

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH GASOLINE-ETHANOL BLEND TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA MOTOR BAKAR BENSIN SISTEM *FUEL INJECTION*

Nala Nur Arifin¹, Sri Widodo², Endang Mawarsih³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

nala.nur.arifin23@gmail.com¹, sriwidodo@untidar.ac.id², endangmawarsih@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Data korlantas.polri.go.id mencatat jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada akhir tahun 2021 sebanyak 145 juta atau naik 0,6% dari tahun sebelumnya. Meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor menimbulkan masalah pencemaran udara akibat dari emisi yang dihasilkan seperti gas CO, CO², dan HC. Salah satu langkah untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi dan dampak yang ditimbulkan yaitu menggunakan sumber energi alternatif etanol. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh penambahan etanol pada bahan bakar pertalite terhadap performa mesin dan emisi gas buang yang dihasilkan. Penelitian menggunakan metode eksperimental terhadap sepeda motor *matic* 4 langkah 1 silinder 110 cc dengan teknologi *fuel injection* keluaran tahun 2016 dengan variasi penambahan etanol 0%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan etanol pada bahan bakar pertalite mampu meningkatkan performa mesin dan menurunkan emisi gas buang yang dihasilkan. Secara keseluruhan, penambahan etanol 20% merupakan variasi bahan bakar terbaik dibandingkan variasi bahan bakar lainnya dengan nilai torsi tertinggi diperoleh pada putaran mesin 6000 rpm yaitu sebesar 8,18 N.m dan nilai daya tertinggi diperoleh pada putaran mesin 7000 rpm yaitu sebesar 7,41 Hp. Pada parameter rasio ekuivalen, hasilnya paling mendekati pembakaran sempurna dengan rataratanya menunjukkan angka 1,017. Sedangkan hasil pengujian emisi gas buangnya merupakan yang terendah dengan kandungan emisi gas buang CO sebesar 0,20 %, dan kandungan emisi gas buang HC sebesar 66 ppm.

Kata kunci: pertalite, etanol, performa mesin, emisi gas buang.

ABSTRACT

Data from korlantas.polri.go.id noted that the number of motorized vehicles in Indonesia at the end of 2021 was 145 million, an increase of 0.6% from the previous year. The increasing use of motorized vehicles causes air pollution problems as a result of the emissions produced such as CO, CO², and HC gases. One of the steps to reduce the use of petroleum fuel and its impact is to use an alternative energy source of ethanol. The purpose of this study was to analyze the effect of adding ethanol to pertalite fuel on engine performance and the resulting exhaust emissions. The study used an experimental method on a 110 cc 4 stroke 1 cylinder automatic motorcycle with fuel injection technology released in 2016 with variations in the addition of 0%, 20%, 30%, and 40% ethanol. The results showed that the addition of ethanol to pertalite fuel was able to improve engine performance and reduce exhaust emissions. Overall, the addition of 20% ethanol is the best fuel variation compared to other fuel variations with the highest torque value obtained at 6000 rpm engine speed of 8,18 N.m and the highest power value obtained at 7000 rpm engine speed of 7,41 Hp. In the equivalent ratio parameter, the results are closest to complete combustion with an average of 1.017. Meanwhile, the results of the exhaust gas emission test are the lowest with a CO emission content of 0,20%, and an HC exhaust gas emission content of 66 ppm. **Keyword:** pertalite, ethanol, engine performance, exhaust emissions.

PENDAHULUAN

Saat ini penambangan di sektor minyak bumi dilakukan secara besar-besaran

hal tersebut dilatarbelakangi oleh kebutuhan minyak bumi yang sangat tinggi.

Berdasarkan hal tersebut, cadangan minyak bumi Indonesia semakin menipis dan hasil produksi minyak bumi semakin menurun. Dalam satu dekade terakhir, produksi minyak mengalami penurunan dari 346 juta barel (949.000 barel tiap hari) di tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778.000 barel tiap hari) pada tahun 2018. Penurunan ini diakibatkan karena sumur produksi utama minyak bumi yang telah usang dan produksi sumur minyak baru yang relatif masih sedikit [7].

Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi komoditas yang cukup vital peranannya dalam segala aktivitas manusia, salah satunya yaitu untuk bahan bakar kendaraan bermotor [4]. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia di tahun 2022 sebanyak 146 juta, data ini diupdate per 15 maret 2022 (Korlantas.polri.go.id, 2022). Meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor ini berakibat pada pencemaran udara oleh emisi gas buang yang dikeluarkan oleh saluran buang motor. Gas seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO²), dan hidrokarbon (HC) berbahaya jika dihirup manusia. Pembakaran campuran udara dan bahan bakar bensin yang tidak sempurna menjadi penyebab emisi gas buang yang dikeluarkan beracun [3]. Selain berbahaya jika dihirup manusia, pembakaran BBM ini juga menyebabkan efek rumah kaca (*green house effect*). Efek rumah kaca timbul saat kadar gas karbon dioksida (CO²) dan gas-gas lainnya di atmosfer mengalami peningkatan [5].

Salah satu langkah mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi dan dampak yang ditimbulkan yaitu menggunakan sumber energi alternatif sebagai penggantinya. Etanol dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif karena berasal dari alam, diperoleh dari bahan baku yang terbarukan. Bersifat mudah terbakar, mudah menguap, jernih tidak berwarna dan menghasilkan sisa pembakaran yang lebih bersih dibandingkan bahan bakar fosil, memiliki rumus kimia C₂H₅OH. Selain itu, etanol juga dapat berkontribusi dalam mengurangi kadar CO² di atmosfer melalui proses fotosintesis pada tumbuhan. Fungsi

lain dari etanol sebagai bahan bakar yaitu dapat menaikkan angka oktan (*octane booster*), semakin tinggi angka oktan maka bahan bakar akan semakin sulit terbakar. Selain sebagai *octane booster*, etanol juga dapat sebagai *fuel extender* atau penghemat bahan bakar fosil [6].

Ada dua jenis etanol yang biasa digunakan sebagai campuran dengan berbagai macam bahan bakar bensin yaitu *anhydrous ethanol* dan *hydrous ethanol*. Kadar air pada *anhydrous ethanol* maksimal hanya kurang dari 1%, harganya mahal karena membutuhkan banyak energi selama proses destilasi dan dehidrasi untuk mengurangi kadar airnya. Sedangkan *hydrous ethanol* adalah etanol yang memiliki kadar air maksimal 7%, harganya lebih murah karena tidak perlu melewati proses tambahan yang memakan banyak energi [1].

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini dilakukan pada sepeda motor *matic* sistem FI 110 cc tahun 2016 menggunakan metode eksperimental dengan tujuan menganalisis pengaruh campuran *hydrous ethanol* 96% pada bahan bakar pertalite terhadap performa mesin dan emisi gas buang dengan variasi campuran E0 (pertalite murni), E20 (20% etanol, 80% pertalite), E30 (30% etanol, 70% pertalite), dan E40 (40% etanol, 60% pertalite).

Penelitian ini berfokus pada analisis kinerja mesin meliputi torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik, *air fuel ratio*, rasio ekuivalen, dan emisi gas buang. Penggunaan campuran etanol dan bahan bakar dalam penelitian ini diharapkan dapat menemukan performa mesin terbaik dan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2022 bertempat di bengkel Le Mans Motors, Kecamatan Temanggung, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah dan bengkel motor bakar jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar.

Alat dan bahan Alat

1. Dynotest
2. Emission gas analyzer

3. Tangki bahan bakar buatan
4. Toolkit
5. Gelas ukur
6. Stopwatch

Bahan

1. Sepeda motor matic FI
2. Pertalite
3. Etanol

Metode pengujian

Penelitian menggunakan metode eksperimental. Penambahan etanol pada bahan bakar bensin pertalite dilakukan dengan variasi penambahan etanol 0%, 20%, 30%, dan 40%. Pengujian dilakukan terhadap sepeda motor *matic* 4 langkah 1 silinder 110 cc dengan teknologi *fuel injection* keluaran tahun 2016. Pengujian performa dilakukan menggunakan alat *dynotest* diujicobakan pada beban konstan dengan variasi putaran mesin 4000 sampai 9000 rpm dengan range 1000 rpm dan toleransi galat 250 rpm, sedangkan uji emisi gas buangnya dilakukan pada kondisi mesin *idle* menggunakan *emission gas analyzer*, untuk hasil uji emisi dibandingkan dengan standar mutu di Indonesia berdasarkan KEPMEN LH No 5 Tahun 2006. Selanjutnya diambil data konsumsi bahan bakar spesifik, *air fuel ratio*, dan rasio ekuivalen atau lambda.

Variabel penelitian Variabel bebas

1. Bahan bakar utama pertalite.
2. Etanol jenis hydrous ethanol 96% sebagai bahan bakar campuran.

Variabel terikat

1. Daya
2. Torsi
3. Konsumsi bahan bakar spesifik
4. Air fuel ratio atau AFR
5. Rasio ekuivalen atau lambda
6. Emisi gas buang

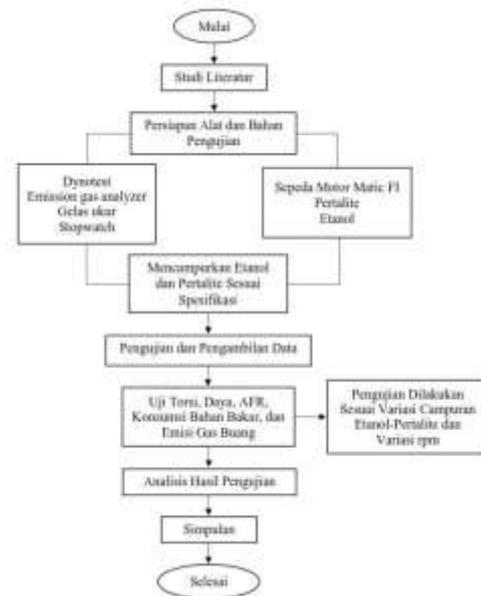
Variabel kontrol

1. Sepeda motor *matic* sistem injeksi 110 cc.
2. Pengambilan data daya dan torsi motor menggunakan *dynotest* di putaran mesin 4000 sampai 9000 rpm dengan jarak 1000 rpm dan toleransi galat 250 rpm.
3. Putaran mesin pada saat pengambilan data konsumsi bahan bakar yaitu 4000 sampai

9000 rpm dengan jarak 1000 rpm dan toleransi galat 250 rpm.

4. Pengambilan data emisi gas buang dilakukan pada kondisi mesin *idle*.

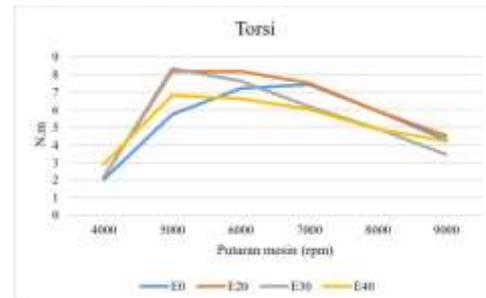
Alur penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Performa mesin Torsi



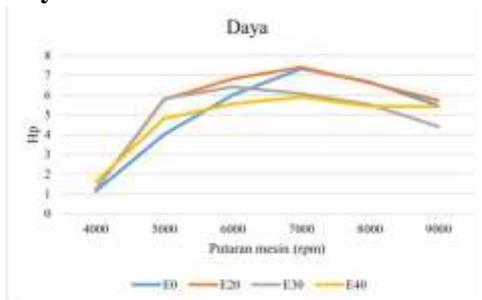
Gambar 2. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap torsi

Hasil pengujian torsi mengalami peningkatan di awal putaran mesin dan menurun di putaran mesin menengah menuju akhir. Torsi juga mengalami penurunan setiap kenaikan variasi bahan bakar. Nilai torsi tertinggi yang diperoleh masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 terjadi saat putaran mesin 7000 rpm sebesar 7,43 N.m, E20 terjadi saat putaran mesin 6000 rpm sebesar 8,18 N.m, E30 terjadi saat putaran mesin 5000 rpm sebesar 8,34 N.m, dan E40 terjadi saat putaran mesin 5000 rpm 6,81 N.m, dimana nilai tertingginya terjadi pada E30

putaran 5000 rpm. Sedangkan nilai torsi terendah masing-masing variasi bahan bakar semuanya terjadi saat putaran 4000 rpm, dimana nilai terendahnya terjadi pada E0 yaitu sebesar 2,03 N.m, meningkat saat E20 dengan nilai 2,18 N.m, kembali turun saat E30 dengan nilai 2,16 N.m, dan kembali meningkat saat E40 dengan nilai 2,90 N.m.

Pada gambar 2 terlihat bahwa saat putaran mesin meningkat, maka torsi yang dikeluarkan akan semakin menurun. Sebagai contoh, nilai torsi maksimal dari variasi bahan bakar E0 terjadi di putaran 7000 rpm sebesar 7,43 N.m dan menurun di putaran 8000 rpm dengan nilai torsi 5,92 N.m. Hal ini terjadi karena seiring meningkatnya putaran mesin maka akan terjadi keterlambatan penyalan percikan api yang dihasilkan busi pada proses pembakaran, sehingga nilai torsi pun akan meningkat dan akan kembali turun setelah mendapati titik maksimalnya saat putaran mesin tertentu. Keterlambatan saat pengapian ini yang akan menyebabkan proses pembakaran menjadi lebih pendek sehingga tekanan hasil pembakaran menjadi berkurang dan torsi yang dikeluarkan juga berkurang.

Daya



Gambar 3. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap daya

Hasil pengujian daya terjadi perbedaan seiring dengan bertambahnya putaran mesin dan konsentrasi variasi bahan bakar yang digunakan. Nilai daya tertinggi dari masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 terjadi saat putaran mesin 7000 rpm sebesar 7,34 Hp, E20 terjadi saat putaran mesin 7000 sebesar 7,41 Hp, E30 terjadi saat putaran mesin 6000 rpm sebesar 6,42 Hp, dan E40 terjadi saat putaran mesin 7000 rpm sebesar 5,91 Hp, dimana nilai tertingginya terjadi pada E20 putaran mesin 7000 rpm. Sedangkan nilai daya terendah dari

masingmasing variasi bahan bakar semuanya terjadi saat putaran mesin 4000 rpm, dimana nilai terendahnya terjadi pada E0 yaitu sebesar 1,14 Hp, meningkat saat E20 dengan nilai 1,23 Hp, kembali turun saat E30 dengan nilai 1,21 Hp, dan kembali meningkat saat E40 dengan nilai 1,61 Hp.

Pada gambar 3 menunjukkan nilai daya dari tiap variasi bahan bakar mengalami kenaikan mulai dari awal putaran mesin sampai putaran mesin menengah dan mengalami penurunan nilai daya setelah mencapai nilai maksimalnya sampai akhir putaran mesin. Sebagai contoh, pada variasi bahan bakar E0 nilai daya maksimalnya terjadi saat putaran 7000 rpm sebesar 7,34 Hp dan menurun saat putaran mesin 8000 rpm dengan nilai daya 6,66 Hp. Hal ini disebabkan adanya sistem *fuel cut injection*, dimana sinyal dari ECU ke *injector* akan terhenti beberapa saat dan penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar pun ikut terhenti. *Fuel cut injection* terjadi setelah sensor putaran mesin mengirimkan masukan kepada ECU. Saat mesin pada kondisi putaran yang tinggi dan melebihi batas yang ditentukan *fuel cut injection* akan berjalan, sehingga mesin dapat terhindar dari kerugian akibat putaran berlebih tersebut.

Karakteristiknya hampir sama dengan torsi karena dasar perhitungan daya adalah torsi. Dampak dari penurunan torsi setelah mencapai nilai maksimalnya pada masingmasing variasi bahan bakar berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan, daya pada masing-masing variasi bahan bakar juga mengalami penurunan setelah mencapai nilai maksimalnya. Kondisi ini dapat disebabkan oleh nilai kalor dari bahan bakar, semakin besar kadar etanol yang ditambahkan pada pertalite maka nilai kalor dari bahan bakar semakin rendah. Nilai kalor yang rendah membuat panas yang dihasilkan menjadi rendah pula, maka tekanan hasil pembakaran pun ikut menurun. Maka dengan begitu torsi dan daya yang dihasilkan oleh mesin pun ikut menurun.

Konsumsi bahan bakar spesifik

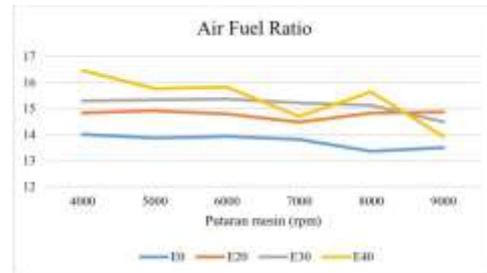


Gambar 4. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar spesifik

Hasil dari pengujian konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) didapatkan setelah melakukan perhitungan konsumsi bahan bakar tiap variasi bahan bakar. Nilai SFC menurun seiring dengan peningkatan putaran mesin. Penambahan etanol pada pertalite juga berpengaruh terhadap peningkatan dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik di tiap putaran mesin. Nilai SFC tertinggi pada masing-masing variasi bahan bakar terjadi saat putaran 4000 rpm, dimana nilai tertingginya terjadi saat E0 dengan nilai 0,193 L/HP.h dan menurun pada tiap peningkatan variasi yaitu E20 dengan nilai 0,173 L/HP.h, E30 dengan nilai 0,164 L/HP.h, dan E40 dengan nilai 0,099 L/HP.h. Sedangkan nilai SFC terendah masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 saat putaran mesin 7000 rpm sebesar 0,044 L/HP.h, E20 saat putaran mesin 6000 rpm sebesar 0,40 L/HP.h, E30 saat putaran mesin 6000 rpm sebesar 0,036 L/HP.h, dan E40 saat putaran mesin 7000 rpm sebesar 0,033 L/HP.h, dimana nilai terendahnya terjadi pada E40 kecepatan putaran 7000 rpm.

Secara keseluruhan, seperti terlihat pada gambar 4 penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar pertalite pada motor bakar bensin 4 langkah 1 silinder *matic* sistem injeksi berpengaruh menurunkan konsumsi bahan bakar spesifiknya seiring dengan penambahan konsentrasi etanol pada setiap putaran mesin yang diuji atau bisa dikatakan lebih irit bahan bakar. Jadi, semakin rendah nilai SFC yang diperoleh dari suatu bahan bakar, maka semakin irit bahan bakar yang digunakan dalam pembakaran. Hal ini dikarenakan etanol memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi daripada pertalite murni. Dengan adanya kandungan oksigen ini,

pembakaran didalam ruang bakar akan terjadi lebih sempurna, sehingga meskipun jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar lebih sedikit akan mampu menghasilkan daya yang lebih besar untuk menggerakkan mekanisme motor. **Air fuel ratio**



Gambar 5. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap air fuel ratio

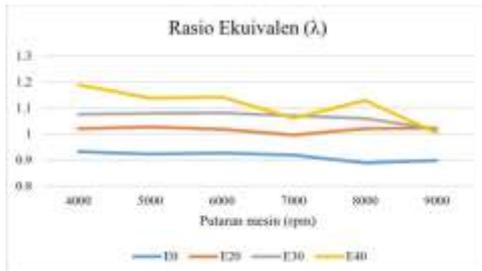
Hasil pengujian air fuel ratio (AFR) untuk masing-masing variasi bahan bakar mendapatkan nilai yang berbeda. AFR merupakan parameter pengujian yang menunjukkan jumlah udara yang digunakan dalam suatu proses pembakaran. Secara perhitungan teoritis, nilai AFR yang ideal pada pengujian kali ini untuk setiap variasi bahan bakar agar terjadi pembakaran sempurna yaitu E0 15,015:1, E20 14,515:1, E30 14,205:1, dan E40 13,843:1. Nilai AFR dari perhitungan teoritis ini disebut dengan AFR stoikiometri, sedangkan nilai AFR seperti terlihat pada gambar 5 diperoleh dari hasil pengujian langsung atau bisa disebut sebagai AFR aktual.

Nilai AFR yang paling mendekati pembakaran sempurna untuk masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 terjadi saat putaran mesin 4000 rpm sebesar 14,00, E20 terjadi saat putaran mesin 7000 rpm sebesar 14,47, E30 terjadi saat putaran mesin 9000 rpm sebesar 14,48, dan E40 terjadi saat putaran mesin 9000 rpm sebesar 13,91, dimana nilai AFR yang paling mendekati sempurna atau selisih paling sedikit antara aktual dan teoritis terjadi saat E40 putaran mesin 9000 rpm. Sedangkan nilai AFR yang paling menjauhi pembakaran sempurna untuk masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 terjadi saat putaran 8000 rpm sebesar 13,35, E20 saat putaran 5000 rpm sebesar 14,91, E30 saat putaran mesin 6000 rpm sebesar 15,36, dan E40 terjadi saat putaran 4000 rpm sebesar 16,46, dimana nilai

yang paling menjauhi menjauhi pembakaran sempurna terjadi saat E40 putaran mesin 4000 rpm.

Ditinjau dari hasil pengujian tersebut, semakin sedikit selisih nilai AFR aktual dengan nilai AFR teoritis maka pembakarannya semakin sempurna begitupun sebaliknya. Secara keseluruhan, nilai AFR aktual yang paling mendekati pembakaran sempurna terjadi pada penggunaan variasi bahan bakar E20.

Rasio ekuivalen



Gambar 6. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap rasio ekuivalen

Karakteristik dari nilai AFR aktual berhubungan erat dengan nilai rasio ekuivalen. Nilai rasio ekuivalen merupakan hasil dari perbandingan antara AFR aktual dengan AFR stoikiometri. Rasio ekuivalen atau lambda menunjukkan sempurna atau tidak sempurnanya suatu pembakaran diindikasikan dengan kecenderungan nilai lambda terhadap nilai 1, dimana pembakaran sempurna adalah pembakaran yang mempunyai nilai rasio ekuivalen (λ) = 1.

Nilai rasio ekuivalen yang paling mendekati pembakaran sempurna untuk masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 terjadi saat putaran 4000 rpm sebesar 0,932, E20 saat putaran 7000 rpm sebesar 0,996, E30 saat putaran 9000 rpm sebesar 1,019, dan E40 terjadi pada saat putaran 9000 rpm sebesar 1,004, dimana nilai rasio ekuivalen yang paling mendekati pembakaran sempurna terjadi saat E40 putaran mesin 9000 rpm. Sedangkan nilai rasio ekuivalen yang paling menjauhi pembakaran sempurna untuk masing-masing variasi bahan bakar yaitu E0 terjadi saat putaran 8000 rpm sebesar 0,889, E20 saat putaran 5000 rpm sebesar 1,027, E30 saat putaran 6000 rpm sebesar 1,081, dan E40 terjadi pada saat putaran 4000 rpm sebesar

1,189, dimana nilai yang paling menjauhi pembakaran sempurna terjadi saat E40 putaran mesin 4000 rpm.

Dari hasil perbandingan variasi bahan bakar di setiap putaran mesin 4000 rpm hingga 9000 rpm, secara keseluruhan penambahan etanol E20 memiliki nilai rasio ekuivalen yang lebih baik daripada bahan bakar pertalite murni bahkan dari variasi bahan bakar yang lainnya. Kondisi ini disebabkan penambahan etanol pada bahan bakar akan meningkatkan angka oktannya sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna ditandai dengan nilai rasio ekuivalen yang semakin mendekati nilai ideal. Sedangkan variasi bahan bakar yang paling menjauhi nilai stoikiometri terjadi pada variasi bahan bakar E40. Hal ini terjadi meskipun nilai oktan E40 lebih tinggi daripada variasi bahan bakar lain namun kandungan oktan bahan bakar melebihi kebutuhan perbandingan kompresi mesin yang diuji, sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna.

Emisi gas buang Emisi gas buang CO



Gambar 7. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap emisi gas buang CO

Hasil pengujian emisi gas buang CO tiap variasi bahan bakar masih dibawah ambang batas maksimal. Pada proses pembakaran motor bakar, gas CO terjadi akibat dari karbon dan oksigen yang tidak dapat membentuk gas karbon dioksida (CO^2). Kandungan gas CO terendah terjadi pada variasi bahan bakar E20 sebesar 0,20 %, lebih rendah daripada variasi bahan bakar E0 yang sebesar 0,22 %. Namun, kandungan gas CO mengalami kenaikan saat penggunaan etanol dengan konsentrasi lebih tinggi yaitu E30 sebesar 0,23 % dan E40 sebesar 0,25 %.

Secara keseluruhan, penambahan etanol pada bahan bakar pertalite yakni E20

mampu menurunkan kandungan gas CO dibandingkan variasi bahan bakar lainnya, meskipun pada variasi bahan bakar E30 dan E40 terjadi kenaikan presentase. Hal ini terjadi karena proses pembakaran terjadi kurang sempurna. Campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya juga dapat menjadi penyebab presentase gas CO yang dihasilkan menjadi besar. Selain itu, presentase gas CO akan meningkat saat kondisi mesin idle atau stasioner dan akan berkurang saat dipengaruhi oleh kecepatan.

Emisi gas buang HC



Gambar 8. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap emisi gas buang HC

Hasil pengujian emisi gas buang HC untuk masing-masing variasi bahan bakar masih dibawah ambang batas maksimal yang telah ditetapkan. Kandungan gas HC terendah terjadi pada variasi bahan bakar E20 sebesar 66 ppm, lebih rendah daripada variasi bahan bakar E0 yang sebesar 67 ppm. Namun, kandungan gas HC mengalami kenaikan saat penggunaan etanol dengan konsentrasi lebih tinggi yaitu E30 sebesar 75 ppm dan E40 sebesar 83 ppm.

Dari hasil tersebut, penambahan etanol pada bahan bakar pertalite yakni E20 mampu menurunkan kandungan gas HC dibandingkan penggunaan pertalite murni. Peningkatan kandungan gas HC pada variasi bahan bakar E30 dan E40 terjadi karena pada variasi tersebut campuran udara dan bakar menjadi kurus, dimana pada kondisi minimnya bahan bakar tersebut pembakaran menjadi turun dan akibatnya bahan bakar pertalite akan turut keluar dari ruang bakar menuju saluran buang sebelum terbakar secara sempurna. Bahan bakar yang belum terbakar dan ikut keluar inilah yang menjadi gas buang HC.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Penambahan etanol pada bahan bakar pertalite berdampak terhadap peningkatan kinerja mesin jika dibandingkan dengan penggunaan pertalite murni. Pada pengujian torsi, peningkatan nilai terjadi pada variasi bahan bakar E20 dan E30. Akan tetapi, pada variasi E40 hasilnya menurun dan nilainya lebih rendah daripada E0. Nilai torsi tertinggi diperoleh variasi E30 saat kecepatan putaran 5000 rpm yaitu sebesar 8,34 N.m. Pada pengujian daya, peningkatan terjadi pada variasi E20 dan menurun pada E30 dan E40. Nilai daya tertinggi diperoleh variasi bahan bakar E20 pada saat putaran mesin 7000 rpm yaitu sebesar 7,41 Hp.
2. Pada parameter konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), penambahan etanol pada bahan bakar pertalite mampu menurunkan SFC seiring penambahan putaran mesin dimana terjadi tren penurunan nilai dari variasi bahan bakar E0 sampai E40. Nilai SFC tertinggi terjadi pada saat variasi E0 putaran mesin 4000 rpm yaitu sebesar 0,193 L/Hp.h, sedangkan nilai terendah SFC terjadi pada variasi E40 putaran mesin 7000 rpm yaitu sebesar 0,033 L/Hp.h. Pada parameter rasio ekuivalen (λ), penambahan etanol pada bahan bakar pertalite berpengaruh pada proses pembakarannya. Variasi bahan bakar yang paling mendekati pembakaran sempurna ($\lambda=1$) terjadi pada E20 dengan rata-rata nilai rasio ekuivalennya yaitu sebesar 1,017.
3. Penambahan etanol pada bahan bakar pertalite terbukti dapat menurunkan kandungan emisi gas buang yang dihasilkan. Kandungan emisi gas buang terendah terjadi pada variasi bahan bakar E20, yaitu karbon monoksida (CO) sebesar 0,20 %, sedangkan kandungan emisi gas buang hidrokarbon (HC) yaitu sebesar 66 ppm.

4. Penambahan etanol pada bahan bakar pertalite berpengaruh terhadap performa mesin dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh motor bensin 4 langkah 1 silinder *matic* sistem bahan bakar injeksi. Variasi bahan bakar terbaik terjadi pada E20, dimana pada variasi bahan bakar tersebut mampu meningkatkan performa mesin dan menurunkan emisi gas buang yang dikeluarkan secara lebih baik dibandingkan variasi bahan bakar lainnya.

Energy Reviews, 69 (November 2016), 324– 340.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.056>.

- [7] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). *Indonesia Energy Out Look 2019*. In Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] El Faroug, M. O., Yan, F., Luo, M., & Fiiifi Turkson, R. (2016). *Spark Ignition Engine Combustion, Performance and Emission Products from Hydrous Ethanol and Its Blends with Gasoline*. Energies, 9(12), 984.
- [2] Kementerian Lingkungan Hidup. (2006). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta.
- [3] Khaufanulloh, Rizal Hakim dkk. (2016). *Karakteristik Performa Motor Bensin PGMFI (Progammedfuel Injection) Silinder Tunggal 110cc dengan Variasi Mapping Pengapian Terhadap Emisi Gas Buang*. J-Proteksion, 1(1), 43.
- [4] Sari, Dini Fakta. (2015). *Optimasi Model Identifikasi Bahan Bakar Minyak Melalui Pemilihan Fitur*. Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Komunikasi (SNIKO). (1).
- [5] Sugiarto, Bambang & Risky Agung Septiyanto. (2013). *Pemodelan Emisi Mesin Diesel Menggunakan Artificial Neural Network*. Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 1-9.
- [6] Thakur, A. K dkk. (2017). *Progress in Performance Analysis of EthanolGasoline Blends on SI Engine*. Renewable and Sustainable