

ANALISIS EMISI GAS BUANG PADA MOTOR BAKAR 4- LANGKAH DENGAN PENAMBAHAN VARIASI CAMPURAN BIOETANOL NIRA TEBU TERHADAP BAHAN BAKAR (RON 95)

Gilang Permana Sulaeman¹, Margianto², Artono Raharjo³

¹Universitas Islam Malang,
email: 21901052001@unisma.com

²Universitas Islam Malang,
email: margianto@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang ,
email: artonor@unisma.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi campuran bioetanol dari nira tebu terhadap emisi gas buang pada motor bakar 4-langkah. Bioetanol dikenal sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dengan angka oktan tinggi. Pengujian dilakukan menggunakan sepeda motor Suzuki Satria FU 150cc tahun 2013 dengan bahan bakar BP RON 95 yang dicampur bioetanol sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%. Parameter yang diamati meliputi emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂), nilai Air Fuel Ratio (AFR), dan equivalence ratio. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar bioetanol cenderung menurunkan emisi CO dan HC, meningkatkan CO₂, dan menurunkan kadar O₂, dengan nilai AFR aktual yang meningkat seiring naiknya persentase bioetanol. Kesimpulannya, campuran bioetanol nira tebu mampu meningkatkan kualitas pembakaran dan menurunkan emisi berbahaya pada kendaraan bermotor.

Kata Kunci: Bioetanol, Emisi Gas Buang, AFR, Motor 4-Langkah, Nira Tebu

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of sugarcane sap-based bioethanol mixture variation on exhaust gas emissions in 4-stroke engines. Bioethanol is known as a high-octane, eco-friendly alternative fuel. The test was conducted using a 2013 Suzuki Satria FU 150cc motorcycle with BP RON 95 fuel mixed with 0%, 10%, 15%, and 20% bioethanol. Observed parameters include carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), carbon dioxide (CO₂), oxygen (O₂), Air Fuel Ratio (AFR), and equivalence ratio. Results show that increasing the bioethanol percentage tends to reduce CO and HC emissions, increase CO₂, and decrease O₂ levels, with AFR values rising alongside higher ethanol content. In conclusion, sugarcane sap bioethanol mixtures improve combustion efficiency and reduce harmful emissions in motor vehicles..

Keywords: Bioethanol, Exhaust Emission, AFR, 4-Stroke Engine, Sugarcane Sap

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, terutama di kawasan perkotaan, telah menjadi penyumbang utama pencemaran udara[1][2]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sekitar 70% pencemaran udara berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor[3][4]. Masalah ini semakin mendesak di tengah pertumbuhan kendaraan dan keterbatasan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama[5].[6]

Di sisi lain, kesadaran masyarakat dan industri terhadap pentingnya penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan mulai meningkat[7][8]. Salah satu alternatif bahan bakar yang potensial adalah bioetanol, khususnya yang berasal dari nira tebu[9][10]. Bioetanol memiliki nilai oktan tinggi sekitar 108, kandungan oksigen yang tinggi, serta mudah terbakar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC)[11].

Penggunaan bioetanol sebagai campuran bahan bakar mampu memberikan dua manfaat sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan menekan dampak negatif terhadap lingkungan[12][13]. Namun, efektivitas penggunaan bioetanol sangat dipengaruhi oleh kadar campurannya dalam bahan bakar konvensional serta pengaruhnya terhadap parameter teknis seperti Air Fuel Ratio (AFR)[14], equivalence ratio, dan kadar emisi gas buang[15][16].

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi campuran bioetanol dari nira tebu terhadap bahan bakar BP RON 95 dalam sistem pembakaran mesin motor bakar 4 langkah, dengan fokus pada perubahan emisi gas buang seperti CO, HC, CO₂, O₂, serta nilai AFR dan equivalence ratio. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan bahan bakar alternatif yang lebih bersih dan efisien.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental nyata. Uji dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Malang. Bahan bakar terdiri dari BP RON 95 dan campuran bioetanol nira tebu dengan konsentrasi 0%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian dilakukan pada putaran mesin 3000, 4000, dan 5000 RPM dengan dan tanpa beban pengereman 30 kg. Emisi diukur menggunakan alat QROTECH QRO-401. Parameter yang diuji meliputi kadar CO, HC, CO₂, O₂, AFR aktual, dan equivalence ratio.



Gambar 1. QROTECH QRO-401

1. Proses Pengambilan Data

A. Uji Tanpa Beban Pengereman

1. Isi tangki motor dengan bahan bakar campuran sesuai variasi: 0%, 10%, 15%, 20% bioetanol.
2. Nyalakan mesin, biarkan hingga mencapai suhu kerja stabil.
3. Sambungkan selang gas analyzer ke knalpot motor (QROTECH QRO-401).
4. Setel bukaan throttle hingga mencapai 3000 RPM, lalu amati:
 - Waktu habis 10 ml bahan bakar (diukur dengan buret)
 - Data gas buang: CO, HC, CO₂, O₂ (langsung ditampilkan di layar analyzer)
5. Ulangi langkah 4 untuk RPM 4000 dan 5000.
6. Lakukan prosedur yang sama untuk campuran bahan bakar lainnya (10%, 15%, 20%).

B. Uji Dengan Beban Pengereman 30 kg

1. Pasang Prony Brake pada roda belakang dan atur beban 30 kg.
2. Ulangi prosedur di atas: setel RPM (3000, 4000, 5000), catat konsumsi bahan bakar dan data emisi.
3. Lakukan untuk semua variasi campuran bioetanol (0%, 10%, 15%, 20%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Konsumsi Bahan Bakar Variasi Kadar Campuran Bahan Bakar dan RPM Tanpa Beban Pengereman

No	RPM		3000	4000	5000
	Kadar Campuran		FC/10 ml (s)	FC/10 ml (s)	FC/10 ml (s)
1	0%		28,41	27,90	26,67
2	10%		28,08	27,38	26,35
3	15%		28,45	27,46	26,58
4	20%		28,30	27,58	25,49

Tabel 2. Data Konsumsi Bahan Bakar Variasi Kadar Campuran Bahan Bakar dan RPM dengan Beban Pengereman 30 Kg

No	RPM		3000	4000	5000
	Kadar Campuran		FC/10 ml (s)	FC/10 ml (s)	FC/10 ml (s)
1	0%		28,06	27,74	26,37
2	10%		23,65	22,48	18,58
3	15%		24,25	23,47	20,44
4	20%		25,23	24,44	22,12

Tabel 3. Data AFR Stoikiometri Tanpa Pembebanan Pengereman

No	RPM		3000	4000	5000
	Kadar Campuran				
1	0%		18,1	23,1	25,2
2	10%		26,1	26,5	27,1
3	15%		26,6	26,6	28,1
4	20%		27,2	28,9	29,3

Tabel 4. Data AFR Stoikiometri Tanpa Pembebanan Pengereman

No	RPM		3000	4000	5000
	Kadar Campuran				
1	0%		15,9	18,3	20,7
2	10%		17,8	19,5	22,8
3	15%		20,1	23,2	25
4	20%		25,2	26,6	26,8



Gambar 2. Grafik AFR Teoritis Tanpa Pembebanan Pengereman



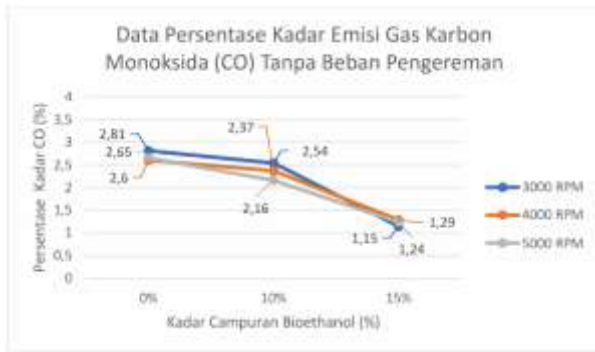
Gambar 3. Grafik AFR Teoritis Pembebanan Pengereman 30 Kg

Tabel 5. Data Presentase Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Tanpa Beban Pengereman (%)

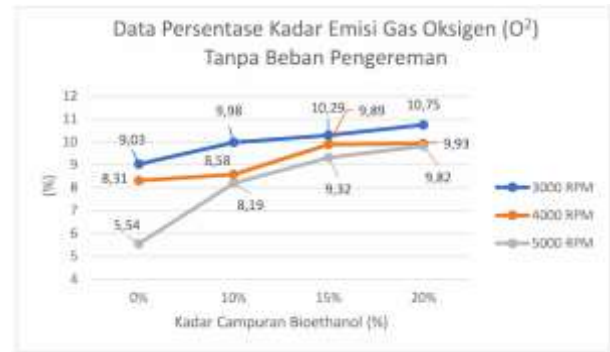
No	RPM		3000	4000	5000
	Kadar Campuran				
1	0%		2,81	2,6	2,65
2	10%		2,54	2,37	2,16
3	15%		1,15	1,29	1,24
4	20%		1,14	1,10	0,95

Tabel 6. Data Presentase Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Beban Pengereman 30 Kg (%)

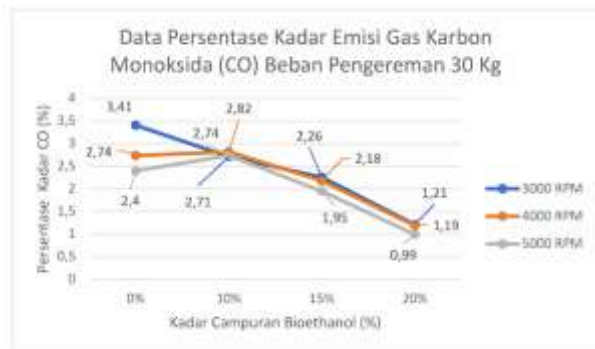
No	RPM		3000	4000	5000
	Kadar Campuran				
1	0%		3,41	2,74	2,4
2	10%		2,71	2,82	2,74
3	15%		2,26	2,18	1,95
4	20%		1,21	1,19	0,99



Gambar 4. Gambar Grafik Kadar Persentase Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Tanpa Beban Pengereman (%)



Gambar 6. Gambar Grafik Kadar Persentase Kadar Gas Oksigen (O₂) Tanpa Beban Pengereman



Gambar 5. Gambar Grafik Kadar Persentase Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Beban Pengereman 30 Kg

Tabel 7. Data Presentase Kadar Emisi Gas Oksigen (O₂) Tanpa Beban Pengereman (%)

No	RPM			
	Kadar Campuran	3000	4000	5000
1	0%	9,03	8,31	5,54
2	10%	9,98	8,58	8,19
3	15%	10,29	9,89	9,32
4	20%	10,75	9,93	9,82

Tabel 8. Data Presentase Kadar Emisi Gas Oksigen (O₂) Pembeban Pengereman 30 kg(%)

No	RPM			
	Kadar Campuran	3000	4000	5000
1	0%	6,29	5,23	3,66
2	10%	8,48	6,31	4,66
3	15%	8,85	7,89	5,59
4	20%	10,23	8,76	7,80

Nilai AFR aktual meningkat seiring bertambahnya kadar bioetanol dan RPM. Hal ini karena bioetanol mengandung lebih banyak oksigen, sehingga dibutuhkan udara lebih banyak untuk pembakaran sempurna. AFR tertinggi diperoleh pada 20% bioetanol dan 5000 RPM tanpa beban (58,45 kg udara/kg bb), sedangkan terendah pada 0% bioetanol di 3000 RPM dengan beban 30 kg (19,24 kg udara/kg bb)

Penambahan bioetanol cenderung menurunkan kadar emisi CO secara signifikan. Hal ini disebabkan kandungan oksigen dalam bioetanol yang tinggi dapat meningkatkan kualitas pembakaran. Tanpa beban, kadar CO tertinggi terjadi pada campuran 0% bioetanol dengan 2,81% di 3000 RPM, sedangkan kadar terendah pada 20% bioetanol hanya 0,95% di 5000 RPM. Dengan beban pengereman 30 kg, tren serupa terjadi, meskipun pembebanan menambah konsumsi bahan bakar dan dapat menyebabkan pembakaran kurang sempurna.

Penambahan bioetanol meningkatkan kadar oksigen dalam bahan bakar, sehingga sisa oksigen (O₂) pada emisi gas buang juga meningkat terutama pada RPM rendah. Pada 20% bioetanol tanpa beban di 3000 RPM, kadar O₂ mencapai 10,75%. Namun, pada RPM tinggi dan beban 30 kg, O₂ menurun karena digunakan secara maksimal dalam pembakaran, menunjukkan efisiensi pembakaran yang baik

KESIMPULAN

Penambahan bioetanol nira tebu pada BP RON 95 berpengaruh positif terhadap emisi gas buang pada motor bakar 4-langkah. Kadar emisi CO, HC, dan O₂ menurun, sedangkan CO₂ dan AFR meningkat seiring peningkatan kadar bioetanol. Campuran bioetanol 15–20% menunjukkan hasil paling optimal dalam menurunkan emisi dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Penelitian ini mendukung penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ridwan, H. Nurasa, and M. Halimah, "Implementasi Kebijakan Penanganan Emisi Gas Buang Di Kabupaten Bandung," *Responsive*, vol. 3, no. 4, p. 197, 2021.
- [2] H. D. Saputra *et al.*, "Analysis of the use of needle thrust bearings in CVT springs on torque and power on motorcycles," *BIS Energy Eng.*, vol. 1, p. V124003, 2024.
- [3] B. Utomo Wisesa and D. Dahlan, "Pengembangan Bioaditif Serai Wangi Pada Bahan Bakar Bensin Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 29–35, 2020.
- [4] D. H. T. Prasetyo, A. Muhammad, M. A. Baihaqi, H. Abdillah, and L. K. Supratiningsih, "the Effect of Ron Value on Fuel Type of Gasoline on Exhaust Gas Emissions," *Cermin J. Penelit.*, vol. 6, pp. 561–571, 2022.
- [5] A. H. S. H. Ibrahim J. Sutrisno, B. Nurulita, "A comparative study of the performance and exhaust emissions for standard and multi electrode spark in SI engine," *Din. Tek. Mesin*, vol. 10(2), no. 2, pp. 141–151, 2020.
- [6] S. Widodo, "Kajian Perkembangan Teknologi Sensor Gas untuk Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," *Techno-Socio Ekon.*, vol. 13, no. 1, pp. 71–80, 2020.
- [7] H. W. Sudarwanto, I. W. Utami, R. Asmoro, and A. A. Wulandari, "Bahaya Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Bensin dan Menumbuhkan Lingkungan Hijau di Perkotaan," *Semin. Nas. Call Pap. Hubisintek 2020*, pp. 101–105, 2020.
- [8] I. Prasetyo and M. Fahrurrozi, "Penggunaan Catalytic Converter dari Bahan Kuningan dengan Ketebalan 0,2 mm Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Pada Motor 2 Tak," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2020.
- [9] M. Fauzi, D. B. Sopandi, and V. Hartati, "Perhitungan Reduksi Emisi Gas Buang Melalui Penentuan Rute Distribusi Beras di Kota Bandung," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 22, no. 2, pp. 240–248, 2021.
- [10] M. P. Donowati and M. Kholmi, "Analisis Peningkatan Kualitas Udara di Terminal: Strategi Mengurangi Emisi Gas Buang dari Armada Bus," *J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 8773–8783, 2024.
- [11] M. Rifal, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar Ethanol Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 125 Cc Sistem Injeksi," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, p. 50, 2022.
- [12] M. S. Firmansyah, Wawan Purwanto, Hasan Maksum, Ahmad Arif, and M. Yasep Setiawan, "Analisis Emisi Gas Buang (CO, CO₂ dan HC) pada Sepeda Motor FI dengan Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar," *JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 145–158, 2023.
- [13] R. D. Purnomoasri and D. Handayani, "Analisis dan Mitigasi Emisi Gas Buang Akibat Transportasi (Studi Kasus Kabupaten Magetan)," *ENVIRO J. Trop. Environ. Res.*, vol. 24, no. 1, p. 29, 2022.
- [14] S. Arifan Ma'ruf, M. Milana, M. Martias, and N. Hidayat, "Optimasi Hasil Uji Emisi Gas Buang Sepeda Motor dengan Penambahan Carbon Cleaner," *JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 159–170, 2023.
- [15] S. Gunawan, H. Hasan, and R. D. W. Lubis, "Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 1, pp. 38–47, 2020.
- [16] S. Machmud, "Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," *J. Mesin Nusantara*, vol. 4, no. 1, pp. 21–29, 2021.