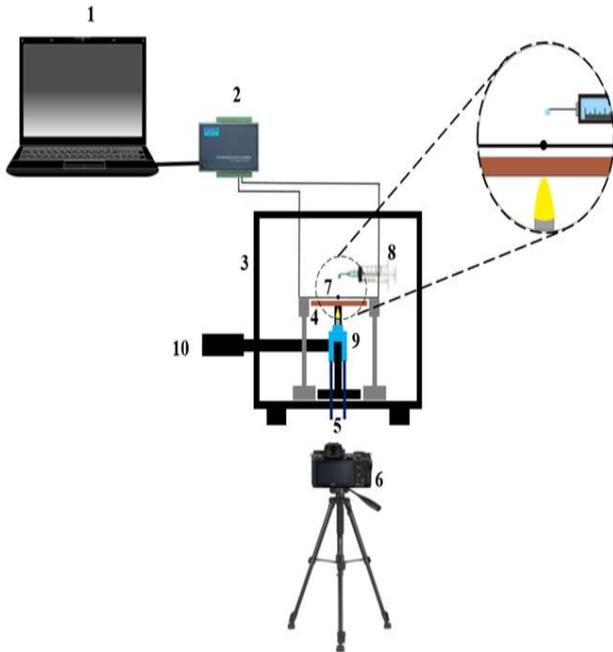
## 2. RUANG LINGKUP

Permasalahan penelitian ini mencakup:

1. Cakupan permasalahan  
Mencakup uraian permasalahan pada analisis pengaruh komposisi campuran etanol bensin terhadap temperatur dan lama nyala api pada pembakaran *droplet* bahan bakar.
2. Batasan-batasan penelitian  
Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu campuran bahan bakar etanol bensin di anggap campuran homogen dan pengujian dilakukan pada temperatur ruangan sekitar 28°C-30°C di ruang uji pembakaran *droplet* dan pada kondisi tersebut properties udara dianggap tidak berubah. Hanya diameter *droplet* bahan bakar yang memiliki ukuran 1 mm dengan toleransi ±0,1 mm yang diambil datanya untuk di analisa.
3. Rencana hasil yang didapatkan  
Hasil yang ingin didapatkan dari penelitian ini yaitu distribusi temperatur dan lama nyala api untuk setiap komposisi campuran bahan bakar etanol bensin yang dinyalakan mealui pembakaran *droplet*.

### 3. BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental (*experimental method*). Penelitian dilakukan pada instalasi penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Instalasi Penelitian

Keterangan gambar 1 :

1. Laptop
2. Data logger
3. Ruang uji bakar *droplet*
4. Flame ignitor cover
5. Selang bahan bakar *butan* dan udara
6. Kamera
7. Thermocouple
8. Pembuat *droplet*
9. Cylindrical burner
10. Handle

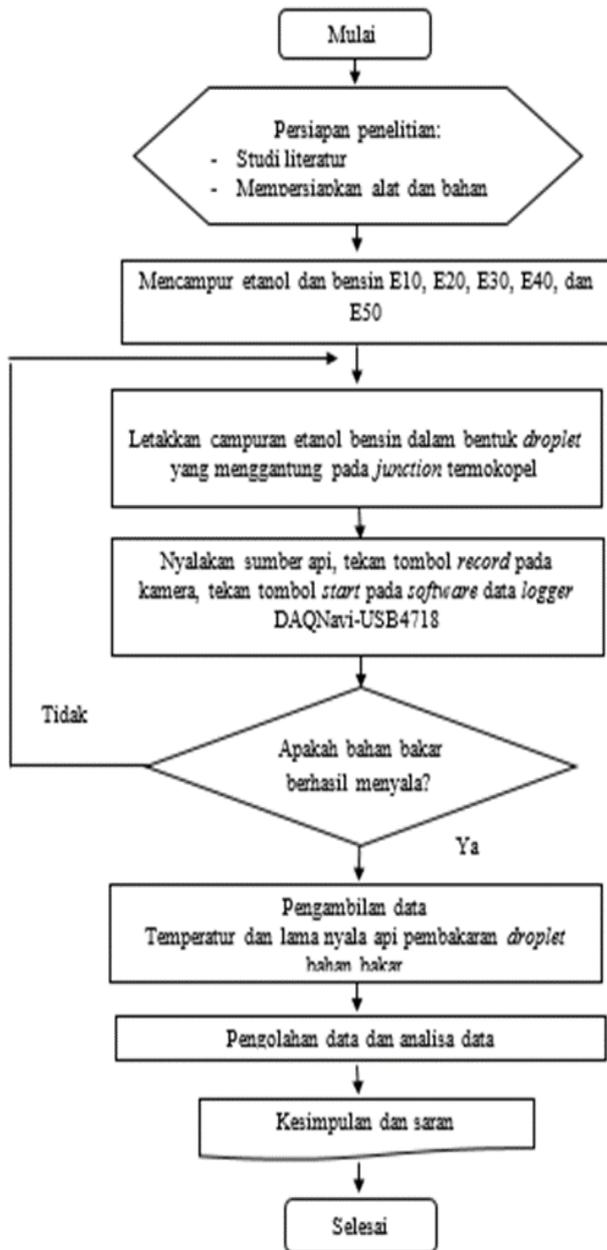
Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh komposisi campuran bahan bakar etanol bensin terhadap temperatur dan lama nyala api pada pengujian pembakaran *droplet* bahan bakar. Komposisi campuran etanol dalam bensin divariasikan sebesar 10% (E10), 20% (E20), 30% (E30), 40% (E40), dan 50% (E50) persentase dihitung berdasarkan volume. Hasil dari pengujian tiap komposisi campuran bahan bakar akan dimasukkan ke dalam suatu tabel penelitian, kemudian dianalisis dan kemudian dibuat suatu diagram untuk melihat kecenderungan yang terjadi, sehingga dapat dibandingkan dan diambil suatu kesimpulan mengenai pengaruh penambahan etanol dalam bensin terhadap temperatur dan lama nyala api pada pembakaran *droplet* yang dilakukan.

### 3.1 Bahan Yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam pengujian pembakaran *droplet* ini adalah bahan bakar bensin jenis Peralite dari Pertamina dan etanol Anhidrat PA (*Pro Analys*) yang memiliki kemurnian sangat tinggi (>99,5 %).

### 3.2 Metode Pengujian Dan Pengambilan Data Penelitian

Metode pengujian komposisi campuran bahan bakar menggunakan metode pembakaran *droplet*. Mula-mula membuat komposisi campuran bahan bakar yang akan di uji pada botol plastik. Selanjutnya melakukan pembuatan *droplet* dengan diameter 1 mm toleransi  $\pm 0,1$  mm di ruang uji pembakaran *droplet* dengan menggunakan alat pembuat *droplet* kemudian diletakkan pada thermocouple junction yang berfungsi sebagai peyanga *droplet* sekaligus untuk mengukur temperatur api. Thermocouple yang digunakan tipe K dengan diameter 0,1 kedua ujung kabel thermocouple dihubungkan ke Advantech Data logger kemudian dengan menggunakan kabel USB dihubungkan ke laptop lalu membuka software DAQNav-USB4718 pada laptop untuk mendapatkan data distribusi temperatur tiap komposisi bahan bakar yang dinyalakan. Data temperatur nyala api akan disimpan dalam format file microsoft excel. Penyalaan *droplet* dilakukan dengan pemanasan dari nyala api pembakaran butan-udara pada cylindrical burner yang diletakkan di bawah flame ignitor cover. Debit bahan bakar dan udara dijaga konstan agar panas yang dihasilkan sama untuk tiap pengujian komposisi campuran bahan bakar. Pengambilan data penelitian berupa rekaman video dengan menggunakan kamera Nikon D3400 yang di letakkan pada bagian depan ruang uji bakar *droplet*. Jarak kamera dengan *droplet* bahan bakar sekitar 10 cm. Mode video yang dipakai adalah 60 fps (*frame per sekon*) kemudian diubah menjadi gambar dengan menggunakan software Adobe Premiere Pro untuk mendapatkan data lama nyala api pembakaran *droplet* setiap komposisi campuran bahan bakar. Sedangkan untuk data diameter *droplet* tiap komposisi campuran bahan bakar yang di lakukan pengujian di dapatkan dengan mengukur menggunakan bantuan software ImageJ. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



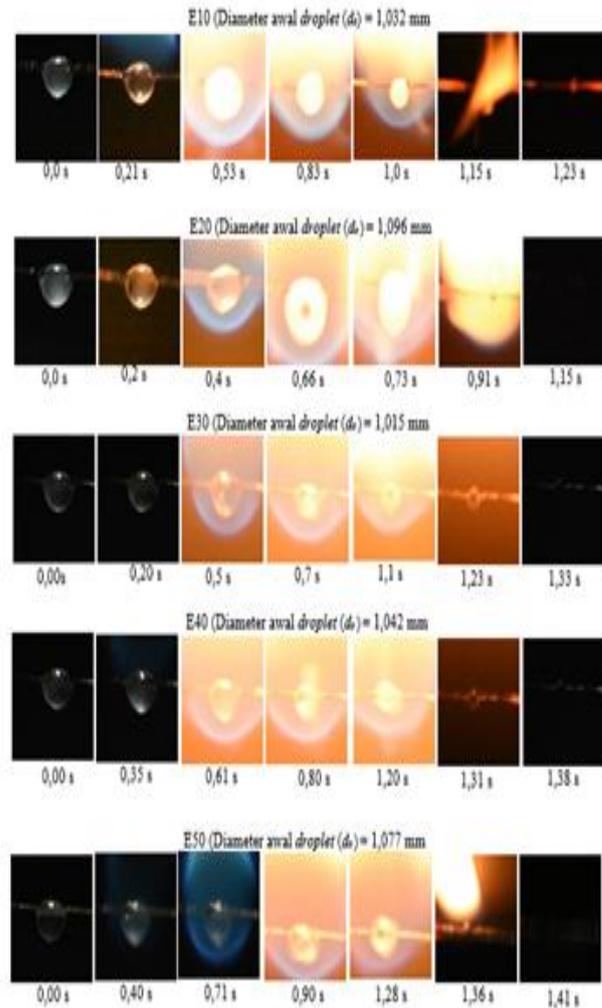
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

#### 4. PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil pembakaran *droplet* campuran bahan bakar bensin etanol dengan komposisi campuran etanol dalam bensin sebesar 10 % (E10), 20% (E20), 30% (E30), 40% (E40) dan 50% (E50).

Hasil pembakaran *droplet* dapat dilihat pada gambar 3, terlihat bahwa semakin tinggi komposisi campuran etanol dalam bensin mengakibatkan campuran bahan bakar mengalami keterlambatan penyalaan, warna nyala api yang dihasilkan pada campuran etanol persentase rendah cenderung berwarna merah kekuning-kuningan sedangkan tambah tinggi persentase etanol menghasilkan warna kuning kebiru-biruan selama proses pembakaran

*droplet* terjadi. Warna biru yang muncul pada nyala api merupakan bahan bakar etanol yang terbakar. Selain itu selama proses pembakaran berlangsung diamati pula fenomena *microexplosion* yang terjadi pada tiap komposisi campuran bahan bakar. *Microexplosion* adalah suatu fenomena ledakan kecil yang terjadi pada pembakaran *droplet* yang terdiri dari dua jenis cairan atau lebih (Firdaus, E.R., et al., 2022).

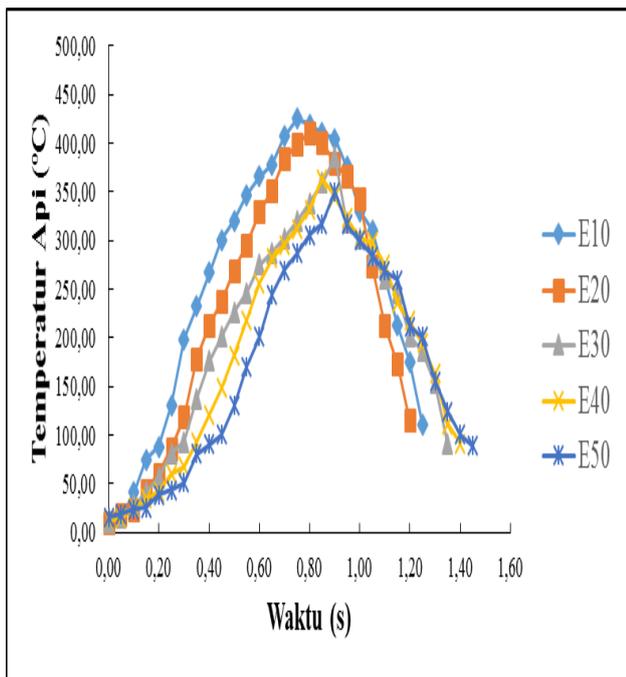


Gambar 3. Pembakaran *Droplet* Bahan Bakar E10, E20, E30, E40, Dan E50

#### 4.1 Pengaruh Komposisi Campuran Etanol Bensin Terhadap Temperatur Api.

Distribusi temperatur api pembakaran *droplet* bahan bakar dapat di lihat pada gambar 4. Terlihat bahwa pada E10 mempunyai nilai maksimum temperatur api tertinggi dibandingkan dengan yang lain, yaitu sebesar 424,98°C sedangkan nilai maksimum temperatur api terendah pada E50 yaitu sebesar 350,59°C. Semakin tinggi komposisi campuran etanol dalam bensin menyebabkan penurunan nilai maksimum temperatur api pembakaran *droplet* bahan bakar. Hal ini disebabkan karena nilai kalor etanol

yang lebih rendah hanya sekitar 60% dibandingkan dengan bensin, dimana nilai kalor etanol yaitu sebesar 26.700 kJ/kg sedangkan bensin yaitu sebesar 42.600 kJ/kg (Monasari dkk., 2021). Sehingga ketika etanol dicampurkan ke dalam bensin maka nilai kalor yang dimiliki oleh campurannya akan berada diantara nilai kalor bensin dan nilai kalor etanol. Nilai kalor suatu bahan bakar menunjukkan jumlah panas/kalori yang dibebaskan dari proses pembakaran dalam satuan volume atau massa. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Pratama dan Trisna, 2020) bahwa nilai kalor yang dihasilkan dari campuran etanol dan bahan bakar premium akan menurun nilainya seiring banyaknya jumlah etanol yang dicampurkan pada bahan bakar premium. Sehingga panas yang dihasilkan dari proses pembakaran akan lebih rendah (Rifal dkk., 2021). Semakin rendahnya panas yang dihasilkan selama proses pembakaran akan berdampak pada torsi dan daya yang dihasilkan dikarenakan hanya sedikit panas yang bisa di konversi menjadi gerak pada kondisi riil yang terjadi di ruang bakar kendaraan.

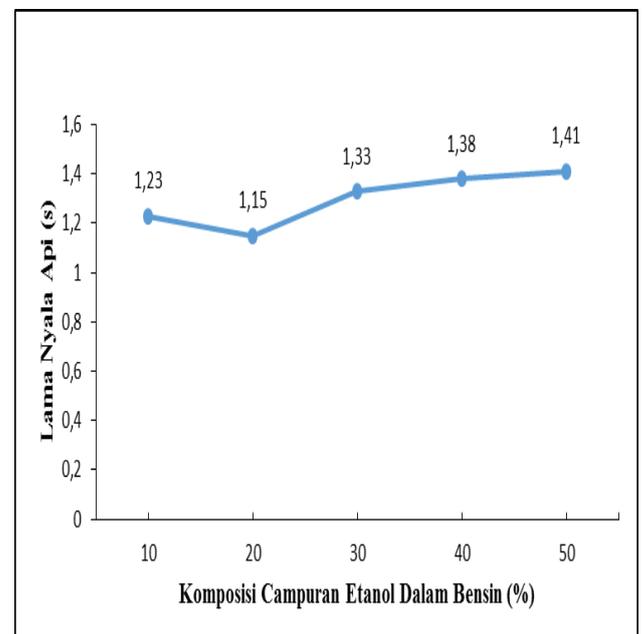


**Gambar 4. Grafik Pengaruh Komposisi Campuran Etanol Bensin Terhadap Temperatur Api**

#### 4.2 Pengaruh Komposisi Campuran Etanol Bensin Terhadap Lama Nyala Api

Pengaruh komposisi campuran etanol bensin terhadap lama nyala api dapat dilihat pada gambar 5. Terlihat bahwa lama nyala api paling singkat terjadi selama 1,15 detik pada komposisi etanol dalam bensin sebesar 20% (E20) dan lama nyala api paling lama berlangsung selama 1,41 detik pada komposisi campuran etanol dalam bensin sebesar 50% (E50). Penambahan jumlah kadar etanol di atas 20% menunjukkan proses pembakaran *droplet* berlangsung lebih lama, hal ini

disebabkan karena terjadi peningkatan kalor laten penguapan campuran bahan bakar yang cukup signifikan menyebabkan kecepatan penguapan dan difusi campuran bahan bakar dengan udara lambat sehingga kecepatan pembakaran rendah. Penelitian yang dilakukan (Iodice dkk., 2020) mengenai campuran bahan bakar etanol bensin pada E30 juga menunjukkan hal yang sama bahwa terjadi peningkatan kalor laten penguapan dan penurunan nilai kalor bahan bakar sehingga menghasilkan temperatur pembakaran dan kecepatan pembakaran yang rendah. E20 mengalami lama nyala api yang paling singkat, dikarenakan tidak terjadi peningkatan kalor laten penguapan yang cukup signifikan dan etanol memiliki kandungan oksigen 34% dari beratnya. Kandungan oksigen pada etanol dapat mempercepat reaksi pembakaran, karena saat bahan bakar dipanaskan atom oksigen pada etanol akan bereaksi terlebih dahulu dengan atom C (karbon) dan atom H (hidrogen) pada etanol, sehingga menyebabkan reaksi pembakarannya semakin cepat. Di sisi lain adanya perbedaan titik didih antara etanol dan bensin juga menyebabkan terjadinya fenomena *microexplosion*. Pada campuran bahan bakar E20 intensitas terjadinya *microexplosion* lebih sering di bandingkan dengan komposisi bahan bakar lainnya mengakibatkan *droplet* pecah menjadi partikel-partikel kecil yang membantu mempercepat proses penguapan dan pencampuran bahan bakar dengan udara sehingga reaksi pembakaran berlangsung semakin cepat.



**Gambar 5. Grafik Pengaruh Komposisi Campuran Etanol Bensin Terhadap Lama Nyala Api**

Lama nyala api pada komposisi campuran etanol dalam bensin dengan persentase yang tinggi seperti pada E30, E40 dan E50 mengindikasikan bahwa proses pembakaran yang lebih lambat mengakibatkan volume

ruang bakar pada akhir pembakaran meningkat sehingga sisa kalor akan terbawa bersama gas buang yang berdampak akan menghasilkan torsi dan daya yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar bensin. Oleh karena itu, untuk mendapatkan torsi dan daya yang maksimal, dari campuran bahan bakar yang digunakan sudut pengapian perlu dimajukan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Aulia, I.P., 2018) tentang pengaruh sudut pengapian terhadap unjuk kerja motor bakar menggunakan bahan bakar etanol.

## 5. KESIMPULAN

Temperatur api pembakaran *droplet* di pengaruhi oleh nilai kalor campuran bahan bakar. Semakin tinggi komposisi campuran etanol terhadap bensin menyebabkan nilai kalor campuran bahan bakar semakin rendah sehingga nilai maksimum temperatur api yang dihasilkan juga semakin rendah. Tinggi rendahnya temperatur hasil pembakaran campuran bahan bakar etanol bensin akan berdampak pada torsi dan daya yang dihasilkan.

Lama nyala api tiap komposisi campuran bahan bakar dipengaruhi oleh kalor laten penguapan dan intensitas terjadinya fenomena *microexplosion*. Kedua hal tersebut menyebabkan kecepatan penguapan, difusi bahan bakar dan kecepatan reaksi terhadap udara (oksigen) tiap komposisi campuran bahan bakar akan berbeda. Lama nyala api yang dihasilkan dari proses pembakaran campuran bahan bakar bensin etanol juga akan berdampak pada torsi dan daya yang dihasilkan. Oleh karena itu dalam penggunaannya dengan komposisi etanol yang tinggi perlu memajukan sudut pengapian pada kendaraan untuk memaksimalkan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran yang berlangsung lama.

## 6. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan komposisi campuran etanol dalam bensin dengan persentase yang lebih tinggi dan membuat tekanan yang berbeda-beda pada saat dilakukan pengujian di ruang uji bakar *droplet*.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Amine, M., & Barakat, Y. (2019). Properties of gasoline-ethanol-methanol ternary fuel blend compared with ethanol-gasoline and methanol-gasoline fuel blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 28(4), 371–376.

Aulia, I. P., (2018) Pengaruh Sudut Pengapian Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Ethanol. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.

Bušić, A., Mardetko, N., Kundas, S., Morzak, G., Belskaya, H., Šantek, M. I., Komes, D., Novak, S., & Šantek, B. (2018). Bioethanol production from renewable raw materials and its separation and purification: A review. *Food Technology and Biotechnology*, 56(3), 289–311. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.03.18.5546>

Deng, X., Chen, Z., Wang, X., Zhen, H., & Xie, R. (2018). Case Studies in Thermal Engineering Exhaust noise , performance and emission characteristics of spark ignition engine fuelled with pure gasoline and hydrous ethanol gasoline blends. *Case Studies in Thermal Engineering*, 12(October 2017), 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.02.004>

Firsaus, E.R., Marlina, E., Margianto. (2022). Pengaruh Penambahan Terpentin Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Biodiesel. *Ring Mechanical Engineering (Ring Me) Vol 1 No 2 Hal 71-81*.

Iodice, P., Langella, G., & Amoresano, A. (2020). Ethanol in gasoline fuel blends: Effect on fuel consumption and engine out emissions of SI engines in cold operating conditions. *Applied Thermal Engineering*, 130(2018), 1081–1089. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.11.090>

Krismanuel, R. C. (2021). Analisis Bahan Bakar Bioetanol E100 Dari Limbah Kulit Pisang Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Matic 4 Tak. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Manufaktur*, 01, 39–44.

Majedi, F., & Susanto, F. (2019). Performa Mesin Motor Berbahan Bakar Etanol Dengan Perubahan Kapasitas Mesin Dan 2 Busi. *Jurnal Poli-Teknologi*, 17(3), 291–298. <https://doi.org/10.32722/pt.v17i3.1272>

Monasari, R., Firdaus, A. H., & Qosim, N. (2021). Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Campuran Bahan Bakar Bensin-Bioethanol Terhadap Specific Fuel Cosumption. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*. 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.23887/jptm.v9i1.31797>

Nofendri, Y. (2018). Pengaruh Penambahan Aditif Etanol Pada Bensin Ron 88 Dan Ron 92 Terhadap Prestasi Mesin. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 5(1), 33–39. <https://doi.org/10.21009/jkem.5.1.6>

Pratama, A.W., Trisna, I., (2020). Analisa Campuran Bahan Bakar Bioethanol Dari Nira Tebu Dengan Bahan Bakar Premium Terhadap Nilai Kalor Dan Unjuk Kerja Mesin 4 Langkah. *Journal Mechanical and Manufacture Teknology Vol 1 No 1*. Website: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/jmmt>

Priatama, M.H.F., Rosyadi, I., & Yusuf, Y. (2020). Analisa Performa Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin 4-Tak 113 CC Menggunakan Bahan Bakar Campuran Premium Dan Ethanol. *Jurnal ROTOR Vol 13 No 2 (November)*, 49–54.

Qian, Y., Liu, G., Guo, J., Zhang, Y., Zhu, L., & Lu, X. (2019). Engine performance and octane on demand studies of a dual fuel spark ignition engine with ethanol / gasoline surrogates as fuel. *Energy Conversion and Management*, 183(January), 296–306. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.011>

Qubessi, M.A., Esawi, N.A., Sazhin, S.S., Ghaleeh, M. (2018). Ethanol/Gasoline Droplet Heating and Evaporation: Effect Of Fuel Blends And Ambient

- Conditions. Energy Fuel. DOI:  
10.1021/acs.energyfuels.8b00366
- Rifal, M., & Rauf, W. (2018). Analisis Penggunaan Bahan Bakar Etanol-Pertalite Pada Motor Honda Scoopy 110 cc. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(1), 55. <https://doi.org/10.32662/gojise.v1i1.141>
- Rifal, M., Pido, R., Dera, N. S., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Gorontalo, U. (2021). Pengaruh Campuran Bahan Bakar Ethanol Bensin Terhadap Komsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 125 cc Sistem Injeksi . *IV*(2), 50–57.
- Sakthivel, P., Subramanian, K. A., & Mathai, R. (2020). Experimental study on unregulated emission characteristics of a two- wheeler with ethanol-gasoline blends ( E0 to E50 ). *Fuel*, 262(August 2019), 116504. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116504>
- Sudiyani, Y., Triwahyuni, E., Burhani, D., Muryanto, M., Aiman, S., Amriani, F., Simanungkalit, S. P., Abimanyu, H., Dahnum, D., Laksmono, J. A., Waluyo, J., Irawan, Y., Sari, A. A., & Puteri, A. M. H. (2019). Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif. In [Http://Penerbit.Lipi.Go.Id/Data/Naskah1573012692](http://Penerbit.Lipi.Go.Id/Data/Naskah1573012692). [lipipress.lipi.go.id](http://lipipress.lipi.go.id).
- Wiratmaja, I. G., & Elisa, E. (2020). Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i1.27298>
- Yusuf, A. A., & Inambao, F. L. (2019). Bioethanol production from different Matooke peels species: A surprising source for alternative fuel. *Case Studies in Thermal Engineering*, 13(October 2018), 100357. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.11.008>