

ANALISA PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR PERTAMAX DAN UDARA PADA SISTEM PEMBAKARAN KENDARAAN TERHADAP GAS BUANG SERTA PADA PERFORMA MESIN

Rifqi Rahman Hidayat^{1*}, Novel Karaman¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar Kec. Gn Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60294.

*Email: riqi.hidayat10@gmail.com

Abstrak

Variasi campuran udara dan bahan bakar dapat memengaruhi emisi gas buang pada kendaraan. Hal ini perlu diperhatikan dengan serius karena polusi udara terbesar saat ini disumbangkan oleh tingginya emisi gas buang. Di Indonesia sendiri, ambang batas emisi gas buang telah memiliki standar, yaitu Euro 4. Namun, masyarakat terkadang kurang memperhatikan pemilihan bahan bakar yang sesuai untuk tipe kendaraannya. Selain membuat performa mesin tidak maksimal, hasil pembakaran di dalam ruang bakar juga menjadi tidak sempurna, sehingga menyebabkan tingginya kadar polusi yang dihasilkan. Penggunaan bahan bakar yang baik untuk kendaraan adalah bahan bakar dengan kadar oktan tinggi. Dalam penelitian ini, digunakan bahan bakar Pertamax yang memiliki nilai oktan 92. Dengan kadar oktan yang tinggi, diharapkan dapat menekan nilai emisi gas buang sekaligus meningkatkan performa mesin. Penelitian ini juga mencakup variasi campuran udara dan bahan bakar untuk mengetahui rasio campuran yang paling baik. Nilai rasio campuran yang divariasikan tetap berada dalam rentang standar kendaraan. Untuk mengubah rasio campuran, digunakan *scantool*, karena kendaraan yang digunakan memiliki teknologi EFI (Engine Fuel Injection). Pada setiap perubahan rasio, dilakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap fungsi sensor yang berkaitan dengan sistem pembakaran untuk memastikan penelitian berjalan dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai emisi gas buang mengalami perubahan pada tiap variasi. Kadar HC dan CO menunjukkan peningkatan dan penurunan pada beberapa tingkat RPM, sementara nilai lambda juga berubah, yang menandakan adanya perbedaan konsumsi bahan bakar pada tiap variasinya. Perbedaan konsumsi bahan bakar ini disebabkan oleh proses pembakaran di dalam ruang bakar. Dari hasil penelitian, konsumsi bahan bakar paling efisien diperoleh pada rasio 15,5:1. Rasio ini juga menghasilkan emisi gas buang paling rendah pada RPM rendah. Jika kendaraan hanya digunakan di dalam kota dan tidak memerlukan akselerasi tinggi, rasio campuran ini cukup ramah terhadap emisi gas buang. Namun, jika kendaraan membutuhkan akselerasi tinggi, rasio 13,5:1 dapat digunakan, karena rasio ini menghasilkan emisi yang lebih rendah pada putaran mesin yang lebih tinggi.

Kata kunci: Air flow ratio, bahan bakar, emisi gas buang

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terus mengalami kemajuan pesat dari waktu ke waktu, seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia, termasuk dalam sektor transportasi. Salah satu pencapaian penting di bidang ini adalah terciptanya mesin Otto, yang menjadi dasar pengembangan mesin pembakaran dalam (Febriansyah, 2021). Menurut Nurdiansyah (2021), mesin pembakaran dalam adalah jenis mesin yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik. Proses pembakaran pada mesin ini berlangsung di dalam ruang bakar, berdasarkan teori stoikiometri dengan

rasio udara dan bahan bakar ideal 14,7:1 (Pratowo, 2019).

Pulkrabek (1997) menjelaskan bahwa mesin pembakaran dalam, atau Internal Combustion Engine (ICE), menggunakan proses pembakaran sebagai mekanisme utama untuk menghasilkan fluida kerja. Pada mesin bensin, proses pembakaran terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari pengapian terbelakang, perambatan api, pembakaran langsung, hingga pasca pembakaran. Proses ini menghasilkan energi yang dimanfaatkan untuk menggerakkan kendaraan. Sebagai contoh, dalam siklus Otto (siklus termodinamika ideal), pembakaran menghasilkan masukan panas secara

berkesinambungan untuk mendukung efisiensi sistem (Paloboran, 2023).

Hibaturrahman (2019) menambahkan bahwa pembakaran pada mesin berbahan bakar bensin diawali dengan percikan bunga api yang dihasilkan oleh busi. Percikan ini memantik campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar. Udara yang masuk melalui saluran intake dicampur dengan bahan bakar dari tangki menggunakan karburator sebelum disuplai ke ruang bakar.

Pertamax 92, bahan bakar unggulan dari Pertamina, memiliki angka oktan minimal 92 yang mendukung pembakaran lebih sempurna dan menghasilkan residu yang minimal (Prasetyo, 2022). Kandungan oktan yang tinggi ini juga membuat emisi gas buang yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan bahan bakar dengan angka oktan lebih rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan gas buang yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar Pertamax 92 pada sistem pembakaran kendaraan. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan rasio udara dan bahan bakar (Air-Fuel Ratio/AFR) untuk menentukan apakah variasi tersebut dapat menghasilkan emisi yang lebih baik dan meningkatkan efisiensi performa kendaraan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mendukung penggunaan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

METODOLOGI

Penelitian ini dirancang dengan pendekatan sistematis untuk memastikan pelaksanaannya berjalan lancar dan sesuai tahapan yang direncanakan, serta menghindari potensi kerancuan selama proses berlangsung. Diagram alir penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1 memberikan gambaran rinci mengenai tahapan-tahapan utama penelitian ini.

Penelitian dilaksanakan di CV. Merdeka Motor, berlokasi di Jl. Selong Permai 2 No. 7, Kecamatan Sampang, Kabupaten Sampang, Madura. Lokasi ini dipilih karena memiliki fasilitas yang mendukung penelitian, termasuk kendaraan EFI yang sesuai untuk pengujian, serta peralatan dan bahan yang relevan.

Penelitian ini menggunakan alat utama berupa scantool dan gas analyzer FGA4000XD, dengan bahan bakar Pertamax berangka oktan 92. Scantool digunakan untuk mengubah nilai Air-Fuel Ratio (AFR) pada kendaraan EFI dan

menganalisis perubahan parameter mesin selama proses pembakaran. Gas analyzer berfungsi untuk mengukur kadar emisi gas buang, termasuk CO, HC, CO₂, dan O₂, yang hasilnya divisualisasikan dalam bentuk angka untuk analisis lebih lanjut. Bahan bakar Pertamax dipilih karena nilai Research Octane Number (RON) 92-nya mendukung pembakaran lebih sempurna dengan emisi yang lebih rendah. Berikut adalah spesifikasi alat yang digunakan:

Tabel 1. Spesifikasi Scantool

Parameter	Spesifikasi
Operating system	Android 4.4.4 KitKat
Processor	NVIDIA
Memory	2 GB RAM & 32 GB Embedded Memory
Input Voltage	DC/12V/3A
Power Consumption	Max 20W

Tahapan penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan, memastikan semua perangkat dalam kondisi optimal untuk penelitian. Scantool dikalibrasi untuk mengubah nilai AFR pada kendaraan EFI serta memantau perubahan parameter mesin selama pembakaran berlangsung. Selanjutnya, gas analyzer digunakan untuk mengukur emisi gas buang kendaraan, termasuk CO, HC, CO₂, dan O₂. Data hasil pengukuran direkam untuk dianalisis.

Tabel 2. Spesifikasi Gas Analyzer

Parameter	Spesifikasi
Gases Measured	CO, HC, CO ₂ (NDIR Method); O ₂ (Electrochemical Method)
Warming-up Time	2-8 minutes
Voltage Use	AC110V or AC 220V ± 10%, 50/60 Hz
Power Consumption	Approx. 50W
Operating Temperature	0 - 40 °C
Dimension	285 mm (W) x 410 mm (D) x 155 mm (H)
Weight	Approx. 4.5 kg

Variasi AFR diterapkan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap performa

pembakaran dan kadar emisi gas buang. Analisis data dilakukan secara menyeluruh untuk menentukan hubungan antara AFR dan performa mesin, serta emisi yang dihasilkan. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi keunggulan bahan bakar Pertamina 92 dalam mendukung sistem pembakaran yang lebih efisien dan ramah lingkungan.



Gambar 1. Scantool



Gambar 2. Gas Analyzer

Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam mengenai pengaruh variasi AFR terhadap efisiensi mesin dan kadar emisi, serta memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses penelitian ini, dilakukan analisis terhadap data uji emisi gas buang pada kendaraan jenis facelift dengan kapasitas mesin 1300cc. Kendaraan tersebut digunakan sebagai acuan untuk membandingkan rasio udara terhadap emisi gas buang yang dihasilkan. Rasio udara dalam mesin (λ) dihitung menggunakan persamaan $\lambda = \frac{Q}{\dot{m} \times \rho}$, di mana λ adalah rasio udara dalam mesin (kg/jam), Q merupakan nilai kalor aliran udara (m^3/jam), dan ρ adalah nilai tekanan (kg/m^3).

Berdasarkan hasil uji emisi gas buang, diperoleh data pengujian pada kendaraan dengan kapasitas mesin 1300cc dalam rentang kecepatan dari 750 hingga 3000 RPM. Data ini mencakup

parameter-parameter emisi seperti konsentrasi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO_2), dan oksigen (O_2), serta rasio udara (λ). Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk mengevaluasi pengaruh variasi kecepatan mesin terhadap tingkat emisi gas buang dan efisiensi pembakaran pada kendaraan.

Tabel 1. Hasil pengujian AFR 13,5

No	Putaran mesin (rpm)	CO	HC	CO ₂	O ₂	λ
1	750	0,32	155	14	0,05	0,95
2	1000	0,30	152	13	0,05	0,94
3	1500	0,27	150	11	0,04	0,94
4	2000	0,25	145	10	0,05	0,95
5	2500	0,35	170	16	0,06	0,93
6	3000	0,38	102	17	0,07	0,92

Tabel 2. Hasil pengujian AFR 14,7

No	Putaran mesin (rpm)	CO	HC	CO ₂	O ₂	λ
1	750	0,30	145	10	0,05	1
2	1000	0,28	132	10	0,05	0,97
3	1500	0,26	130	9	0,04	0,96
4	2000	0,25	120	8	0,03	0,95
5	2500	0,33	150	10	0,03	0,94
6	3000	0,34	164	12	0,07	0,93

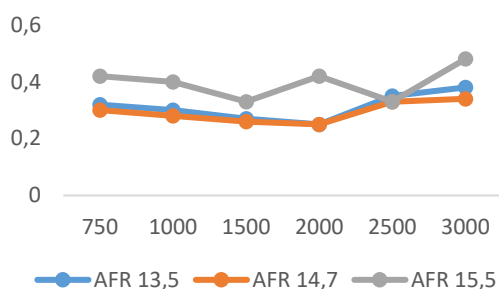
Tabel 3. Hasil pengujian AFR 15,5

No	Putaran mesin (rpm)	CO	HC	CO ₂	O ₂	λ
1	750	0,42	175	13	0,20	1
2	1000	0,40	152	13	0,17	1
3	1500	0,37	1250	10	0,12	1
4	2000	0,33	140	10	0,09	0,9
5	2500	0,42	185	17	0,13	0,9
6	3000	0,48	195	15	0,20	0,5

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, tabel 4, dan tabel 5 menunjukkan perbedaan nilai yang cukup signifikan mulai dari CO, HC, CO_2 , O_2 , dan λ (Lambda). Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan *air flow ratio* (AFR). AFR merupakan aliran udara yang masuk kedalam ruang bakar sehingga mempengaruhi proses pembakaran didalam ruang bakar. Menurut (Akhsan, 2016), menyatakan pembakaran yang terjadi semakin maksimal atau dikatakan sempurna disebabkan nilai AFR berada ditingkatan yang ideal dengan jumlah emisi CO_2 berkisar antara 10 – 12%, akan tetapi apabila nilai AFR terlalu sedikit atau terlalu banyak

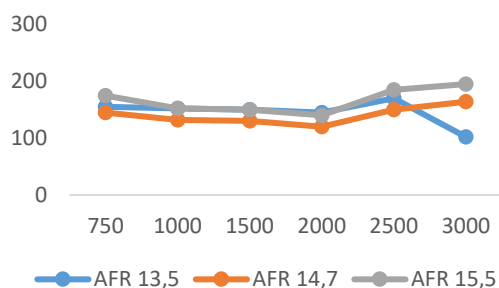
maka jumlah emisi gas CO² akan menurun dan naik secara drastis.

Perbandingan Uji Kadar CO, HC, CO₂, O₂, dan Lambda terhadap Emisi Gas Buang AFR 13,5 ; 14,7 ; dan 15,5. Berdasarkan hasil pengujian emisi dari beberapa AFR yang ditunjukkan pada tabel sebelumnya tabel 3, 4, dan 5 mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik dari masing – masing bahan bakar. Dimana data masing – masing diagram akan ditunjukkan pada gambar 3,4, 5, 6, dan 7.



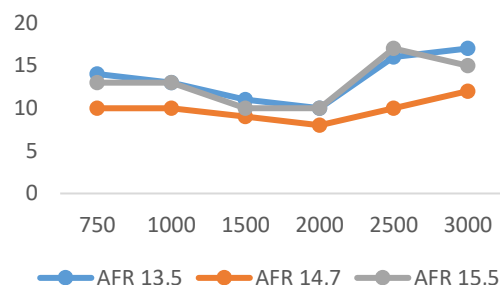
Gambar 3. Grafik perbandingan kadar Karbon Monoksida (CO)

Pada gambar 3 grafik merupakan perbandingan dari hasil uji emisi CO, dimana pada grafik gambar 3 menunjukkan hasil perbedaan yang signifikan pada RPM 2000 diantara AFR yang lain ada satu grafik yang mengalami kenaikan angka pada 15,5 : 1. Hal ini disebabkan karena banyaknya udara yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga kadar CO yang dihasilkan oleh gas buang menjadi lebih tinggi daripada data pengujian tiap variabel lainnya. Dengan kata lain, semakin tinggi kadar CO yang dihasilkan maka proses pembakaran yang terjadi dikatakan semakin tidak sempurna.



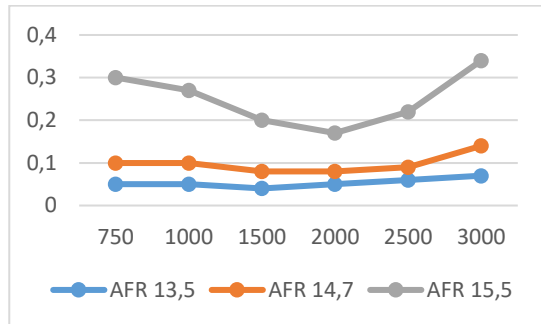
Gambar 4. Grafik perbandingan kadar Hidro Carbon (HC)

Berdasarkan grafik perbandingan kadar HC pada gambar 4 ditiap variabel AFR, menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda pada RPM 750 hingga 2500. Akan tetapi pada rpm 3000 di rasio AFR 14,7 mengalami penurunan kadar HC yang cukup drastis. Hal ini disebabkan oleh pembakaran yang terjadi semakin sempurna sehingga menghasilkan kadar HC yang rendah diantara rasio yang lain. Sedangkan kadar HC paling tinggi ada pada rasio 15,5 menandakan banyak bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna karena terlalu banyak udara dalam proses pembakarannya.



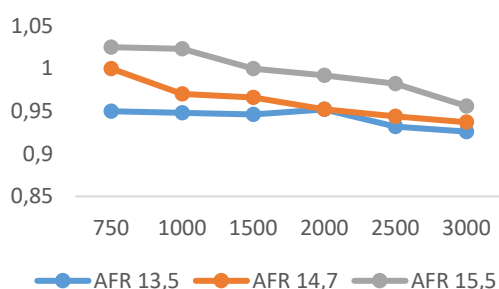
Gambar 5. Grafik perbandingan kadar Karbondioksida (CO₂)

Hasil pengujian dari kadar CO₂ pada gambar 5, menunjukkan seberapa besar kandungan CO₂ yang dihasilkan oleh tiap variabel AFR. Pada rpm 750 hingga 2000 tidak ada perubahan yang cukup berbeda, akan tetapi pada Rpm 2500 kedua rasio mengalami kenaikan yang cukup signifikan dan mulai menurun di Rpm 3000. Kenaikan kadar co ini disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna di putaran mesin menengah dan menurun kembali di Rpm tinggi yang menandakan pembakaran mulai stabil kembali. CO₂ sendiri merupakan senyawa yang cukup berbahaya dikarenakan dapat mempengaruhi pemanasan global terhadap lingkungan. Oleh karena itu, zat inilah yang paling mempengaruhi kelayakan kendaraan agar dapat lolos uji emisi gas buang yang sesuai dengan standart Euro yang berlaku saat ini yaitu Euro-4.



Gambar 6. Grafik perbandingan kadar Oksigen (O₂)

Oksigen sendiri dalam ruang bakar merupakan komponen utama dalam proses pembakaran karena syarat dari pembakaran ialah campuran bahan bakar dan oksigen. Akan tetapi dalam gas buang juga terdapat kadar oksigen dalam kadar yang rendah. Ini disebabkan oleh oksigen dalam ruang bakar yang terbawa selama proses pembakaran hingga menuju ruang bakar. Kadar oksigen yang dihasilkan tiap variabel AFR berbeda-beda. Dikarenakan rasio udara yang masuk saat proses pembakaran juga berbeda. Dapat dilihat pada grafik gambar 7, jika kadar oksigen pada AFR 15,5 memiliki nilai yang sangat berbeda. Ini disebabkan oleh banyaknya udara yang masuk kedalam ruang bakar.



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai Lambda

Nilai lambda sendiri merupakan sebuah nilai perbandingan campuran antara udara dan bahan bakar tanpa adanya satuan. Nilai lambda yang menandakan campuran dapat dikatakan sebagai ideal dengan nilai sebesar 1. Dapat

dilihat grafik pada gambar 7 menunjukkan jika nilai lambda menurun seiring kenaikan RPM pada kendaraan. Hal ini disebabkan oleh adanya dengan peningkatan konsumsi bahan bakar dikarenakan meningkatnya putaran mesin. Berdasarkan hasil grafik tersebut nilai lambda paling sempurna ditunjukkan oleh AFR 14,7 dengan RPM sebesar 750 dan AFR 15,5 dengan RPM sebesar 2000.

Dari kelima variabel pengujian terhadap emisi gas buang dapat disimpulkan bahwa emisi gas buang yang sebenarnya dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor lain, seperti jenis mesin, kondisi operasi, dan kualitas bahan bakar.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada kendaraan facelift dengan kapasitas mesin 1300cc, ditemukan bahwa emisi gas buang dan performa mesin dipengaruhi oleh rasio campuran udara-bahan bakar (AFR) dan putaran mesin. Data menunjukkan perbedaan signifikan pada emisi gas buang di berbagai tingkat RPM, sehingga penyesuaian AFR dengan kebutuhan operasional kendaraan sehari-hari penting untuk menekan emisi dan meningkatkan efisiensi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa AFR 15,5:1 ideal untuk menghemat bahan bakar pada putaran rendah tanpa kebutuhan akselerasi tinggi, menghasilkan nilai lambda tertinggi dan pembakaran lebih efisien. Sebaliknya, AFR 13,5 lebih cocok untuk putaran tinggi, menghasilkan emisi lebih rendah dan konsumsi bahan bakar stabil. Emisi gas buang juga sangat dipengaruhi oleh sempurna tidaknya proses pembakaran, di mana AFR 15,5 menghasilkan emisi terendah pada putaran tinggi. Penyesuaian AFR yang tepat dapat mengoptimalkan efisiensi dan menekan emisi gas buang kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhsan, M. N., 2016. Analisis Penggunaan Hydrocarbon crack system (HCS) Dengan Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Supra X 125. Dalam: Thesis. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

- Febriansyah, R., 2021. Kajian Teoritis Siklus Otto Motor Bakar Bensin Dengan Turbocharger Secara Termodinamika Pada Mobil Toyota Kijang 5K. jurnal Uisu.
- Hibaturrahman, M. Z., 2019. Analisis Kinerja Reaktor Hidrogen Pada Proses Pembakaran Bahan Bakar Motor Bakar Terhadap Emisi Gas Buang. e-Proceeding of Engineering, 6(2), p. 4962.
- Nurdiansyah, 2021. Study Komparasi Motor Bakar Siklus Otto 4 Tak dan Siklus 6 Tak MUB-2 Menggunakan Bahan Bakar Pertamina. Thesis, Universitas Brawijaya.
- Paloboran, M., 2023. Uji Kinerja Mesin Bensin 110 cc Sistem Injeksi Mekanis Berbahan Bakar Gas LPG. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 18(2), pp. 76-82.
- Prasetyo, D. H. T., 2022. Pengaruh Nilai RON Pada Bahan Bakar Jenis Bensin Terhadap Emisi Gas Buang. Jurnal Penelitian : Cermin, 6(2), pp. 2580-7781.
- Pratowo, B., 2019. Analisis Pengaruh Putaran Mesin dan Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin Empat Langkah. Jurnal Teknik Mesin UBL, 6(2), pp. 1-43.
- Pulkrabek, W., 1997. Engineering Fundamental of the Internal Combustion Engine. s.l.:Prentice Hall International, INC.