

## Karakteristik Pembakaran Droplet Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol

Arwin <sup>1)</sup>, Lilis Yulianti <sup>2)</sup>, Agung Sugeng Widodo <sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup>Teknik Mesin, Universitas Brawijaya  
Jl. MT Haryono 167 Malang Indonesia  
Email : arwinteknikotomotif@rocketmail.com

**Abstrak.** Semakin menipisnya bahan bakar fosil membuat sumber energi terbarukan semakin banyak dikembangkan saat ini. Salah satunya adalah pemanfaatan etanol sebagai pengganti atau campuran bahan bakar bensin. Namun, penggunaan etanol langsung ke kendaraan harus memperhatikan beberapa hal seperti nilai kalor, nilai oktan, kemurnian etanol dan sifat *volatility* dari etanol. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik pembakaran persentase campuran bahan bakar bensin-etanol melalui pembakaran droplet dengan mengamati visualisasi api, *ignition delay time*, dan lama nyala api. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental (*experimental method*). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase etanol 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil yang didapatkan melalui visualisasi api yaitu, terjadinya ledakan-ledakan kecil (*micro explosion*) disetiap campuran bahan bakar dengan ledakan kecil yang berbeda-beda seiring dengan meningkatnya campuran etanol terhadap bensin. *Ignition delay time* terlama ditunjukkan pada bahan bakar E20 dengan nilai 0,283 detik dan yang terendah pada bahan bakar E0 dengan nilai 0,116 detik, lama nyala api tertinggi pada bahan bakar E10 dengan nilai 1,333 sekon dan yang terendah pada bahan bakar E20 dengan nilai 1,003 detik.

**Kata kunci:** Droplet, bensin, etanol, karakteristik pembakaran.

### 1. Pendahuluan

Penggunaan jenis bahan bakar minyak bumi semakin lama semakin meningkat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, meningkatnya aktivitas dan jumlah penduduk. Penghematan telah dilakukan sejak dahulu karena pasokan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*), menyebabkan cadangan minyak bumi yang semakin menipis, sehingga salah satu jalan menghemat penggunaan bahan bakar minyak bumi adalah beralih ke sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*).

Pada sektor industri otomotif kemajuan teknologi sudah memasuki tahap penggunaan bahan bakar alternatif, dan prinsip penginjeksian bahan bakar pada mesin bensin (*Electronic Fuel Injection*), untuk menciptakan efisiensi penggunaan bahan bakar dan pembakaran yang lebih ramah lingkungan. Etanol adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar bensin dan sebagai campuran bahan bakar bensin yang dapat diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar. Etanol yang sering juga disebut etil alkohol dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$ , dapat dibuat dari proses pemasakan, fermentasi dan distilasi beberapa jenis tanaman seperti tebu, jagung, singkong atau tanaman lain yang kandungan karbohidratnya tinggi. Bahkan dalam beberapa penelitian ternyata etanol juga dapat dibuat dari selulosa atau limbah hasil pertanian (*biomassa*), sehingga etanol memiliki potensi cukup cerah sebagai pengganti bensin (Handayani, 2007)[1].

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.

Berdasarkan penelitian (Mursalin 2011) meneliti unjuk kerja dan emisi gas buang mesin bensin dengan bahan bakar campuran bensin-etanol. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa bahan bakar bensin dengan campuran etanol 10 % dan 20 % memiliki torsi dan daya yang lebih baik dari pada bensin murni serta menghasilkan emisi gas buang dengan kandungan gas CO dan HC yang cukup rendah. Selain itu, penggunaan bahan bakar yang dicampur dengan etanol memiliki nilai ekonomis dibandingkan dengan bahan bakar bensin murni, nilai oktan bensin yang dicampur etanol lebih tinggi dan sebanding dengan nilai oktan pertamax[2].

Pembakaran yang terjadi di dalam mesin bensin yang bahan bakarnya diinjeksikan berupa *spray* yang merupakan kumpulan *droplet*, sehingga hal tersebutlah yang perlu diamati dengan cara pengujian pembakaran *droplet* bahan bakar. Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana karakteristik pembakaran *droplet* dari variasi persentase campuran bensin etanol yang meliputi, visualisasi nyala

api, *ignition delay time*, dan lama nyala api? Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pembakaran *droplet* dari variasi persentase campuran bensin-etanol yang meliputi *ignition delay time*, visualisasi nyala api, dan lama nyala api.

## Tinjauan Pustaka

Bensin atau *gasoline* (Amerika) atau *petrol* (Inggris) adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, dan empat. Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C7 (heptana) sampai dengan C11, bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai, bensin dibuat dari minyak mentah, cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut dengan *petroleum*.

Bahan bakar bensin adalah pemurnian dari *naphtha* yang komposisinya dapat digunakan untuk bahan bakar. *Naphtha* adalah semua jenis minyak ringan (*light oil*) yang memiliki sifat antara bensin (*gasoline*) dan *kerosin*. Kata bensin berasal dari kata *benzene* (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) bagian dari minyak bumi mentah yang berupa campuran bahan hidrokarbon. Bensin sangat mudah menguap yaitu pada suhu 40° C sebanyak 30 - 16 % kepadatan sekitar 700 - 750 kg/m<sup>3</sup>, sifat mudah menguap mempunyai akibat bahwa setelah dikabutkan menjadi tetesan-tetesan halus yang dapat disalurkan ke dalam silinder oleh aliran udara. Bensin yang dapat dipasarkan diberi tambahan zat aditif untuk memperbaiki sifat-sifat agar tidak mudah menggumpal bila disimpan lama. (Hafizzullah, 2016)[3].

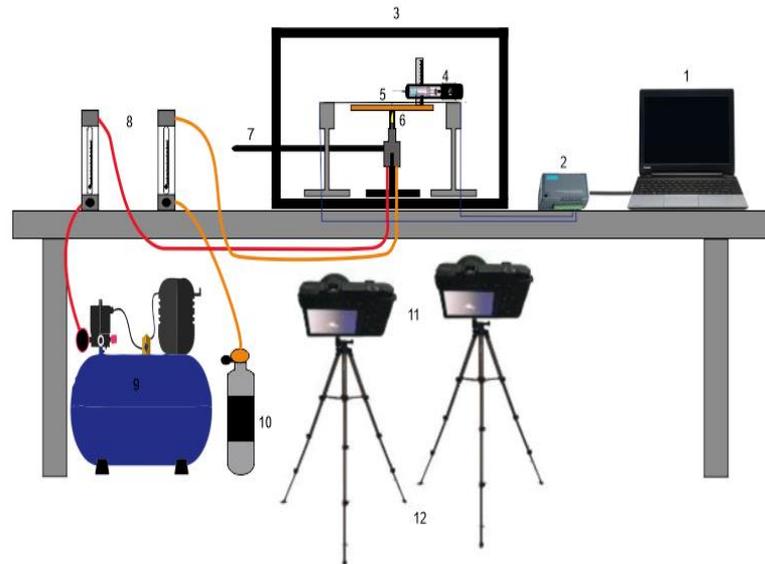
Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya sifat etanol yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan karena emisi karbondioksida rendah (Jeon, 2007)[4]. Etanol dapat digunakan sebagai bahan campuran bensin (*gasoline*) yang kemudian dinamakan *gasohol*, dan juga dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar (McKetta, 1983)[5]. Secara detail, sifat fisik dan kimia bahan bakar etanol dan bensin disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Bahan Bakar Etanol dan Bensin

No	Properti bahan bakar	Etanol	Bensin
1	Rumus kimia	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C4 to C12
2	Berat molekul [g/mol]	46.07	105
3	Karbon [massa%]	52.2	88
4	Hidrogen [massa%]	13.1	12-15
5	Oxigen [massa%]	34.7	2.7
6	Kadar Aromatik [%v/v]	-	35
7	Densitas [kg/m <sup>3</sup> ] 15/15 °C	790	751
8	Titik didih [°C]	78	27-225
9	Tekanan uap.[kPa] at 38 °C	15.9	48-103
10	Panas spesifik [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] 2.4 2	2.4	2
11	Viskositas [mPa s] at 20 °C 1.19 0.4	1.19	0.4
12	<i>Low Heating Value</i> [MJ/kg]	26	43
13	<i>Autoignition temperature</i> [°C]	423	257
14	RON/MON	108.6/92	98/87
15	<i>Flammability lim.</i> [Vol%]	4.3/19	1.4/7.6

Pembakaran *droplet* tidak ada yang ideal menghasilkan api berbentuk bola karena proses pembakaran selalu menginduksi gaya apung yang akan mendorong gas panas keatas sehingga api akan berbentuk lonjong dan bahkan memanjang keatas (Wardana, 2008)[7]. Bentuk nyala api pada pembakaran *droplet* bisa berupa *spherical* (bulat) atau *non-spherical* (tidak bulat). Pada umumnya nyala api *non-spherical* disebabkan oleh efek konveksi akibat gerakan relatif antara gas dan *droplet* disekelilingnya. Saat bentuk *droplet* mengecil, *droplet* akan ditahan oleh gas di sekelilingnya dan kecepatan relatif antara gas dan *droplet* menjadi sangat kecil. Hal ini akan menyebabkan nyala api dari *droplet* dapat mendekati *spherical*. (Kuo 2005)[8].

## Metodologi Penelitian



### Keterangan:

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Laptop                  | 7. Tuas penggeser kayu      |
| 2. Data logger             | 8. Flowmeter                |
| 3. Ruang uji bakar droplet | 9. Kompresor                |
| 4. Pembuat droplet         | 10. Botol bahan bakar butan |
| 5. Termokopel              | 11. Kamera                  |
| 6. Api                     | 12. Tripod                  |

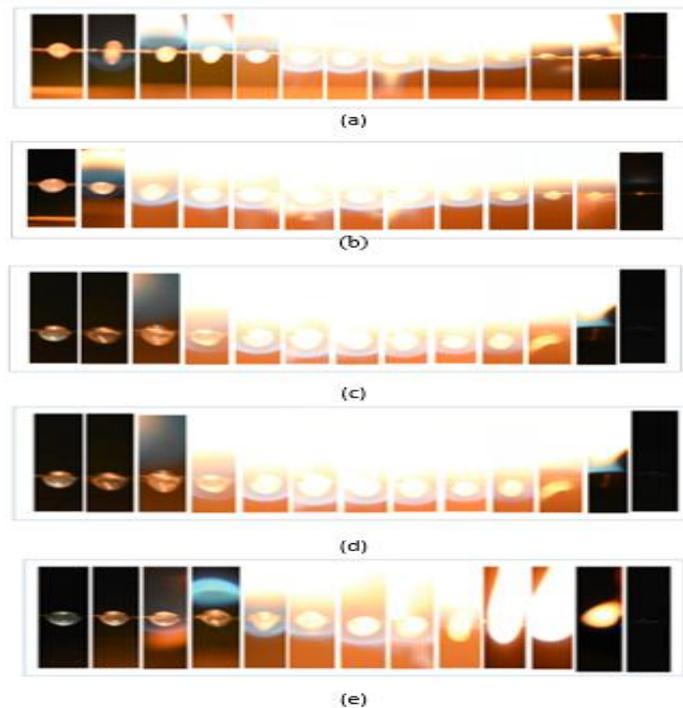
Gambar 1. Skema instalasi penelitian

Penelitian dilakukan pada instalasi yang ditunjukkan pada gambar 1. Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik pembakaran *droplet* campuran bensin-etanol. Persentase etanol divariasikan sebesar 0%,5%,10%,15%, dan 20%. Diameter *droplet* 1,151-1,008 mm di buat pada *thermocouple junction* yang berfungsi sebagai penyangga *droplet*. Penyalaan *droplet* dilakukan dengan menggunakan nyala api yang diletakkan pada jarak 10 mm di bawah *droplet*. *Ignition delay time* dihitung sejak papan yang diletakkan tepat di bawah *droplet* di geser sampai timbulnya nyala api pada *droplet*. Visualisasi nyala api diambil dengan menggunakan kamera Nikon D3400 yang diletakkan pada jarak 50 cm dari *droplet*. Pengambilan Gambar dilakukan dengan *mode* video dengan pengambilan gambar sebesar 60 fps. Selanjutnya video hasil perekaman dikonversi menjadi gambar dengan menggunakan *software* Adobe Premier Pro untuk mendapatkan data *ignition delay time*, visualisasi nyala api dan lama nyala api.

## 2. Pembahasan

### Visualisasi nyala Api Pembakaran Droplet Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol

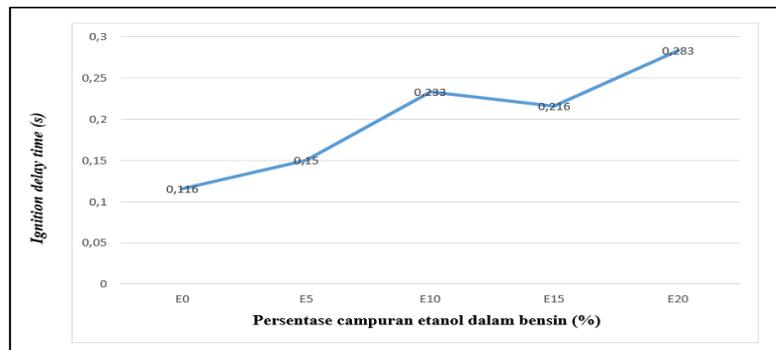
Pada pembakaran bahan bakar bensin dan etanol, waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan sebuah *droplet* memiliki selisih waktu yang berbeda. Hal ini dikarenakan angka *flashpoint* yang dimiliki oleh bensin dan etanol adalah  $-43^{\circ}\text{C}$  dan  $13^{\circ}\text{C}$ . Visualisasi api pembakaran *droplet* campuran bahan bakar bensin – etanol dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Visualisasi pembakaran droplet campuran bahan bakar bensin-etanol: (a)E0; (b)E5;(c)E10;(d)E15; dan (e) E20

Evolusi perubahan nyala api pada setiap persentase campuran berbeda, terlihat dari perubahan diameter *droplet* bahan bakar pada setiap persentase campuran. Untuk nyala api bensin/E0 yang dihasilkan terlihat stabil, karena perubahan bahan bakar bensin dari fase cair menjadi fase gas terjadi dengan sempurna yang disebabkan oleh pemanasan nyala api yang berada di bawah *droplet* bahan bakar. Sedangkan untuk nyala api campuran etanol menimbulkan suatu fenomena, yaitu ledakan kecil pada *droplet* bahan bakar atau disebut dengan *micro explosion*. Walaupun pada bahan bakar bensin juga terdapat *micro explosion*, namun kemungkinan terjadinya sangat kecil sehingga nampak tidak terlihat. Pada penelitian ini terjadinya *micro explosion* yaitu dengan semakin banyaknya campuran bahan bakar etanol ke dalam bahan bakar bensin. *Micro explosion* menyebabkan terjadinya *secondary atomization* suatu bahan bakar dan menyebabkan pembakaran menjadi semakin cepat (Dewi, 2012)[9]. *Micro explosion* merupakan suatu fenomena yang terjadi pada pembakaran *droplet* bahan bakar cair. Dengan adanya *micro explosion* dalam suatu pembakaran, akan membuat terjadinya pembakaran yang sempurna. Hal ini dikarenakan pecahnya bahan bakar ketika terjadi pembakaran menjadi partikel-partikel kecil yang membuat penguapan suatu bahan bakar akan menjadi lebih cepat, sehingga terjadinya interaksi/pencampuran antara bahan bakar dan udara (oksigen) semakin cepat, dan pembakaran akan terjadi semakin cepat.

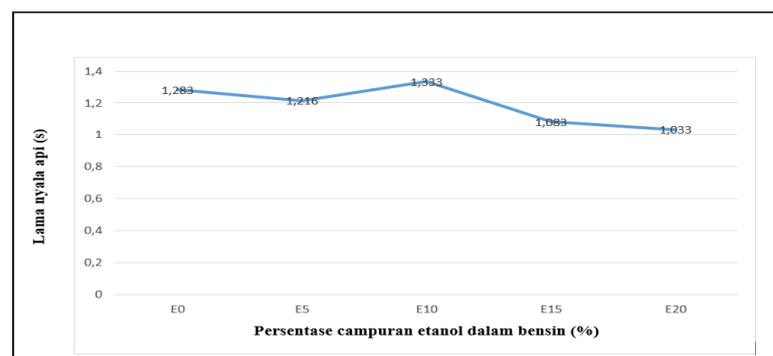
### Hubungan antara *Ignition delay time* terhadap persentase campuran bahan bakar yang digunakan



Gambar 2. Grafik hubungan kandungan etanol dalam pembakaran *droplet* terhadap *ignition delay time*

Grafik hubungan dari *ignition delay time* terhadap persentase campuran bahan bakar yang terlihat pada gambar diatas. Nilai *Ignition delay time* terendah pada E0 yaitu selama 0,116 detik dan nilai *ignition delay time* tertinggi ada pada E20 yaitu selama 0,283 detik. *Ignition delay time* mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase campuran etanol terhadap bensin. Hal ini disebabkan etanol memiliki nilai *flash point* yang lebih tinggi yaitu  $13^{\circ}\text{C}$  dibandingkan bensin memiliki nilai *flash point* yang lebih rendah yaitu sebesar  $-43^{\circ}\text{C}$ . *Flash point* sendiri merupakan titik nyala dari suatu bahan bakar pada suhu terendah dimana bahan bakar menghasilkan uap dan bercampur dengan udara dan membentuk campuran yang dapat menyala atau terbakar. Sehingga semakin tinggi nilai *flash point* suatu bahan bakar maka waktu penyalaan bahan bakar tersebut semakin lama, karena kecepatan penguapannya (*Volatility*) yang lambat. Selain itu etanol mempunyai temperatur *autoignition* lebih tinggi dibandingkan bensin, yaitu sekitar  $423^{\circ}\text{C}$  sedangkan bensin mempunyai temperatur *autoignition* sekitar  $257^{\circ}\text{C}$ .

### Hubungan antara lama nyala api terhadap persentase campuran bahan bakar yang digunakan



Gambar 3. Grafik hubungan kandungan etanol dalam pembakaran *droplet* terhadap lama nyala api

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kandungan etanol terhadap lama nyala api, untuk lama nyala api pada E0 yaitu selama 1,283 detik, E5 selama 1,216 detik, E10 selama 1,333, E15 selama 1,083, dan E20 selama 1,033 detik. Lama nyala api cenderung menurun seiring bertambahnya persentase etanol dalam campuran bensin. Hal ini disebabkan karena etanol memiliki kandungan oksigen 34% dari beratnya sedangkan bensin tidak memiliki kandungan oksigen dari beratnya[10]. Kandungan oksigen pada etanol dapat mempercepat reaksi pembakaran, karena saat etanol 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 dan lama nyala api semakin menurun.

### 3. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan etanol memicu terjadinya *micro explosion* karena perbedaan titik didih antara bensin dan etanol.
2. *Ignition delay time* mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase campuran etanol terhadap bensin.
3. Semakin tinggi persentase campuran etanol terhadap bensin maka lama nyala api cenderung menurun.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Mesin-Mesin fluida Fakultas Teknik Muniversitas Brawijaya yang telah memberi kesempatan melakukan penelitian.

### Daftar Pustaka

- [1]. Handayani, S. U. 2007. Pemanfaatan Bio Ethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin. *Gema Teknologi*. Vol. 15. No. 2. Hal 99 - 102.
- [2]. Mursalin, 2011. *Pengaruh campuran bahan bakar bensin dengan etanol terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang pada kendaraan supra x 125 cc*. Skripsi. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
- [3]. Hafizzullah, I. 2016. *Studi Eksperimental Tentang Kinerja Motor dengan Bahan Bakar Premium, Peralite, dan Pertamina*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. <http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/652/BAB%20II.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. (diakses pada tanggal 25 Juli 2018).
- [4]. Jeon, B. Y. 2007. Development of a Serial Bioreactor System for Direct Ethanol Production from Starch Using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, Vol. 12, pp. 566-573.
- [5]. McKetta, John J. & William Aaron Cunningham, W.A.1983. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. New York and Bessel : Marcel Dekker, Inc.
- [6]. Wardana, ING. 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang: PT Dinar Wijaya Brawijaya University Press.
- [7]. Kuo, K. K. 2005. *Principle of combustion*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [8]. Dewi, R. 2012. Pengaruh daya penyinaran gelombang mikro terhadap karakteristik pembakaran droplet minyak jarak pagar. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 3, No.2*.305-316.
- [9]. Shahir, S.A. et al. 2014. Feasibility of diesel- biodiesel-ethanol/bioethanol blends as existing CI engine fuel : as assessment of propertie, material compatibility, safety, and combustion. Universitas of Malaya. Malaysia