



Pengaruh Pemasangan *Exhaust Gas Recirculation* Terhadap Emisi Gas Buang Honda Supra X 100

The Effect of Installing Exhaust Gas Recirculation on Exhaust Gas Emissions of Honda Supra X 100

I Wayan Sugita, Catur Setyawan, dan Amanda Utari Dewi*

UNJ, Jl. Rawamangun Muka, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
06/04/2021
Direvisi:
17/06/2021
Disetujui:
27/06/2021

Abstract

The increasing demand of motorcycle for humans is directly proportional to the gas emissions by motorcycle. It will cause air condition bad and can cause health problems for humans. One of the solutions for the problem gas emissions produced by motorcycle is doing a modification on exhaust pipe with using Exhaust Gas Recirculation (EGR). This study aims to know the effect of EGR on exhaust gas emission of Honda Supra X 100. The research uses the experimental methods. Emission testing be held to determine the effect after using EGR on the resulting exhaust gas elements by varying the conditions of the mixture (rich and lean), engine speed (1500, 2500, 3500, 4500, 5500 rpm) and fuel (premium, pertalite). The result after using EGR, increased emissions of HC, decreased emissions of CO, increased and decreased CO₂ and increased AFR values.

Keywords: EGR, exhaust gas emission.

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan sepeda motor bagi manusia berbanding lurus dengan meningkatnya emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor. Hal ini tentu saja akan menyebabkan kondisi udara yang buruk dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi manusia. Solusi untuk permasalahan emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor salah satunya dengan melakukan modifikasi pada saluran buang yaitu dengan memasang *Exhaust Gas Recirculation* (EGR). Pengujian emisi dilakukan untuk mengetahui pengaruh setelah penggunaan EGR terhadap unsur - unsur gas buang yang dihasilkan dengan melakukan variasi pada kondisi campuran (kaya dan miskin), putaran mesin (1500, 2500, 3500, 4500, 5500 rpm) dan bahan bakar (premium, pertalite). Data hasil pengujian setelah penggunaan EGR, kadar emisi HC meningkat, kadar emisi CO menurun, kadar emisi CO₂ mengalami peningkatan dan penurunan, serta peningkatan nilai AFR.

Kata Kunci: EGR, emisi gas buang.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 878 8437 2173
email : amandautaridewi@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya mobilitas yang dilakukan manusia, hal ini berimbas kepada meningkatnya kendaraan yang di butuhkan. Meningkatnya kebutuhan kendaraan ini tentunya meningkatkan emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan. Jika dilihat dari banyaknya jenis kendaraan yang berada di jalan, sepeda motor berada di urutan pertama. Data dari BPS (Badan Pusat Statistik, 2019) pada tahun 2019 jumlah sepeda motor menapai 8.194.590 di urutan pertama mengalahkan jumlah mobil penumpang, bis dan truk.

Sekitar 70% pencemaran udara di perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor yaitu berasal dari emisi gas buang yang buruk (Nugraheni dan Haryadi, 2017).

Sebagian besar sepeda motor menghasilkan emisi gas buang yang tidak baik. Data dari BLH tahun 2013 menyatakan bahwa emisi gas buang yang berupa asap knalpot dihasilkan akibat terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna. Selain itu, kondisi pembakaran yang sempurna jarang sekali ditemukan di dalam mesin kendaraan. (Ismiyati, dkk., 2014).

Polutan utama yang dihasilkan dari knalpot akibat pembakaran yang tidak sempurna diantaranya adalah CO, HC dan NOx. CO atau karbon monoksida merupakan gas yang beracun bagi manusia dan hewan jika ditemukan dalam kadar yang tinggi. CO biasanya berasal dari pembakaran yang tidak sempurna di dalam ruang bakar, biasanya terbentuk saat campuran bahan bakar terlalu kaya. HC atau hidrokarbon merupakan gas buang yang berasal dari bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna dan berbahaya bagi kesehatan. Sedangkan NOx adalah gas beracun yang terbentuk di ruang pembakaran karena terdapat suhu yang tinggi di dalam ruang bakar (Naresh, dkk., 2015).

Melihat resiko bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan oleh gas - gas hasil pembakaran yang dihasilkan oleh kendaraan

bermotor tentulah membuat permasalahan emisi gas buang ini perlu ditindaklanjuti. Diperlukan adanya cara untuk mengendalikan emisi gas buang untuk keadaan udara yang lebih baik.

Terdapat beberapa macam teknik dan metode yang dapat dilakukan untuk mengendalikan emisi gas buang merujuk pada program EST (*Environmentally Sustainable Transport*) yaitu melakukan modifikasi pada mesin, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya dan modifikasi pada saluran gas buang (Irawan, 2016).

Sesuai dengan uraian diatas maka dilakukanlah sebuah langkah usaha modifikasi pada saluran gas buang dengan cara memasang EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) yang biasanya terdapat di mobil, untuk dicoba pengaplikasiannya pada sepeda motor.

EGR merupakan teknik yang pertama kali diadopsi oleh mesin diesel untuk membatasi panas pembentuk NO_x dengan cara menurunkan suhu di ruang bakar dengan cara menggantikan udara bersih dengan sebagian kecil gas buang pada *engine intake*. Namun, seiring dengan perkembangan masalah energi dan lingkungan, EGR telah umum digunakan pada mesin bensin dan penerapannya dapat menurunkan emisi CO dalam rangka memenuhi peraturan emisi yang semakin ketat (Wei, dkk., 2012).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh (Ramadhan, 2019), tentang pengaruh sistem resirkulasi gas buang pada sepeda motor 4 tak dan mendapat hasil bahwa EGR dapat menurunkan kandungan emisi NOx sebesar 62% pada saat setelah penggunaan EGR dibandingkan sebelum penggunaan EGR dan CO sebesar 36,55% setelah penggunaan EGR dibandingkan sebelum penggunaan EGR. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Ramadhan, 2019), penelitian yang dilakukan untuk kontrol EGR dilakukan secara manual (dengan memutar keran menggunakan tangan).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk memasang EGR pada sepeda motor dengan menggunakan kontrol secara otomatis dengan harapan penggunaan EGR memberikan pengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

2. METODOLOGI

Eksperimen

Metode penelitian yang digunakan penulis adalah eksperimen, merupakan percobaan yang mengambil data secara langsung untuk mengetahui adanya hubungan sebab akibat. Pengujian dilakukan di SMKN 1 Tambelang, Bekasi, Jawa Barat.

Pengumpulan Data

Pengambilan data pada pengujian emisi dilakukan berdasarkan dua kondisi. Yaitu, uji emisi dengan menggunakan EGR dan uji emisi tanpa menggunakan EGR pada rpm 1500, 2500, 3500, 4500 dan 5500. Dengan melakukan variasi pada bahan bakar yang digunakan yaitu premium dan pertalite, serta melakukan variasi pada kondisi campuran yaitu kaya dan miskin. Campuran kaya yang dimaksud adalah kondisi dimana jumlah bensin yang masuk ke dalam ruang bakar lebih banyak dibandingkan dengan udara. Sedangkan untuk campuran miskin merupakan kondisi dimana jumlah bensin yang masuk ke dalam ruang bakar lebih sedikit dibandingkan dengan udara. Pengambilan data akan dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap rpm.

Analisis Data

Perhitungan data dilakukan dengan menggunakan *software Ms. Excel*. Setelah data dikumpulkan, dihitung rata - ratanya kemudian hasil rata - rata tersebut dibuat grafik. Beberapa grafik yang ditampilkan adalah unsur kimia hasil emisi gas buang, diantaranya HC, CO, CO₂ dan nilai AFR. Hasil analisa data berupa grafik tersebut kemudian akan dianalisa kembali dengan mengacu kepada referensi yang tertulis pada daftar pustaka.

Material Penelitian

Penelitian ini menggunakan sepeda motor Honda Supra X 100 yang ditambahkan EGR berupa *solenoid valve*, diatur oleh mikrokontroler berupa arduino uno sesuai dengan masukkan dari sensor oksigen. Adapun spesifikasi dari motor yang digunakan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data spesifikasi motor

Karakteristik	Spesifikasi
Kapasitas Mesin	97,1 cc
Jumlah Silinder	1
Rasio Kompresi	9:1
Transmisi	4 Percepatan
Kopling	Otomatis Sentrifugal
Sistem Pengapian	AC - CDI
Power Maksimum	7.3 ps/ 8000 rpm
Torsi Maksimum	0.74 kgf.m / 6000 rpm

Eksperimental Setup

Pengujian emisi menggunakan *gas analyzer QROTECH - 401*. *Gas analyzer* ini dapat mengukur unsur HC, CO, CO₂, O₂ serta nilai AFR dan lamda. Peralatan pengujian ditunjukkan pada gambar 1. Sedangkan proses pengujian ditunjukkan pada gambar 2.



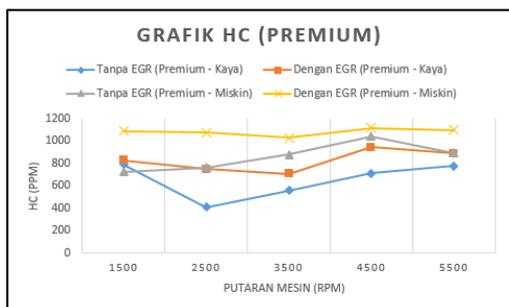
Gambar 1. Gas Analyzer QROTECH - 401



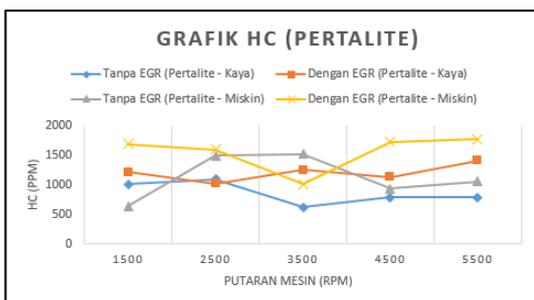
Gambar 2. Pengujian emisi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan EGR terhadap emisi gas buang sepeda motor Honda Supra X 100. Hasil pengujian pada masing - masing variasi campuran dan variasi bahan bakar pada putaran mesin 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm dan 5500 rpm tanpa menggunakan EGR dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan EGR terhadap emisi gas buang HC, CO, CO₂ dan nilai AFR, masing-masing dipresentasikan pada gambar 3 - 10.



Gambar 3. Pengaruh EGR terhadap emisi HC pada BB premium



Gambar 4. Pengaruh EGR terhadap emisi HC pada BB pertalite

Gambar 3 dan 4 menunjukkan emisi gas buang HC. HC atau hidrokarbon merupakan gas buang beracun yang dihasilkan dari

pembakaran tidak sempurna. HC mengalami peningkatan seiring dengan penggunaan EGR eksternal. (Piqueras, dkk., 2020).

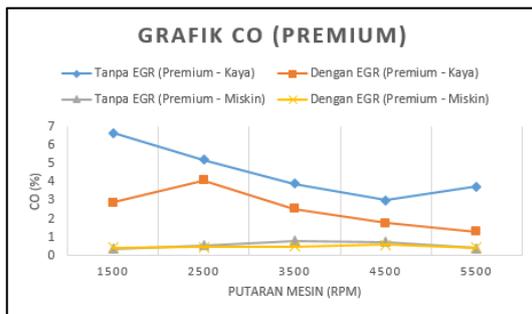
Pada penggunaan BB premium, peningkatan HC terkecil yaitu terjadi pada kondisi campuran kaya pada putaran 1500 rpm dengan kenaikan sebesar 37 ppm. Sementara peningkatan HC tertinggi terjadi pada kondisi campuran miskin pada putaran 1500 rpm dengan kenaikan sebesar 362 ppm. Sedangkan pada penggunaan BB pertalite peningkatan HC terkecil yaitu terjadi pada kondisi miskin pada putaran 2500 rpm dengan kenaikan sebesar 98 ppm. Sementara peningkatan HC tertinggi terjadi pada kondisi campuran miskin pada putaran 1500 rpm dengan kenaikan sebesar 1049 ppm.

HC meningkat dikarenakan setelah EGR aktif dan sebagian gas buang masuk kembali ke dalam *intake manifold*, suhu ruang bakar menjadi rendah serta jumlah oksigen yang lebih rendah dalam campuran yang siap untuk pembakaran (Naresh, dkk., 2015). Baik dalam campuran kaya maupun campuran miskin, HC mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan campuran kaya memiliki sedikit kandungan oksigen sehingga mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna, seandainya campuran dibuat terlalu miskin pun konsentrasi HC juga tidak berkurang melainkan semakin bertambah besar disebabkan terjadinya penurunan pembakaran karena bahan bakar yang berkurang sehingga terjadinya *missfiring* (Prawoto, 2011).

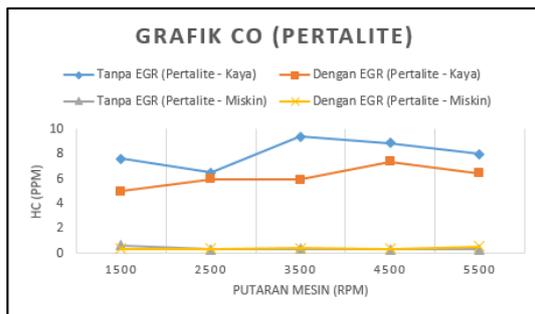
HC yang dihasilkan dari pengujian dengan bahan bakar pertalite baik dalam pengujian menggunakan EGR maupun tanpa menggunakan EGR hasilnya lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian yang menggunakan bahan bakar premium. Hal ini berarti saat penggunaan bahan bakar pertalite, lebih banyak HC yang tidak terbakar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar yang tidak sesuai dengan kompresi mesin yang rendah. Karena angka oktan pertalite lebih tinggi dibandingkan dengan premium, maka terjadi pembakaran yang tidak sempurna. Hal ini sesuai dengan teori jika menggunakan bahan bakar dengan nilai oktan yang sesuai dengan

karakteristik kendaraan tentunya akan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna sehingga hasil emisi yang dikeluarkan menjadi lebih baik (Winarto, dkk, 2013).

Tetapi meskipun HC mengalami peningkatan dalam rata - rata pengujian, namun kadar HC yang dihasilkan masih di bawah ambang batas Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 31 Tahun 2008 mengenai ambang batas emisi gas untuk kendaraan bermotor lama yaitu 2400 ppm.



Gambar 5. Pengaruh EGR terhadap emisi CO pada BB premium



Gambar 6. Pengaruh EGR terhadap emisi CO pada BB pertalite

Gambar 5 dan 6 menunjukkan emisi gas buang CO. CO mengalami penurunan seiring dengan penggunaan EGR eksternal. Hal ini sebagai akibat efek kinetik pada reaksi disosiasi CO₂ (Piqueras, dkk., 2020).

Berdasarkan teori, CO umumnya dibentuk karena kondisi campuran yang kaya bahan bakar (kurangnya udara) (Naresh, dkk., 2015). Saat katup EGR aktif dan membuka yang mengakibatkan sebagian gas buang masuk ke dalam silinder, hal ini tentunya mengurangi konsentrasi dari bahan bakar sehingga CO dapat berkurang. Dapat dikatakan, penggunaan EGR dapat membuat kondisi campuran menjadi kurus sehingga

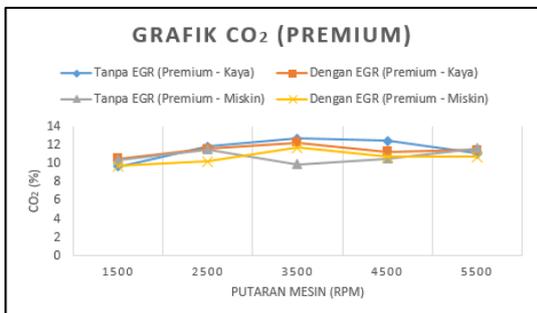
dapat menurunkan kadar CO. Hal ini telah dijelaskan bahwa campuran kurus merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menurunkan kadar emisi gas buang CO. Hal ini dijelaskan dalam teori yang menjelaskan bahwa cara terbaik untuk menurunkan konsentrasi CO adalah dengan mengusahakan pembakaran yang sempurna dengan cara meninggikan AFR (campuran miskin). Tetapi hal tersebut dapat menyebabkan masalah lain yaitu rendahnya tingkat pembakaran dan mengakibatkan bertambahnya konsentrasi HC dalam gas buang (Prawoto, 2011).

Penggunaan EGR pada campuran miskin secara umum menurunkan kadar CO, meskipun penurunannya tidak terlalu besar. Berdasarkan pengamatan pada grafik di gambar 5 dan 6, penggunaan EGR dalam campuran kaya lebih memberikan pengaruh yang lebih baik dikarenakan penurunan CO yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan campuran miskin.

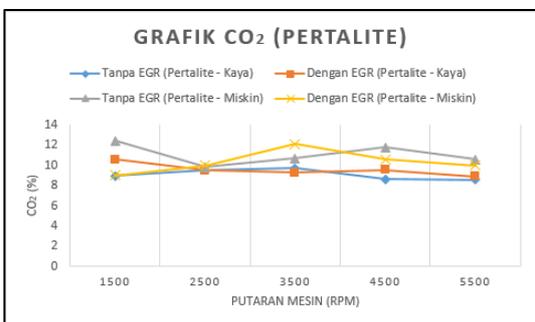
Pada penggunaan BB premium, penurunan CO terbesar terjadi pada campuran kaya pada putaran 1500 rpm dengan penurunan sebesar 3.77%. Sedangkan pada penggunaan BB pertalite, penurunan CO terbesar terjadi pada kondisi campuran kaya sebesar 3.42%. Meskipun CO mengalami penurunan, kadar CO yang dihasilkan dari pengujian dalam kondisi campuran kaya, hasilnya berada di atas ambang batas gas buang yang sudah ditetapkan oleh Pemprov DKI untuk kendaraan bermotor lama yaitu sebesar 5.5%. Tetapi dengan penggunaan EGR, hasilnya mengalami sedikit penurunan sehingga lebih mendekati ke nilai ambang batas gas buang untuk emisi CO. Hanya pada putaran 1500 rpm CO yang dibawah ambang batas setelah penggunaan EGR yaitu sebesar 5%. Hal ini dapat disebabkan oleh setelan karbu yang terlalu boros sehingga menghasilkan campuran yang terlalu kaya sehingga kadar bensin terlalu banyak dan mengakibatkan CO yang dihasilkan tinggi.

Penggunaan EGR pada campuran miskin, tidak memberikan dampak yang terlalu baik. Dari 5 variasi putaran mesin yang dilakukan, hanya pada putaran 1500 rpm CO mengalami penurunan. Sedangkan pada putaran lain, CO mengalami peningkatan.

Kedaaan ini sesuai dengan teori yang dijelaskan oleh (Agarwal, dkk., 2011), pemakaian EGR dapat menghasilkan campuran heterogen dan pada campuran yang kurus, lebih sulit untuk dinyalakan (dibakar) dan dapat menghasilkan CO yang lebih tinggi.



Gambar 7. Pengaruh EGR terhadap emisi CO₂ pada BB premium



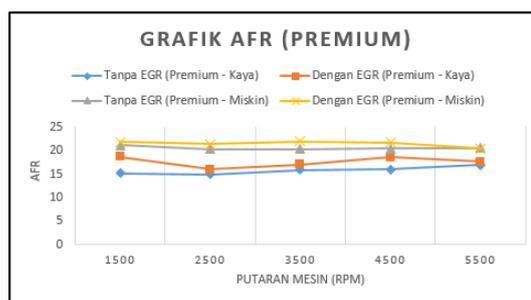
Gambar 8. Pengaruh EGR terhadap emisi CO₂ pada BB premium

Gambar 7 dan 8 menunjukkan emisi gas buang CO₂. Penggunaan EGR membuat kadar CO₂ mengalami peningkatan dan penurunan. Hal ini menandakan bahwa pembakaran yang terjadi di mesin tidak selalu terjadi dengan sempurna. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa umumnya seperti yang diketahui, kondisi pembakaran yang sempurna dalam mesin kendaraan jarang sekali terjadi (Ismiyati, dkk, 2014).

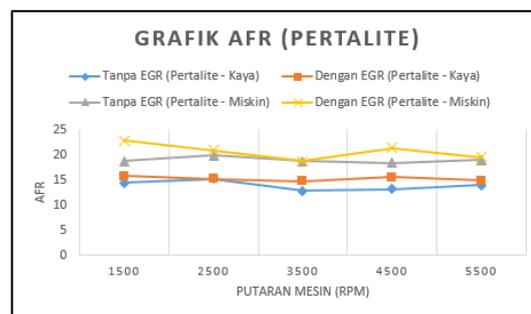
Pada penggunaan BB premium penggunaan EGR dalam campuran kaya lebih memberikan pengaruh yang baik dikarenakan unsur CO₂ yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan campuran miskin. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan EGR pada campuran kaya lebih menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Sesuai dengan dasar teori yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi gas CO₂ dalam gas buang, mengindikasikan semakin sempurna

proses pembakaran yang terjadi. (Sumarno, 2018). Unsur CO₂ tertinggi terjadi pada campuran kaya pada putaran 3500 rpm dengan besar 12.26% dan Unsur CO₂ terendah terjadi pada campuran miskin pada putaran 1500 rpm dengan besar 9.7%. Hal ini menandakan bahwa pembakaran yang terjadi pada campuran miskin setelah menggunakan EGR menimbulkan pembakaran yang kurang sempurna.

Berbeda dengan pengujian yang menggunakan bahan bakar premium, berdasarkan pengamatan pada grafik di gambar 8 pada pengujian dengan pertalite, penggunaan EGR dalam campuran miskin lebih memberikan pengaruh yang baik dikarenakan unsur CO₂ yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan campuran kaya. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan EGR pada campuran miskin lebih menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Unsur CO₂ tertinggi terjadi pada campuran miskin pada putaran 3500 rpm dengan besar 12.1% dan Unsur CO₂ terendah terjadi pada campuran kaya pada putaran 5500 rpm dengan besar 8.9%. Hal ini menandakan bahwa pembakaran yang terjadi pada campuran kaya setelah menggunakan EGR menimbulkan pembakaran yang kurang sempurna.



Gambar 9. Pengaruh EGR terhadap nilai AFR pada BB premium



Gambar 10. Pengaruh EGR terhadap nilai AFR pada BB pertalite

Berdasarkan pengamatan pada grafik di gambar 9 dan 10, penggunaan EGR baik dalam campuran kaya maupun campuran miskin baik penggunaan bahan bakar premium maupun pertalite, memberikan pengaruh yaitu nilai AFR mengalami peningkatan atau dapat dikatakan campuran menjadi lebih miskin dibandingkan sebelum menggunakan EGR.

AFR tertinggi berada pada putaran 1500 rpm campuran miskin bahan bakar pertalite sebesar 22.8 dan AFR terendah berada pada putaran 3500 rpm campuran kaya bahan bakar pertalite sebesar 14.8.

Seperti yang telah diketahui, prinsip kerja EGR adalah memasukkan kembali gas buang hasil dari pembakaran. Tentunya dengan tambahan gas buang ini di dalam ruang bakar membuat jumlah bahan bakar menjadi lebih sedikit. Dimana telah dijelaskan bahwa campuran kurus merupakan kondisi jumlah bahan bakar lebih sedikit dibandingkan dengan udara. Hal ini juga terlihat dari meningkatnya nilai AFR setelah pemakaian EGR. Artinya, pemakaian EGR membuat proporsi campuran menjadi lebih kurus.

Hasil yang didapatkan campuran miskin memiliki nilai AFR yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai AFR yang dihasilkan oleh campuran kaya.

Sama seperti pengujian dengan bahan bakar premium, pada pengujian dengan bahan bakar pertalite pun hasil yang didapatkan campuran miskin memiliki nilai AFR yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai AFR yang dihasilkan oleh campuran kaya. Hal ini dapat disebabkan oleh keadaan campuran yang awalnya sudah miskin, ditambahkan lebih banyak udara sehingga menjadi lebih miskin dikarenakan jumlah bahan bakarnya yang menjadi lebih sedikit.

4. SIMPULAN

Pemasangan EGR yang dikontrol secara otomatis memberikan pengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor Honda Supra X 100. Hasil mencatatkan kadar emisi HC dan nilai AFR mengalami peningkatan dibandingkan sebelum

menggunakan EGR, penurunan kadar emisi CO dibandingkan sebelum menggunakan EGR, dan peningkatan maupun penurunan kadar emisi CO₂ dibandingkan sebelum menggunakan EGR.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, D. dkk., 2011. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Performance, Emissions, Deposits and Durability Of A Constant Speed Compression Ignition Engine. *Applied Energy*, 88, hal. 2900-2907.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Badan Pusat Statistik: Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (Unit) Di Provinsi DKI Jakarta* [Online], <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/786/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis-kendaraan-unit-di-provinsi-dki-jakarta.html>. Diakses tanggal 13 Desember 2020.
- Irawan, B. dan Nurcholis, Luthfi., 2016. Pemanfaatan Logam Transisi Tembaga dan Nikel Sebagai Bahan Katalis Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Kendaraan Bermotor. *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*.
- Ismiyati. dkk., 2014. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(3), hal. 241 - 248.
- Naresh, P. dkk., 2015. Exhaust Gas Recirculation System. *Journal Of Bioprocessing And Chemical Engineering*, 3(3), hal. 1 - 6.
- Nugraheni, Ika Kusuma. dan Haryadi, Robby. 2017. Pengujian Emisi Gas Buang Motor Bensin Empat Tak Satu Silinder Menggunakan Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Etanol. *Jurnal Elemen*, 4(1), hal. 22 - 28.
- Piqueras, P. dkk., 2020. Impact Of Exhaust Gas Recirculation On Gaseous Emissions Of Turbocharged Spark - Ignition Engines'. *Appl. Sci*, hal. 1 - 17.
- Prawoto. 2011. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Gas Cair (LGV) Dan Pertamina Pada Kondisi Uji Awal Dingin Dan Panas,. *J. Teknik Lingkungan*, 12(1), hal. 67 - 74.
- Ramadhan, M. G., 2019. Pengaruh Penggunaan Sistem Resirkulasi Gas Buang Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Tak 110 cc. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Wei, H. dkk., 2012. Gasoline Engine Exhaust Gas Recirculation - a review. *Apply Energy*, hal. 1 - 11.
- Winarto, E. Dkk., 2013. Pengaruh Bahan Bakar Premium, Pertamina, Pertamina plus Dan Variasi Rasio Kompresi Terhadap Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Suzuki Shogun FL

- 125 SP Tahun 2007. *Jurnal UNS*, 6(1). Hal 26-36
- Zheng, M. dkk., 2012. Diesel Engine Exhaust Gas Recirculation - a review on advanced and novel concepts. *Journal Energy Conversion and Management*, 45, hal. 883 - 900.