



## Evaluasi Eksperimental *Aftermarket Catalytic Converter* Berbahan *Stainless Steel* terhadap Emisi CO dan HC pada Honda Beat FI (KZL) 2014

### *Experimental Evaluation of a Stainless-Steel Aftermarket Catalytic Converter on CO and HC Emissions of a 2014 Honda Beat FI (KZL)*

M. Fatih Meutuah Nasution<sup>1\*</sup>, Donny Fernandez<sup>1</sup>, Toto Sugiarto<sup>1</sup>, Nuzul Hidayat<sup>1</sup>

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pemasangan *catalytic converter aftermarket* berbahan *stainless steel* (Brand KR 49 Racing, diameter 50 mm) terhadap kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada sepeda motor Honda Beat FI seri KZL tahun 2014. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan dua kondisi pengujian, yaitu knalpot standar tanpa *catalytic converter* dan knalpot dengan *catalytic converter*, pada tiga variasi putaran mesin (1600, 2500, dan 6000 rpm) dengan tiga kali pengulangan pada setiap kondisi. Emisi CO (%) dan HC (ppm) diukur menggunakan *exhaust gas analyzer*. Hasil menunjukkan bahwa pemasangan *catalytic converter* menurunkan rata-rata CO dari 5,16% menjadi 4,40% (1600 rpm), 0,93% menjadi 0,54% (2500 rpm), dan 0,51% menjadi 0,37% (6000 rpm). Rata-rata HC juga menurun dari 279 ppm menjadi 209 ppm (1600 rpm), 91 ppm menjadi 75 ppm (2500 rpm), dan 39 ppm menjadi 37 ppm (6000 rpm), dengan persentase penurunan rata-rata HC berturut-turut 25,08%, 17,58%, dan 5,12%. Temuan ini mengindikasikan bahwa *catalytic converter* berbahan *stainless steel* berpotensi menurunkan emisi CO dan HC pada konfigurasi pengujian yang digunakan.

#### Kata Kunci

*Catalytic converter*; *stainless steel*; emisi gas buang; karbon monoksida; hidrokarbon.

#### Abstract

*This study evaluates the effect of installing an aftermarket stainless-steel catalytic converter (Brand KR 49 Racing, 50 mm diameter) on carbon monoxide (CO) and hydrocarbon (HC) exhaust emissions of a 2014 Honda Beat FI KZL-series motorcycle. An experimental design was applied under two conditions: a standard exhaust without a catalytic converter and an exhaust equipped with the catalytic converter, tested at three engine speeds (1600, 2500, and 6000 rpm) with three repetitions per condition. CO (%) and HC (ppm) were measured using an exhaust gas analyzer. The results show that the catalytic converter reduced mean CO from 5.16% to 4.40% (1600 rpm), from 0.93% to 0.54% (2500 rpm), and from 0.51% to 0.37% (6000 rpm). Mean HC decreased from 279 ppm to 209 ppm (1600 rpm), from 91 ppm to 75 ppm (2500 rpm), and from 39 ppm to 37 ppm (6000 rpm), corresponding to mean HC reductions of 25.08%, 17.58%, and 5.12%, respectively. These findings indicate that a stainless-steel catalytic converter can reduce CO and HC emissions under the tested conditions.*

#### Keywords

*Catalytic converter*; *stainless steel*; *exhaust emissions*; *carbon monoxide*; *hydrocarbons*.

<sup>1</sup> *Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia*

\* [fatihmeutuah4@gmail.com](mailto:fatihmeutuah4@gmail.com)

*Dikirimkan: 20 Desember 2025. Diterima: 20 Januari 2026. Diterbitkan: 19 Februari 2026.*



## PENDAHULUAN

Badan Pusat Statistik Jakarta untuk Transportasi Darat melaporkan bahwa sepeda motor menyumbang jumlah kendaraan bermotor terbesar, yaitu 105.150.082 unit, diikuti mobil penumpang 14.580.666 unit, truk barang 7.063.433 unit, dan bus 2.486.898 unit [1]. Secara geografis, jumlah kendaraan bermotor tertinggi berada di Pulau Jawa sebanyak 98.502.226 unit, sedangkan yang terendah terdapat di Papua–Kepulauan Maluku sebanyak 2.197.395 unit [2]. Peningkatan populasi kendaraan tersebut mendorong perlunya pengendalian emisi melalui kebijakan, salah satunya pengaturan penerapan Baku Mutu Emisi dan Pengujian Emisi sesuai PERMEN Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 8, yang mewajibkan kendaraan bermotor yang telah beroperasi selama tiga tahun untuk memenuhi ketentuan polusi [3]. Dari sisi kontribusi polutan, sepeda motor menghasilkan 302.638 ton polutan setiap tahun, disusul transportasi umum dan kendaraan barang sebesar 274.471 ton per tahun, serta kendaraan pribadi sebesar 114.178 ton per tahun [4]. Sejalan dengan hal tersebut, peningkatan jumlah dan jenis kendaraan bermotor secara langsung berkontribusi terhadap meningkatnya emisi gas buang [5].

Gas buang kendaraan bermotor mengandung senyawa berbahaya, termasuk karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), sehingga menjadi salah satu penyebab utama polusi udara [6]. Karena mayoritas kendaraan masih menggunakan bahan bakar berbasis minyak bumi yang menghasilkan emisi HC, CO, dan NO<sub>x</sub>, sistem knalpot menjadi sumber dominan polusi dan kontaminasi udara [7]. Pembakaran yang tidak sempurna pada campuran udara–bahan bakar menghasilkan CO, HC, dan NO<sub>x</sub> yang dapat memperburuk kualitas udara dan berdampak pada kesehatan; tingkat risikonya bergantung pada sifat, ukuran, serta komposisi kimia polutan [8]. Secara spesifik, CO bersifat toksik terhadap darah, sistem pernapasan, dan sistem saraf sehingga menimbulkan ancaman serius bagi kesehatan manusia [9]. Sementara itu, HC dan NO<sub>x</sub> dapat menghambat perkembangan anak serta meningkatkan risiko berat badan lahir rendah [10], dan paparan polusi dari gas buang kendaraan juga dikaitkan dengan berbagai penyakit lain, seperti pneumonia dan influenza [11].

Salah satu pendekatan untuk menekan emisi adalah penambahan *catalytic converter* sebagai perangkat pada jalur gas buang yang berperan dalam mewujudkan konsep kendaraan yang lebih ramah lingkungan. Dengan mempercepat laju reaksi kimia, *catalytic converter* mendorong konversi CO menjadi CO<sub>2</sub> serta HC menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sehingga penempatannya pada pipa knalpot ditujukan untuk menurunkan konsentrasi emisi gas buang berbahaya [12]. Secara prinsip, *catalytic converter* mempercepat reaksi oksidasi/reduksi terhadap CO, NO<sub>x</sub>, dan sisa HC yang masih terdapat pada gas buang kendaraan; proses perubahan gas buang menjadi zat lain yang lebih aman bagi lingkungan tersebut merupakan proses pembakaran (oksidasi) yang dipercepat oleh katalis [13]. Perangkat ini umumnya dipasang pada pipa knalpot sebagai saluran keluar terakhir dari sistem pembakaran. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan pelat aluminium dan seng berlubang dapat menurunkan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, HC, dan CO, sekaligus menegaskan perlunya pengembangan model atau desain lain yang efektif untuk menurunkan emisi sepeda motor [14]. Dengan demikian, perubahan tingkat emisi gas buang sangat dipengaruhi oleh penambahan *catalytic converter*, terutama melalui pemilihan bahan serta bentuk katalisnya [15].

Dalam literatur, nikel, tembaga, besi, dan paduannya dikenal sebagai katalis reduksi, sedangkan platina, plutonium, nikel, mangan, kromium, serta oksida-oksidanya termasuk katalis oksidasi; selain itu, beberapa logam diketahui dapat berperan pada katalisis oksidasi maupun reduksi dengan urutan kinerja yang dilaporkan sebagai Pt, Pd, Rh, > Mn, Cu > Ni > Fe > Cr > Zn [16]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menguji kapasitas *catalytic converter aftermarket* berbahan baja tahan karat (*stainless steel*) dalam mengoksidasi emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor Honda Beat FI seri KZL tahun 2014. Perbedaan penelitian

ini dibandingkan studi sebelumnya terletak pada perubahan bahan dasar *catalytic converter* dari tembaga menjadi *stainless steel*. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan data analisis kemampuan *catalytic converter aftermarket* berbahan *stainless steel* dalam mengoksidasi emisi CO dan HC pada sepeda motor Beat FI seri KZL tahun 2014.

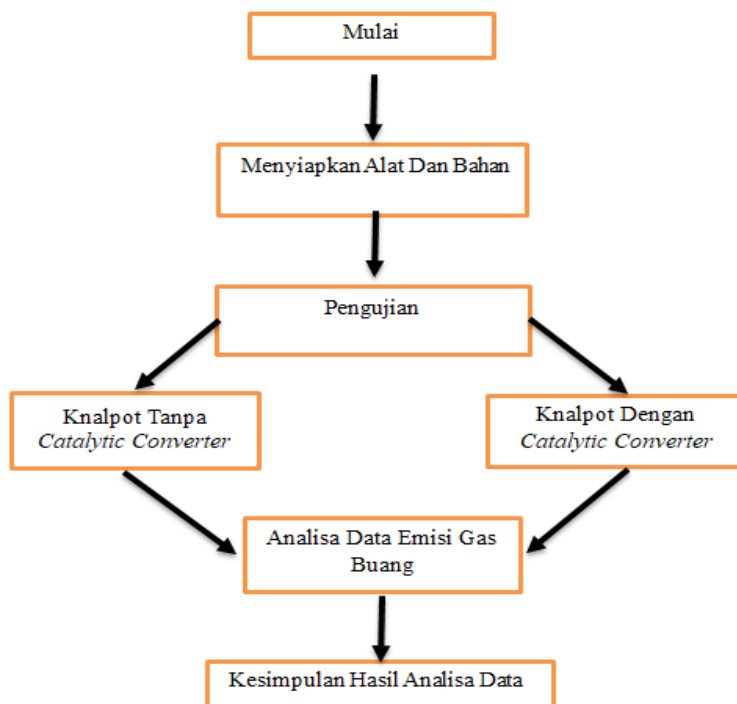
Komponen gas dari emisi gas buang, yang sebagian besar merupakan kontaminan lingkungan, terbentuk ketika bahan bakar dan udara dibakar [17]. Salah satu gas berbahaya yang dihasilkan oleh pembakaran tidak sempurna campuran bahan bakar dan udara adalah karbon monoksida (CO) [17]. Selain itu, hidrokarbon (HC) merupakan gas buang yang dilepaskan kendaraan sebagai akibat pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang tidak sempurna [13]. *Catalytic converter* adalah bahan yang memengaruhi laju reaksi tetapi tidak dikonsumsi selama reaksi dan tidak berdampak pada kesetimbangan kimia akhir [18]. Adapun *stainless steel* tahan terhadap panas dan korosi karena merupakan paduan besi (Fe) dan kromium (Cr) dengan kandungan kromium minimal 10%.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono (2020), yaitu pendekatan yang digunakan untuk menilai pengaruh suatu perlakuan terhadap variabel tertentu dalam kondisi pengujian yang dikendalikan secara cermat [19]. Eksperimen dirancang untuk menguji pengaruh pemasangan *catalytic converter aftermarket* berbahan *stainless steel* merek Brand KR 49 Racing (diameter 50 mm) pada *exhaust pipe* terhadap kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada sepeda motor Honda Beat FI seri KZL tahun 2014. Variabel perlakuan pada penelitian ini adalah kondisi knalpot (tanpa *catalytic converter* dan dengan *catalytic converter*), sedangkan variabel respon yang diamati adalah kadar emisi CO dan HC yang terukur pada kondisi putaran mesin tertentu.

Selaras dengan kerangka berpikir pada Gambar 1, tahap penelitian diawali dari mulai dengan penetapan objek, variabel, serta rancangan uji, kemudian dilanjutkan dengan tahap menyiapkan alat dan bahan. Bahan bakar yang digunakan adalah Pertalite yang diperoleh langsung dari SPBU untuk menjaga konsistensi karakteristik bahan bakar selama pengujian. Adapun perangkat utama yang digunakan meliputi (i) *catalytic converter aftermarket* berbahan *stainless steel* (diameter 50 mm), (ii) tachometer merek BRT untuk memastikan kestabilan dan ketepatan putaran mesin sesuai variasi yang ditetapkan, dan (iii) *exhaust gas analyzer* merek Heshbon tipe HG-520 sebagai instrumen pembacaan kadar emisi CO dan HC.

Tahap berikutnya adalah pengujian, yang dilaksanakan pada tiga variasi putaran mesin, yaitu 1600 rpm, 2500 rpm, dan 6000 rpm. Pengukuran putaran mesin dilakukan dengan memasang tachometer merek BRT pada kabel busi, kemudian putaran mesin diatur dan distabilkan hingga mencapai nilai rpm yang ditetapkan. Untuk memastikan keterulangan dan mengurangi bias, pengujian dilakukan pada dua kondisi yang secara langsung mengikuti cabang pada Gambar 1, yaitu: (1) knalpot standar tanpa *catalytic converter* sebagai kondisi pembanding (*baseline*), dan (2) knalpot dengan *catalytic converter stainless steel* sebagai kondisi perlakuan. Pada masing-masing kondisi dan setiap variasi rpm, kadar emisi CO dan HC dibaca menggunakan *exhaust gas analyzer* Heshbon HG-520. Seluruh pembacaan instrumen dicatat secara sistematis untuk membentuk dataset yang merepresentasikan perbandingan emisi sebelum dan sesudah pemasangan *catalytic converter* pada putaran mesin yang sama.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

Setelah tahap pengujian selesai, proses dilanjutkan ke tahap analisis data emisi gas buang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Analisis dilakukan untuk menilai besarnya perubahan kadar CO dan HC akibat pemasangan *catalytic converter* pada masing-masing putaran mesin. Secara statistik deskriptif, data setiap kondisi diringkas menggunakan nilai *mean* (rata-rata) untuk merepresentasikan kecenderungan pusat dari hasil pengukuran [20]. Selanjutnya, untuk menegaskan besarnya efek perlakuan, dilakukan perhitungan persentase penurunan khusus untuk data HC, karena nilai CO dari alat ukur telah dinyatakan dalam satuan persen (%), sedangkan HC dinyatakan dalam satuan ppm sehingga lebih informatif apabila ditampilkan juga dalam bentuk persentase perubahan [20]. Tahap akhir sesuai alur Gambar 1 adalah penarikan kesimpulan hasil analisis data, yaitu pernyataan akhir mengenai kecenderungan perubahan emisi CO dan HC pada setiap rpm berdasarkan perbandingan kondisi tanpa dan dengan *catalytic converter*.

### Mean atau Rata-rata

Data dianalisis menggunakan statistik dasar berupa *mean*, yaitu nilai rata-rata dari sejumlah hasil pengukuran [20]. *Mean* digunakan untuk meringkas hasil pengujian pada tiap kondisi (tanpa *catalytic converter* dan dengan *catalytic converter*) pada masing-masing variasi putaran mesin. Rumus perhitungan *mean* dinyatakan sebagai berikut:

$$M = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

M = *Mean* (rata-rata)

$\sum X$  = Jumlah data setiap spesimen pengujian

n = Banyak pengujian per-spesimen

### Persentase

Untuk memperjelas perubahan emisi akibat perlakuan, dilakukan perhitungan persentase penurunan berdasarkan nilai rata-rata hasil pengujian [20]. Perhitungan persentase pada penelitian ini diterapkan pada nilai rata-rata gas HC, sedangkan nilai CO sudah terbaca dalam

bentuk persen (%) pada hasil pembacaan *gas analyzer*. Rumus persentase dinyatakan sebagai berikut:

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

Keterangan:

P = persentase perubahan (penurunan) yang diperoleh

n = nilai rata-rata hasil uji sebelum perlakuan (tanpa *catalytic converter*)

N = nilai rata-rata hasil uji setelah perlakuan (dengan *catalytic converter*)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Penelitian ini menghasilkan data pengukuran kadar emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada sepeda motor Beat FI seri KZL tahun 2014 pada tiga variasi putaran mesin, yaitu 1600 rpm, 2500 rpm, dan 6000 rpm, dalam dua kondisi pengujian: tanpa *catalytic converter* dan dengan *catalytic converter*. Setiap kondisi dan variasi putaran dilakukan sebanyak tiga kali uji (Uji 1–Uji 3), kemudian dihitung rata-rata. Ringkasan hasil pengujian CO tanpa *catalytic converter* disajikan pada [Tabel 1](#), sedangkan CO dengan *catalytic converter* disajikan pada [Tabel 2](#). Data HC tanpa *catalytic converter* disajikan pada [Tabel 3](#), sedangkan HC dengan *catalytic converter* disajikan pada [Tabel 4](#). Perhitungan persentase perubahan rata-rata HC disajikan pada [Tabel 5](#), dan ringkasan perbandingan rata-rata CO antar kondisi disajikan pada [Tabel 6](#).

[Tabel 1](#) menunjukkan hasil pengukuran kadar emisi CO pada kondisi knalpot tanpa *catalytic converter*. Pada 1600 rpm, nilai CO pada Uji 1–Uji 3 berturut-turut adalah 5,18%, 5,13%, dan 5,18% dengan rata-rata 5,16%. Pada 2500 rpm, nilai CO adalah 1,48%, 0,72%, dan 0,60% dengan rata-rata 0,93%. Pada 6000 rpm, nilai CO adalah 0,57%, 0,53%, dan 0,43% dengan rata-rata 0,51%.

*Tabel 1. Pengujian Gas CO Tanpa Menggunakan Catalytic converter*

Putaran Mesin (RPM)	Pengujian Kadar Gas CO			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata
1600	5.18%	5.13%	5.18%	5.16%
2500	1.48%	0.72%	0.60%	0.93%
6000	0.57%	0.53%	0.43%	0.51%

Selanjutnya, [Tabel 2](#) menyajikan hasil pengukuran kadar emisi CO pada kondisi knalpot menggunakan *catalytic converter*. Pada 1600 rpm, nilai CO pada Uji 1–Uji 3 berturut-turut adalah 4,49%, 4,61%, dan 4,12% dengan rata-rata 4,40%. Pada 2500 rpm, nilai CO adalah 0,60%, 0,60%, dan 0,44% dengan rata-rata 0,54%. Pada 6000 rpm, nilai CO adalah 0,42%, 0,35%, dan 0,34% dengan rata-rata 0,37%.

*Tabel 2. Pengujian Gas CO Menggunakan Catalytic converter*

Putaran Mesin (RPM)	Pengujian Kadar Gas CO			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata
1600	4.49%	4.61%	4.12%	4.40%
2500	0.60%	0.60%	0.44%	0.54%

Putaran Mesin (RPM)	Pengujian Kadar Gas CO			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata
6000	0.42%	0.35%	0.34%	0.37%

**Tabel 3** menunjukkan hasil pengukuran kadar emisi HC (ppm) pada kondisi knalpot tanpa *catalytic converter*. Pada 1600 rpm, nilai HC pada Uji 1–Uji 3 berturut-turut adalah 308 ppm, 221 ppm, dan 308 ppm dengan rata-rata 279 ppm. Pada 2500 rpm, nilai HC adalah 79 ppm, 92 ppm, dan 104 ppm dengan rata-rata 91 ppm. Pada 6000 rpm, nilai HC adalah 41 ppm, 48 ppm, dan 30 ppm dengan rata-rata 39 ppm.

**Tabel 3.** Pengujian Gas HC Tanpa *Catalytic converter*

Putaran Mesin (RPM)	Pengujian Kadar Gas HC			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata
1600	308	221	308	279 PPM
2500	79	92	104	91 PPM
6000	41	48	30	39 PPM

**Tabel 4** menyajikan hasil pengukuran kadar emisi HC (ppm) pada kondisi knalpot menggunakan *catalytic converter*. Pada 1600 rpm, nilai HC pada Uji 1–Uji 3 berturut-turut adalah 246 ppm, 213 ppm, dan 169 ppm dengan rata-rata 209 ppm. Pada 2500 rpm, nilai HC adalah 84 ppm, 72 ppm, dan 70 ppm dengan rata-rata 75 ppm. Pada 6000 rpm, nilai HC adalah 41 ppm, 41 ppm, dan 30 ppm dengan rata-rata 37 ppm.

**Tabel 4.** Pengujian Gas HC Menggunakan *Catalytic converter*

Putaran Mesin (RPM)	Pengujian Kadar Gas HC			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-Rata
1600	246	213	169	209 PPM
2500	84	72	70	75 PPM
6000	41	41	30	37 PPM

**Tabel 5** merangkum rata-rata hasil pengujian HC pada kondisi tanpa dan dengan *catalytic converter*, sekaligus menampilkan hasil persentase *mean*. Pada 1600 rpm, rata-rata HC berubah dari 279 ppm (tanpa) menjadi 209 ppm (dengan) dengan persentase *mean* 25,08%. Pada 2500 rpm, rata-rata HC berubah dari 91 ppm menjadi 75 ppm dengan persentase *mean* 17,58%. Pada 6000 rpm, rata-rata HC berubah dari 39 ppm menjadi 37 ppm dengan persentase *mean* 5,12%.

**Tabel 5.** Persentase Kadar Gas HC

NO	RPM Mesin	Pengujian Tanpa <i>Catalytic converter</i>	Pengujian Dengan <i>Catalytic Converter</i>	Hasil Persentase <i>Mean</i>
1	1600	279	209	25.08%
2	2500	91	75	17.58%
3	6000	39	37	5.12%

**Tabel 6** menyajikan perbandingan rata-rata emisi CO antara kondisi tanpa dan dengan *catalytic converter* pada setiap putaran mesin. Pada 1600 rpm, rata-rata CO tercatat 5,16%

(tanpa) dan 4,40% (dengan). Pada 2500 rpm, rata-rata CO tercatat 0,93% (tanpa) dan 0,54% (dengan). Pada 6000 rpm, rata-rata CO tercatat 0,51% (tanpa) dan 0,37% (dengan).

**Tabel 6.** Hasil Perbandingan Emisi Gas CO

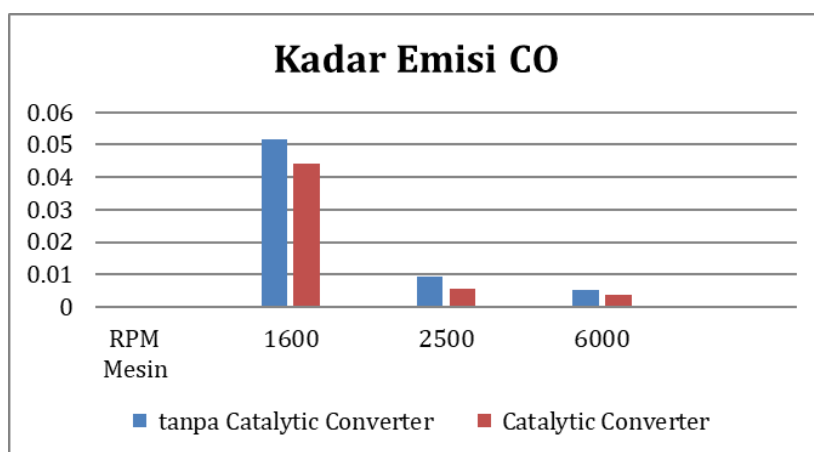
NO	RPM Mesin	Pengujian Tanpa <i>Catalytic converter</i>	Pengujian Dengan <i>Catalytic Converter</i>
1	1600	5.16%	4.40%
2	2500	0.93%	0.54%
3	6000	0.51%	0.37%

## Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian pada tiga variasi putaran mesin (1600, 2500, dan 6000 rpm) serta dua kondisi knalpot (tanpa dan dengan *catalytic converter*), penelitian ini menunjukkan adanya perubahan terukur pada kadar emisi CO dan HC setelah pemasangan *catalytic converter aftermarket* berbahan *stainless steel*. Pembahasan ini menitikberatkan pada pemaknaan pola penurunan emisi yang diperoleh, keterkaitannya dengan prinsip kerja sistem katalitik, serta implikasinya dalam konteks pengendalian emisi kendaraan bermotor yang kontribusinya terhadap pencemaran udara di perkotaan telah dilaporkan signifikan [4][5][8].

### Signifikansi penurunan CO dan relevansinya terhadap pengendalian emisi

Data pada [Tabel 1](#) (tanpa *catalytic converter*) dan [Tabel 2](#) (dengan *catalytic converter*) memperlihatkan bahwa nilai rata-rata CO menurun pada seluruh putaran mesin. Rekapitulasi pada [Tabel 6](#) menunjukkan penurunan CO dari 5,16% menjadi 4,40% pada 1600 rpm, dari 0,93% menjadi 0,54% pada 2500 rpm, serta dari 0,51% menjadi 0,37% pada 6000 rpm; kecenderungan tersebut juga divisualisasikan pada [Gambar 2](#). Secara konseptual, temuan ini sejalan dengan fungsi *catalytic converter* sebagai perangkat yang mempercepat reaksi kimia pada gas buang, terutama reaksi oksidasi CO menuju senyawa yang lebih stabil, sehingga fraksi CO yang terukur menurun setelah gas melewati media katalitik [17][18].



**Gambar 2.** Diagram Hasil Pengujian Emisi Gas CO

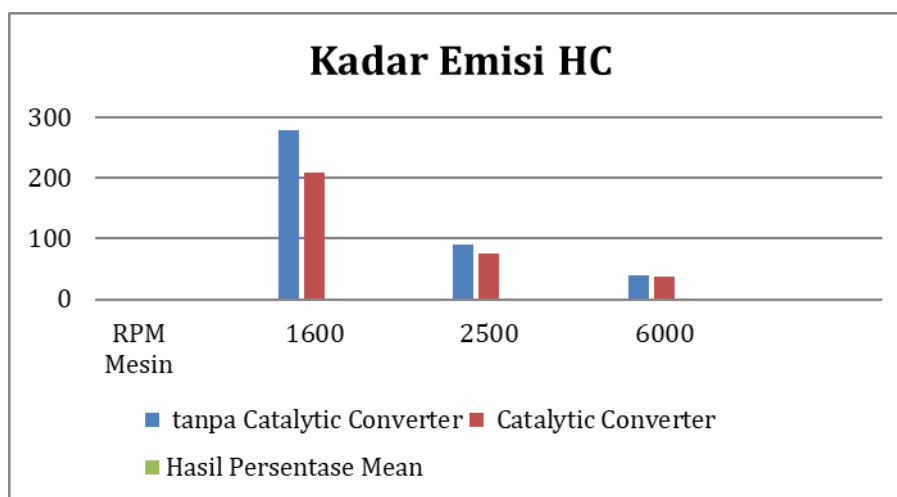
Dari sudut pandang rekayasa, besarnya penurunan CO pada sistem *aftermarket* umumnya dipengaruhi oleh karakter substrat dan luas permukaan efektif, sekaligus dipengaruhi oleh pola aliran dan pengelolaan temperatur pada media katalitik. Pengembangan substrat logam untuk *catalytic converter* menekankan peningkatan kinerja konversi polutan dan ketahanan material melalui rekayasa struktur serta sifat termal, sehingga kontak gas-katalis dapat mendukung proses reaksi secara lebih efektif [6]. Selain itu, studi mengenai desain *metallic catalytic*

*converter* berbasis optimasi menunjukkan bahwa konfigurasi perangkat dapat diatur untuk menekan emisi dengan mempertimbangkan aspek performa mesin, yang memperkuat relevansi temuan penelitian ini dalam kerangka pengembangan perangkat katalitik modern [7].

Secara kesehatan lingkungan, CO dikenal sebagai gas toksik yang berdampak terhadap sistem darah, pernapasan, dan saraf [9]. Oleh karena itu, penurunan CO pada seluruh titik uji (Tabel 6) mempertegas nilai praktis penerapan perangkat katalitik pada sepeda motor, khususnya pada wilayah dengan populasi kendaraan yang tinggi [1][2].

### Signifikansi penurunan HC dan keterkaitannya dengan kualitas pembakaran

Hasil pengujian HC pada Tabel 3 (tanpa *catalytic converter*) dan Tabel 4 (dengan *catalytic converter*) menunjukkan pola penurunan pada semua putaran mesin. Nilai rata-rata HC turun dari 279 ppm menjadi 209 ppm pada 1600 rpm, dari 91 ppm menjadi 75 ppm pada 2500 rpm, serta dari 39 ppm menjadi 37 ppm pada 6000 rpm, yang divisualisasikan pada Gambar 3. Lebih lanjut, Tabel 5 menunjukkan persentase penurunan rata-rata HC sebesar 25,08% (1600 rpm), 17,58% (2500 rpm), dan 5,12% (6000 rpm).



Gambar 3. Diagram Hasil Pengujian Emisi Gas HC

Secara ilmiah, HC pada gas buang merefleksikan fraksi hidrokarbon yang tidak terbakar atau terbakar parsial sebagai konsekuensi pembakaran yang tidak sempurna [13]. Dengan demikian, penurunan HC pascapemasangan *catalytic converter* dapat dimaknai sebagai indikasi bahwa sebagian fraksi hidrokarbon residual mengalami oksidasi lebih lanjut ketika melewati media katalitik [17][18]. Temuan penelitian ini selaras dengan studi terdahulu yang meneliti *catalytic converter* berbasis *stainless steel* dengan konfigurasi struktur tertentu untuk menurunkan emisi kendaraan bermotor [13]. Studi lain juga melaporkan bahwa variasi model/konfigurasi *catalytic converter* (misalnya model jaring) dapat memengaruhi performa reduksi emisi gas buang, sehingga menegaskan bahwa pemilihan bentuk dan struktur katalis merupakan aspek penting dalam perancangan perangkat penurun emisi [15]. Dengan demikian, hasil pada Tabel 3–5 menguatkan bahwa *catalytic converter stainless steel aftermarket* yang diuji memberikan efek fungsional terhadap penurunan HC, terutama pada putaran mesin yang lebih rendah.

Dari sisi dampak kesehatan, paparan polutan terkait HC (serta interaksinya dengan polutan lain seperti NOx) telah dikaitkan dengan risiko gangguan kesehatan tertentu, termasuk potensi hambatan perkembangan anak dan peningkatan risiko berat badan lahir rendah [10][11]. Oleh sebab itu, penurunan HC yang konsisten (Tabel 4 dan Tabel 5) memiliki relevansi langsung terhadap upaya pengurangan beban paparan polutan di area dengan intensitas penggunaan sepeda motor tinggi [1][2].

### **Kecenderungan penurunan yang lebih besar pada rpm rendah**

Berdasarkan [Tabel 5](#), penurunan relatif HC cenderung lebih besar pada rpm rendah. Secara umum, kinerja sistem katalitik dipengaruhi oleh tiga faktor operasi utama, yakni (i) temperatur yang memengaruhi kinetika reaksi, (ii) waktu tinggal (*residence time*) gas buang di dalam media katalitik, serta (iii) karakter aliran yang menentukan distribusi kontak gas–katalis. Pada putaran mesin yang lebih tinggi, debit aliran gas buang cenderung meningkat, sehingga waktu tinggal gas pada media katalitik dapat berkurang; kondisi ini berpotensi menurunkan peluang reaksi oksidasi berlangsung mendekati sempurna, meskipun temperatur operasi meningkat. Sebaliknya, pada putaran yang lebih rendah, waktu tinggal yang relatif lebih panjang dapat meningkatkan peluang terjadinya konversi polutan pada kondisi termal tertentu [\[6\]\[7\]\[18\]](#). Penjelasan ini konsisten dengan literatur yang menekankan pentingnya rekayasa substrat logam dan karakter termal–aliran untuk meningkatkan konversi polutan [\[6\]](#), serta peran optimasi desain perangkat untuk menjaga keseimbangan antara penurunan emisi dan karakteristik operasional mesin [\[7\]](#).

Perlu ditekankan bahwa penelitian ini tidak melakukan pengukuran temperatur aktual gas buang maupun temperatur media katalitik. Oleh karena itu, pembahasan terkait temperatur disampaikan sebagai interpretasi mekanistik berbasis prinsip umum katalisis (kinetika reaksi dan dinamika aliran), bukan sebagai penetapan suhu optimum spesifik untuk perangkat yang diuji [\[18\]](#).

### **Implikasi penelitian**

Temuan penelitian ini sejalan dengan kecenderungan studi terdahulu yang mengevaluasi berbagai material dan desain *catalytic converter* untuk menurunkan emisi. Pendekatan berbasis pelat tembaga menunjukkan bahwa rekayasa perangkat katalitik dapat memberikan perbaikan emisi gas buang [\[12\]](#), sedangkan modifikasi *catalytic converter* tembaga berlapis mangan menegaskan peran material dan teknik pelapisan dalam peningkatan performa katalitik, khususnya pada reduksi CO [\[16\]](#). Pada sisi lain, penelitian yang memfokuskan katalis berbahan *stainless steel* dengan konfigurasi struktur tertentu turut mendukung bahwa *stainless steel* dapat difungsikan dalam sistem katalitik untuk penurunan emisi kendaraan [\[13\]](#). Studi mengenai desain *metallic catalytic converter* berbasis optimasi juga menegaskan bahwa performa emisi dapat ditingkatkan melalui pengaturan desain perangkat dengan tetap mempertimbangkan aspek kinerja mesin [\[7\]](#). Dalam konteks tersebut, kontribusi penelitian ini terletak pada penyajian bukti empiris berbasis pengukuran berulang (Uji 1–Uji 3) pada tiga rpm yang sama untuk dua kondisi yang dibandingkan secara langsung ([Tabel 1–4](#)), disertai ringkasan komparatif yang transparan ([Tabel 5–6](#)) serta dukungan visual ([Gambar 2–3](#)), sehingga memperkuat basis evidens bahwa unit *aftermarket stainless steel* mampu menghasilkan penurunan CO dan HC yang terukur pada konfigurasi pengujian yang digunakan [\[13\]\[16\]](#).

Implikasi temuan ini bersifat praktis, kebijakan, dan rekayasa. Secara praktis, penurunan CO dan HC yang konsisten pada seluruh titik uji ([Tabel 6](#) dan [Tabel 5](#)) menunjukkan potensi *catalytic converter aftermarket stainless steel* sebagai salah satu strategi mitigasi emisi pada sepeda motor yang telah beroperasi, khususnya di wilayah dengan dominasi populasi sepeda motor yang tinggi [\[1\]\[2\]](#) serta dalam konteks kontribusi sektor transportasi terhadap beban polusi udara perkotaan [\[4\]\[5\]\[8\]](#). Dari sisi kebijakan, regulasi penerapan baku mutu emisi dan pengujian emisi menjadi landasan formal pengendalian pencemaran udara dari kendaraan bermotor [\[3\]](#); oleh karena itu, temuan penurunan CO dan HC dapat diposisikan sebagai dukungan ilmiah bahwa perangkat katalitik berpotensi membantu menekan parameter emisi yang relevan, meskipun klaim kepatuhan tetap memerlukan validasi lanjutan sesuai prosedur uji yang ditetapkan [\[3\]](#). Dari sisi rekayasa, variasi besaran penurunan antar rpm—khususnya pada HC ([Tabel 5](#))—mengindikasikan ruang optimasi desain (misalnya geometri substrat,

peningkatan luas permukaan efektif, dan pengaturan aliran) agar performa penurunan emisi tetap kuat pada berbagai kondisi operasi; arah ini konsisten dengan literatur pengembangan substrat logam dan desain metallic *catalytic converter* untuk meningkatkan reduksi emisi sekaligus mempertahankan karakteristik operasional kendaraan [6][7][15].

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh *catalytic converter aftermarket* berbahan *stainless steel* terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Beat FI seri KZL tahun 2014, dapat disimpulkan bahwa pemasangan *catalytic converter* mampu menurunkan kadar emisi CO dan HC pada seluruh variasi putaran mesin yang diuji (1600, 2500, dan 6000 rpm). Pada parameter CO, rata-rata emisi menurun dari 5,16% menjadi 4,40% (1600 rpm), 0,93% menjadi 0,54% (2500 rpm), dan 0,51% menjadi 0,37% (6000 rpm). Pada parameter HC, rata-rata emisi menurun dari 279 ppm menjadi 209 ppm (1600 rpm), 91 ppm menjadi 75 ppm (2500 rpm), dan 39 ppm menjadi 37 ppm (6000 rpm), dengan persentase penurunan rata-rata HC masing-masing sebesar 25,08%, 17,58%, dan 5,12%. Temuan ini menegaskan bahwa *catalytic converter* berbahan *stainless steel* berpengaruh positif dalam menurunkan emisi CO dan HC pada konfigurasi pengujian yang digunakan.

### Saran

Untuk penyempurnaan penelitian dan penguatan validitas hasil, penelitian lanjutan disarankan untuk (i) membandingkan efektivitas *catalytic converter* berbahan *stainless steel* dengan material lain (misalnya tembaga, kuningan, atau logam mulia seperti palladium) melalui rancangan uji yang setara, (ii) mengevaluasi pengaruh variasi dimensi/volume dan geometri substrat *catalytic converter* terhadap kinerja reduksi emisi pada rentang kondisi operasi yang lebih luas, serta (iii) menambahkan parameter uji dan kontrol yang lebih komprehensif, seperti pengukuran temperatur gas buang/temperatur katalis, pengulangan uji yang lebih banyak, serta penambahan parameter emisi lain (misalnya NOx) agar interpretasi mekanistik dan generalisasi hasil menjadi lebih kuat secara akademik.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS), Statistik Transportasi Darat 2016. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik, 2016.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS), Statistik Transportasi Darat 2024. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/12/01/ed7ff73d58fc0719ee3df145/statistik-transportasi-darat-2024.html>. Accessed: Jan. 11, 2026.
- [3] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penerapan Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor Kategori M, Kategori N, Kategori O, dan Kategori L," 2023.
- [4] D. Fernandez, "Sumbangan emisi kendaraan bermotor terhadap penurunan kualitas udara di Kotamadya Yogyakarta," M.S. thesis, Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2010.
- [5] D. Dahuri, "Kendaraan bermotor penyumbang utama polusi udara," Media Indonesia, Oct. 26, 2021. [Online]. Available: <https://mediaindonesia.com/megapolitan/442518/kendaraan-bermotor-penyumbang-utama-polusi-udara>

- 
- [6] T. Inaguma, Y. Tsumura, S. Kawasoe, S. Konya, M. Omizu, and M. Kasuya, "Development of newly advanced metal substrates for *catalytic converter*," NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL Tech. Rep., no. 117, pp. 15–22, Dec. 2017.
- [7] S. R. Ariyanto, S. Suprayitno, and R. Wulandari, "Design of metallic *catalytic converter* using Pareto optimization to improve engine performance and exhaust emissions," Automotive Experiences, vol. 6, no. 1, pp. 200–215, 2023, doi: 10.31603/ae.7977.
- [8] D. Ismiyati, M. Marlita, and D. Saidah, "Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor," J. Manaj. Transp. Logistik (JMTransLog), vol. 1, no. 3, pp. 241–248, 2014, doi: 10.25292/j.mtl.v1i3.20.
- [9] L. T. N. Maleiva, B. Sitorus, and D. R. Jati, "Penurunan konsentrasi gas karbon monoksida dari kendaraan bermotor menggunakan absorben zeolit alam," Jurnal Kimia Khatulistiwa, vol. 4, no. 1, pp. 35–42, 2015.
- [10] Jurnal Ecocentrism, "Dampak buruk polusi udara bagi kesehatan dan cara meminimalkan risikonya," Jurnal Ecocentrism, vol. 3, no. 2, pp. 47–58, 2023. [Online]. Available: <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/jeco/article/view/7035/5538>
- [11] S. Maharani and W. R. Aryanta, "Dampak buruk polusi udara bagi kesehatan dan cara meminimalkan risikonya," Jurnal Ecocentrism, vol. 3, no. 2, pp. 47–58, 2023, doi: 10.36733/jeco.v3i2.7035.
- [12] P. Choudhury and S. Deo, "An innovative approach for emission control using copper plate *catalytic converter*," Int. J. Adv. Sci. Eng. Technol., vol. 3, no. 2, pp. 19–23, 2014.
- [13] A. Mokhtar and T. Wibowo, "*Catalytic converter* jenis katalis *stainless steel* berbentuk sarang laba-laba untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor," in Proc. Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA), 2015, pp. 1–6.
- [14] W. Orozco, N. Acuña, and J. Duarte, "Characterization of emissions in low displacement diesel engines using biodiesel and energy recovery system," Int. Rev. Mech. Eng. (IREME), vol. 13, no. 7, p. 420, 2019, doi: 10.15866/ireme.v13i7.17389.
- [15] S. S. A. Aswito, "Pengaruh *catalytic converter* dengan model jaring terhadap emisi gas buang pada kendaraan bermotor," J. Tek. Mesin, vol. 14, no. 2, pp. 28–34, 2020, doi: 10.32497/jtm.v14i2.5866.
- [16] R. M. B. Irawan, "Modifikasi *catalytic converter* menggunakan tembaga berlapis mangan untuk mereduksi emisi gas carbon monoksida motor bensin," in Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 2012.
- [17] Ellyanie, "Pengaruh penggunaan three way *catalytic converter* terhadap emisi gas buang pada kendaraan Toyota Kijang Innova," in Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3, 2011, pp. 437–445.
- [18] Kasmadi and G. Luhbandjono, Kimia Dasar II. Semarang, Indonesia: UPT UNNES Press, 2006.
- [19] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2020.
- [20] J. Sarwono, Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2006.

Halaman ini sengaja di kosongkan