



Analisis Penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS) Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor *Fuel Injection*

Hydrocarbon Crack System (HCS) Use For Exhaust Gas Emissions in Fuel Injection Motorcycles: an Analysis

Oswaldo Adven Kurniawan^{1*}, Ahmad Arif¹, Donny Fernandez¹, M. Yasep Setiawan¹, Handini Novita Sari²

Abstrak

Penelitian ini fokus pada dampak emisi gas buang sepeda motor bensin yang semakin meningkat akibat peningkatan penggunaan sepeda motor. Solusi yang diusulkan adalah penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS) untuk mengurangi emisi gas buang pada sepeda motor *Fuel Injection*. HCS merupakan sistem yang memecah senyawa hidrokarbon dalam bahan bakar menjadi unsur hidrogen dan unsur karbon melalui pipa katalisator. Metode dalam penelitian ini yaitu eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan efektivitas HCS dalam mengurangi CO dan HC di atas 5500 rpm, dengan penurunan 15% CO dan 11% HC pada 5500 rpm, serta penurunan lebih besar pada 6500 dan 7500 rpm. Secara keseluruhan, HCS memenuhi standar emisi KMLH 2006, berguna untuk mengurangi emisi CO dan HC di atas 5500 rpm berkat suhu knalpot yang mencukupi untuk kerja maksimal katalisator HCS. Diperlukan penelitian lanjutan dengan variasi model dan bahan katalisator HCS yang lebih beragam.

Kata Kunci

Hydrocarbon Crack System, Emisi Gas Buang, Fuel Injection

Abstract

This research focuses on the impact of gasoline motorcycle exhaust emissions that are increasing due to increased motorcycle use. The proposed solution is the use of a hydrocarbon crack system (HCS) to reduce exhaust emissions on fuel injection motorcycles. HCS is a system that breaks down hydrocarbon compounds in fuel into elemental hydrogen and elemental carbon through a catalyst pipe. The method in this study is experimentation. The results showed the effectiveness of HCS in reducing CO and HC above 5500 rpm, with a decrease of 15% CO and 11% HC at 5500 rpm, as well as a greater decrease at 6500 and 7500 rpm. Overall, HCS meets KMLH 2006 emission standards and is useful for reducing CO and HC emissions above 5500 rpm thanks to sufficient exhaust temperatures for maximum HCS catalyst work. Further research is needed with a variety of models and more diverse HCS catalyst materials.

Keywords

Hydrocarbon Crack System, Exhaust Emissions, Fuel Injection

¹ Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

² Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya
Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231

* osvaldoadven16@gmail.com

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan sepeda motor mengakibatkan polusi udara yang dihasilkan dari pembakaran motor bensin semakin meningkat. Seiring berkembangnya zaman, teknologi kendaraan bermotor juga berkembang dengan pesat salah satu inovasi terbaru yang mengaplikasikan pada kendaraan adalah teknologi injeksi [1]. Sistem bahan bakar injeksi atau EFI merupakan Penyemprotan bahan bakar secara elektronik yang diatur oleh ECU [2], [3]. Sistem bahan bakar EFI ini dirancang untuk meningkatkan performance dari kendaraan, menghemat bahan bakar, serta mengurangi emisi gas buang kendaraan [4]–[6]. Sistem bahan bakar injeksi berasal dari pompa yang berada pada tangki bahan bakar, dimana pompa tersebut memompakan bahan bakar dengan tekanan tinggi ke injektor sehingga bahan bakar yang awalnya berbentuk cairan, pada saat keluar dari mulut injektor bentuk bahan bakar tersebut sudah berbentuk kabut dan di dalam ruang bakar sudah bercampur dengan udara [7]. Meskipun kendaraan yang dilengkapi dengan teknologi injeksi menghasilkan emisi gas buang yang minimum, namun jika dikalkulasikan dengan jumlah populasinya maka emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan dengan teknologi injeksi juga besar dan berbahaya bagi kesehatan manusia [8].

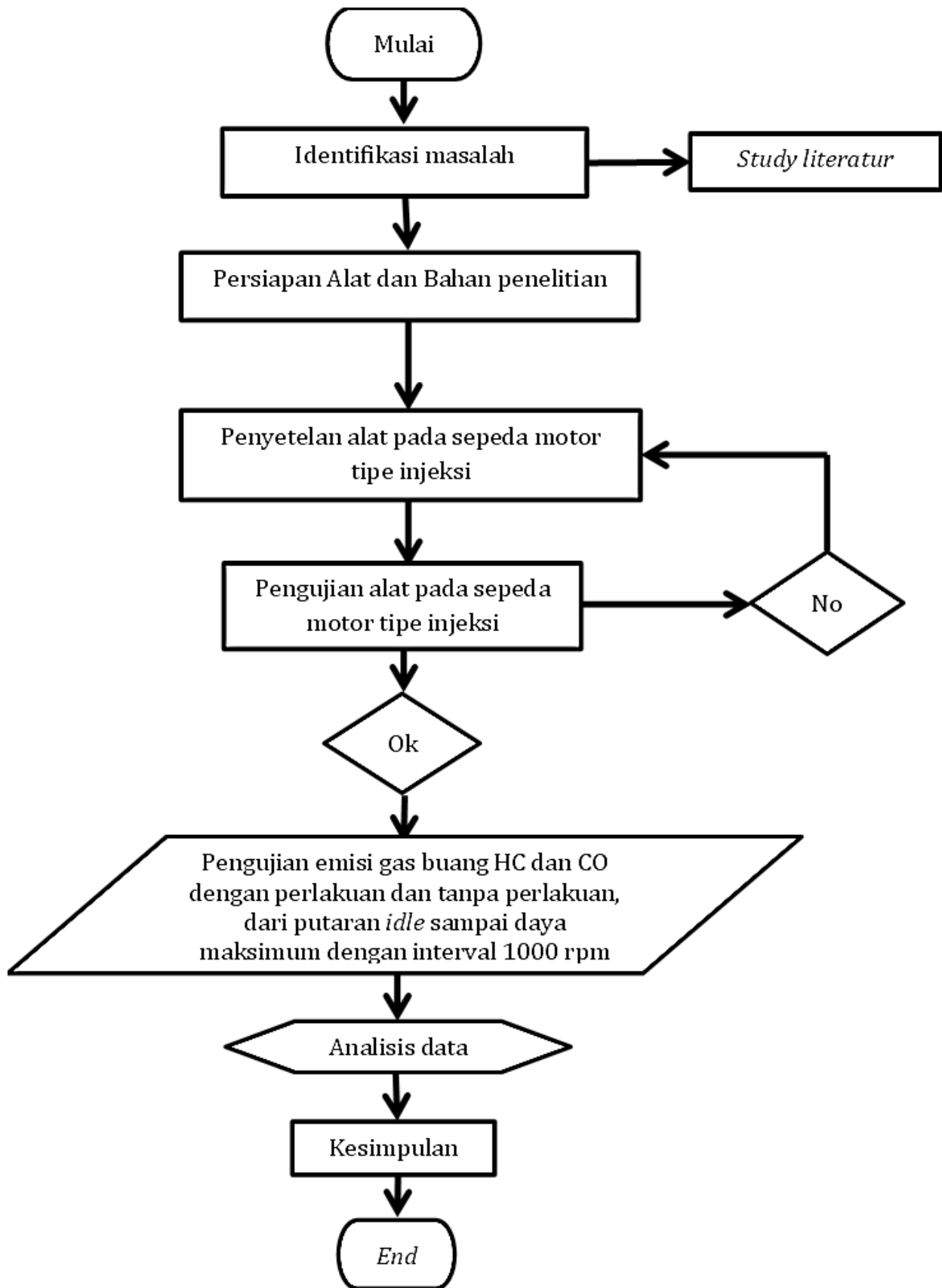
Pada awal tahun 90'an, Uni Eropa (UE) mengeluarkan peraturan standar Euro, standar emisi Euro adalah standar yang digunakan negara Eropa untuk kualitas udara di negara Eropa [9]. Semakin tinggi standar Euro yang ditetapkan maka semakin kecil batas kandungan gas buang kendaraan. Eropa secara bertahap dan konsisten selalu mengeluarkan standar Euro yang baru, seperti Euro 2 (1996), Euro 3 (2000), Euro 4 (2005), Euro 5 (2009) dan Euro 6 (2014) [10, hlm. 4]. Di Indonesia penggunaan standar Euro sudah menggunakan Euro 4, meskipun sudah menggunakan standar Euro 4 namun pemerintah Indonesia berusaha mengejar ketertinggalan dari negara lain di mana sudah menerapkan standar Euro yang lebih tinggi bahkan sudah menerapkan Euro 6 [11, hlm. 4].

Pengembangan teknologi yang dapat mengurangi tingkat emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan perlu dilakukan, ada beberapa cara alternatif untuk menekan tingkat emisi gas buang kendaraan bermotor tersebut. Salah satu cara untuk mereduksi tingkat emisi gas buang kendaraan bermotor adalah dengan menggunakan *Hydrocarbon Crack System* pada kendaraan bermotor [12]. *Hydrocarbon Crack System* (HCS) adalah sistem yang memanfaatkan senyawa hidrokarbon dari bahan bakar yang di cracking (dipecah) menjadi unsur hidrogen (H_2) dan unsur karbon (C) melalui pipa katalisator dengan memanfaatkan panas dari knalpot untuk memicu terjadinya reaksi pemisahan senyawa [13]. Senyawa tersebut nantinya akan dialirkan kedalam ruang bakar untuk menyuplai tambahan hidrogen pada campuran bahan bakar, kemudian unsur partikel karbon akan direduksi dengan cara menempel pada dinding katalisator sehingga nantinya diharapkan dapat mengurangi unsur karbon monoksida pada gas buang yang dihasilkan dari pembakaran di dalam silinder [14].

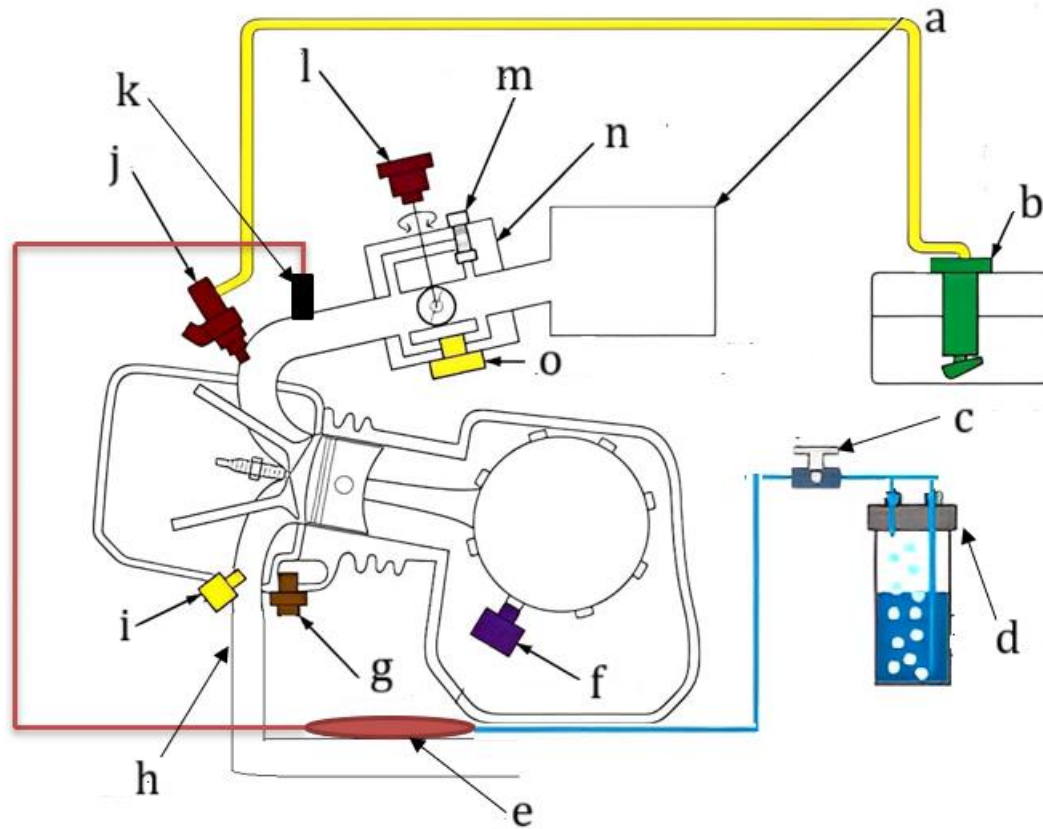
Adapun tujuan penelitian yang menggunakan *hydrokarbon crack system* ini, adalah untuk menganalisis penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS) terhadap emisi gas buang pada sepeda motor *Fuel Injection*.

METODA PENELITIAN

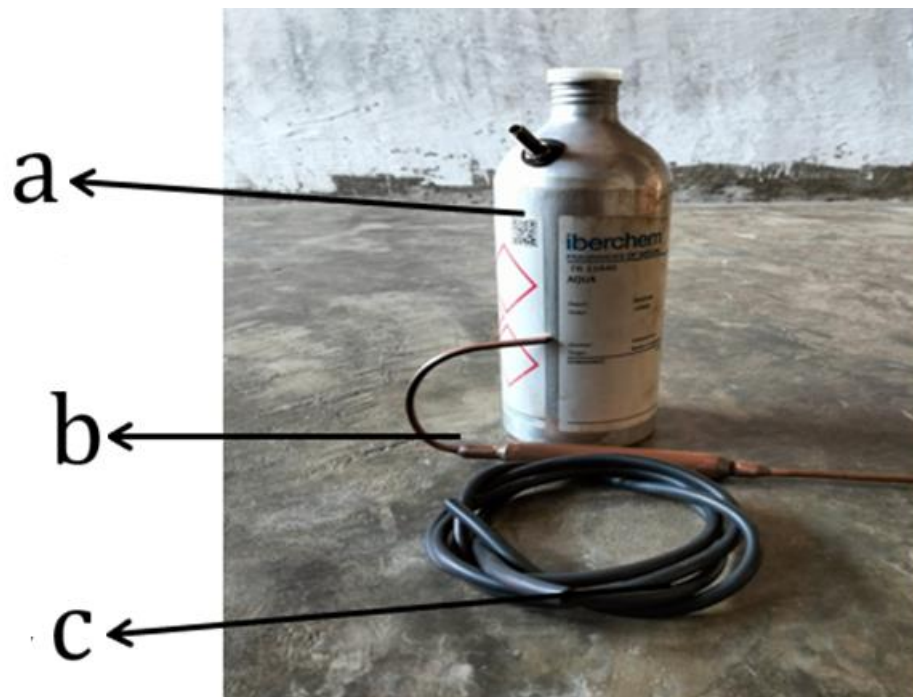
Jenis penelitian ini termasuk Penelitian kuantitatif dengan metodologi eksperimen. Penelitian eksperimental digambarkan sebagai cara yang sistematis untuk menciptakan korelasi yang menggabungkan peristiwa sebab akibat. Penelitian eksperimental didefinisikan sebagai studi sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi gejala yang menyebabkan kondisi tertentu [15]. Adapun kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ditampilkan pada Gambar 1, skema rangkaian pemasangan pada Gambar 2, dan alat penelitian pada Gambar 3.



Gambar 1. Kerangka Berpikir



Gambar 2. Skema Rangkaian Pemasangan HCS, a) Air Filter Housing, b) Fuel Pump, c) Air Valve, d) HCS tube, e) Catalyst, f) Sensor CKP, g) Sensor EOT, h) Exhaust, i) Sensor O₂, j) Injector, k) Port, l) Sensor TP, m) Idel Air Screw, n) Throttle Body, o) Stationary Turn Raising Solenoid Valve



Gambar 3. Alat Penelitian, a) Tabung HCS, b) Katalisator, c) Selang Tahan Panas

Penelitian ini menggunakan dua pengelompokan. Kelompok pertama adalah kelompok kontrol tanpa perlakuan, sedangkan kelompok kedua adalah kelompok eksperimen yang mendapat perlakuan[16]. Sepeda motor Beat FI 110 tahun 2018 digunakan sebagai Objek penelitian pada penelitian kali ini. Pola penelitian terlihat pada Tabel 1. Sistem bahan bakar standar dijadikan sebagai kelompok kontrol dalam penelitian ini, sedangkan sistem bahan bakar yang ditambahkan dengan sistem hydrocarbon crack system dijadikan sebagai kelompok eksperimen.

Tabel 1. Pola penelitian

Kelompok	Perlakuan	Hasil Pengujian	Keterangan
R	X ₁	Y ₁	Tanpa perlakuan
R	X ₂	Y ₂	Perlakuan menggunakan <i>Hydrocarbon Crack System</i> .

Setelah data emisi dari masing-masing variabel penelitian didapatkan, maka setelah itu dicari rata-rata emisi daari masing-masing variabel dengan rumus *Mean* (rata-rata)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

\bar{x} = Mean (rata-rata)

$\sum x$ = Jumlah data setiap spesimen pengujian

n = Banyak pengujian per-*specimen*

Setelah rata-rata emisi didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah mencari presentase emisi ya dengan rumus.

$$p = \frac{N-n}{N} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

P : Angka presentase yang ingin didapatkan

n : Rata-rata emisi pada perlakuan (*Hydrocarbon Crack System*)

N : Rata-rata emisi tanpa perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil emisi spesifikasi standar (X) dengan hasil menggunakan *hydrocarbon crack system* (Y). Dimana untuk mendapatkan data uji emisi kendaraan yang menggunakan *hydrocarbon crack system* dalam penelitian ini harus menambahkan penggunaan ECU *programmable* pada objek penelitian sepeda motor, penambahan ECU *programmable* digunakan untuk melengkapi kelemahan dari ECU standar yang tidak dapat diubah-ubah pengaturannya. Penggunaan ECU *programmable* guna untuk mengatur durasi penyemprotan bahan bakar dari injektor ke dalam ruang bakar. Alasan digunakannya ECU *programmable* dalam penelitian ini, dikarenakan jika menggunakan ECU standar dengan *hydrocarbon crack system* maka suplai bahan bakar yang dimasukkan kedalam ruang bakar menjadi kaya. Maka, ECU *programmable* berfungsi untuk menurunkan suplai bahan bakar yang dikeluarkan oleh injektor ke ruang bakar agar suplai bahan bakar menjadi ideal.

Setelah data rata-rata hasil pengujian emisi didapatkan maka selanjutnya dilakukan analisis persentase terhadap hasil pengujian dari variabel hasil emisi spesifikasi standar (X) dengan hasil menggunakan *hydrocarbon crack system* (Y). Berikut data penelitian dari rata-rata hasil pengujian emisi gas buang berupa CO (%) dan HC (ppm) yang akan ditampilkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Analisa Persentase Emisi Gas Buang HC (ppm)

rpm	Suhu (°C)		Rata-rata HC (ppm)		Selisih	Persentase (%)
	Standar	HCS	Standar	HCS		
1500	170	184	312,66	368,00	-55,34	-18%
2500	171,66	188,66	360,00	417,00	-57,00	-16%
3500	175,66	197,66	422,00	515,00	-93,00	-22%
4500	203,33	210,66	543,33	565,00	-21,67	-4%
5500	227,33	217,66	252,66	224,33	28,33	11%
6500	262,33	252,33	334,00	262,33	71,67	21%
7500	297,66	303,33	68,33	52,00	16,33	24%

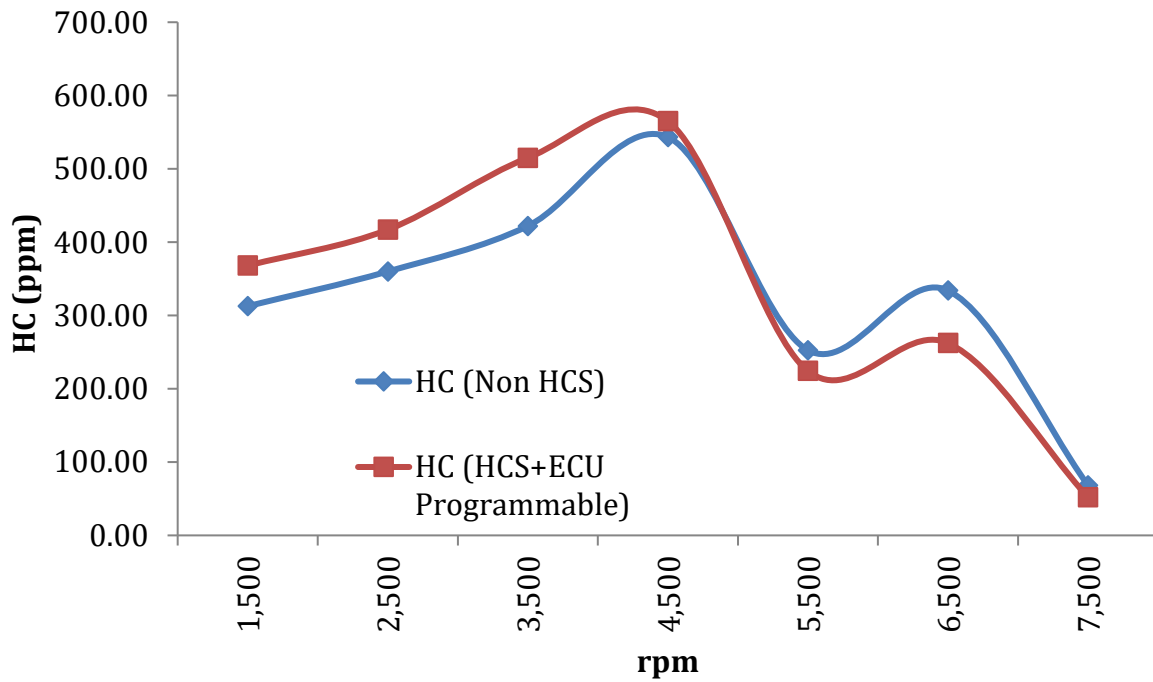
Tabel 3. Analisa Persentase Emisi Gas Buang CO (%)

rpm	Suhu (°C)		Rata-rata CO (%)		Selisih	Persentase (%)
	Standar	HCS	Standar	HCS		
1500	170	184	0,45	0,53	-0,08	-18%
2500	171,66	188,66	0,72	0,87	-0,15	-21%
3500	175,66	197,66	0,58	0,78	-0,20	-34%
4500	203,33	210,66	0,63	0,72	-0,09	-14%
5500	227,33	217,66	0,46	0,39	0,07	15%
6500	262,33	252,33	0,61	0,47	0,14	23%
7500	297,66	303,33	0,26	0,20	0,06	23%

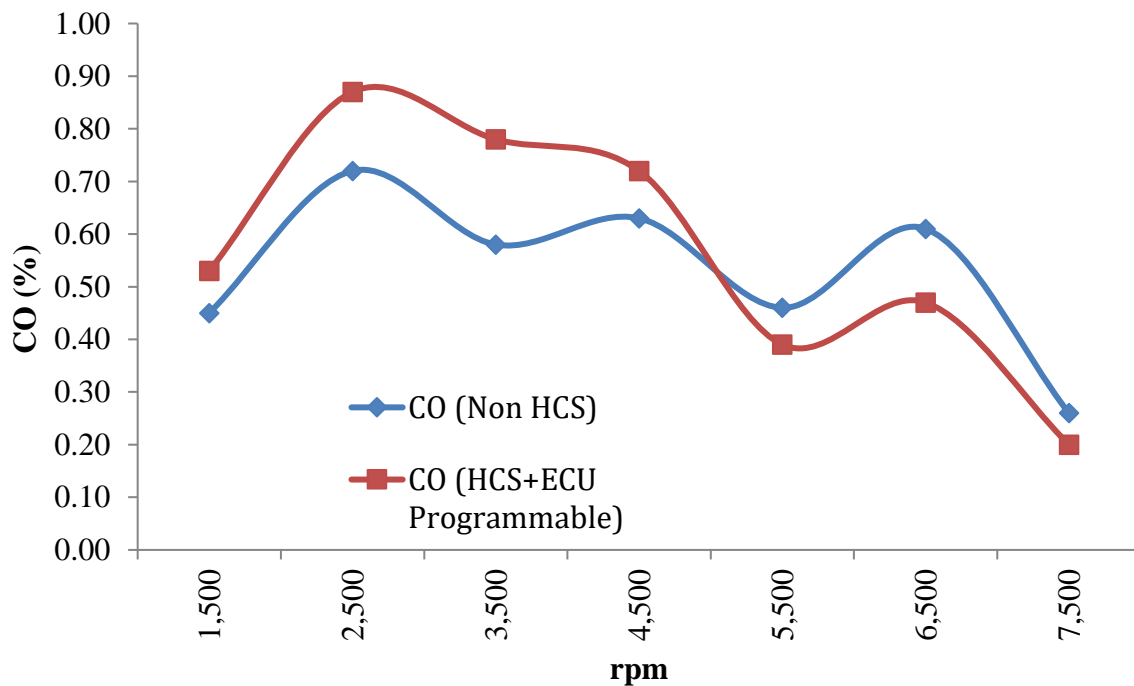
Untuk lebih jelasnya dan semakin memahami akan hasil rata-rata pengujian dari emisi spesifikasi standar (X) dengan hasil menggunakan *hydrocarbon crack system* (Y), maka akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang akan ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 2 dan Tabel 3 emisi gas buang HC dan CO yang telah didapatkan, dapat diuraikan bahwa penggunaan *hydrocarbon crack system* pada rpm 1500 mengalami kenaikan kadar HC sebesar 18%, dan kadar CO mengalami kenaikan sebesar 18%. Pada rpm 2500 mengalami kenaikan kadar HC sebesar 16%, dan kadar CO mengalami kenaikan sebesar 21%. Pada rpm 3500 mengalami kenaikan kadar HC sebesar 22%, dan kadar CO mengalami kenaikan sebesar 34%. Pada rpm 4500 mengalami kenaikan kadar HC sebesar 4%, dan kadar CO mengalami kenaikan sebesar 14%. Pada rpm 5500 mengalami penurunan kadar HC sebesar 11%, dan kadar CO mengalami penurunan sebesar 15%. Pada rpm 6500 mengalami penurunan kadar HC sebesar 23%, dan kadar CO mengalami penurunan sebesar 21%. Pada rpm 7500 mengalami penurunan kadar HC sebesar 24%, dan kadar CO mengalami penurunan sebesar 23%.



Gambar 4. Grafik Hasil Rata-rata HC



Gambar 5. Grafik Hasil Rata-rata CO

Dapat diuraikan bahwa kadar rata-rata pengujian emisi gas buang HC pengujian standar yang paling signifikan pada 7500 rpm yaitu sebesar 68,33 ppm, sedangkan rata-rata hasil pengujian HC dengan menggunakan hydrocarbon crack system yang paling signifikan pada 7500 rpm yaitu sebesar 52 ppm dengan selisih kadar HC sebesar 16,33 ppm dan terjadi penurunan kadar CO pada rpm 7500 sebesar 24%. Lalu rata-rata yang dihasilkan pengujian emisi gas buang CO pengujian standar yang paling signifikan juga terjadi pada 7500 rpm yaitu

sebesar 0,26% sedangkan rata-rata hasil pengujian CO dengan menggunakan hydrocarbon crack system yang paling signifikan pada 7500 rpm yaitu sebesar 0,20% dengan selisih kadar CO sebesar 0,06% dan terjadi penurunan kadar CO sebesar 23% pada rpm 7500. Berdasarkan KMLH 2006 dengan parameter CO 4,5% dan HC 2000 ppm, bahwa hydrocarbon crack system menghasilkan kadar HC dan CO masih dalam kondisi standar ambang batas emisi gas buang.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan hydrocarbon crack system dapat menurunkan kadar emisi gas buang HC dan CO pada rpm diatas 5500 karena pada rpm 5500 keatas temperatur knalpot mencapai $> 215^{\circ}\text{C}$, dengan hasil pengujian kadar emisi HC dan CO pada rpm 5500 dapat menurunkan kadar HC sebesar 11%, dan dapat menurunkan kadar CO sebesar 15%, sedangkan pada rpm 6500 dapat menurunkan kadar HC sebesar 21%, dan dapat menurunkan kadar CO sebesar 23%, lalu pada rpm 7500 dapat menurunkan kadar HC sebesar 24%, dan dapat menurunkan kadar CO sebesar 23%. Penurunan kadar emisi HC dan CO disebabkan karena temperatur dari knalpot pada rpm 5500 ke atas memiliki temperatur yang tinggi untuk memaksimalkan kerja dari katalisator HCS.

Sedangkan penggunaan hydrocarbon crack system dapat meningkatkan kadar emisi gas buang HC dan CO pada rpm 1500 - 4500 rpm, Penyebab peningkatan kadar HC dan CO pada rpm 1500 - 4500 rpm dikarenakan temperatur dari katalisator HCS belum sampai pada temperature kerja dari katalisator tersebut. Atau dapat disimpulkan bahwa katalisator HCS dapat bekerja secara maksimal pada temperature knalpot $>215^{\circ}\text{C}$ karena fungsi katalisator untuk memecah senyawa hidrokarbon menjadi unsur hidrogen dan unsur karbon dengan memanfaatkan panas dari knalpot tersebut untuk mereduksi unsur partikel karbon, sehingga nantinya pada emisi gas buang unsur karbon monoksida bisa berkurang. Jika temperatur dari knalpot belum tinggi maka proses pemecahan senyawa hidrokarbon belum sempurna dan mengakibatkan naiknya angka emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran.

Dari hasil penelitian yang didapat penelitian ini sejalan dengan penelitian dari Dodi Saputra pada tahun 2014 yang mana hasilnya menunjukkan penurunan kadar emisi HC dan CO dari penggunaan hydrocarbon crack system pada rpm tinggi dan mengalami kenaikan kadar emisi HC dan CO pada rpm rendah. Pada putaran 2000 rpm menunjukkan terjadinya peningkatan emisi gas HC sebesar 10.02 %. Pada putaran 2500 rpm menunjukkan terjadinya peningkatan gas HC sebesar 2.45 %. Sedangkan pada putaran 3000 rpm menunjukkan terjadinya penurunan gas HC sebesar 5.51 %. Dan nilai CO pada 3000 rpm menunjukkan bahwa penggunaan HCS dapat menurunkan emisi gas CO sebesar 40.90 % [17].

Dari penelitian yang telah dilakukan, penggunaan hydrocarbon crack system yang optimal terjadi pada saat putaran mesin 5500 rpm keatas, karena temperatur knalpot pada saat itu berada diatas 215°C yaitu pada suhu optimal kerja katalisator. Keadaan ini sangat cocok dianalogikan dengan keadaan pengendara yang akan menempuh jarak yang jauh, karena ketika perjalanan jauh maka temperatur dari knalpot semakin lama akan semakin meningkat dan mencapai temperatur ideal untuk memaksimalkan kerja dari katalisator HCS.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengambilan data, analisis data dan pembahasan data penelitian maka dapat disimpulkan. Penggunaan *hydrocarbon crack system* pada sepeda motor dapat menurunkan kadar emisi gas buang HC dan CO pada rpm 5500 keatas atau ketika suhu knalpot sudah mencapai 215°C . Dari keseluruhan rata-rata yang didapat, hasil pengujian emisi gas buang HC dan CO dengan menggunakan *hydrocarbon crack system* memiliki pengaruh yang besar untuk menurunkan kadar HC dan CO pada rpm 7500 dengan penurunan kadar HC sebesar 24%, dan kadar CO mengalami penurunan sebesar 23%. Berdasarkan penelitian

menggunakan *hydrocarbon crack system* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa temperatur knalpot sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian yang dilakukan.

Saran

Diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan model dan bahan katalisator HCS yang lebih variatif. Pada penelitian ini emisi gas buang yang diuji hanya pada CO dan HC saja, pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan pada emisi gas buang yang lainnya. Diharapkan penelitian selanjutnya dengan menggunakan *hydrocarbon crack system*, menambahkan variabel penelitian seperti torsi dan daya serta konsumsi bahan bakar pada objek penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] H. Maksum, W. Purwanto, dan R. Reffles, "Teknologi Motor Bakar," 2012 Diakses: 18 April 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.unp.ac.id/26349/>
- [2] R. Lapisa, R. Paslah, A. Andrizal, dan N. Hidayat, "Penggunaan ECU Standar dan Remap Pada Motor Honda Beat PGM-FI Tahun 2014 Torsi, Tenaga, Konsumsi Bahan Bakar, dan Emisi Gas Buang," *Ensiklopedia of Journal*, vol. 5, no. 3, Art. no. 3, Feb 2023, doi: 10.33559/eoj.v5i3.1491.
- [3] T. Sugiarto, D. S. Putra, W. Purwanto, dan W. Wagino, "Analisis Perubahan Output Sensor Terhadap Kerja Aktuator pada Sistem EFI (Electronic Fuel Injection)," 1, vol. 18, no. 2, Art. no. 2, Okt 2018, doi: 10.24036/invotek.v18i2.418.
- [4] S. Sugiartono, W. Wagino, D. Afdal, dan R. Wahyudi, "Pemanfaatan Bioetanol Limbah Kelapa Muda dan Pengaruhnya Terhadap Emisi Sepeda Motor Empat Langkah Injeksi," *AEEJ*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–8, Jun 2020, doi: 10.24036/aej.v1i1.1.
- [5] S. A. Ma'ruf, M. Milana, M. Martias, dan N. Hidayat, "Optimasi Hasil Uji Emisi Gas Buang Sepeda Motor dengan Penambahan Carbon Cleaner," *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Feb 2023.
- [6] D. Fernandez, A. Rifani, W. S, dan T. Sugiarto, "Analisis Penggunaan Bioaditif Minyak Atsiri Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pertalite Sepeda Motor 4 Langkah," *Ensiklopedia of Journal*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Nov 2022, doi: 10.33559/eoj.v5i1.907.
- [7] M. S. Firmansyah, W. Purwanto, H. Maksum, A. Arif, M. Y. Setiawan, dan C. A. Gusti, "Analisis Emisi Gas Buang (CO, CO₂ dan HC) pada Sepeda Motor FI dengan Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar," *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Feb 2023.
- [8] S. T. Bahrul Amin dan F. Ismet, *Teknologi Motor Bensin*. Kencana, 2016.
- [9] A. S. Putra, "Motif Dibalik Penerapan Standar Emisi Euro Oleh Uni Eropa Terhadap Industri Sepeda Motor Jepang," vol. 7, no. 3, 2018.
- [10] A. Efendi, A. Y. Karunian, dan N. L. P. C. Arsani, "Inkonsistensi Kebijakan Energi di Indonesia: Kaitannya Terhadap Pemberlakuan Standar Emisi Gas Buang Euro 4," *j.huk.lingkung.indonesia.*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–23, Jan 2019, doi: 10.38011/jhli.v5i1.72.
- [11] I. Maulidya, "Kesiapan Angkutan Jalan Dalam Menghadapi Penerapan Standar Emisi Euro 4," *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 31, no. 1, Art. no. 1, Jul 2019, doi: 10.25104/warlit.v31i1.913.
- [12] M. Ikhsan, "Pengaruh Jumlah Katalisator Pada Hydrocarbon Crack System (HCS) dan Jenis Busi Terhadap Daya Mesin Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2008," 2012, Diakses:

- 18 April 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/27362/Pengaruh-jumlah-katalisator-pada-hydrocarbon-crack-system-hcs-dan-jenis-busi-terhadap-daya-mesin-sepeda-motor-Yamaha-jupiter-z-tahun-2008>
- [13] E. Suryono, I. H. A. Nagoro, dan D. Y. S. Wicaksana, "Analisis Temperatur Bahan Bakar pada Reaktor Hydrocarbon Crack System Terhadap Hasil Emisi Engine 4A-FE," *AutoExp*, vol. 1, no. 03, hlm. 58–63, Des 2018, doi: 10.31603/ae.v1i03.2333.
- [14] O. R. Sirai, "Pengaruh Hydrocarbon Crack Sytem Terhadap Performa Engine Motor Yamaha Scorpio Z," other, Fakultas Teknik Unpas, 2019. Diakses: 18 April 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://teknik.unpas.ac.id>
- [15] A. Hamzah, *Metode Penelitian & Pengembangan (Research & Development) Uji Produk Kuantitatif dan Kualitatif Proses dan Hasil Dilengkapi Contoh Proposal Pengembangan Desain Uji Kualitatif dan Kuantitatif*. CV Literasi Nusantara Abadi, 2021.
- [16] E. D. Lusiana dan M. Mahmudi, *ANOVA untuk Penelitian Eksperimen: Teori dan Praktik dengan R*. Universitas Brawijaya Press, 2021.
- [17] D. Saputra, "Pengaruh Penggunaan Hydrocarbon Crack System (HCS) Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Honda Supra X 125," *Automotive Engineering Education Journals*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, Mar 2014, Diakses: 1 September 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/view/916>