

Pengaruh Pembersihan Combustion Chamber Deposit Terhadap Emisi CO dan HC

Mujahid Wahyu^{1*}, Devina Rosa Hendarti², Hadi Rahmad³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang PSDKU Kediri
Jln Lingkar Mas Kumambang No.01, Sukorame, Kec.Mojoroto, Kota Kediri

*Corresponding author: mujahid.wahyu89@gmail.com

Abstract

Cleaning the Combustion Chamber Deposits without any repetition, has not been able to produce optimal cleaning as measured by the results of engine performance testing. This study aims to: 1) determine the effect of cleaning the combustion chamber carbon crust on CO and HC exhaust emissions in gasoline indirect injection engines; 2) determine the effect of repetition in the process of cleaning the combustion chamber carbon deposits on CO and HC exhaust emissions; and 3) determine the effect of suction delay time for cleaning the carbon deposits in the combustion on CO and HC emissions. The research method is experimental including: Procurement and preparation of tools and materials; treatment and testing process; data analysis; and conclusions. The results showed that the process of cleaning the carbon deposits from the engine combustion chamber has been able to reduce CO and HC gas emissions constantly at various engine speeds. Repetition was not so influential on the results of reducing CO and HC gas emission levels at the 10 minute of suction delay time and has an effect at the 20 minute.

Keywords: combustion chamber deposit, CO, emission, HC

Abstrak

Pembersihan kerak ruang bakar mesin tanpa adanya pengulangan, belum mampu menghasilkan pembersihan optimal yang terukur dari hasil uji kinerja mesin. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengetahui pengaruh pembersihan kerak karbon ruang bakar terhadap emisi gas buang CO dan HC pada *gasoline indirect injection engine*; 2) mengetahui pengaruh pengulangan pada proses pembersihan kerak karbon ruang terhadap nilai emisi gas CO dan HC; dan 3) mengetahui pengaruh jeda waktu penghisapan pada proses pembersihan kerak karbon ruang bakar terhadap nilai emisi gas CO dan HC. Metode penelitian adalah eksperimen meliputi: pengadaan dan persiapan alat serta bahan; proses perlakuan dan pengujian; analisis data; dan kesimpulan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa proses pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin telah mampu menurunkan kadar emisi gas CO dan HC secara konstan dalam berbagai putaran mesin. Adapun proses pengulangan pembersihan tidak begitu berpengaruh pada hasil penurunan kadar emisi gas CO dan HC pada penjaduan 10 menit dan berpengaruh pada penjaduan 20 menit.

Kata kunci: CO, deposit ruang bakar, emisi gas, HC

1. Pendahuluan

Mesin kendaraan yang dipakai terus menerus dapat mengakibatkan penurunan kinerja. Banyak faktor penyebabnya, mulai dari terjadinya pembakaran yang tidak sempurna dan kualitas bahan bakar yang kurang baik. Pembakaran yang tidak sempurna dapat mengakibatkan terbentuknya partikulat polutan yang dapat mempengaruhi performa mesin [1]. Pembakaran yang tidak sempurna juga dapat menghasilkan gas CO yang berbahaya [2]. Selain itu juga dapat memunculkan kerak karbon di ruang bakar [3] atau yang diistilahkan dengan *carbonaceous* yang

bermasalah [1] atau *combustion chamber deposits* [4].

Kerak karbon ruang bakar meskipun jumlahnya sedikit, namun perlu mendapatkan perhatian. Akumulasi kerak karbon dapat mengakibatkan meningkatnya suhu gas buang kendaraan. Lebih jauh, karbon deposit yang menempel di injektor nozzle dapat mempengaruhi aliran bahan bakar pada nozzle tersebut [5]. Beberapa masalah lain yang timbul dari adanya karbon deposit di ruang bakar meliputi penurunan kinerja mesin, peningkatan *deposit lacquer*, dan peningkatan emisi bahkan kerusakan. [6]. Dengan demikian, diperlukan berbagai

teknik untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Pembersihan deposit karbon di *combustion chamber* berdasarkan berbagai penelitian, dapat mengembalikan nilai kinerja mesin. Pembersihan dengan zat aditif *carbon cleaner* mampu mengikis deposit karbon yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dan hasilnya, gas buang karbon monooksida (CO) turun sebesar 13,92% dan Hidrokarbon (HC) turun sebesar 16,48% [7]. Penggunaan *carbon cleaner* dengan teknik guruh mesin tanpa melakukan pembongkaran mesin dapat menurunkan level persentase gas CO sebesar 0,268 [8]. Peningkatan kinerja ini, diduga kuat berkaitan erat dengan hasil pembakaran yang lebih sempurna.

Perubahan peforma menuju peningkatan juga ditunjukkan oleh penggunaan *carbon cleaner* pada proses pembersihan ruang bakar Yamaha Jupiter Z CW. Peforma mesin dapat meningkat pada putaran mesin 1400 rpm dengan peningkatan nilai torsi sebesar 1,95 kg.m. Daya maksimum mesin juga mengalami peningkatan pada putaran mesin 4200 rpm sebesar 12.07 hp [9].

Perubahan konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien juga terjadi setelah dilakukannya proses pembersihan kerak karbon pada ruang bakar mesin. Hasil penelitian pada putaran rendah (50 kph), menengah (100 kph) dan tinggi (130 kph), nilai AFR uji lebih besar dibandingkan dengan pra uji. Nilainya pada kecepatan tersebut (15,8:14,0), (12,8:12,4) dan (12:11,9). Nilai AFR semakin besar bermakna campuran semakin kurus.[10].

Perlu digali lebih lanjut topik ini terutama pada aspek pembersihan deposit carbon di *combustion chamber* yang diduga kuat tanpa adanya pengulangan langkah, belum mampu menghasilkan pembersihan optimal yang terukur dari hasil pengujian kinerja mesin. Mengingat secara teoritis, ada 2 jenis deposit karbon yang muncul dari proses pembakaran yang tidak sempurna [4]. Keduanya yaitu deposit karbon yang

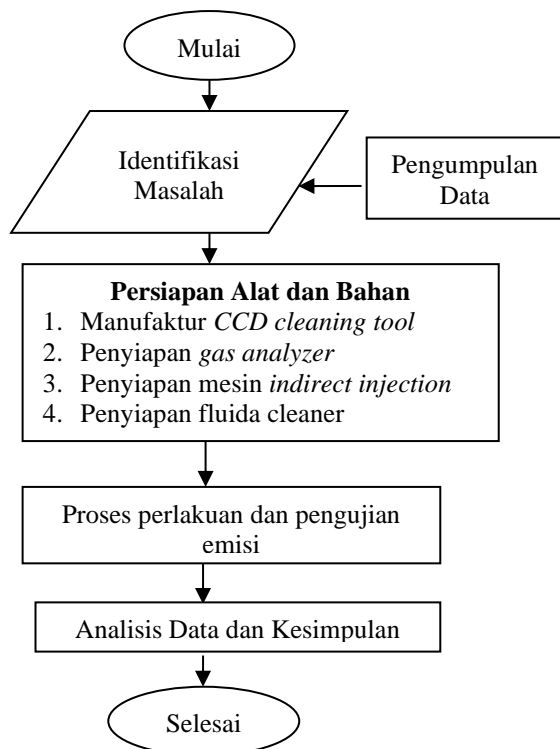
mudah dihilangkan (*easily removable*) dan sulit dihilangkan (*difficult removable*). Dengan sekali langkah pembersihan, deposit yang mudah dihilangkan akan mudah hilang. Namun deposit yang sulit dihilangkan, diduga kuat belum mampu dibersihkan dalam sekali proses langkah.

Pembersihan yang belum optimal tentu berdampak pada kinerja mesin yang belum optimal pula. Adanya gas-gas beracun hasil pembekaran termasuk bukti ketidakefektifan kinerja mesin. Semisal gas CO, timbul karena tidak cukupnya unsur oksigen (udara) dalam pembakaran sehingga terjadi pembakaran yang tidak sempurna [11]. Gas tersebut akan bercampur dengan hemoglobin darah yang berakibat dalam penghambatan aliran oksigen dalam darah dan berpotensi terjadinya keracunan dalam darah [12]. Sementara emisi gas beracun lain seperti HC berpotensi merusak sistem pernafasan manusia (tenggorokan) ketika terhirup dan merupakan gas karsinogenik [13].

Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pembersihan kerak karbon ruang bakar terhadap emisi gas buang CO dan HC pada *gasoline indirect injection engine*; mengetahui pengaruh pengulangan pada proses pembersihan kerak karbon ruang terhadap nilai emisi gas CO dan HC; dan mengetahui pengaruh jeda waktu penghisapan pada proses pembersihan kerak karbon ruang bakar terhadap nilai emisi gas CO dan HC.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Eksperimen melibatkan mesin *gasoline indirect injection, CCD cleaning tool*, zat aditif berupa *fluida cleaner*, dan alat uji emisi gas buang mesin bensin (gas analyzer). Variabel bebas berupa pengulangan langkah pembersihan deposit carbon dan durasi waktu penjeadaan. Sementara variabel terikat berupa emisi CO dan HC. Berikut diagram alir penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 tersebut, alur penelitian meliputi: identifikasi masalah dan pengumpulan data; pengadaan dan persiapan alat dan bahan; perlakuan dan pengambilan data; analisis dan kesimpulan.

Beberapa prosedur yang harus dijalankan pada tahap persiapan alat, meliputi: instalasi CCD *cleaning tool* dan gas analyzer dengan sumber arus PLN; pelepasan sistem pengapian *gasoline indirect injection*; dan penyiapan fluida cleaner. Adapun pada proses perlakuan, pertama-tama dilakukan proses pemasukan zat aditif berupa *fluida cleaner* terukur (50 ml) ke seluruh lubang silinder yang sudah dilepas busi-businya. Tahap selanjutnya dilakukan proses penghisapan keluar deposit karbon yang sudah bercampur dengan cairan aditif *fluida cleaner* dengan bantuan CCD *cleaning tool*. Proses ini dilakukan ada yang tanpa pengulangan langkah (repetisi), dan adapula yang dilakukan dengan pengulangan langkah. Termasuk proses penuangan dan penghisapan aditif *fluida cleaner* ke lubang silinder juga ditentukan waktu penjeadaan yaitu ada yang diberikan jeda 10 menit dan 20 menit. Jika langkah ini sudah selesai

dilakukan, tahapan selanjutnya yaitu proses pengujian kinerja emisi gas buang mesin.

Proses pengujian emisi gas buang diawali dengan proses menginstalasi ulang komponen pengapian pada *gasoline indirect injection*. Proses selanjutnya yaitu menyalakan mesin hingga suhu kerja dan baru dilakukan proses pengambilan data emisi gas buang mesin bensin dengan gas analyzer. Data yang diukur nilainya yaitu gas CO dan HC saja.

Proses pembersihan yang dilakukan berulang disebut pembersihan berulang (repetisi) dan jeda waktu tunggu dari penuangan aditif *fluida cleaner* ke setiap lubang silinder hingga awal penghisapan keluar dari silinder disebut sebagai waktu penjeadaan.

3. Hasil dan Pembahasan

CCD *cleaning tool* merupakan alat untuk membersihkan deposit karbon dengan teknik menghisap aditif *fluida cleaner* yang telah bercampur dengan deposit karbon dari ruang bakar mesin. Berikut Gambar dari peralatan yang telah dimanufaktur.

Prinsip kerja mesin pembersih *combustion chamber* ini menggunakan *vacum pneumatic valve* dengan kode STNC ZK-08. *Vacum pneumatic valve* adalah sejenis katup pneumatik yang memiliki 3 lubang (*port*) yaitu P, A dan R. Lubang P adalah lubang masukan (*port in*) untuk udara bertekanan dari kompresor. Lubang A adalah lubang hisap dan lubang R adalah lubang pembuangan udara.



Gambar 2. CCD Cleaning Tool

Lubang yang dimanfaatkan dari *vacum pneumatic valve* adalah lubang P yang terhubung dengan kompresor dan lubang A yang terhubung dengan tabung gelas (*housing glass*). Kompresor sebagai penyedia udara bertekanan harus mampu menyediakan udara tekan yang dibutuhkan oleh *vacum pneumatic valve* untuk menghisap fluida. Penghisapan fluida selanjutnya akan mengarahkan fluida yang dihisap menuju *housing* (rumah gelas penampung).

Proses perlakuan dibagi menjadi 2 yaitu proses perlakuan dengan penjedaan 10 menit dan proses perlakuan dengan penjedaan 20 menit. Berikut adalah isian dari Tabel pengambilan data pada penjedaan 10 menit.

Tabel 1. Hasil Uji Tahap Pertama

Kondisi Uji	Nilai Emisi CO (%)			Nilai Emisi HC (ppm)		
	rpm					
	850	2000	3000	850	2000	3000
Uji 1 (Tanpa perlakuan)	0,65	0,49	0,75	293	304	323
Uji 2 (Pembersihan dan jeda 10 menit)	0,49	0,32	0,34	205	122	116
Uji 3 (pembersihan ke-2 dan jeda 10 menit)	0,56	0,42	0,50	237	147	219

Berdasarkan data Tabel 1., data uji 2 dan 3 pada nilai emisi CO dan HC selalu di bawah nilai uji 1. Data ini mengkonfirmasi bahwa proses pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin mampu menurunkan kadar emisi gas CO dan HC. Adapun proses pengulangan langkah pada proses pembersihan, tidak cukup berpengaruh terhadap hasil pembersihan terbukti dengan data emisi CO dan HC pada uji ke 3 di atas data uji 2 meskipun tetap berada di bawah nilai uji 1. Berikut merupakan isian Tabel pengambilan data pada penjedaan 20 menit dan proses pengulangan langkah yang telah dilakukan.

Berdasarkan data Tabel 2., data uji 2 dan 3 pada nilai emisi CO dan HC selalu di bawah nilai uji 1. Data ini mengkonfirmasi bahwa proses pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin mampu menurunkan

kadar emisi gas CO dan HC. Adapun proses pengulangan langkah pembersihan berdasarkan pada data pada uji 3 juga nilainya di bawah data uji 2.

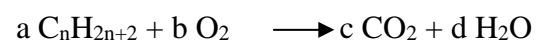
Tabel 2. Hasil Uji Tahap Kedua

Kondisi Uji	Nilai Emisi CO (%)			Nilai Emisi HC (ppm)		
	rpm					
	850	2000	3000	850	2000	3000
Uji 1 (Tanpa perlakuan)	0,77	0,36	0,42	291	86	225
Uji 2 (Pembersihan dan jeda 20 menit)	0,39	0,27	0,31	274	73	186
Uji 3 (Pembersihan ke-2 dan jeda 20 menit)	0,19	0,10	0,08	235	44	135

Hasil yang signifikan dari proses pembersihan yang berulang dan lama penjedaan yang cukup (20 menit), mengindikasikan bahwa proses pengulangan langkah cukup berpengaruh terhadap hasil pembersihan yang diduga kuat adanya jeda waktu 20 menit cukup membuat zat additif berupa *fluida cleaner* bereaksi kuat untuk merontokkan deposit-deposit karbon yang ada di ruang bakar. Perlu diketahui bahwa, jenis deposit karbon ada 2 yaitu deposit karbon yang mudah dihilangkan (*easily removable*) dan sulit dihilangkan (*difficult removable*) [4]. Penjedaan waktu yang cukup dimungkinkan akan mengikis secara maksimal deposit karbon yang berjenis sulit dihilangkan (*difficult removable*).

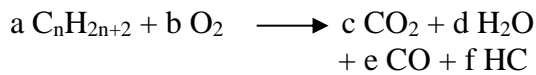
Pengaruh Pembersihan CCD terhadap Emisi CO

Berikut merupakan reaksi kimia sempurna yang terjadi pada proses pembakaran yang terjadi pada *internal combustion engine*.



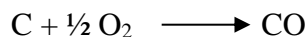
Pada reaksi tersebut, bahan bakar hidrokarbon dengan rumus kimia C_nH_{2n} akan bereaksi dengan udara bebas (oksigen) dan menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O).

Jika pembakaran terjadi tidak sempurna, maka reaksi kimia akan berubah sebagai berikut.



Pada reaksi tersebut merupakan reaksi pembakaran tidak sempurna. Hasil pembakaran akan menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). Gas-gas tersebut akan keluar pada langkah pembuangan. Proses pengeluaran gas bekas hasil pembakaran dari silinder terjadi melalui katup buang [11].

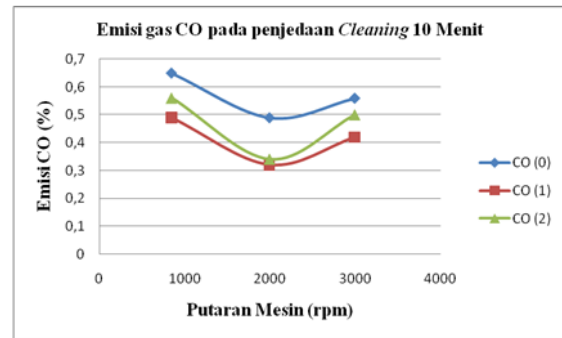
Gas CO terjadi karena proses input pembakaran kekurangan senyawa udara (oksigen). Hal tersebut seperti reaksi berikut ini.



Pada reaksi tersebut, angka $\frac{1}{2}$ merupakan permisalan dari suatu reaksi yang kekurangan senyawa O_2 . Sementara gas HC terjadi karena bahan bakar tidak semua terbakar sehingga membentuk senyawa HC. Gas-gas ini tergolong polutan yang berbahaya. Sebagian keluar ke udara bebas, sebagian lain masih tertinggal semisal di ruang bakar mesin sehingga menghasilkan jelaga karbon atau karbon deposit. [10]

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dituliskan pada Tabel 1 dan 2, diperoleh informasi bahwa adanya pembersihan karbon deposit yang tertinggal di ruang bakar mesin, berdampak positif pada penurunan nilai emisi gas CO dan HC. Hal ini terjadi pada pengujian di berbagai putaran mesin. Berikut merupakan grafik pengaruh pembersihan karbon deposit terhadap emisi CO pada penjeadaan 10 menit.

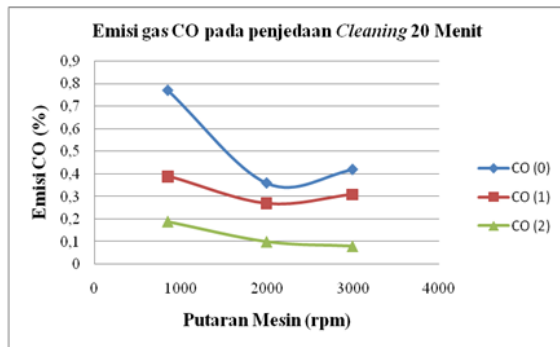
Berdasarkan Gambar 4., kode CO (0) merupakan kondisi CO tanpa/ sebelum perlakuan. Sementara CO (1) merupakan proses pembersihan ke-1 dengan jeda 10 menit. Adapun untuk CO (2) merupakan proses pembersihan ke-2 dengan jeda 10 menit.



Gambar 4. Grafik Hasil Emisi CO pada penjeadaan 10 Menit

Data pada Gambar 4 tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar emisi CO setelah dibersihkan ruang bakar mesin dari deposit karbon. CO uji hasil pembersihan diwakili oleh garis yang berwarna hijau dan merah yang terletak selalu di bawah grafik yang berwarna biru (tanpa perlakuan atau sebelum dilakukan proses pembersihan). Nilai ini konstan pada berbagai putaran mesin mulai dari putaran di bawah 1000 rpm, putaran 2000 rpm dan putaran 3000 rpm.

Nilai CO di putaran di bawah 1000 rpm menjadi nilai yang tertinggi. Hal ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa gas CO dihasilkan karena sistem kekurangan oksigen [12]. Pada putaran tersebut, udara atau oksigen yang masuk jumlahnya tidak banyak, dikarenakan katup *trotthe* dalam kondisi tertutup dan kecenderungan mesin dalam kondisi campuran yang lebih kaya. Hal ini bisa terkonfirmasi dari data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada putaran di bawah 1000 rpm, nilai λ sebesar 1,025. Sementara pada putaran 2000 rpm, nilai λ sebesar 1,082 dan di putaran 3000 rpm, nilai λ sebesar 1,034. Nilai λ ini sekaligus mengkonfirmasi bahwa nilai gas CO lebih besar pada putaran 3000 rpm dibandingkan putaran 2000 rpm. Sehingga, dapat disimpulkan juga bahwa emisi gas CO terendah dapat diperoleh pada saat putaran 2000 rpm (putaran menengah). Berikut merupakan hasil emisi CO pada penjeadaan *cleaning* 20 menit.



Gambar 5. Grafik Hasil Emisi CO pada penjaduan Cleaning 20 Menit

Berdasarkan Gambar 5 tersebut, kode CO (0) merupakan kondisi CO tanpa/ sebelum perlakuan. Sementara CO (1) merupakan proses pembersihan ke-1 dengan jeda 20 menit. Adapun untuk CO (2) merupakan proses pembersihan ke-2 dengan jeda 20 menit.

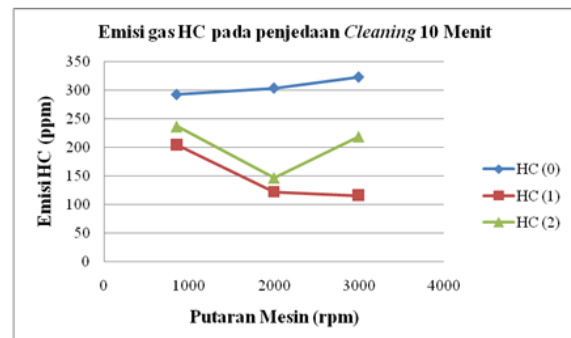
Pada Gambar 5 tersebut juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar emisi CO setelah dibersihkan ruang bakar mesin dari deposit karbon. CO uji hasil pembersihan diwakili oleh garis yang berwarna hijau dan merah yang terletak selalu di bawah grafik yang berwarna biru (tanpa perlakuan atau sebelum dilakukan proses pembersihan). Nilai ini konstan pada berbagai putaran mesin mulai dari putaran di bawah 1000 rpm, putaran 2000 rpm dan putaran 3000 rpm. Hanya saja pada fenomena penjaduan *cleaning* 20 menit ini, pembersihan yang ke-2 menghasilkan nilai CO yang paling rendah. Hal ini diduga kuat dengan waktu penjaduan 20 menit, fluida cleaner bereaksi sempurna dengan deposit karbon yang ada di ruang bakar mesin. Berbeda dengan penjaduan 10 menit di mana pembersihan ke-1 nilai emisi CO lebih rendah dari pada pembersihan nilai ke-2.

Pengaruh Pembersihan CCD terhadap Emisi HC

Gas lain hasil pembakaran yang tidak sempurna dan tergolong gas yang berbahaya adalah gas hidro karbon (HC). Gas HC ditimbulkan diantaranya karena di sekitar dinding-dinding ruang bakar bertemperatur rendah sehingga tidak mampu melakukan pembakaran, *missfire*

dan adanya *over lap intake valve* (kedua *valve* sama-sama terbuka) [12]. Gas HC cukup berbahaya karena bisa mempengaruhi kesehatan pernafasan dan tenggorokan manusia [14].

Gas HC ini secara teoritis terjadi karena bahan bakar tidak ikut terbakar sehingga HC dinilai sebagai gas yang menunjukkan sisa bahan bakar yang terbuang melalui knalpot. Pembersihan jelaga karbon atau karbon deposit yang tertinggal di ruang bakar mesin, berdampak positif pada penurunan nilai emisi gas CO dan HC pada berbagai putaran mesin. Hal ini sesuai dengan Tabel 1 dan Tabel 2 yang telah tercantum di atas. Perhatikan grafik berikut ini.



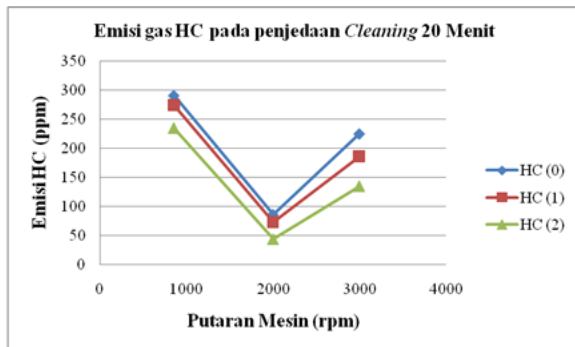
Gambar 6. Grafik Hasil Emisi HC pada penjaduan Cleaning 10 Menit

Berdasarkan Gambar 6 tersebut, kode HC (0) merupakan kondisi HC tanpa/ sebelum perlakuan. Sementara HC (1) merupakan proses pembersihan ke-1 dengan jeda 10 menit. Adapun untuk HC (2) merupakan proses pembersihan ke-2 dengan jeda 10 menit.

Data pada Gambar 6 tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar emisi HC setelah dibersihkan ruang bakar mesin dari deposit karbon. HC uji hasil pembersihan diwakili oleh garis yang berwarna hijau dan merah yang terletak selalu di bawah grafik yang berwarna biru (tanpa perlakuan atau sebelum dilakukan proses pembersihan). Nilai ini konstan pada berbagai putaran mesin mulai dari putaran di bawah 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm.

Pembersihan ke-1 nilainya lebih rendah dari pada pembersihan ke-2 atau bisa juga dimaknai bahwa pembersihan 1 dan 2 nilainya berimpit sehingga pada hakikatnya

tidak terjadi perbedaan yang cukup signifikan, kecuali pada putaran 3000 rpm. Berikut merupakan hasil emisi HC pada penjaduan *cleaning* 20 menit.



Gambar 6. Grafik Hasil Emisi HC pada penjaduan *Cleaning* 20 Menit

Berdasarkan Gambar 6 tersebut, kode HC (0) merupakan kondisi HC tanpa/ sebelum perlakuan. Sementara HC (1) merupakan proses pembersihan ke-1 dengan jeda 20 menit. Adapun untuk HC (2) merupakan proses pembersihan ke-2 dengan jeda 20 menit.

Pada Gambar 5 dan 6 tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar emisi HC setelah dibersihkan ruang bakar mesin dari deposit karbon. HC uji hasil pembersihan diwakili oleh garis yang berwarna hijau dan merah yang terletak selalu di bawah grafik yang berwarna biru (tanpa perlakuan atau sebelum dilakukan proses pembersihan). Nilai ini konstan pada berbagai putaran mesin mulai dari putaran di bawah 1000 rpm, putaran 2000 rpm dan putaran 3000 rpm. Hanya saja pada fenomena penjaduan *cleaning* 20 menit ini, pembersihan yang ke-2 menghasilkan nilai HC yang paling rendah. Hal ini diduga kuat dengan waktu penjaduan 20 menit, fluida cleaner bereaksi sempurna dengan deposit karbon yang ada di ruang bakar mesin.

Terjadinya penurunan nilai emisi CO dan HC pada hasil penelitian, cukup menunjukkan bukti bahwa pembersihan ruang bakar mesin dari adanya karbon deposit cukup efektif dalam meningkatkan kinerja mesin. Secara teoritis, adanya endapan abu telah memperburuk pertukaran panas, meningkatkan suhu gas buang dan menurunkan kinerja [15]. Adanya endapan karbon pada piston telah menurunkan

temperatur logam sebesar 6-9°C [16]. Penurunan temperatur ini sifatnya merugikan proses pembakaran. Hasil temuan ini juga sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembersihan deposit karbon di ruang bakar dapat menurunkan level prosentase emisi gas buang [7][8] dan meningkatkan torsi [9] serta meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar [10].

4. Kesimpulan

Pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin telah mampu menurunkan kadar emisi gas CO dan HC secara konstan dalam berbagai putaran mesin. Proses pengulangan pembersihan tidak begitu berpengaruh pada hasil kinerja mesin yang terukur dengan kadar emisi gas CO dan HC, khususnya pada penjaduan 10 menit, namun cukup berpengaruh secara signifikan pada penjaduan 20 menit.

Ucapan terimakasih

Penelitian ini dibiayai oleh Politeknik Negeri Malang dengan skema penelitian swadana reguler tahun 2022.

Referensi

- [1] Martin, J. W., et al., 2022. Soot inception: Carbonaceous nanoparticle formation in flames: Soot inception. *Progress in Energy and Combustion Science*, 88.
- [2] Li, Y., et al., 2022. Long-term declining in carbon monoxide (CO) at a rural site of Beijing during 2006–2018 implies the improved combustion efficiency and effective emission control. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 115(xxxx), 432–442.
- [3] Rosyidin, A. et al., 2020. Comparative analysis combustion chamber cleaners use carbon cleaner on performance engine type 16 3SZ-VE IL,-4 cylinder valve, DOHC,VVT-i, 1500cc Daihatsu Astra cars. *Journal of Physics: Conference Series*, 1–7.
- [4] Kalghatgi, G.T. et al., 1995. An

- experimental study of combustion chamber deposits and their effects in a spark-ignition engine. *SAE Technical Papers*, 412.
- [5] Pehan, S., et al., 2009. Biodiesel influence on tribology characteristics of a diesel engine. *Fuel*, 88(6), 970–979.
- [6] Hoang, A. T., and Le, A. T., 2019. A review on deposit formation in the injector of diesel engines running on biodiesel. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 41(5), 584–599.
- [7] Nugraha, R., et al., 2015. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Carbon Cleaner Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Suzuki Shogun 125. *Thesis*, UNP.
- [8] Wahyu, M., and Rahmad, H., 2018. The Effect of 10% Bioetanol and Carbon Cleaner Mixtures with Engine Gura Technique on The Level of CO Emission in Corolla Twincam AE 92. *Vanos*, 3(2), 163–172.
- [9] Kurniawan, R. A., et al., 2019. Pengaruh Penggunaan Carbon Cleaner Terhadap Performa Mesin Pada Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z CW. *Thesis*, UNISMA.
- [10] Wahyu, M., et al., 2022. Perubahan Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin K3DE 1300 CC dengan Pembersihan Karbon Deposit di Combustion Chamber. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(3), 381-388.
- [11] Daryanto, 2013. *Prinsip Dasar Mesin Otomotif*. Alfabeta, Bandung.
- [12] Arifin, Z., and Sukoco., 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Alfabeta, Bandung.
- [13] Dentom, T., 2017. *Advance Automotive Fault Diagnosis 4th*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [14] Alam, S. et al., 2023. Studi Eksperimental Penambahan Minyak Cengkeh pada Bahan Bakar Pertalite terhadap Kinerja dan Emisi Gas Buang Mesin Tipe TV-1. *TURBO*, 12(1), 104-112.
- [15] Hernik, B., and Wnorowska, J., 2022. Numerical research on combustion processes and deposit formation on the deposition probe in the pulverized drop chamber. *Renewable Energy*, 187, 1-13.
- [16] Cerit, M., and Soyhan, H.S., 2013. Thermal analysis of a combustion chamber surrounded by deposits in an HCCI engine. *Applied Thermal Engineering*, 50(1), 81-88.