

Pengaruh *Catalytic Converter Flat Perforated Plate* Bahan Kuningan Terhadap Emisi Serta Performa Untuk Mesin 2 Tak & Mesin 4 Tak

Syamsuri^{1*}, Suheni¹, dan Gatot Basuki HR²

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama,
Surabaya, Indonesia¹

Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama,
Surabaya, Indonesia²

*syamsuri@itats.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Syamsuri, Suheni, dan Gatot Basuki HR. 2026. Pengaruh *Catalytic Converter Flat Perforated Plate* Bahan Kuningan Terhadap Emisi Serta Performa Untuk Mesin 2 Tak & Mesin 4 Tak. *Journal of Research and Technology* Vol. 12 No. 1 Juni 2026: Page 41–50.

Abstract

The rising number of motor vehicles in major cities contributes to traffic congestion, accidents, and air pollution caused by exhaust emissions containing hazardous substances. One measure to reduce these emissions is the use of a catalytic converter. This study aims to analyze the impact of using a brass catalytic converter with a flat perforated plate design on exhaust emissions and engine performance in the Honda Revo Absolute (4-stroke) and Yamaha F1Z R (2-stroke) motorcycles. An experimental method was employed, involving exhaust emission testing at an engine speed of 2,000 rpm using a gas analyzer. The results indicate that the use of the catalytic converter successfully reduced exhaust emission levels in both vehicles. The Honda Revo Absolute (4-stroke) produced lower emissions than the Yamaha F1Z R (2-stroke), with CO emission levels of 1.7% and 3.2%, respectively, and HC emissions of 1,517 ppm and 6,296 ppm. Furthermore, regarding engine performance, the Honda Revo Absolute demonstrated higher power and torque than the Yamaha F1Z R. In conclusion, the use of a brass catalytic converter is effective in lowering exhaust emission levels—making the vehicle more environmentally friendly than one with a standard exhaust—while maintaining good engine performance.

Keywords: Catalytic Converter, Brass, HC, CO, Gas Analyzer.

Abstrak

Permasalahan yang sering muncul di kota besar adalah kemacetan, kecelakaan dan polusi udara. Banyaknya polusi gas buang yang beracun yang keluar dari kendaraan bermotor roda dua tentunya ini menjadi persoalan tersendiri yang harus segera di atasi, salah satu solusinya memasang catalytic converter. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian tentang gas buang kendaraan bermotor dengan menggunakan catalytic converter bahan kuningan yang berbentuk flat perforate plate type. Pengujian emisi gas buang dilakukan

dengan cara eksperimen dengan putaran mesin idle yaitu 2000 rpm, dimana pengujian ini dilakukan dengan menggunakan gas analyzer. Hasil penelitian Honda Revo Absolute (4 Tak) menghasilkan emisi CO lebih sedikit dibandingkan motor Yamaha FIZ R (2 Tak), sebagai contoh kadar emisi gas CO Honda Revo Absolute (4 Tak) sebesar 1,7 %, dan untuk Yamaha FIZ R (2 Tak) sebesar 3,2%. Untuk emisi HC menggunakan catalytic converter, sepeda motor Honda Revo Absolute (4 Tak) menghasilkan emisi lebih rendah daripada sepeda motor Yamaha FIZ R (2 Tak), yaitu dengan kadar emisi HC Honda Revo Absolute (4 Tak) sebesar 1517 ppm dan untuk Yamaha FIZ R (2 Tak) sebesar 6296 ppm. Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa menggunakan Catalytic Converter bahan kuningan dapat menurunkan kadar emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan apabila dibandingkan dengan knalpot standarnya. Dari sisi performa mesin daya dan torsi sepeda motor Revo lebih besar daripada FIZ R.

Keywords: Katalitik Konverter, Kuningan, HC, CO, Gas Analyzer.

1. Pendahuluan

Berdasarkan data statistik, sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang polusi udara terbesar di Indonesia. Khususnya di beberapa kota besar Indonesia seperti Surabaya dan Jakarta. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), emisi kendaraan bermotor menjadi penyebab utama tingginya konsentrasi polutan dan gas berbahaya seperti Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Dioksida (CO₂), Sulfur Dioksida (SO₂), dan senyawa organik volatil non metana.

Pada dasarnya jenis bahan yang mencemari dikeluarkan oleh semua jenis kendaraan adalah sama, hanya saja komposisinya berbeda karena perbedaan kondisi pengoperasian dan sistem mesin kendaraan satu dengan mesin kendaraan lainnya. Mesin pada kendaraan baru seringkali memiliki emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin pada kendaraan bekas, hal ini disebabkan oleh kesadaran masyarakat akan pencemaran udara yang disebabkan oleh asap knalpot, peningkatan emisi kendaraan dan adanya peraturan yang lebih ketat mengenai batas emisi kendaraan baru dimaksudkan untuk mendorong industri untuk memproduksi lebih banyak kendaraan bermotor ramah lingkungan dan menerapkan standar hemat bahan bakar. Namun tidak semua pemilik kendaraan bermotor mengetahui hal ini dengan baik, sehingga banyak pemilik kendaraan bermotor yang tidak peduli dengan kondisi kendaraannya dan sering ragu untuk mengeluarkan biaya perawatan yang mahal. Polusi udara yang ditimbulkan dari emisi kendaraan sangat berbahaya bagi manusia, hewan, dan tumbuhan. Maka, perlu langkah-langkah strategis untuk mengurangi emisi gas buang dari kendaraan bermotor salah satunya adalah dengan pemasangan *metal catalytic converter*.

State of the Art

Penelitian tentang metal katalitik konverter sudah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu antara lain:

Penelitian [1] tentang penerapan logam tembaga-seng sebagai katalitik konverter pada knalpot sepeda motor untuk mengurangi emisi gas buang. Hasil analisa emisi menunjukkan bahwa penggunaan Katalis Cu-Zn efektif menurunkan kadar emisi CO dan HC. CO dan HC tingkat konsentrasi menurun hingga 47,71 % pada putaran 2000 rpm dan menurun 55,34 % pada putaran 2.500 rpm berturutan masing-masing.

Penelitian tentang sintesis in situ dan prakonsentrasi cetylpyridinium kompleks hexaindo platinum nanopartikel dari katalitik mobil bekas konverter lindi menggunakan ekstraksi titik awan yang dilakukan oleh [1]. Hasilnya, metode yang dikembangkan dapat diterapkan untuk pemisahan, sintesis skala besar dan prakonsentrasi TN Pt-I dari berbagai limbah lingkungan dan industri, dalam satu pot. Kelemahan penelitian ini adalah Platinum harganya sangat mahal sehingga jarang dipakai untuk metal katalitik konverter.

Penelitian yang dilakukan [2] tentang opsi desain konverter katalytic yang dipanaskan secara kimia dan kinerja menggunakan oksida logam panas. Ditemukan bahwa *Chemical Heated Catalytic* (CHC) mengurangi *start* dingin emisi hidrokarbon dan karbon monoksida bila digunakan dengan konverter katalitik yang ada. Reduksi CO dan HC maksimum dicapai dengan katalitik konverter dengan oksida tembaga sebagai katalis, dan oksida nikel diisi dengan CHC setelah mesin dihidupkan dalam keadaan dingin.

Penelitian tentang pengaruh *catalytic converter* berbahan tembaga 0,6 mm berbentuk sirip terhadap hasil emisi gas buang pada honda beat tahun 2015 telah dilakukan oleh [3]. Pengujian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu pengujian dengan knalpot standar dan knalpot ber-*catalytic converter* dengan variasi putaran mesin 1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 3.500, dan 4.000 rpm. Hasil dari penelitian ini adalah pengaruh penggunaan *catalytic converter* dengan bahan tembaga dengan model sirip mengalami penurunan kadar emisi gas CO paling efektif pada putaran mesin 1.500 rpm sebesar 2,357% dari 4,89% menjadi 2,54% dan nilai kadar emisi gas HC turun pada rpm 1.500 sebesar 2.726 ppm dari 9.999 ppm menjadi 7.273 ppm.

Penelitian [4] tentang pengaruh penggunaan *catalytic converter* berbahan *stainless steel* berlapis *chrome* terhadap emisi gas buang sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh penggunaan *catalytic converter* berbahan *stainless steel* dan *stainless steel* berlapis *chrome* terhadap emisi gas buang CO dan HC. pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 variasi perlakuan menggunakan bahan plat *stainless* dan plat *stainless* berlapis *chrome* dengan melakukan kontrol putaran mesin dan jumlah plat yang digunakan sebagai katalis yaitu berjumlah 5 lapis dan 10 lapis. Penurunan emisi gas buang paling baik terdapat pada *catalytic converter* menggunakan bahan *stainless steel* berlapis *chrome* dengan jumlah lapisan sebanyak 10 lapis dengan efisiensi penurunan gas CO sebesar 69,9% dan efisiensi penurunan gas HC sebesar 54,7%. Kelemahan menggunakan model plat.

Penelitian yang dilakukan [5] tentang pengaruh penambahan katalitik konverter kawat nikel dan tembaga berbentuk saringan terhadap emisi gas buang motor supra x 125. Katalis yang digunakan yaitu bahan kawat nikel dan tembaga yang dipasang pada motor Supra X 125.

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan emisi gas buang. Penggunaan paling baik pada 20 lapis katalis pada tiap rpm dengan penurunan paling tinggi CO pada rpm 2.000 sebanyak 60% dan HC pada rpm 1.800 sebanyak 68%. Penurunan terendah pada 12 lapis katalis pada tiap rpm, CO terendah sebanyak 9,8% pada rpm 1.500, dan HC pada rpm 2.000 sebanyak 15,6%.

Penelitian yang dilakukan [6] katalis pelat kuningan berbentuk sarang lebah untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor. Hasil penelitian menunjukkan penurunan emisi gas HC sebesar 19,1% untuk katalitik konverter tunggal dan 33,7% untuk *dual catalytic converter* dan lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan katalitik konverter atau kondisi standar. Mengurangi emisi gas CO sebesar 23,8% untuk konverter katalitik tunggal dan 43,1% untuk konverter katalitik ganda dan lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan *catalytic converter*. Kelemahan menggunakan model *honey comb* untuk katalitik konverternya.

Studi pengaruh jumlah sel katalis logam transisi katalis konverter mangan pada knalpot basis emisi output karbon monoksida pada motor bensin. Penelitian ini bertujuan pertama untuk mengkaji kemampuan katalis logam transisi Mangan sebagai *supporting* Tembaga (CuMn) dan kedua mengkaji pengaruh penambahan jumlah sel katalis terhadap keluaran emisi gas buang. Hasil penelitian diperoleh pertama bahwa katalis logam Transisi Mangan sebagai *supporting* Tembaga (CuMn) mampu mereduksi keluaran emisi gas buang Carbon Monoksida. Kedua penambahan jumlah sel katalis pada katalis Tembaga (Cu) tidak berpengaruh signifikan sedangkan penambahan jumlah sel katalis pada katalis logam Transisi Mangan sebagai *supporting* Tembaga, dari jumlah 5 katalis menjadi 10 katalis mampu menambah penurunan keluaran emis gas buang Carbon Monoksida lebih signifikan [7].

Penelitian [8] tentang unjuk kerja *catalytic converter* dengan katalis tembaga krom terhadap penurunan temperatur emisi gas buang motor bensin. Material logam Tembaga Krom sebagai bahan katalis diteliti dan diuji dalam skala laboratorium, yang pertama untuk melihat pengaruh perubahan putaran mesin terhadap temperatur, kedua perubahan temperatur saat menggunakan *catalytic converter* dengan katalis Tembaga dan ketiga perubahan temperatur saat menggunakan Katalis Tembaga Krom pada saluran gas buang. Hasil penelitian diperoleh pertama bahwa perubahan putaran mesin mempengaruhi kenaikan temperatur *catalytic converter*, semakin tinggi putaran mesin temperatur naik dan sebaliknya pada putaran mesin rendah temperature cenderung turun. Sedangkan pada pemasangan *catalytic converter* katalis Tembaga Krom, pada putaran mesin 3000 rpm (tanpa *catalytic converter*) temperatur 317,5 °C turun menjadi 237,5 °C pada 5 sel katalis, 240,84 °C pada 10 sel dan 249 °C pada 15 sel, dimana penurunan temperatur yang terjadi, lebih tinggi dengan pemakaian katalis Tembaga. Kelemahan model plat bulat yang terdiri sejumlah cell.

Penelitian tentang pengaruh komposisi katalis Cu-Fe/Al₂O₃ dan panjang *housing catalytic converter* terhadap emisi gas buang mesin 4 langkah 125 cc telah dilakukan oleh [9]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa katalis dengan panjang *housing* 30 mm dengan komposisi 2,5 Cu – Fe 7,5% mampu menurunkan gas CO hingga 0,8% Serta terjadi penurunan gas HC pada komposisi katalis 0% Cu – 10% Fe yang mampu menurunkan gas HC hingga 51 ppm. Kelemahan model penambahan bubuk logam pada keramik dengan cara mencampur tiap-tiap variabel komposisi Cu-Fe/Al₂O₃. Serbuk logam ditempelkan *housing* dari katalitik

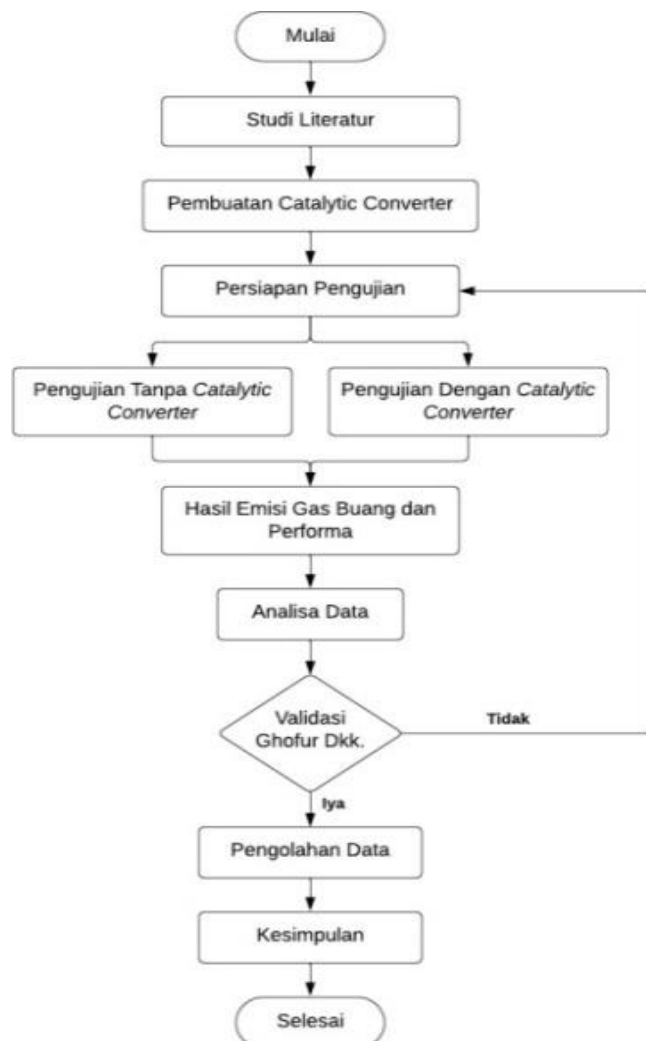
konverter. Namun masih belum ada yang meneliti tentang katalitik *converter* kuningan pada mesin 2 tak dan mesin 4 tak, lalu membandingkannya.

Riset Gap

Dari studi literatur terhadap alat metal katalitik konverter diatas masih belum ada yang membahas secara detail tentang penggunaan bahan metal yang mudah ditemukan dan memiliki harga yang lebih murah serta berasal dari limbah industri. Disamping itu belum ada yang membahas desain katalitik konverter kuningan model flat *perforated plate* yang dipasang pada mesin 2 tak dan mesin 4 tak setelah itu membandingkannya. Oleh karena itu kebaharuan dari penelitian kali ini adalah untuk mengetahui pengaruh katalitik konverter kuningan yang berbentuk flat *perforated plate* terhadap emisi gas buang sepeda motor 2 tak dan sepeda motor 4 tak dan juga terhadap performansi *engine*.

2. Metode Penelitian

Gambar *flowchart* dari penelitian ini secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Pengambilan Data

Pengambilan data Dynometer untuk uji performa *engine* dilakukan di laboratorium motor bakarkampus ITATS. Kendaraan yang digunakan adalah Motor Honda Revo Absolute 110 CC (4 Tak) dan Yamaha Fiz R 110 CC (2 Tak). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan knalpot standart dan knalpot menggunakan *Catalytic Converter* bentuk *Flat Perforated Plate Type* bahan kuningan.

Pengambilan data Uji Emisi Gas Buang dilakukan di Bengkel SMK Dharma Bahari Surabaya. Kendaraan yang digunakan adalah Motor Revo Absolute 110 CC (4 Tak) dan Yamaha Fiz R 110 CC (2 Tak). Pengujian dilakukan dengan menggunakan knalpot standar dan knalpot menggunakan *Catalytic Converter* bentuk *Flat Perforated Plate Type* bahan kuningan meliputi kandungan zat hidro karbon (HC) dan karbon monoksida (CO). Pengambilan data untuk performa *engine* dan emisi dilakukan 3x dengan standard deviasi 5%.

Desain

Pada studi eksperimen kali ini akan diteliti pengaruh bentuk *Flat Perforated Plate Type* terhadap penurunan tingkat emisi gas buang sepeda motor. Desain *catalytic converter* model *Flat Perforated Plate Type* ini mengikuti penelitian yang dilakukan oleh [10]. Katalis yang digunakan terbuat dari plat kuningan (*brass wire*) limbah industri dengan kandungan Cu dan Zn masing-masing 85% dan 15%. Pelat kuningan dengan ketebalan 0,5 mm dan diameter 60 mm telah dipilih sebagai bahan katalis karena alasan biaya dan produksi. Pengukuran emisi gas buang dilakukan pada Honda Revo Absolute 110 CC (4 Tak) dengan tahun produksi 2007 dan Yamaha F1Z R 110 CC (2 Tak) dengan tahun produksi 2004.

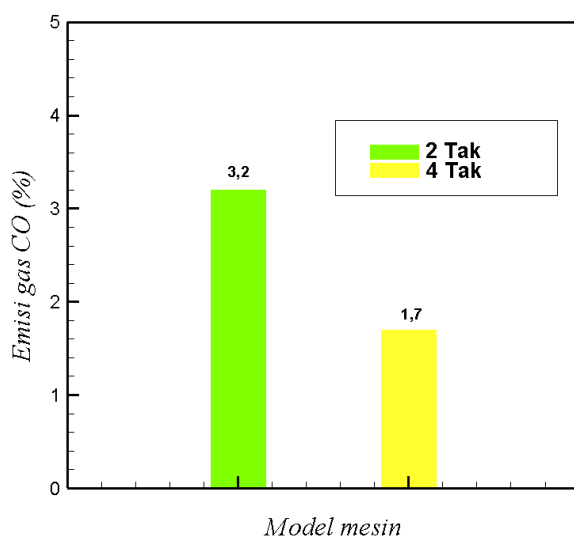
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil validasi emisi gas buang dari Motor Karisma dan Motor Revo Absolute adalah:

Tabel 1. Validasi

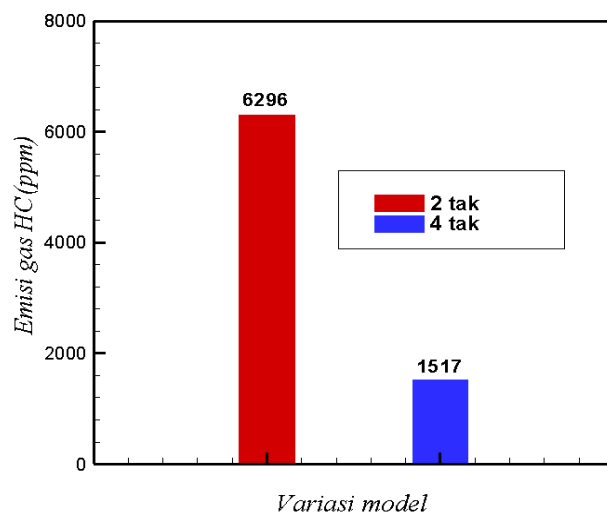
No.	Tipe Kendaraan	CO	HC
1	Penelitian [11]	1,5 %	235 ppm
2	Peneliti Sekarang (Revo Absolute)	2,1 %	1857 ppm

Tabel 1 adalah tabel validasi antara penelitian yang dilakukan oleh [11] dengan penelitian yang dilakukan sekarang. Pada tabel diatas terlihat bahwa untuk gas CO, penelitian dengan kendaraan Karisma emisi gas CO sebesar 1,5%, sedangkan penelitian yang sekarang dengan kendaraan Revo Absolute menghasilkan gas CO sebesar 2,1%. Secara umum, selisih dari penelitian adalah sebesar 25%. Perbedaan ini disebabkan karena terjadi perbedaan frekuensi pemakaian sepeda motor dan dikarenakan juga oleh perawatan sepeda motor walaupun tahun pemakaiannya sama.

Emisi Gas Buang CO**Emisi CO Motor 2 Tak dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter***

Gambar 2. Hasil Perbandingan Gas CO untuk 2 dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter*

Gambar 2 adalah gambar hasil perbandingan emisi gas CO antara sepeda 2 tak dan 4 tak dengan menggunakan *Catalytic Converter* bentuk *flat perforated plate type*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sepeda 4 tak (Revo Absolute) menghasilkan emisi gas CO lebih rendah yaitu 1,7% daripada sepeda 2 tak (Fiz R) dengan kadar emisi gas CO 3,2%. Hal ini disebabkan bahwa secara teori 4 tak proses pembakaran lebih sempurna karena setiap prosesnya dilaksanakan 1 langkah penuh. Hal ini berbeda dengan 2 tak dimana setiap prosesnya dilaksanakan tidak 1 langkah penuh, sebagai contoh 1 langkah 2 proses dilaksanakan sekaligus. Hal ini sesuai dengan teori yang ada.

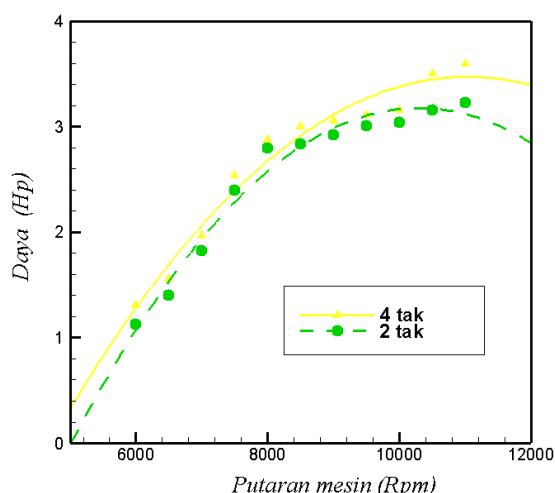
Emisi Gas Buang HC**Emisi HC Motor 2 Tak dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter***

Gambar 3. Hasil Perbandingan Gas HC untuk 2 dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter*

Gambar 3 di atas adalah gambar hasil perbandingan emisi gas HC antara Sepeda 2 tak dan 4 tak, menggunakan *Catalytic Converter* bentuk *Flat Perforated Plate Type*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sepeda 4 tak (Revo Absolute) menghasilkan emisi gas HC lebih rendah yaitu 1.517 ppm, daripada sepeda 2 tak (Fiz R) dengan kadar emisi gas HC yaitu 6.296 ppm.

Daya

Daya Motor 2 Tak dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter*

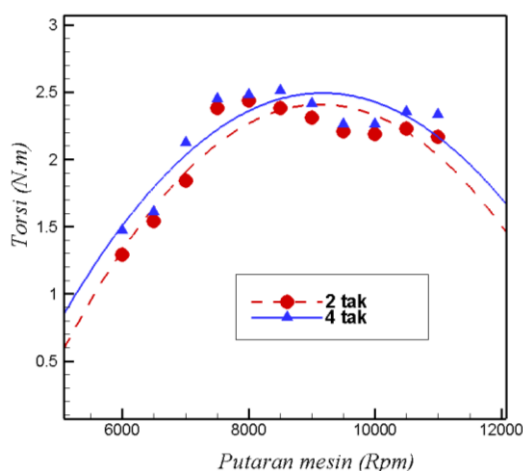


Gambar 4. Perbandingan Daya untuk 2 dan 4 Tak dengan Menggunakan *Catalytic Converter*

Gambar 4 diatas adalah grafik hasil perbandingan untuk Daya (HP) antara sepeda 2 tak (Fiz R) dan 4 tak (Revo Absolute) menggunakan *Catalytic Converter*. Pada grafik tersebut terlihat jika hasil daya dari sepeda motor jenis 4 tak (Revo Absolute) lebih besar daripada sepeda motor jenis 2 tak (FIZ R). Secara umum ketika *engine speed* mengalami kenaikan, maka daya juga mengalami kenaikan hingga rpm tertentu.

Torsi

Torsi Motor 2 Tak dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter*



Gambar 5. Perbandingan Torsi untuk 2 dan 4 Tak Menggunakan *Catalytic Converter*

Gambar 5 adalah grafik hasil perbandingan untuk Torsi antara sepeda 2 tak (Fiz R) dan 4 tak (Revo Absolute) menggunakan *Catalytic Converter*. Pada grafik tersebut terlihat jika hasil torsi dari sepeda motor jenis 4 tak (Revo Absolute) lebih besar daripada sepeda motor jenis 2 tak (F1Z R). Secara umum ketika *engine speed* torsi naik dari rpm awal, lalu selanjutnya mengalami penurunan ketika mencapai rpm tertentu.

4. Kesimpulan

Dari seluruh pengujian menggunakan *Catalytic Converter* yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Dengan adanya *Catalytic Converter* bentuk *Flat Perforated Plate Type* bahan kuningan, secara umum 4 tak emisi CO nya lebih rendah daripada 2 tak. Sebagai contoh untuk sepeda motor Yamaha Fiz R 110 CC (2 Tak) dapat menurunkan kadar gas CO sebesar 3,2 %, dan sepeda motor Honda Revo Absolute 110 CC (4 Tak) dapat menurunkan kadar gas CO sebesar 1,7 %.
2. Sedangkan untuk kadar HC, secara umum 4 tak emisi HC nya lebih rendah daripada 2 tak. Sebagai contoh untuk sepeda motor Yamaha Fiz R 110 CC (2 Tak) emisi gas HC sebesar 6296 ppm, sedang sepeda motor Honda Revo Absolute 110 CC (4 Tak) emisi gas HC sebesar 1517 ppm.
3. Dengan adanya *Catalytic Converter* kuningan jenis *Flat Perforated Plate type* dari sisi kinerja mesin yakni Daya. Terlihat bahwa daya sepeda motor Honda Revo Absolute (4 Tak) menghasilkan daya lebih besar daripada sepeda motor Yamaha FIZ R (2 Tak).
4. Sedangkan untuk kinerja mesin torsi secara umum terlihat bahwa sepeda motor dengan *Catalytic Converter* kuningan Honda Revo Absolute (4 Tak) menghasilkan torsi lebih besar daripada sepeda motor Yamaha FIZ R (2 Tak)

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya yang telah memberikan dana & bantuannya terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chafidz, A., Megawati, Widyastuti, C.R., Augustia, V., Nisa, K, dan Ratnaningrum. 2018. Application of copper-zinc metal as a catalytic converter in the motorcycle muffler to reduce the exhaust emissions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 167 (2018) 012014.
- [2] Kora, A.J., Madhavi, K., Meeravali, N.N. dan Kumar, S.J. 2020. In situ synthesis and preconcentration of cetylpyridinium complexed hexaiodo platinum nanoparticles from spent automobile catalytic converter leachate using cloud point extraction. *Arabian Journal of Chemistry*. Vol. 13: 4594–4605.
- [3] Sendilvelan, S. dan Sassykova, L. 2019. Chemically heated catalytic converter design options and performance using heated metal oxides. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. Vol.54(3): 571-577.
- [4] Budiyo. 2020. Pengaruh catalytic converter berbahan tembaga 0,6 mm berbentuk sirip terhadap hasil emisi gas buang pada honda beat tahun 2015. *Jurnal Teknik Mesin*

UNISKA. Vol.5(2) :34-39.

- [5] Anam, M.K. 2020. Pengaruh penggunaan catalytic converter berbahan stainless steel berlapis chrome terhadap emisi gas buang sepeda motor. *Skripsi*. Univeritas Negeri Semarang.
- [6] Fiqhi, M.M. 2020. Pengaruh penambahan katalitik konverter kawat nikel dan tembaga berbentuk saringan terhadap emisi gas buang motor supra x 125 motor bensin. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- [7] Mokhtar, A., Saifullah, A., dan Rahmandhika, A. 2021. A Honeycomb-shaped brass plate catalyst to reduce motor vehicle emissions. *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*. Vol. 6(1): 25-32.
- [8] Irawan, R.M.B., Pujiyanto, E., Amin, M., dan Subri, M. 2021. Effect of number of transition metal catalyst cells manganese catalytic converter on exhaust basis emission output carbon monoxide motor gasoline. *SINTEK JURNAL*. Vol.15(2): 118-122.
- [9] Irawan, R.M.B., Pujiyanto, E., dan Khairi, M.F. 2022. Unjuk kerja catalytic converter katalis tembaga-krom terhadap penurunan temperatur emisi bas buang. *SINTEK JURNAL*. 16(2): 131-136.
- [10] Rizza, M.A., Buwono, H.P., dan Aksa, M.F. 2023. Pengaruh komposisi katalis $\text{Cu-Fe/Al}_2\text{O}_3$ dan panjang housing catalytic converter terhadap emisi gas buang mesin 4 langkah 125 CC. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur*. Vol.06(01): 13 – 20.
- [11] Lapis, R., Halim, A.G., Sugiarto, T., Arwizet, K., Martias, M., Maksum, H., Krismadinata, H. dan Ambiyar, A. 2020. Effect of geometric parameters on the performance of motorcycle catalytic converters. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1469 (2020) 012176: 1-8.
- [12] Ghofur, A., Syamsuri, Mursadin, A., Nugroho, A. dan Legowo, A.C. 2023. Implementation peat soil adsorbent & variation of filter for reduce emission improvement from motor vehicle. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Ecology* 1 (10): 27-36