



Analisis Pengaruh Campuran Bahan Bakar Pertamina dengan Bioetanol dari Tuak Tuban terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor

Bambang Wahyudi^{1*)}, Rizka Nur Faila²⁾, Aprillia Dwi Ardianti³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, Jl. Ahmad Yani No. 10, Jamban, Sukorejo, Kec. Bojonegoro, Kabupaten Bojonegoro, 62115

e-mail: bambangapril8@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di Indonesia terutama pada bidang otomotif semakin pesat. Hal ini juga berpengaruh pada meningkatnya jumlah kendaraan yang diproduksi di Indonesia, salah satunya sepeda motor. Sebanyak 5.237.976 unit sepeda motor terjual di Indonesia pada tahun 2023, yang mengalami peningkatan sebesar 26% dari tahun sebelumnya. Sebagai kendaraan yang paling banyak digunakan pada arus lalu lintas di Indonesia, sepeda motor mengeluarkan CO (karbon monoksida) dan HC (hidrokarbon) lebih besar dibanding dengan kendaraan yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan campuran bioetanol dan bahan bakar dalam menurunkan emisi gas buang sepeda motor. Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah metode eksperimen, dimana bahan bakar pertamax dicampur dengan bioetanol yang mempunyai kadar 90% (bioetanol yang digunakan terbuat dari tuak Tuban yang didestilasi sebanyak tiga kali, sehingga menghasilkan kadar etanol sebesar 90%). Pengujian menggunakan campuran bioetanol sebesar 10%, 20% dan 30% dengan menggunakan putaran mesin idle. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil kadar CO sebesar 2,06% pada campuran BE 20 mengalami penurunan yang awalnya sebesar 3,32%. Kadar HC yang sebelumnya 237 ppm menurun menjadi 158 ppm dengan campuran BE 20, sedangkan kadar CO₂ naik dari yang awalnya 5,1 % menjadi 7,0%, dan kadar O₂ juga mengalami kenaikan pada campuran BE 20 dari 15,20% naik menjadi 19,73%. Pencampuran bioetanol memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi gas buang pada sepeda motor, dan campuran yang menghasilkan emisi terbaik adalah BE20.

Kata Kunci: Emisi Gas Buang, Bioetanol, Tuak Tuban, Pertamina

ABSTRACT

Technological advancements in Indonesia, particularly in the automotive sector, are progressing rapidly. This has also contributed to the increasing number of vehicle produced in Indonesia, including motorcycles. In 2023, a total of 5.237.976 motorcycle unit are sold in Indonesia, marking a 26% increase from the previous year. As the most widely used vehicle in Indonesia traffic, motorcycle emit higher levels of CO (carbon monoxide) and HC (hydrocarbons) compared to other vehicles. This study to aims determine the effectiveness of ethanol-blended fuel in reducing motorcycle exhaust emissions. The method used in this research is experimental, where pertamax fuel is mixed with bioethanol containing 90% ethanol (derived from Tuban palm wine, distilled three times to achieve 90% ethanol content). Testing was conducted using blend of 10%, 20% and 30% bioethanol at idle engine speeds. According to the study, the result showed a CO content of 2.06% for the 20% bioethanol blend, which decreased from an initial level of 3.32%. the HC content, previously at 237 ppm, decreased to 158 ppm with the 20% bioethanol blend. CO₂ content increased from 5.1% to 7.0%, and O₂ content also increased from 15.20% to 19.73% with the 20% bioethanol blend. The blending of bioethanol has a significant impact on motorcycle exhaust emissions, with the best emissions performance observed with the BE20 blend.

Keywords: Exhaust emissions, Bioethanol, Tuban palm wine, Pertamina

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi otomotif yang semakin pesat bersamaan dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan

sepeda motor. Sepeda motor yang kian bertambah setiap tahunnya menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan. Sepeda motor yang semakin tahun semakin

bertambah menghasilkan peningkatan pencemaran lingkungan terutama dikota-kota besar dimana setiap harinya menggunakan sepeda motor sebagai alat transportasi dalam berbagai kegiatan. Berdasarkan data dari AISI (*Association of Indonesia Motorcycle Industry*) pada tahun 2022 terjual sebanyak 4.149.947 unit sepeda motor dan pada tahun 2023 mengalami peningkatan sebesar 26 persen dengan angka 5.237.976 unit sepeda motor terjual di Indonesia [1]. Dari data AISI tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya jumlah kendaraan setiap tahun akan semakin meningkatkan jumlah emisi gas buang yang dihasilkan dan menyebabkan pencemaran udara.

Semakin banyaknya jumlah sepeda motor yang digunakan di Indonesia, maka akan semakin bertambah pula jumlah emisi gas buang yang dihasilkan. Salah satu upaya yang bisa dilakukan dalam mengurangi pencemaran udara adalah dengan mengurangi emisi pada gas buang kendaraan menjadi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

Gas buang kendaraan bermotor sebagian besar terdiri dari senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida, dan uap air. Namun, gas buang juga mengandung sejumlah besar senyawa lain yang berbahaya dan dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan dan lingkungan. Beberapa unsur yang terdapat dalam gas buang kendaraan bermotor adalah sebagai berikut: senyawa HC (Hidrokarbon), CO (Karbonmonoksida), CO₂ (Karbon dioksida), O₂ (Oksigen), dan senyawa NO_x (Nitrogen Oksida). Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan sangat berbahaya bagi lingkungan serta Kesehatan makhluk hidup dalam jangka Panjang. Terdapat 3 unsur senyawa yang paling berbahaya dalam gas buang yaitu HC (Hidrokarbon), CO (Karbonmonoksida), dan NO_x (Nitrogen Oksida).

Bioetanol adalah etanol (alkohol) yang diproduksi dari tumbuh-tumbuhan seperti jagung, gandum, kentang dan tebu [2]. Etanol yang merupakan kependekan dari etil alkohol yang mempunyai rumus kimia C₂H₅OH juga merupakan bentuk sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar yang efektif dan ramah lingkungan. Etanol memiliki nilai RON (Research Octane Number) sebesar 111 sehingga dapat juga digunakan sebagai octane booster, artinya etanol mampu menaikkan angka okthane dengan dampak positif terhadap emisi gas buang dan efisiensi bahan bakar pada mesin.

Penelitian tentang pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar fosil juga telah dilakukan oleh Sugiartono et al (2020) [3] menggunakan bahan dasar limbah kelapa muda dengan presentase pencampuran bioetanol terhadap bahan bakar sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dengan hasil dapat menurunkan kadar CO paling rendah pada angka 0,18% pada 6000 Rpm, Sedangkan kadar CO terendah saat putaran idle adalah 0,66% pada campuran BE15. Penurunan kadar HC terendah didapatkan pada campuran BE20 dengan nilai 149 ppm pada putaran idle.

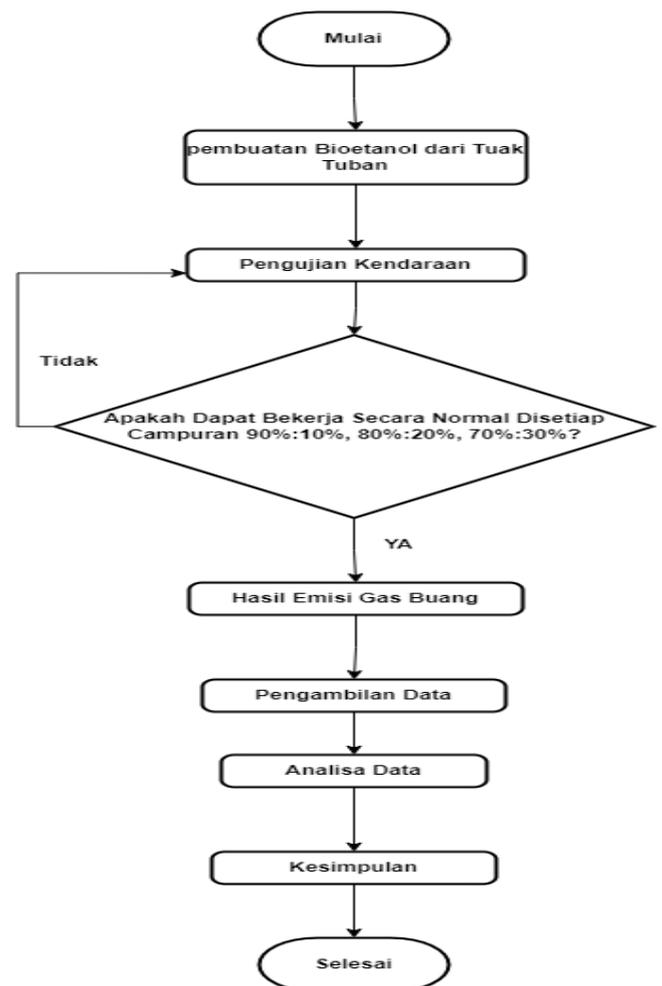
Pada penelitian kali ini menggunakan Tuak Tuban sebagai bahan dasar yang diolah menjadi bioetanol sebagai bahan pencampuran zat aditif dengan bahan bakar untuk

mengurangi kadar emisi gas buang pada kendaraan bermotor bensin.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah metode eksperimen. Metode penelitian eksperimen merupakan pendekatan penelitian dimana peneliti mengendalikan satu atau beberapa variable independen untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara variable independen dan variable dependen [4]. Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan perlakuan khusus terhadap variabel independen yaitu bahan bakar pertamax yang dicampur dengan bioetanol dari tuak tuban. Kemudian, menganalisa dampaknya terhadap variabel dependen yaitu emisi gas buang HC, CO, CO₂ dan O₂.

Berikut adalah diagram alir pada penelitian kali ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Prosedur penelitian

1) Mulai

Merupakan langkah pertama untuk melakukan penelitian mengenai emisi gas buang kendaraan bermotor.

2) Pembuatan Bioetanol Dari Tuak Tuban

Pembuatan bioetanol dilakukan dengan prosedur seperti berikut:

- a) Tuak yang sudah mengandung alkohol difermentasi lagi dengan campuran ragi sebanyak 40 gram dalam 500 ml tuak dengan waktu 8 jam.
- b) Setelah tuak difermentasi, lalu dilakukan proses destilasi bertingkat untuk mengambil kadar etanol tertinggi.
- c) Fermentasi pertama menghasilkan kadar etanol sebanyak 35%, dengan setiap 500 ml tuak menghasilkan 160 ml etanol.
- d) Fermentasi kedua dapat menghasilkan etanol dengan kadar 70%, dengan setiap 500 ml yang didestilasi didapatkan hasil sebanyak 200 ml.
- e) Fermentasi ketiga didapatkan hasil dengan kadar etanol sebesar 90%. Hasil fermentasi yang ketiga inilah yang digunakan dalam penelitian ini.

3) Pengujian Kendaraan

Merupakan langkah untuk menguji kinerja kendaraan pada setiap putaran mesin yang telah ditentukan. Kendaraan yang diuji harus dalam keadaan normal, apabila terjadi trouble maka perlu dilakukan peninjauan kembali pada kendaraan tersebut.

4) Pengambilan Data

Data berupa hasil dari pembacaan kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan pada setiap campuran bahan bkaar dan putaran mesin yang telah ditentukan.

5) Analisa Data

Menganalisis data dari hasil pengujian dengan variable campuran bioetanol dengan bahan bakar dan putaran mesin terhadap emisi gas buang kendaraan.

6) Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah pengolahan data dari hasil pengujian.

7) Selesai.

Alat dan bahan

Pada Penelitian yang akan dilakukan ini membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

Alat :

1. Gelas ukur
2. Pengaduk
3. Kabel
4. Alat uji emisi gas buang / Gas Analyzer

Bahan :

1. Sepeda Motor Vixion 150cc FI
2. Bahan Bakar Pertamax
3. Bioetanol dari Tuak Tuban

Prosedur pengujian

1) Persipan alat uji

Menyiapkan alat-alat yang digunakan untuk pengujian termasuk gelas ukur, pengaduk, kabel dan gas analyzer.

2) Persiapan bahan uji

Bahan uji yang diperlukan untuk pengujian ini adalah:

- Sepeda motor Vixion 150cc FI tahun 2012.
 - Bahan bakar pertamax dengan RON 92.
 - Tuak Tuban yang sudah didestilasi sehingga menjadi Bioetanol.
- 3) Pencampuran pertamax dan bioetanol
- Siapkan gelas ukur, pengaduk, dan botol dengan ukuran 1,5 L.
 - Tuangkan pertamax sebanyak 90% atau 900 ml kedalam gelas ukur, tambahkan bioetanol sebanyak 10% atau 100 ml ke gelas ukur dan aduk sampai tercampur rata, lalu masukkan kedalam botol ukuran 1,5 L.
 - Tuangkan pertamax sebanyak 80% atau 800 ml kedalam gelas ukur, tambahkan bioetanol sebanyak 20% atau 200 ml ke gelas ukur dan aduk sampai tercampur rata, lalu masukkan kedalam botol ukuran 1,5 L yang lain.
 - Tuangkan pertamax sebanyak 70% atau 700 ml kedalam gelas ukur, tambahkan bioetanol sebanyak 30% atau 300 ml ke gelas ukur dan aduk sampai tercampur rata, lalu masukkan kedalam botol ukuran 1,5 L yang lain.
- 4) Pengujian campuran pertamax dan bioetanol menggunakan gas analyzer
- Posisikan sepeda motor pada posisi standar tengah.
 - Tuangkan bahan bakar pertamax murni tanpa campuran bioetanol sebagai data standar awal.
 - Persiapkan alat uji berupa gas analyzer.
 - Masukkan selang PROBE kebagian belakang gas analyzer.
 - Pasangkan kabel daya gas analyzer ke terminal listrik.
 - Tekan tombol power keposisi ON pada gas analyzer.
 - Tunggu sampai bagian AFR pada gas analyzer menampilkan AUTO ZERO pada display.
 - Display segmen akan menampilkan angka yang selalu berubah, tunggu sampai angka pada AFR menunjukkan angka NOL dan READY.
 - Nyalakan sepeda motor sampai suhu kerja optimal sekitar 80°C.
 - Masukkan selang PROBE ke knalpot sepeda motor dalam keadaan sepeda motor masih menyala.
 - Tekan ENT/MEANS untuk memulai pengujian.
 - Tunggu angka display pada gas analyzer stabil, setelah angkanya stabil tekan tombol HOLD/PRINT sebanyak 2 kali untuk menahan hasil pengujian dan printout untuk mencetak hasil pengujian.

- Matikan kendaraan, kuras bahan bakar yang terdapat pada tangki sampai benar-benar habis. Masukkan variasi penambahan pertamax dan bioetanol, lalu lakukan pengujian ulang sampai semua campuran dan data yang diperlukan lengkap.
- Setelah semua selesai lakukan pembersihan alat dan tempat pengujian.

Variabel penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu objek dalam penelitian yang mempunyai nilai. Dalam sebuah penelitian memerlukan variabel bebas dan variabel terikat untuk melakukan penelitiannya. Variabel bebas (*independent variable*) adalah variabel yang mempengaruhi terjadinya perubahan, dengan bahasa lain yaitu faktor-faktor yang nantinya akan diukur, dipilih, dan dimanipulasi oleh peneliti untuk melihat hubungan diantara peristiwa yang diteliti atau diamati. Sedangkan variabel terikat (*dependent variable*) ialah variabel yang dipengaruhi, dengan arti lain adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Berikut merupakan penjelasan tentang variabel bebas dan variabel terikat yang terdapat dalam penelitian ini:

1. Variabel Bebas (*independent variable*)

Dalam penelitian ini yang dimaksud variabel bebas adalah putaran mesin idle serta variasi penambahan Bioetanol dari Tuak Tuban 10%, 20%, 30% dan menggunakan bahan bakar pertamax.

2. Variabel Terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat yang ada dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Pengujian dilakukan menggunakan gas analyzer dan bahan bakar pertamax (BE0) serta campuran pertamax dan bioetanol dari tuak Tuban (BE10, BE20 dan BE 30) pada putaran mesin idle sesuai dengan standar pengujian emisi gas buang pada mesin bensin. Berikut adalah hasil dari pengujian ini :

Tabel 1. Kandungan CO

No uji	Campuran pertamax dan bioetanol			
	BE0	BE10	BE20	BE30
1	3,40	2,65	2,13	2,49
2	3,27	2,54	2,04	2,32
3	3,30	2,50	2,00	2,21
Rata"	3,32	2,56	2,06	2,34

Nilai uji emisi gas buang Karbonmonoksida (CO) pada putaran mesin idle dengan campuran bahan bakar 100% dan bioetanol 0% didapatkan rata-rata pada angka 3,32, Sedangkan pada campuran bahan bakar 90% dan bioetanol 10% didapatkan rata-rata angka 2,56, lalu pada campuran bahan bakar 80% dan bioetanol 20% mendapatkan angka 2,06, dan pada campuran bahan bakar 70% dan bioetanol 30% didapatkan angka rata-rata 2,34.

Tabel 2. Kandungan HC

No uji	Campuran pertamax dan bioetanol			
	BE0	BE10	BE20	BE30
1	238	204	170	189
2	230	193	154	188
3	242	195	151	176
Rata"	237	197	158	184

Nilai uji emisi gas buang Hidrokarbon (HC) pada putaran mesin idle dengan campuran bahan bakar 100% dan bioetanol 0% didapatkan rata-rata pada angka 237 ppm, Sedangkan pada campuran bahan bakar 90% dan bioetanol 10% didapatkan rata-rata angka 197 ppm, lalu pada campuran bahan bakar 80% dan bioetanol 20% mendapatkan angka 158 ppm, dan pada campuran bahan bakar 70% dan bioetanol 30% didapatkan angka rata-rata 184 ppm.

Tabel 3. Kandungan CO₂

No uji	Campuran pertamax dan bioetanol			
	BE0	BE10	BE20	BE30
1	5,1	5,2	7,0	6,1
2	5,1	5,1	7,0	6,1
3	5,1	4,8	7,0	6,1
Rata"	5,1	5,0	7,0	6,1

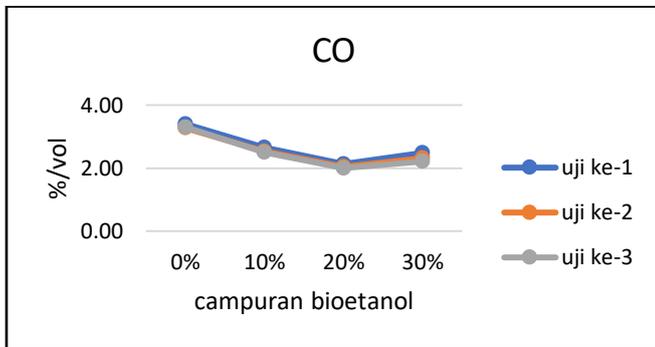
Nilai uji emisi gas buang Karbondioksida (CO₂) pada putaran mesin idle dengan campuran bahan bakar 100% dan bioetanol 0% didapatkan rata-rata pada angka 5,1, Sedangkan pada campuran bahan bakar 90% dan bioetanol 10% didapatkan rata-rata angka 5,0, lalu pada campuran bahan bakar 80% dan bioetanol 20% mendapatkan angka 7,0, dan pada campuran bahan bakar 70% dan bioetanol 30% didapatkan angka rata-rata 6,1.

Tabel 4. Kandungan O₂

No uji	Campuran pertamax dan bioetanol			
	BE0	BE10	BE20	BE30
1	14,60	16,76	19,80	18,40
2	15,14	17,30	19,58	18,58
3	15,86	17,12	19,80	18,22
Rata"	15,20	17,06	19,73	18,40

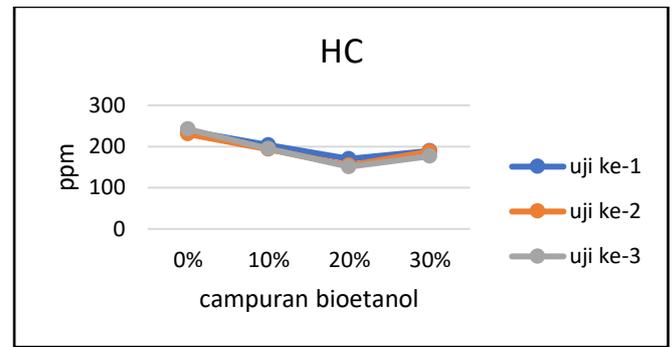
Nilai uji emisi gas buang Oksigen (O_2) pada putaran mesin idle dengan campuran bahan bakar 100% dan bioetanol 0% didapatkan rata-rata pada angka 15,20, Sedangkan pada campuran bahan bakar 90% dan bioetanol 10% didapatkan rata-rata angka 17,06, lalu pada campuran bahan bakar 80% dan bioetanol 20% mendapatkan angka 19,73, dan pada campuran bahan bakar 70% dan bioetanol 30% didapatkan angka rata-rata 18,40.

3.2 Pembahasan



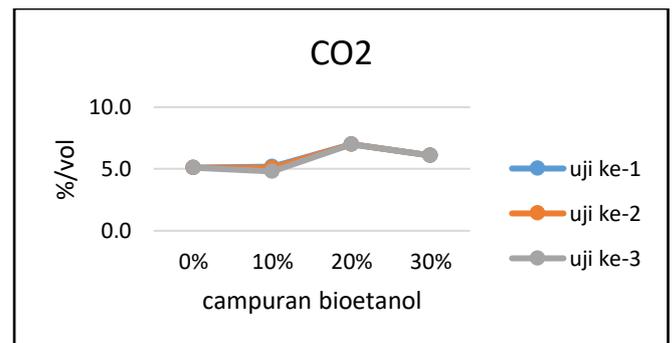
Gambar 2. Hasil uji kadar CO

Hasil pengujian CO dapat dilihat dari gambar diatas, dimana kandungan CO terus mengalami penurunan pada pengujian ke 1, 2 dan 3 dari campuran 0% sampai campuran 20%. Hasil terendah didapat pada pengujian ke-3 campuran 20% dengan hasil sebesar 2,00%, penurunan kadar CO dari campuran 0% sampai campuran 20% disebabkan oleh semakin membaiknya proses pembakaran didalam silinder, karena pada bioetanol mengandung udara sehingga campuran udara dan bahan bakar menjadi lebih merata, hal tersebut yang menyebabkan proses pembakaran didalam silinder mendekati stoikiometri dan menghasilkan kadar CO yang rendah. Sedangkan pada campuran 30% mengalami kenaikan kadar CO yang disebabkan oleh terlalu banyaknya udara yang masuk kedalam silinder atau yang biasa disebut dengan campuran miskin, sehingga pembakaran yang terjadi semakin buruk dan menaikkan kadar CO. Hal tersebut juga dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Sugiartono et al (2020) [3] yaitu penambahan bioetanol dari kulit kelapa muda dengan bahan bakar pertamax dan didapatkan hasil sebesar 0,66% pada campuran bioetanol 20%.



Gambar 3. Hasil uji kadar HC

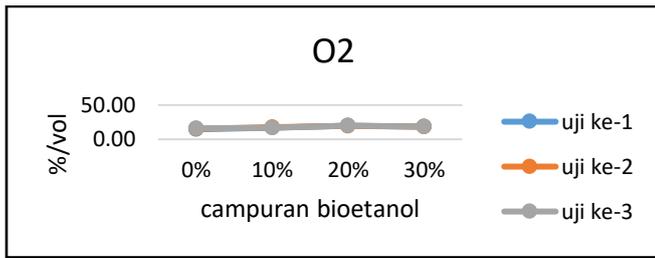
Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kandungan HC dari pengujian ke 1, 2 dan 3 pada campuran 0% sampai campuran 20% terus mengalami penurunan, kandungan HC terendah didapat pada campuran 20% pada uji ke-3 dengan hasil 151 ppm. Hal tersebut disebabkan oleh semakin meningkatnya angka oktan pada bahan bakar sehingga mempengaruhi efisiensi termal pada campuran bahan bakar pertamax dan bioetanol yang membuat pembakaran yang terjadi di ruang bakar semakin baik. Selain itu, pada campuran bioetanol 20% AFR (*Air to Fuel Ratio*) yang didapat semakin baik sehingga membuat pembakaran yang terjadi semakin mendekati stoikiometri. Hal ini juga didukung oleh penelitian Sugiartono et al (2020)[3], dimana dalam penelitiannya didapat hasil kandungan HC terendah pada campuran bioetanol 20% sebesar 149 ppm.



Gambar 4. Hasil uji kadar CO2

Pada gambar CO2 menunjukkan bahwa kandungannya mengalami kenaikan yang signifikan pada campuran 10% sampai 20%, dengan hasil 7,0% pada setiap pengujian pada campuran 20%. Hal ini disebabkan oleh semakin mendekati sempurna pada proses pembakaran yang terjadi didalam silinder, pembakaran yang semakin sempurna inilah yang menyebabkan kadar CO2 semakin meningkat. Sedangkan pada campuran 30% kandungan CO2 kembali menurun, hal ini juga perdasarkan pada teori pembakaran dimana ketika kadar CO tinggi maka kadar CO2 rendah, begitupun sebaliknya ketika kadar CO rendah maka kadar CO2 tinggi. Hasil ini juga dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Mahendra et al (2022)[5] dimana pada pengujian yang

dilakukan didapatkan hasil kadar CO₂ sebesar 4,0% pada campuran bioetanol 20%.



Gambar 5. Hasil uji kadar O₂

Pada gambar diatas bisa dilihat bahwa kandungan O₂ semakin meningkat pada campuran 0% sampai 20% dengan kenaikan rata-rata sebesar 4,53% dan kadar tertinggi yang didapat sebesar 19,73% pada campuran 20%. Kenaikan kadar O₂ disebabkan oleh banyaknya kandungan oksigen yang terdapat pada bioetanol, sehingga pada campuran 20% pembakaran yang terjadi mendekati sempurna. Pada campuran 30% kadar O₂ semakin menurun, penurunan ini terjadi karena AFR yang didapat tidak seimbang sehingga menjadikan campuran bahan bakar dan udara menjadi miskin yang membuat proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Pada penelitian Mahendra et al (2022)[5] juga menunjukkan hal yang sama dimana kadar O₂ yang didapat tertinggi pada campuran 20% dengan kandungan O₂ sebesar 16,00%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data yang sudah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa pencampuran bahan bakar pertamax dan bioetanol dari tuak Tuban dapat mempengaruhi kada gas buang pada sepeda motor secara signifikan. Pencampuran bahan bakar pertamax dan bioetanol dari tuak Tuban yang dapat menghasilkan emisi paling baik adalah 80% : 20%.

Saran untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan bioetanol dengan kadar yang lebih tinggi dan variasi campuran yang lebih besar lagi. Selain itu dapat juga menggunakan merek dan jenis sepeda motor yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] AISI, "Statistic Distribution," AISI. Accessed: Feb. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.aisi.or.id/statistic/>
- [2] S. Yudistirani, S. A. Yudistirani, K. H. Mahmud, F. A. Ummay, and A. I. Ramadhan, "Analisa Performa Mesin Motor 4 Langkah 110Cc Dengan Menggunakan Campuran Bioetanol-Pertamax," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 85–90, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/3889>

- [3] Sugiartono, Wagino, D. Afdal, and R. Wahyudi, "Pemanfaatan Bioetanol Limbah Kelapa Muda dan Pengaruhnya Terhadap Emisi Motor Empat Langkah," *J. Automot. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 01, pp. 1–8, 2020.
- [4] R. S. Munte, Risnita, M. S. Jailani, and Siregar Isropil, "Jenis Penelitian Eksperimen dan Noneksperimen (Design Klausal Komparatif dan Design Korelasional)," *J. Pendidik.*, vol. 7, no. 3, pp. 27602–27605, 2023.
- [5] C. R. Mahendra, I. W. Sugita, and D. R. B. Syaka, "Pengaruh Pencampuran Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin Empat Langkah Satu Silinder," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 7, no. 1, pp. 47–55, 2022, doi: 10.21009/jkem.7.1.7.