

**ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN 2000CC
MENGUNAKAN SISTEM *EXHAUST GAS RECIRCULATION*
(EGR)**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

Styven Handoyo Putra

NPM. 3331200061

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

2024

**ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN 2000CC
MENGUNAKAN SISTEM *EXHAUST GAS RECIRCULATION*
(EGR)**

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 pada
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.**



Disusun Oleh:

Styven Handoyo Putra

NPM. 3331200061

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

TUGAS AKHIR

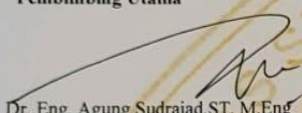
Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin 2000 CC menggunakan Sistem Exhaust Gas Recirculation (EGR)

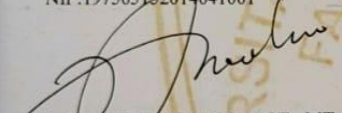
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Styven Handoyo Putra
3331200061

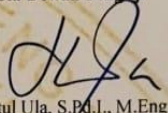
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 15 Agustus 2024

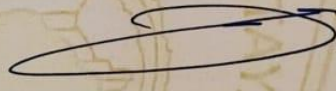
Pembimbing Utama

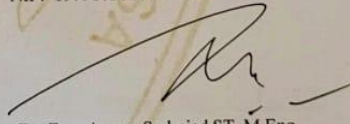

Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST, M.Eng
NIP.197505152014041001


Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002

Anggota Dewan Penguji

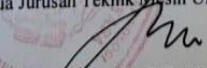

Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng.
NIP.198403132019032009


Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001


Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST, M.Eng
NIP.197505152014041001

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**


Tanggal, 27 Agustus 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006

PERSETUJUAN

Skripsi

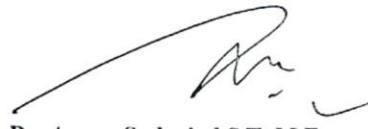
ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN 2000CC MENGGUNAKAN SISTEM *EXHAUST GAS RECIRCULATION* (EGR)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

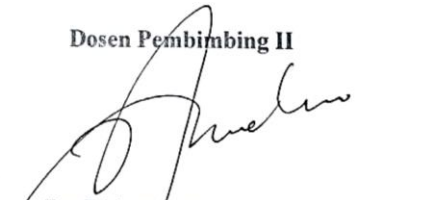
Styven Handoyo Putra
3331200061

Telah di setujui oleh dosen pembimbing Skripsi
Pada tanggal 16 Mei 2024

Dosen Pembimbing I



Dr. Agung Sudrajad S.T., M.Eng.
NIP.197505152014041001

Dosen Pembimbing II


Dr. Mekro Permana Pinem S.T., M.T.
NIP.197505152014041001

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Tanggal 15 Agustus 2024

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa


Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP.198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Styven Handoyo Putra

NPM : 3331200061

Judul : Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin 2000 CC menggunakan Sistem
Exhaust Gas Recirculation (EGR)

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain, kecuali untuk yang disebutkan sumbernya.

Cilegon 15 Agustus 2024



Styven Handoyo Putra

NPM. 3331200061

ABSTRAK

Semakin berkembangnya zaman permintaan dan kebutuhan masyarakat akan sarana transportasi tentunya semakin meningkat. Jenis transportasi yang umum yang banyak digunakan adalah jenis transportasi berbahan bakar bensin. Salah satu sistem yang dapat digunakan untuk menaikan ke tiga jenis kebutuhan seperti performa mesin yang baik, penggunaan bahan bakar yang rendah dan emisi yang baik adalah sistem EGR (Exhaust Gas Recirculation). Pada Skripsi ini akan membahas mengenai Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin 2000 CC menggunakan sistem EGR (Exhaust Gas Recirculation). Penelitian ini akan berfokus pada hubungan sistem EGR dengan unjuk kerja mesin bensin 2000 CC, dimana unjuk kerja mesin dibuktikan menggunakan beberapa variable seperti Daya, BHP (Brake Horse Power) dan SFC (Specific Fuel Consumption) Serta Emisi yang dihasilkan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode experiment dimana dilakukan langsung dan mengaplikasikan langsung EGR sistem pada mesin. Hasil yang didapatkan adalah EGR mampu menaikan Daya Alternator pada semua variasi bukaan EGR dan RPM. Persentase kenaikan daya alternator tertinggi terjadi pada RPM 3500 dengan bukaan Valve EGR sebesar 100% dengan nilai persentase kenaikan daya alternator sebesar 6,4%. Untuk BHP persentase kenaikan BHP tertinggi pada RPM 3500 dengan bukaan Valve EGR 100% dengan kenaikan BHP sebesar 8,7%. Untuk SFC nilai penurunan konsumsi bahan bakar terendah terjadi pada 2000 RPM dengan bukaan Valve EGR sebesar 100% dengan penurunan bahan bakar sebesar 25,3%. Untuk nilai emisi yang dihasilkan HC dan CO mengalami tertinggi pada persentase 6,37% dan 4100 ppm pada bukaan EGR 50% dengan RPM pada 2500. Kemudian O₂ mengalami penurunan terendah pada bukaan EGR 75% dan Pada 3500 RPM yaitu bernilai 8,26% dan CO₂ mengalami penurunan EGR dengan persentase penurunan terendah pada bukaan EGR 50% pada 2500 RPM. Untuk nilai AFR sendiri mengalami penurunan seiring penggunaan Variasi EGR dengan nilai terendah pada bukaan Valve EGR 50% dengan RPM pada 2500 RPM.

Kata Kunci : Exhaust Gas Recirculation, Daya, BHP, SFC dan Emisi

ABSTRACT

As time progresses, the demand and needs of society for transportation facilities are certainly increasing. The common type of transportation that is widely used is gasoline-powered transportation. One system that can be used to enhance the three types of needs, such as good engine performance, low fuel consumption, and good emissions, is the EGR (Exhaust Gas Recirculation) system. This thesis will discuss the analysis of the performance of a 2000 CC gasoline engine using the EGR (Exhaust Gas Recirculation) system. This research will focus on the relationship between the EGR system and the performance of the 2000 CC gasoline engine, where engine performance is demonstrated using several variables such as Power, BHP (Brake Horse Power), and SFC (Specific Fuel Consumption), as well as the emissions produced. The method used in this research is the experimental method, where the EGR system is directly applied to the engine. The results obtained indicate that the EGR can increase the alternator power at all variations of EGR opening and RPM. The highest percentage increase in alternator power occurs at 3500 RPM with an EGR valve opening of 100%, showing a percentage increase of 6.4%. For BHP, the highest percentage increase occurs at 3500 RPM with an EGR valve opening of 100%, resulting in an increase of 8.7% in BHP. Regarding SFC, the lowest reduction in fuel consumption occurs at 2000 RPM with an EGR valve opening of 100%, showing a fuel reduction of 25.3%. For emission values, HC and CO reach their highest levels at 6.37% and 4100 ppm, respectively, with an EGR opening of 50% at 2500 RPM. Meanwhile, O₂ shows the lowest decrease at an EGR opening of 75% and at 3500 RPM, with a value of 8.26%, and CO₂ experiences the lowest percentage decrease at an EGR opening of 50% at 2500 RPM. The AFR value itself decreases with the use of EGR variations, reaching its lowest value at an EGR valve opening of 50% at 2500 RPM.

Keywords: Exhaust Gas Recirculation, Power, BHP, SFC, and Emissions

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi tugas akhir yang berjudul “ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN 2000cc MENGGUNAKAN SISTEM EXHAUST RECIRCULATION GAS”. Penulisan penelitian skripsi tugas akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Setelah menyelesaikan studi dan penelitian skripsi tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa semua yang telah penulis lakukan ini tidak dapat tercapai jika bukan karena bantuan dari banyak pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas berbagai bantuan dan dukungan kepada pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian skripsi tugas akhir ini, terkhusus kepada :

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Haryadi ST.,MT. Selaku dosen pembimbing Akademik
3. Bapak Dr. Eng. Agung Sudrajad, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I atas segala bentuk pengajaran, bimbingan, serta arahan dari berbagai sumber, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis.
4. Bapak Dr.Mekro Permana Pinem S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas segala bentuk pengajaran, bimbingan, serta arahan dari berbagai sumber, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis.
5. Bapak Yusvardi Yusuf S.T., M.T selaku Dosen koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan segala bentuk ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan.
7. Kedua Orang Tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dalam bentuk apapun

Penulis menyadari masih banyak yang dapat dikembangkan skripsi tugas akhir, karena penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan karena adanya keterbatasan penulis dalam hal kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan mengharapkan masukan dan saran yang membangun agar laporan tugas akhir selanjutnya dapat ditingkatkan. Kiranya tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembacanya.

Cilegon, 14 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>State Of Art</i>	3
2.2 Mesin Bensin	7
2.3 Proses dan Siklus Pembakaran Mesin Bensin	9
2.4 <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR).....	12
2.5 <i>Exhaust Gas Recirculation</i> (EGR).....	13
2.6 Daya	14
2.7 Konsumsi bahan bakar spesifik	15
2.8 Emisi Gas Buang.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir Percobaan	19

3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.3	Skema Pengujian.....	23
3.4	Variabel Penelitian.....	25
3.5	Prosedur Pengambilan Data.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Menghitung Laju Aliran Udara pada pipa <i>Exhaust Gas Recirculation</i> (EGR).....	26
4.1.1	Pengukuran Buka-an Valve EGR.....	26
4.1.2	Pengukuran Laju Aliran Volumetrik (m ³ /s).....	27
4.2	Daya <i>Alternator</i>	29
4.3	<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	31
4.4	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik	34
4.5	Analisa Temperatur Suhu Gas Buang dan Emisi Gas Buang.....	39
4.5.1	Temperatur Gas Buang	39
4.5.2	Persamaan Reaksi Kimia Gas Buang Exhaust Gas Recirculation	41
4.5.3	Emisi Gas Buang.....	42
BAB V PENUTUP.....		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Bensin	8
Gambar 2.3 <i>Exhaust Gas Recirculation</i>	13
Gambar 2.4 Motor Bakar	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2 Tachometer	20
Gambar 3.3 Thermocouple	20
Gambar 3.4 Tachometer	21
Gambar 3.5 Pipa Rubber	21
Gambar 3.6 Klem	21
Gambar 3.7 Valve Satu Arah	22
Gambar 3. 8 Pararel Way	22
Gambar 3.9 Bensin	22
Gambar 3.10 Oli Mesin	23
Gambar 3.11 Air Radiator	23
Gambar 3.12 Skema Pengujian	20
Gambar 4.1 Grafik Hubungan RPM dan Daya Alternator Terhadap Bukaannya Valve EGR	30
Gambar 4.2 Grafik Hubungan RPM dan BHP Terhadap Bukaannya Valve EGR ..	33
Gambar 4.3 Grafik Hubungan RPM dan SFC terhadap Bukaannya Valve EGR	38
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Temperature dan EGR	39
Gambar 4.5 Grafik Hubungan CO dan EGR	42
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan HC dan EGR	44
Gambar 4.7 Grafik Hubungan CO ₂ dan EGR	46
Gambar 4.8 Grafik Hubungan O ₂ dan EGR	47
Gambar 4.9 Grafik Hubungan AFR dan EGR	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State Of Art	3
Tabel 4.1 Perhitungan Derajat Busur	26
Tabel 4.2 Laju aliran LPM	27
Tabel 4.3 Data AFR NON EGR	27
Tabel 4.4 Laju Aliran Volumetrik (m^3/s) pada bukaan katup 50 %	28
Tabel 4.5 Laju Aliran Volumetrik (m^3/s) pada bukaan katup 75 %	28
Tabel 4.6 Laju Aliran Volumetrik (m^3/s) pada bukaan katup 100 %	28
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Daya Alternator	30
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan BHP	33
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan SFC	37
Tabel 4.10 Data Pengukuran Temperature $^{\circ}C$	39
Tabel 4.11 Data Pengukuran Presentase CO	42
Tabel 4.12 Data Pengukuran PPM HC.....	44
Tabel 4.13 Data Pengukuran Presentase CO ₂	45
Tabel 4.14 Data Pengukuran Presentase O ₂	47
Tabel 4.15 Data Pengukuran Presentase AFR.....	42
Tabel 4.1 Perhitungan Derajat Busur	26
Tabel 4.2 Laju aliran Flow Meter dalam LPM (<i>Liter Per Minute</i>)	27
Tabel 4.3 Data AFR NON EGR	27
Tabel 4.4 Laju Aliran Volumetrik (m^3/s) pada bukaan katup 50 %	28
Tabel 4.5 Laju Aliran Volumetrik (m^3/s) pada bukaan katup 75 %	28
Tabel 4.6 Laju Aliran Volumetrik (m^3/s) pada bukaan katup 100 %	28
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Daya Alternator	30
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan BHP	33
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan SFC	37
Tabel 4.10 Data Pengukuran Temperature $^{\circ}C$	39
Tabel 4.11 Data Pengukuran Presentase CO	42
Tabel 4.12 Data Pengukuran PPM HC.....	44
Tabel 4.13 Data Pengukuran Presentase CO ₂	45

Tabel 4.14 Data Pengukuran Presentase O ₂	47
Tabel 4.15 Data Pengukuran Presentase AFR.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman permintaan dan kebutuhan masyarakat akan sarana transportasi tentunya semakin meningkat. Jenis transportasi yang umum yang banyak digunakan adalah jenis transportasi berbahan bakar bensin. Permintaan yang semakin bervariasi dan spesifik menjadikan tantangan tersendiri dalam meningkatkan performa mesin lebih baik lagi dan dapat memenuhi permintaan dan kualifikasi terhadap kebutuhan masyarakat dalam peningkatan performa mesin. Performa mesin yang baik akan meningkatkan konsumsi bahan bakar, dimana bahan bakar jenis bensin sedang mengalami lonjakan besar pada era sekarang. Tentunya peningkatan yang dapat dilakukan akan sangat membantu bagaimana menjawab permasalahan masyarakat akan konsumsi bahan bakar yang lebih murah[1].

Performa mesin adalah salah satu hal yang sangat penting didalam menentukan suatu kualitas mesin yang akan digunakan dalam penentuan bagaimana mesin tersebut dalam mengkonsumsi bahan bakar menjadi suatu kerja yang efisien. Performa mesin juga dilihat pada beberapa factor diantaranya seperti putaran mesin, daya mesin, *SFC (Specific Fuel Consumption)* dan Efisiensi Thermal. Empat komponen diatas menunjukkan bagaimana performa mesin dapat ditentukan dan diketahui secara garis besar. Nilai nilai tersebut akan menentukan bagaimana kualitas dan performa mesin dalam unjuk kerjanya[2].

EGR atau *Exhaust Gas Recirculation* adalah suatu sistem yang dapat digunakan dalam menjawab permasalahan peningkatan performa mesin. Secara garis besar *EGR* berkerja dengan cara memasukan Kembali gas buang atau menyalurkan Sebagian gas buang dari *Exhaust Manifold* menuju Intake manifold dimana tujuannya adalah menurunkan suhu dan menjaga suhu didalam mesin cukup stabil. Penggunaan *EGR* saat ini masih banyak digunakan pada mesin diesel dan memang penggunaannya didasarkan pada

penurunan emisi yang dihasilkan pada mesin diesel. Penggunaan EGR pada kendaraan mobil khususnya pada pasar Indonesia berkisar pada 15 % sampai 30 % jika mengacu pada standar Euro 4 penggunaannya memang digunakan untuk menurunkan emisi gas buang mesin bensin [17].

1.2 Rumusan Masalah

Terdapat beberapa rumusan masalah yang telah di sebutkan berdasarkan latar belakang diatas mengenai topik bahasan yang akan dibahas yaitu bagaimana mengetahui unjuk kerja Mesin Bensin Innova 2000 CC berdasar pada (Daya, BHP (*Brake Horse Power*), dan SFC (*Specific Fuel Consumption*) serta Emisi terhadap penggunaan EGR (*Exhaust Gas Recirculation*)

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini , yaitu untuk menganalisa unjuk kerja Mesin Innova Bensin berdasar pada (Daya, BHP (*Brake Horse Power*), dan SFC (*Specific Fuel Consumption*) serta Emisi terhadap penggunaan EGR (*Exhaust Gas Recirculation*)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat dihasilkan pada penelitian ini dapat di sebutkan dalam beberapa poin sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat memberikan gambaran dan wawasan mengenai efek penggunaan sistem EGR terhadap Unjuk kerja mesin Bensin
2. Penelitian ini dapat membantu masyarakat luas dalam menemukan solusi permasalahan bahan bakar serta meningkatkan umur mesin

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini dapat disebutkan dalam beberapa poin sebagai berikut :

1. Bukaannya Katup yang digunakan EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) pada 0 % , 50% ,75% dan 100 %
2. Bensin yang digunakan adalah berjenis Pertamina
3. Variasi RPM (*Revolution per minute*) yang digunakan adalah 2000 RPM, 2500 RPM, 3000 RPM, dan 3500 RPM
4. Mesin Bensin yang digunakan Mesin Innova Bensin yang terletak di Laboratorium *Center Of Excellent*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. E. M. Selim, "Effect of Exhaust Gas Recirculation on the Combustion of an LPG Diesel Dual Fuel Engine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 44, no. 4, pp. 707–721, 2003.
- [2] E. Ellyanie, D. Puspitasari, A. Astuti, and ..., "Pengaruh Penggunaan Sistem Exhaust Gas Recirculation Terhadap Performa Sepeda Motor 4 Langkah," ... *Eng. ...*, no. November, pp. 18–19, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/avoer/article/view/231>
- [3] I. W. Sugita, C. Setyawan, and A. U. Dewi, "Pengaruh Pemasangan Exhaust Gas Recirculation Terhadap Emisi Gas Buang Honda Supra X 100," *J. Asimetri J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 3, pp. 123–130, 2021, doi: 10.35814/asiimetrik.v3i2.1958.
- [4] F. L. Sanjaya and S. Syarifudin, "Pengaruh Penambahan Butanol Sebagai Campuran Bahan Bakar Premium Terhadap Torsi dan Daya Mesin Bensin Dengan Sistem EGR," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–10, 2020, doi: 10.35970/accurate.v1i1.175.
- [5] D. Agarwal, S. K. Singh, and A. K. Agarwal, "Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance, emissions, deposits and durability of a constant speed compression ignition engine," *Appl. Energy*, vol. 88, no. 8, pp. 2900–2907, 2011, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.01.066.
- [6] B. Jatropa-etanol, F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, and A. Farid, "Pengaruh Exhaust Gas Recirculation (EGR) Terhadap Exhaust Gas Temperature (EGT) dan Smoke opacity Mesin Diesel 4JB1 Berbahan Bakar," vol. 13, no. 02, pp. 290–294, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i2.1542.
- [7] A. Kumaraswamy and B. D. Prasad, "Performance analysis of a dual fuel engine using LPG and diesel with EGR system," *Procedia Eng.*, vol. 38, pp. 2784–2792, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.326.
- [8] A. Septiyanto, S. Maulana, A. Nugroho, A. Septiyanto, S. Maulana, and A. Nugroho, "Pengaruh exhaust gas recirculation (EGR) terhadap performa dan mmisi jelaga mesin diesel direct injection," *Saintekno J. Sains dan Tekno.*, vol. 15, no. 2, pp. 129–136, 2017.

- [9] I. K. Adi and I. Nyoman, "PENGARUH PENGGUNAAN RESIRKULATOR GAS BUANG PADA KNALPOT STANDAR , TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR YAMAHA MIO J EFFECT OF USE OF GAS RESIRCULATORS IN STANDARD KNALPOT , TO THE," vol. 17, no. 1, pp. 44–48, 2017.
- [10] D. Agarwal, S. Kumar, and A. Kumar, "Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance , emissions , deposits and durability of a constant speed compression ignition engine Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance , emissions , deposits and durability of a constant speed compression ignition engine," *Appl. Energy*, vol. 88, no. 8, pp. 2900–2907, 2023, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.01.066.
- [11] B. Fajar *et al.*, "PADA MESIN DIESEL DENGAN BAHAN BAKAR," vol. 9, no. 3, pp. 85–92, 2013.
- [12] A. Setiawan, "Pengaruh Campuran High Purity Metanol (HPM) – Solar Menggunakan Sistem EGR terhadap Performa dan Emisi Jelaga Pada Mesin Diesel Injeksi Langsung," vol. 7, pp. 20–25, 2016.
- [13] A. Syarifuddin, M. T. S. Utomo, and Syaiful, "Pengaruh Methanol Kadar Tinggi terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin dengan Sistem EGR Panas," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–10, 2015.
- [14] J. Infotekmesin, F. L. Sanjaya, and F. Fatkhurrozak, "Efek Penambahan Butanol Terhadap Emisi dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin EFI Menggunakan EGR," vol. 13, no. 01, pp. 8–12, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.677.
- [15] J. Cha, J. Kwon, Y. Cho, and S. Park, "The effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on combustion stability , engine performance and exhaust emissions in a gasoline engine The Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Combustion Stability , Engine Performance and Exhaust Emissions in a Gasoline Engine," no. February, 2015, doi: 10.1007/BF03185686.
- [16] F. L. Sanjaya, "Brake spesific fuel consumption , brake thermal efficiensy , dan emisi gas buang mesin bensin EFI dengan sistem EGR berbahan bakar premium dan butanol," vol. 9, no. 2, pp. 170–176, 2020.

- [17] Kepolisian Republik Indonesia, "Perkembangan Kendaraan Mobil Berbahan bakar bensin",2020.
- [18] Wei Zhang et.,al, "EGR Thermal and Chemichal Effect on cumbustion and Emission of Diesel / Natural gas dual Fuel Engine" Volume 302,15,2021