

# The Effect of Exhaust Muffler Modifications on Injection Motorcycles on Exhaust Emissions and *Pressure drop*

## [Pengaruh Modifikasi Peredam Knalpot pada Motor Injeksi terhadap Emisi Gas Buang dan *Pressure drop*]

Rozzaq Bima Wicaksono<sup>1)</sup>, A'rasy Fahrudin<sup>\*,2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

[arasy.fahrudin@umsida.ac.id](mailto:arasy.fahrudin@umsida.ac.id)

**Abstract.** *The increasing number of motor vehicles in Indonesia has caused an increase in exhaust emissions which has a negative impact on air quality. The exhaust system on fuel-injected motorcycles affects the flow of exhaust gases, back pressure (pressure drop), and gas emissions, particularly CO, HC and CO<sub>2</sub>. This study aims to analyze the effect of exhaust muffler modifications on exhaust gas emissions and pressure drop in the Suzuki GSX-R 150 cc fuel-injected motorcycle. The research uses a quantitative experimental approach by comparing the factory-standard exhaust with variations of stainless steel racing exhausts equipped with full or half glasswool mufflers. Measurements were carried out at specific engine speeds (Idle 1200 RPM, 2000 RPM, and 4000 RPM) using a gas analyzer for emissions and anemometer for pressure drop. The results of this study show that the standard exhaust is more effective at reducing CO, HC and CO<sub>2</sub> emissions due to the presence of a catalytic converter. On the other hand, the racing exhaust variations offer lower pressure drop, indicating a smoother exhaust flow, although they significantly increase harmful emissions. These findings provide recommendations for optimal exhaust design regarding engine efficiency and compliance with emission standards. The recommendation for the exhaust from both test results is a racing exhaust with full glass wool.*

**Keywords** - Exhaust modification, exhaust gas emissions, pressure drop

**Abstrak.** *Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor Indonesia menyebabkan kenaikan emisi gas buang yang berdampak buruk terhadap kualitas udara. Sistem knalpot pada sepeda motor injeksi memengaruhi aliran gas buang, tekanan balik (pressure drop), dan emisi gas, khususnya CO, HC dan CO<sub>2</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh modifikasi peredam knalpot terhadap emisi gas buang dan pressure drop pada sepeda motor injeksi Suzuki GSX-R 150 cc. Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan membandingkan knalpot standar pabrik dan variasi knalpot racing berbahan stainless steel dengan peredam glasswool penuh maupun setengah. Pengukuran dilakukan pada putaran mesin tertentu (Idle 1200 RPM, 2000 RPM, dan 4000 RPM) menggunakan gas analyzer untuk emisi dan anemometer untuk pressure drop. Hasil penelitian menunjukkan bahwa knalpot standar dengan katalis paling efektif dalam menekan kadar CO, HC dan CO<sub>2</sub> dibandingkan knalpot racing. Namun, knalpot standar memiliki hambatan aliran (pressure drop) yang lebih tinggi. Sebaliknya, knalpot racing (terutama variasi glasswool setengah) memiliki pressure drop paling rendah, yang menandakan aliran gas buang lebih lancar meskipun menghasilkan emisi yang jauh lebih tinggi dan melampaui ambang batas normal. Rekomendasi untuk knalpot dari kedua hasil uji adalah knalpot racing dengan glasswool full.*

**Kata Kunci** - Modifikasi knalpot, emisi gas buang, pressure drop

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami tren kenaikan yang signifikan setiap tahunnya. Berdasarkan data Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, sepeda motor merupakan jenis kendaraan yang mendominasi total kendaraan bermotor yang beroperasi[1]. Peredam knalpot atau muffler merupakan komponen krusial dalam sistem pembuangan gas pada sepeda motor. Fungsi utamanya adalah meredam suara bising yang dihasilkan dari proses pembakaran mesin. Selain itu, desain peredam knalpot juga memengaruhi aliran gas buang dari ruang bakar menuju atmosfer[2]. Desain internal peredam yang tidak efisien dapat menimbulkan resistansi aliran atau yang dikenal dengan *pressure drop*. *Pressure drop* yang tinggi dapat menghambat pembuangan gas sisa pembakaran secara optimal, yang pada gilirannya bisa mengurangi efisiensi volumetrik mesin dan memengaruhi performa serta konsumsi bahan bakar[3]. Lebih jauh, *pressure drop* yang tidak terkontrol juga berpotensi memengaruhi proses pembakaran dan karakteristik emisi gas buang yang dihasilkan. Modifikasi kendaraan yang dilakukan pengguna khususnya pada sistem pembuangan knalpot merupakan fenomena umum yang perlu dipertimbangkan. Banyak

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

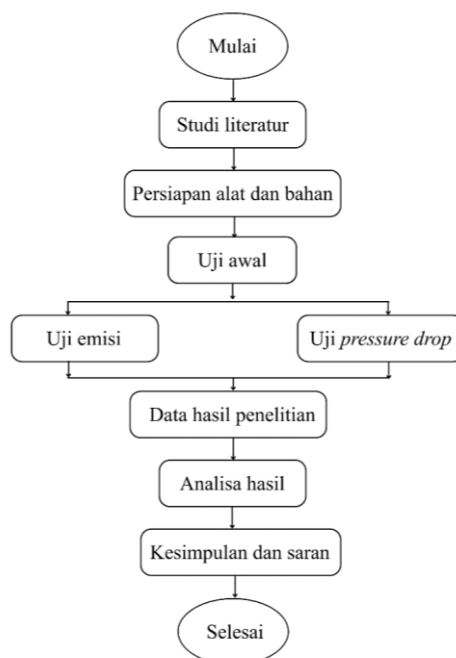
Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

pemilik kendaraan bermotor membandingkan knalpot standar dan knalpot aftermarket, yang sering kali memiliki desain, dimensi, peredam yang berbeda[4].

Beberapa penelitian telah mengkaji pengaruh modifikasi knalpot terhadap performa mesin dan emisi gas buang[5]. Namun, kajian spesifik mengenai dampak perbedaan peredam knalpot pada motor injeksi terhadap uji emisi gas buang masih memerlukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi pengujian *Pressure drop*. Motif di balik modifikasi tersebut beragam, mulai dari knalpot yang diinginkan hingga peningkatan kinerja yang diamati dan dievaluasi[6]. Motor injeksi memiliki karakteristik pembakaran yang terkomputerisasi dan lebih presisi, sehingga responsnya terhadap perubahan sistem pembuangan mungkin berbeda dibandingkan motor karburator. Modifikasi yang tidak tepat justru dapat memperburuk emisi atau mengganggu kinerja mesin. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak spesifik dari modifikasi peredam knalpot pada sepeda motor injeksi[7]. Penelitian ini mengukur dan mengevaluasi dampak modifikasi knalpot terhadap nilai penurunan tekanan pada sistem gas buang sepeda motor injeksi untuk mengidentifikasi sifat hambatan aliran yang ditimbulkan dan mengukur Tingkat emisi gas buang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh modifikasi peredam knalpot, khususnya variasi penggunaan bahan glasswool, terhadap emisi gas buang CO, HC dan CO<sub>2</sub> serta *pressure drop* pada sepeda motor Suzuki GSX-R 150 cc. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain knalpot yang optimal yang menyeimbangkan antara efisiensi mesin dan pemenuhan terhadap standar emisi.

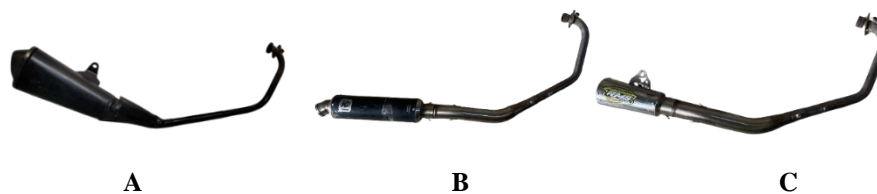
## II. METODE

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk menganalisis pengaruh modifikasi peredam knalpot pada sepeda motor injeksi terhadap emisi gas buang dan *pressure drop*. Sistem penelitian juga diartikan sebagai suatu proses pengumpulan dan analisis data yang dilakukan secara sistematis dan logis untuk mencapai tujuan tertentu. Rancangan penelitian ini akan melibatkan pengujian sepeda motor dengan peredam knalpot standar sebagai kontrol dan beberapa variasi peredam knalpot modifikasi. Berikut diagram alirnya:



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Proses uji emisi dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dengan objek penelitian sebuah motor GSX 150 R. Pengujian emisi diperoleh dengan cara menghidupkan mesin selama  $\pm 5$  menit untuk mengetahui kondisi mesin dalam keadaan siap. Pengujian dilakukan menggunakan bahan bakar pertamax dengan RON 92. Alat yang digunakan dalam pengujian emisi yaitu gas analyzer dan stopwatch untuk menghitung waktu dalam pengambilan data.



**Gambar 1.** Gambar variasi knalpot

Gambar menunjukkan tiga variasi knalpot yang diuji, yaitu knalpot: (A) standar dengan katalis, (B) knalpot racing glasswool full, dan (C) knalpot racing glasswool setengah. Knalpot standar (inlet 32 mm, outlet 36 mm) dengan panjang 320 mm, menghasilkan aliran gas buang lebih terkontrol dengan hambatan lebih besar untuk menekan emisi. Knalpot racing glasswool full (inlet–outlet 50 mm) dengan panjang 300 mm, meningkatkan aliran gas buang dengan tetap memberikan peredaman suara. Sementara itu, knalpot racing glasswool setengah (inlet 50 mm, outlet 60 mm) dengan panjang 200 mm, memiliki hambatan aliran paling kecil sehingga gas buang keluar lebih bebas.

Uji *pressure drop* dilakukan untuk menurunkan mengetahui tekanan aliran fluida akibat hambatan pada saluran, seperti pipa atau knalpot[8]. Pengujian ini menggunakan anemometer dan menggunakan persamaan *bernoulli* untuk menghitung aliran fluida pada beberapa titik, umumnya di bagian *inlet* dan *outlet*. Berikut rumus yang digunakan [9]:

$$P_1 + 1/2 \rho v_1^2 = P_2 + 1/2 \rho v_2^2 \dots\dots\dots(1)$$

$P$  : Tekanan

$\rho$  : Massa jenis fluida

$v$  : Kecepatan fluida

1, 2 dan 3 merujuk pada dua titik berbeda dalam pipa.

Penelitian ini menggunakan variabel terikat berupa pengujian emisi gas buang dengan satuan persentase (%) atau *parts per million* (ppm) gas CO, HC, dan CO<sub>2</sub>. *Pressure drop* diukur pada titik-titik tertentu di sistem pembuangan.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

Variasi Peredam	Variabel alat	
	Gas Analyzer	Anemometer
Standar dengan katalis	1200 RPM, 2000 RPM, 4000 RPM	Titik A, Titik B,
Racing glasswool full		Titik C
Racing glasswool setengah		

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian emisi gas buang

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan Gas Analyzer, berikut adalah tabel rekapitulasi hasil emisi gas buang pada berbagai variasi knalpot dan RPM:

**Tabel 2.** Hasil uji emisi dari Gas Analyzer

Jenis Variasi	RPM	CO	HC	CO <sub>2</sub>
Standar dengan katalis	1200	2.62 %	249 ppm	9.3 %
	2000	2.16 %	97 ppm	8.7 %
	4000	4.37 %	318 ppm	9.7 %
Racing glasswool full	1200	4.13 %	296 ppm	11.0 %
	2000	5.19 %	280 ppm	10.3 %
	4000	3.00 %	203 ppm	12.2 %
Racing glasswool setengah	1200	4.96 %	312 ppm	10.7 %
	2000	8.23 %	425 ppm	8.6 %
	4000	7.42 %	394 ppm	9.1 %

Analisis Karbon Monoksida (CO) dari data di atas, terlihat bahwa penggunaan Knalpot Standar dengan Katalis menghasilkan kadar CO yang cenderung lebih rendah (terutama pada 2000 RPM sebesar 2.16%) dibandingkan knalpot

racing. Hal ini membuktikan bahwa komponen *catalytic converter* berfungsi efektif dalam mereduksi gas beracun CO menjadi gas yang lebih aman. Sebaliknya, pada variasi Racing Glasswool Setengah di 2000 RPM, kadar CO melonjak drastis hingga 8.23%. Angka ini jauh melampaui ambang batas normal (biasanya maks 1.5% - 4.5% tergantung tahun kendaraan), yang mengindikasikan campuran bahan bakar yang sangat kaya atau hilangnya *back pressure* yang optimal untuk pembakaran.

Analisis Hidrokarbon (HC) Kadar HC terendah ditemukan pada variasi Standar dengan Katalis di 2000 RPM (97 ppm). HC merupakan sisa bahan bakar yang tidak terbakar. Rendahnya angka ini menunjukkan efisiensi pembakaran yang sangat baik pada putaran mesin menengah. Pada knalpot racing, nilai HC meningkat signifikan (mencapai 425 ppm). Hal ini sering terjadi karena pada knalpot racing, gas sisa pembakaran keluar terlalu cepat sebelum sempat terbakar sempurna di dalam ruang bakar (*scavenging effect* yang tidak optimal untuk mesin standar).

Analisis Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Nilai CO<sub>2</sub> tertinggi justru ditemukan pada variasi Racing Glasswool Full di 4000 RPM (12.2%). Secara teori, semakin tinggi nilai CO<sub>2</sub>, semakin sempurna pembakaran yang terjadi. Namun, dalam konteks ini, peningkatan CO<sub>2</sub> pada RPM tinggi dengan knalpot racing menunjukkan bahwa aliran gas buang (exhaust flow) menjadi lebih lancar pada putaran tinggi sehingga mesin bernapas lebih baik.

Berdasarkan hasil pengujian emisi menggunakan gas analyzer, knalpot standar dengan katalis menunjukkan performa emisi yang paling mendekati karakteristik standar Euro 4. Namun, nilai CO dan HC yang dihasilkan pada beberapa putaran mesin masih relatif tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kepatuhan terhadap standar Euro 4 secara penuh belum dapat dipastikan karena metode pengujian tidak menggunakan siklus WMTC.

## B. Pengujian *Pressure drop*

Berdasarkan pengujian *pressure drop* yang dilakukan menggunakan Anemometer, berikut adalah tabel rekapitulasi hasil uji aliran angin dari anemometer pada berbagai titik:

**Tabel 3.** Hasil uji kecepatan angin dari anemometer

Jenis Variasi	Titik A	Titik B	Titik C
Standar dengan katalis	41.1 m/s	30.4 m/s	18.1 m/s
Racing glasswool full	41.1 m/s	32.1 m/s	19.7 m/s
Racing glasswool setengah	41.1 m/s	34.8 m/s	23.2 m/s

Dengan menggunakan hasil data dari anemometer, dilakukan perhitungan *pressure drop* menggunakan persamaan *bernoulli* sebagai berikut:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

Dengan massa jenis fluida:

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \frac{1}{2} \rho = 0.6$$

Standar dengan katalis

B → C

$$\Delta P = 0.6 (30.4^2 - 18.1^2) = 357.93 \text{ Pa}$$

Racing glasswool full

B → C

$$\Delta P = 0.6 (32.1^2 - 19.7^2) = 385.39 \text{ Pa}$$

Racing glasswool setengah

B → C

$$\Delta P = 0.6 (34.8^2 - 23.2^2) = 403.68 \text{ Pa}$$

Berdasarkan perhitungan *pressure drop* menggunakan persamaan *Bernoulli* dan data kecepatan dari anemometer, diperoleh bahwa penurunan tekanan meningkat seiring bertambahnya jarak pengukuran dari Titik A ke Titik C [10]. Knalpot standar dengan katalis menghasilkan *pressure drop* lebih besar dibandingkan knalpot racing, yang menunjukkan hambatan aliran lebih tinggi. Knalpot racing, khususnya glasswool setengah, memiliki *pressure drop* paling rendah pada A-B, menandakan aliran gas buang yang lebih lancar. Hal ini membuktikan bahwa desain knalpot internal berpengaruh langsung terhadap karakteristik aliran dan efisiensi pembuangan gas buang. Knalpot dengan hambatan rendah menghasilkan kecepatan aliran gas yang lebih tinggi.

#### IV. SIMPULAN

Knalpot standar dengan katalis paling efektif dalam menekan emisi CO dan HC serta menunjukkan efisiensi pembakaran yang lebih baik, meskipun memiliki hambatan aliran gas buang lebih tinggi. Sebaliknya, knalpot racing tanpa katalis menghasilkan pressure drop lebih rendah dan aliran gas buang lebih lancar, namun cenderung meningkatkan emisi, terutama pada putaran mesin tertentu. Oleh karena itu, desain knalpot yang ideal perlu menyeimbangkan kelancaran aliran gas dan pengendalian emisi, dengan integrasi katalis pada knalpot racing sebagai solusi untuk meningkatkan performa sekaligus menjaga kepatuhan terhadap standar emisi.

#### REFERENSI

- [1] J. Izza Anshory, "Konversi Energi dan Penerapan pada Mesin Pembakaran Dalam, Wisaksono (2022)," *bab 1*, 2022.
- [2] R. Riyanto, H. Wijayanto, A. R. Pangestu, and S. Prasetyo, "Implementasi Kebijakan Pelaksanaan Program Uji Emisi Kendaraan Bermotor dalam Rangka Mengurangi Polusi Udara di Wilayah Jakarta Timur," *Jurnal Kapita Sosial Politik*, vol. 1, no. 1, pp. 33–40, 2024.
- [3] D. Purnama, A. Arif, E. Alwi, and T. Sugiarto, "Analisis Penggunaan Bahan Bakar Campuran Peralite dengan Bioetanol dari Tebu Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Injeksi," *MSI Transaction on Education*, vol. 4, no. 3, pp. 123–134, Oct. 2023, doi: 10.46574/mted.v4i3.117.
- [4] M. Lutfie, A. Kadir Muhammad, J. KHA Dahlan No, J. Teknik Mesin, F. Teknik, and P. Negeri Ujung Pandang Jalan Perintis Kemerdekaan KM-, "Pengembangan sistem pengukuran emisi mobile pada kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler," *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, vol. 2, no. 2, pp. 63–72, 2023.
- [5] U. M. Sidoarjo, B. D. Laksana, and A. Akbar, "Research on the Effect of the Addition of Trembesi Leaf Extract on Motorcycle Exhaust Emissions Penelitian Tentang Pengaruh Penambahan Ekstrak Daun Trembesi Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor," 2022.
- [6] P. Yanto, J. Suwignyo, and F. Fatra, "Uji Performa Dan Emisi Gas Buang Motor Injeksi 4 Tak Menggunakan Variasi Roller Dan Busi," *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*, vol. 4, no. 2, p. 70, 2022, doi: 10.31331/joveat.v4i2.2402.
- [7] S. Ryanta Bhaskara and B. Sena, "Perbandingan Tingkat Kebisingan Berbagai Bahan Peredam pada Knalpot Sepeda Motor Racing," *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 6, no. 5, pp. 1957–1967, 2024, doi: 10.38035/trj.v6i5.1075.
- [8] Tri Utari, Achmad Yasir Baeda, and Chairul Paotonan, "Study of the Madden-Julian Oscillation (MJO) Scheme in South Sulawesi Province," *Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman*, vol. 1, no. 2, pp. 34–41, Dec. 2022, doi: 10.25042/jrt2k.122022.05.
- [9] I. N. Handayani, "MEKANIKA FLUIDA," 2025.
- [10] D. Harefa and A. Giawa, "Analisis Literatur Tentang Prinsip Bernoulli Dalam Desain Aliran Fluida," *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 22–27, 2025.
- [11] M. Misbachudin, R. Nur, and I. U. Wusko, "PENGARUH VARIASI KATALIS MUFFLER SEPEDA MOTOR TERHADAP HASIL GAS BUANG," *JTAM ROTARY*, vol. 5, no. 1, p. 9, Apr. 2023, doi: 10.20527/jtam\_rotary.v5i1.8349.

#### **Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*