

# Penggunaan *Zeolite* Sebagai *Filter* Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Berdasarkan Ukuran dan Tingkat Kejenuhan Absorsi

Sirajuddin<sup>1,2\*</sup>, Bagiyo Condro Purnomo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Otomotif, Bhakti Loajanan Kalimantan

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Magelang

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Otomotif, Universitas Muhammadiyah Magelang

\*email: sirajuddin\_001@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.31603/benr.v4i02.12770>

## Abstract

*Motorized vehicles have become a fundamental necessity in Indonesia, with each household owning at least one motorcycle highly favored by the community. The increase in the number of motorcycles reflects the performance of the automotive industry and the continuous improvement of people's purchasing power. Despite contributing positively to economic growth and mobility, the growth of motorized vehicles also brings negative impacts such as traffic congestion, air pollution, and dependence on imported petroleum. Exhaust emissions from vehicles, containing CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VHC, and other particles, have serious implications for human health and the environment. The initiative to use environmentally friendly transportation technology, as adopted by the European Union with Euro emission standards, is crucial in reducing these negative impacts. In Indonesia, the adoption of Euro 4 emission standards in 2018 for gasoline-fueled cars and in 2021 for diesel cars is a positive step, despite the delay for diesel cars until 2022. Previous research indicates that alternative fuels like LPG can reduce exhaust emissions. Additionally, using a filter in motorcycle mufflers, especially with zeolite as a medium, can effectively reduce CO and HC levels. However, there is no in-depth research on the saturation level of zeolite's absorption capacity for exhaust emissions. Therefore, this study focuses on exploring the saturation level of zeolite material with various sizes to absorb exhaust emissions, particularly HC, CO, and CO<sub>2</sub> in motorized vehicles. The research results reveal that the optimal outcome for the saturation level of zeolite material absorption in the muffler filter of Yamaha Jupiter Z 110cc vehicles is achieved using 10 grams of zeolite powder with mesh size 50. The best CO concentration reduction occurs at 1000 rpm for 35 minutes, achieving a 66.9% reduction, reaching 2.85%. For HC, the best result is obtained in testing with 10 grams of zeolite powder mesh 50 at 1000 rpm for 20 minutes, with a 90.58% reduction, reaching 227 ppm. The optimal CO<sub>2</sub> testing is conducted with 10 grams of zeolite powder mesh 50 at 1000 rpm for 30 to 40 minutes, resulting in a 21.95% reduction, reaching 13.4%. These findings indicate that the use of muffler filters with zeolite powder can significantly reduce exhaust emissions in Yamaha Jupiter Z 110cc, contributing positively to efforts in controlling air pollution from motorized vehicles.*

**Keywords:** *Saturation Level of Zeolite Material Absorption; Exhaust Emissions; Yamaha Jupiter Z 110 cc.*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## Abstrak

Kendaraan bermotor telah menjadi kebutuhan pokok di Indonesia, dengan setiap rumah memiliki setidaknya satu sepeda motor yang sangat diminati oleh masyarakat. Pertumbuhan jumlah sepeda motor mencerminkan kinerja industri otomotif dan daya beli masyarakat yang terus meningkat. Meskipun memberikan kontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi dan mobilitas, pertumbuhan kendaraan bermotor juga membawa dampak negatif seperti kemacetan, polusi udara, dan ketergantungan pada impor bahan bakar minyak. Emisi gas buang dari kendaraan, terutama yang mengandung CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VHC, dan partikel lain, memiliki dampak serius pada kesehatan manusia dan lingkungan. Inisiatif penggunaan teknologi transportasi ramah lingkungan, seperti yang diadopsi oleh Uni Eropa dengan standar emisi Euro, menjadi penting dalam mengurangi dampak negatif. Di Indonesia, adopsi standar emisi Euro 4 pada tahun 2018 untuk mobil berbahan bakar bensin dan 2021 untuk diesel merupakan langkah positif, meski terdapat penundaan untuk mobil diesel hingga tahun 2022. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar alternatif seperti LPG dapat mengurangi emisi gas buang. Selain itu, penggunaan *filter* pada *muffler* sepeda motor, terutama dengan *zeolite* sebagai media, juga dapat efektif menurunkan kadar CO dan HC. Namun, belum ada penelitian yang mendalam mengenai tingkat kejenuhan daya serap *zeolite* terhadap emisi gas buang. Oleh karena itu, penelitian ini akan fokus pada eksplorasi tingkat kejenuhan material batu *zeolite* dengan variasi ukuran terhadap kemampuan menyerap emisi gas buang, khususnya HC, CO, dan CO<sub>2</sub> pada kendaraan bermotor. Hasil penelitian ini adalah penelitian tingkat kejenuhan absorpsi material *zeolite* pada *filter muffler* kendaraan Yamaha Jupiter Z 110 cc menunjukkan hasil optimal pada penggunaan serbuk batu *zeolite* sebanyak 10 gram dengan ukuran mesh 50. Pada konsentrasi CO terbaik, terjadi pada 1000 rpm selama 35 menit dengan reduksi sebesar 66,9%, mencapai 2,85%. Untuk HC, hasil terbaik ditemukan pada pengujian dengan serbuk batu *zeolite* 10 gram mesh 50 pada 1000 rpm selama 20 menit, dengan reduksi sebesar 90,58%, mencapai 227 ppm. Sedangkan untuk pengujian CO<sub>2</sub> terbaik, dilakukan dengan serbuk batu *zeolite* 10 gram mesh 50 pada 1000 rpm selama 30 menit awal hingga 40 menit akhir, menghasilkan reduksi sebesar 21,95%, mencapai 13,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *filter muffler* dengan serbuk batu *zeolite* dapat signifikan mengurangi emisi gas buang pada Yamaha Jupiter Z 110cc, memberikan kontribusi positif terhadap upaya pengendalian polusi udara dari kendaraan bermotor.

**Kata Kunci:** Kejenuhan Absorpsi Material *Zeolite* ; Emisi Gas Buang, Yamaha Jupiter Z 110 cc

---

## 1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor saat ini seakan menjadi kebutuhan pokok bagi penduduk Indonesia. Seperti kita ketahui dalam satu rumah setidaknya memiliki satu buah kendaraan bermotor. Salah satu kendaraan bermotor yang diminati oleh masyarakat adalah sepeda motor, dengan harga yang relative terjangkau masyarakat cenderung memiliki lebih dari satu sepeda motor di rumahnya. Pertumbuhan jumlah motor mengindikasikan adanya penguatan kinerja industri otomotif dan daya beli masyarakat. Jumlah motor yang terus bertambah juga dapat membantu pergerakan orang, barang, dan jasa, yang kemudian berkontribusi dalam mendorong pertumbuhan ekonomi. Namun, pertumbuhan kendaraan bermotor juga dapat menimbulkan dampak negatif, seperti menambah kemacetan, polusi udara, serta mendorong konsumsi bahan bakar minyak (BBM) yang banyak bergantung pada impor. Menurut laporan Statistik Indonesia 2023 yang dirilis Badan Pusat Statistik (BPS), pada akhir 2022 ada sekitar

125,3 juta unit motor di Indonesia. Selama periode 2012-2022 jumlah sepeda motor di dalam negeri sudah bertambah sekitar 48,9 juta unit atau tumbuh 64% ([Badan Pusat Statistik, 2023](#)).

Sebagaimana diketahui, emisi kendaran bermotor mengandung gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), karbon monoksida (CO), *Volatile Hydro Carbon* (VHC), dan partikel lain yang berdampak negatif pada manusia ataupun lingkungan bila melebihi ambang konsentrasi tertentu ([Anonim, 2018](#)). Dalam upaya mengontrol ambang konsentrasi emisi dari transportasi tersebut, maka diperlukan penggunaan suatu teknologi transportasi yang lebih ramah lingkungan. Uni Eropa merupakan salah satu pelopor standard emisi atau gas buang kendaraan dan sudah diadopsi oleh banyak negara di dunia. Diawali pada tahun 1990, Uni Eropa mengeluarkan peraturan yang mewajibkan penggunaan katalis untuk mobil bensin, yang sering disebut standard Euro 1.

Polusi udara berdampak buruk pada kesehatan makhluk hidup, seperti Karbon monoksida dapat menurunkan kadar suplai oksigen dalam darah jika terhirup manusia. Pasalnya, kandungan ini akan mengikat hemoglobin sel darah merah yang mengangkut oksigen di dalam tubuh. Kemudian, nitrogen dioksida yang memiliki bau tajam dan berwarna coklat kemerahan dapat menyebabkan gangguan napas. Polutan ini juga merupakan senyawa karsinogenik penyebab penyakit kanker. Hal serupa juga ditimbulkan oleh hidrokarbon. Senyawa ini bisa menimbulkan gangguan napas, kerusakan paru-paru, dan menjadi penyebab penyakit kanker ([Anonim, 2021](#)). Namun, jika dihasilkan oleh kendaraan yang jumlahnya banyak, bisa berpengaruh pada pemanasan global. Apalagi jika sangat jarang ditemui pepohonan yang mampu mengubah CO<sub>2</sub> ini menjadi Oksigen (O<sub>2</sub>).

Pentingnya menekan angka emisi gas buang kendaraan bermotor bertujuan untuk memperkecil kadar bahan pencemar yang dihasilkan kendaraan bermotor. Lalu secara bertahap Uni Eropa memperketat peraturan menjadi standard Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, hingga Euro 6. Secara bertahap Indonesia mengadopsi standard emisi Euro tersebut. Baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor Euro 4 Indonesia mulai diterapkan 8 Oktober 2018 untuk mobil berbahan bakar bensin dan 8 April 2021 untuk mobil diesel, meski pada implementasinya penerapan standard emisi Euro 4 mobil berbahan bakar diesel diundur menjadi tahun 2022 ([Kwan, 2020](#)).

Pada tahun 2017, [Menteri LHK](#) menerbitkan regulasi baru tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, Kategori N, Dan Kategori O, yang mengacu pada standard gas buang Euro 4, seperti tertuang dalam Permen LHK Nomor 20 Tahun 2017. Dalam aturan berikutnya yang relevan, yaitu Peraturan Pemerintah No 73 Tahun 2019, turut diatur tentang peralihan penerapan pajak barang mewah kendaraan bermotor (Ppn BM). Motor 4 tak, produksi di bawah tahun 2010, CO maksimal 5,5 persen dan HC 2400 ppm Motor di atas tahun 2010, 2 tak maupun 4 tak, CO maksimal 4,5 persen dan HC 2.000 ppm.

Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan metode dan media tertentu untuk menekan angka emisi gas buang sepeda motor di Indonesia, diantaranya oleh [Rexi & Amajid \(2018\)](#) yang menyatakan bahwa LPG sebagai bahan bakar alternatif dinilai lebih menguntungkan karena diyakini memiliki emisi yang lebih ramah lingkungan. Emisi yang dihasilkan LPG jauh lebih bersih dari pada BBM sehingga polusi dapat ditekan. Emisi yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar LPG untuk kandungan CO lebih baik, karena nilai yang dihasilkan 5.84% mendekati ambang batas yang ditetapkan

DLH. Sedangkan pada kandungan gas HC, kendaraan dengan bahan bakar LPG memiliki nilai jauh dari ambang batas DLH.

Lebih lanjut hasil penelitian [Fikri, et al. \(2021\)](#) menyatakan bahwa campuran bahan bakar pertalite dan spiritus dapat mengurangi kadar emisi gas buang pada sepeda motor Honda Revo FI terutama HC (Hidrokarbon) dan CO<sub>2</sub> (Karbon Dioksida) contoh kadar emisi gas buang HC (%) pada petralit murni penurunan tertinggi dari petralit murni ke petralite campuran 250 ml yaitu dari 1907,67 ppm turun menjadi 58,67 ppm = turun 1849 ppm, pada RPM 3250 dan kadar CO<sub>2</sub> penurunan tertinggi dari petralite murni ke petralite campuran 50 ml yaitu dari 4,60 % turun menjadi 3,53 % = turun 1,07 %, pada RPM 2750 tetapi tidak mengurangi performa mesin, terlihat pada warna busi masih berwarna coklat.

Berbagai hasil penelitian tersebut telah membuktikan bahwa dengan penggunaan media alam dapat menekan angka emisi gas buang kendaraan bermotor. Penelitian ini menggunakan batu *zeolite* sebagai media untuk menekan angka emisi tersebut dengan cara memasangnya sebagai *filter muffler* sepeda motor. *Zeolite* merupakan material berstruktur hidrat aluminium silikat dengan luas permukaan spesifik yang tinggi sehingga memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan penjerap (adsorbent) ([Wibowo, 2017](#)). Hal tersebut akan membantu penekanan konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor sehingga pemakaian bahan bakar lebih sedikit dan pencemaran udara akan berkurang.

Penelitian [Jayanti, et al. \(2016\)](#) berjudul Emisi Gas Carbon Monooksida (Co) Dan Hidrocarbon (Hc) Pada Rekayasa Jumlah *Blade* Turbo Ventilator Sepeda Motor "Supra X 125 Tahun 2006. Variabel dalam penelitian ini adalah variasi jumlah *blade* yaitu 6 *blade*, 7 *blade*, dan 8 *blade*. Emisi gas buang yang dianalisis adalah kadar CO dan HC. Hasil pengujian menunjukkan hasil rata-rata kadar CO pada emisi gas buang supra x 125 standar 3.69%, Turbo ventilator 6 *blade* adalah 1.93 %, 7 *blade* 1.04 %, dan 1.62% oleh turbo ventilator 8 *blade*. Kadar HC rata-rata yang dihasilkan oleh emisi gas buang sepeda motor standar 619.3 ppm, turbo ventilator 6 *blade* 437.33 ppm, 7 *blade* 777.35 ppm, dan turbo ventilator 8 *blade* 482.98 ppm.

Penelitian [Yusuf \(2018\)](#) tentang uji emisi gas buang kendaraan bermotor dengan variasi jenis *muffler* berbahan bakar Pertamina memberikan wawasan yang penting dalam memahami pengaruh *muffler* terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Namun, terdapat beberapa kekurangan yang menjadi celah pengetahuan dalam penelitian ini. Pertama, penelitian ini hanya memperhatikan pengaruh jenis *muffler* terhadap kadar CO<sub>2</sub> tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi emisi gas, seperti kondisi mesin, jenis kendaraan, atau penggunaan bahan bakar lainnya. Kedua, penelitian ini tidak memperhitungkan dampak dari variasi putaran mesin terhadap emisi CO<sub>2</sub> secara mendalam. Pengujian pada putaran mesin yang lebih luas dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kinerja *muffler* dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> pada berbagai kondisi operasional kendaraan. Selain itu, penelitian ini juga tidak menyertakan analisis terhadap faktor-faktor teknis lain yang dapat mempengaruhi kinerja *muffler*, seperti desain *muffler*, material pembuatan, atau proses pembuatan.

Penelitian yang dilakukan oleh [Priangga & Zainal \(2016\)](#) berjudul Hubungan Tingkat Kesadaran Pengemudi Dan Tahun Kendaraan Terhadap Kualitas Emisi Kendaraan Dinas Kabupaten Sleman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Terdapat hubungan positif tingkat kesadaran pengemudi

terhadap kualitas emisi kendaraan dinas di Kabupaten Sleman dibuktikan dengan harga  $r_{x1y}$  (0,689) >  $r_{tabel}$  (0,279), (2) Terdapat hubungan positif tahun produksi kendaraan terhadap kualitas emisi kendaraan dinas di Kabupaten Sleman yang dibuktikan dengan harga  $r_{x2y}$  (0,640) >  $r_{tabel}$  (0,279), (3) Terdapat hubungan positif dan signifikan tentang tingkat kesadaran pengemudi dan tahun produksi terhadap kualitas emisi kendaraan dinas di Kabupaten Sleman. Tingkat kesadaran pengemudi dan tahun produksi kendaraan dinas berpengaruh 63,3% terhadap kualitas emisi kendaraan dinas. Penelitian ini mungkin juga tidak mempertimbangkan perbedaan dalam kepatuhan terhadap peraturan emisi antara kendaraan dinas yang diuji. Selain itu, penelitian ini tidak menggali lebih dalam tentang faktor-faktor psikologis atau sosial yang mungkin mempengaruhi tingkat kesadaran pengemudi terhadap emisi kendaraan.

Penelitian yang dilakukan oleh [Melvy \(2019\)](#) berjudul "Studi Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) dari Penggunaan Bahan Bakar Sepeda Motor 4 Langkah dan 2 Langkah" memberikan kontribusi penting dalam pemahaman tentang dampak penggunaan sepeda motor terhadap lingkungan. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, sampel kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini mungkin tidak mewakili semua jenis sepeda motor yang beredar di masyarakat. Kedua, penelitian ini cenderung bersifat terbatas dalam cakupannya, karena hanya mempertimbangkan penggunaan dua jenis bahan bakar dan beberapa merek sepeda motor tertentu. Ketiga, pengaruh faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi gas buang CO, seperti kondisi lalu lintas, pola berkendara, dan lingkungan geografis, mungkin tidak dipertimbangkan secara mendalam dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian ini dapat diperluas dengan mempertimbangkan variasi lain dalam karakteristik kendaraan seperti jenis mesin, kapasitas mesin, dan teknologi pengendalian emisi. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan dorongan untuk upaya meminimalisir emisi gas buang CO dengan pembatasan pemakaian usia kendaraan, uji emisi berkala, dan perawatan mesin yang teratur, yang tetap relevan untuk diterapkan dalam upaya pelestarian lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh [Rexi & Amajid \(2018\)](#) dalam penelitian berjudul "Analisis Kadar Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Berbahan Bakar Gas LPG Dan Peralite Dengan Variasi Tekanan Kompresi" memberikan wawasan yang penting terkait penggunaan bahan bakar alternatif dalam sepeda motor. Namun, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini mungkin memiliki batasan dalam metode analisis yang digunakan, seperti kecukupan jumlah sampel atau keakuratan instrumen yang digunakan untuk mengukur emisi gas buang. Kedua, pengaruh faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi gas buang, seperti kondisi lalu lintas, pola berkendara, dan karakteristik pengendara, mungkin tidak dipertimbangkan secara mendalam. Selain itu, penelitian ini juga perlu untuk menyelidiki aspek keamanan dan ketersediaan infrastruktur terkait penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif, termasuk perubahan pada mesin kendaraan yang mungkin diperlukan. Meskipun demikian, penelitian ini menyoroti potensi penggunaan LPG sebagai bahan bakar yang lebih ramah lingkungan, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut dan upaya implementasi kebijakan yang mendukung penggunaan bahan bakar alternatif dalam transportasi.

Penelitian yang dilakukan oleh [Fikri, et al \(2021\)](#) dengan judul "Analisis Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Honda Revo Fi Berbahan Bakar Campuran Peralite dan Spiritus" memberikan wawasan

yang berharga terkait penggunaan campuran bahan bakar alternatif dalam sepeda motor. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini mungkin memiliki batasan dalam metode analisis yang digunakan, seperti kecukupan jumlah sampel atau akurasi alat yang digunakan untuk mengukur emisi gas buang. Kedua, pengaruh faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi gas buang, seperti kondisi lalu lintas, pola berkendara, dan karakteristik pengendara, mungkin tidak dipertimbangkan secara menyeluruh. Selain itu, penelitian ini juga perlu untuk menyelidiki aspek keamanan dan efisiensi dalam jangka panjang terkait penggunaan campuran bahan bakar tersebut. Selain itu, penelitian ini juga perlu untuk mempertimbangkan dampak lingkungan yang lebih luas dari penggunaan bahan bakar alternatif, termasuk aspek-aspek seperti sumber bahan bakar, proses produksi, dan dampak penggunaan jangka panjang. Meskipun demikian, penelitian ini memberikan dorongan untuk upaya mengurangi emisi gas buang dengan eksperimen menggunakan campuran bahan bakar yang menunjukkan potensi untuk mengurangi emisi HC dan CO<sub>2</sub> tanpa mengurangi performa mesin secara signifikan, yang tetap relevan untuk diterapkan dalam upaya pelestarian lingkungan.

Penelitian oleh Sigit (2014) berjudul Analisis Penggunaan Elektroliser Terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC Pada Sepeda Motor 4 Langkah Suzuki Shogun 125cc Tahun Pembuatan 2010. Hasil penelitian menyatakan bahwa Hasil tertinggi untuk CO terjadi pada RPM 4000 dengan campuran elektrolit aquades dan 1 ½ sendok makan KOH dengan nilai 1,04 %. Sedangkan CO terendah terjadi pada RPM 3200 ketika motor tidak menggunakan elektroliser dengan nilai 0,07%. Untuk HC tertinggi ada pada RPM 1000 ketika motor tidak menggunakan elektroliser dengan nilai 382 ppm. Sedangkan HC terendah terjadi pada RPM 4000 dengan campuran elektrolit aquades dan KOH sebanyak ½ sendok makan sebanyak 20,33 %. Dimana nilai tertinggi CO<sub>2</sub> adalah 8,2% ada pada 2 campuran elektrolit yaitu campuran pertama adalah elektrolit aquades dengan KOH sebanyak 1 sendok makan dan campuran kedua adalah ketika motor menggunakan elektroliser dengan elektrolit hanya aquades saja. Sedangkan untuk nilai CO<sub>2</sub> terendah bernilai 4,1%. Berdasarkan pengambilan data-data tersebut, nilai emisi gas buang pada sepeda motor ini masih ada dibawah standar KEPMEN LH 05/2006.

Penelitian yang dilakukan oleh Novita, et al (2019) memberikan informasi yang penting terkait upaya mengurangi emisi gas buang pada sepeda motor. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini mungkin memiliki batasan dalam penggunaan sampel yang mewakili berbagai jenis sepeda motor dan kondisi penggunaan yang berbeda, sehingga hasilnya mungkin tidak dapat secara langsung diterapkan pada semua jenis kendaraan. Kedua, fokus penelitian pada penggunaan *zeolite* sebagai bahan *filter* mungkin tidak mencakup berbagai alternatif *filter* yang mungkin lebih efektif dalam mengurangi emisi gas buang. Selain itu, pengaruh *filter* terhadap emisi gas buang lainnya seperti NO<sub>x</sub> dan partikulat juga perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang efektivitasnya. Selain itu, penelitian ini mungkin tidak mempertimbangkan aspek lain yang dapat memengaruhi performa kendaraan, seperti pengaruh penambahan *filter* terhadap konsumsi bahan bakar atau keandalan mesin. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor dengan menunjukkan potensi efektivitas *filter zeolite* dalam mengurangi

kadar CO dan HC, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh [Syahril \(2021\)](#) membahas pengaruh tahun perakitan kendaraan terhadap emisi gas buang. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, penggunaan ambang batas yang bervariasi berdasarkan tahun perakitan kendaraan mungkin menghasilkan perbandingan yang tidak sepenuhnya adil antara kendaraan lama dan baru. Kedua, penelitian ini mungkin tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi gas buang, seperti kondisi mesin, pola berkendara, dan pemeliharaan kendaraan. Selain itu, perbedaan dalam kebijakan emisi antar negara atau wilayah juga dapat memengaruhi interpretasi hasil penelitian. Selain itu, penelitian ini juga perlu memperhitungkan variasi dalam jenis kendaraan bermotor, karena karakteristik emisi dapat bervariasi antara mobil dan sepeda motor, misalnya. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan gambaran tentang pentingnya memperhitungkan tahun perakitan kendaraan dalam menilai tingkat emisi gas buang, yang dapat menjadi dasar untuk peningkatan regulasi emisi dan upaya pelestarian lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh [Rizky & Muhaji \(2022\)](#) memberikan kontribusi penting dalam bidang pengembangan bahan bakar ramah lingkungan. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini mungkin memiliki keterbatasan dalam metode analisis yang digunakan, seperti kecukupan jumlah sampel atau keandalan instrumen yang digunakan untuk mengukur emisi gas buang. Kedua, pengaruh faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi gas buang, seperti kondisi mesin, pola berkendara, dan karakteristik penggunaan bahan bakar dalam jangka panjang, mungkin tidak dipertimbangkan secara menyeluruh. Selain itu, penelitian ini perlu mempertimbangkan aspek lain yang dapat memengaruhi performa kendaraan, seperti pengaruh campuran bioetanol terhadap efisiensi bahan bakar atau keandalan mesin dalam jangka panjang. Selain itu, dampak lingkungan dari produksi bioetanol dari umbi batang pisang raja juga perlu diperhatikan untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang keunggulan lingkungan dari bahan bakar ini. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan informasi awal yang penting terkait potensi penggunaan bioetanol dari umbi batang pisang raja sebagai bahan bakar alternatif yang dapat mengurangi emisi gas buang, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut dan implementasi teknologi yang lebih ramah lingkungan dalam transportasi bermotor.

Meskipun penelitian yang dilakukan oleh [Feng, et al. \(2022\)](#) mengamati tentang pengaruh *zeolite* ZSM-5 terhadap pengendalian emisi hidrokarbon pada mesin bensin saat start dingin, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian mungkin tidak mencakup variasi kondisi lingkungan atau pengaturan mesin yang dapat memengaruhi hasilnya, sehingga generalisasi temuan mungkin terbatas. Kedua, penelitian ini mungkin memiliki batasan dalam metode analisis yang digunakan, seperti kecukupan jumlah sampel atau keakuratan instrumen yang digunakan untuk mengukur adsorpsi dan difusi hidrokarbon pada *zeolite* ZSM-5. Selain itu, pengaruh faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi hidrokarbon, seperti suhu mesin, tekanan, dan kelembaban udara, mungkin tidak dipertimbangkan secara mendalam. Selain itu, penelitian ini perlu mempertimbangkan efek dari variasi dalam komposisi bahan bakar dan jenis mesin pada hasil yang diperoleh. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman tentang penggunaan

*zeolite* ZSM-5 dalam mengendalikan emisi hidrokarbon pada mesin bensin saat start dingin, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut dalam upaya mengurangi polusi udara dari kendaraan bermotor.

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa meskipun setiap penelitian memberikan kontribusi penting dalam pemahaman tentang emisi gas buang kendaraan bermotor, namun masih terdapat kekurangan yang perlu diperhatikan. Dalam penelitian mengenai pengaruh variasi jumlah *blade* turbo ventilator terhadap kadar CO dan HC dalam emisi gas buang sepeda motor Supra X 125, kelemahan terletak pada hanya memperhatikan pengaruh jumlah *blade* tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lain yang memengaruhi emisi gas dan tidak menganalisis faktor teknis lain yang mempengaruhi kinerja turbo ventilator. Demikian pula, penelitian mengenai emisi CO<sub>2</sub> dari kendaraan bermotor dengan variasi jenis *muffler* Pertamina, meskipun memberikan wawasan penting, juga memiliki kekurangan dalam mempertimbangkan faktor-faktor lain yang memengaruhi emisi CO<sub>2</sub> dan tidak menganalisis faktor-faktor teknis lain yang mempengaruhi kinerja *muffler*.

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, belum ada penelitian yang menjelaskan tingkat kejenuhan daya absorb material *zeolite* terhadap emisi gas buang. Sehingga penelitian ini akan dilakukan dengan mengangkat tema tingkat kejenuhan material batu *zeolite* dengan beberapa ukuran *zeolite* dalam kemampuan menyerap emisi gas buang pada kendaraan bermotor. Penelitian dilakukan dengan variasi ukuran batu *zeolite* dengan emisi gas buang yang diukur adalah HC, CO dan CO<sub>2</sub>. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tingkat kejenuhan absorpsi material *zeolite* pada *filter muffler* terhadap emisi gas buang di kendaraan Yamaha Jupiter Z 110cc.

## 2. Metode

### 2.1. Material Perancangan

Material utama dalam pengujian ini menggunakan batu *zeolite* yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat diaplikasikan sebagai katalitik konverter pada kendaraan sepeda motor Jupiter Z 110 CC. Pada penelitian ini batu *zeolite* akan ditumbuk dengan ukuran pengayakan mesh 50 berat massa berbeda, dengan memanfaatkan variasi diameter batu *zeolite* yang dijual dipasaran. Berikutnya batu *zeolite* akan di diaplikasikan pada wadah tabung dengan *mesh* / saringan sebagai pembatas, batu *zeolite* dengan massa yang berbeda- beda yaitu 5 gram, 7,5gram dan 10 gram.

### 2.2. Alat Perancangan

#### a. Sepeda Motor Yamaha Zupiter Z 110cc

Penulis menggunakan sepeda motor jenis bebek yaitu Yamaha Jupiter Z 110cc sebagai alat utama untuk pengambilan data. Adapun spesifikasi mesin Yamaha Jupiter Z 110cc terlihat pada [Tabel 1](#).

#### b. Alat Uji Emisi

Penulis menggunakan alat uji emisi Gas *Analyzer* sebagai pengambil sampel pengujian ini. Gas *Analyzer* atau biasa disebut alat uji emisi gas buang merupakan instrumen atau alat yang digunakan untuk mengukur proporsi dan komposisi dari gabungan gas. Gas yang dapat diukur oleh gas *analyzer* adalah gas *karbon dioksida* (CO<sub>2</sub>), *oksigen* (O<sub>2</sub>), dan *karbon monoksida* (CO). Pada industri pabrik, gas *analyzer* biasa digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi dan *safety*. Sedangkan di dunia

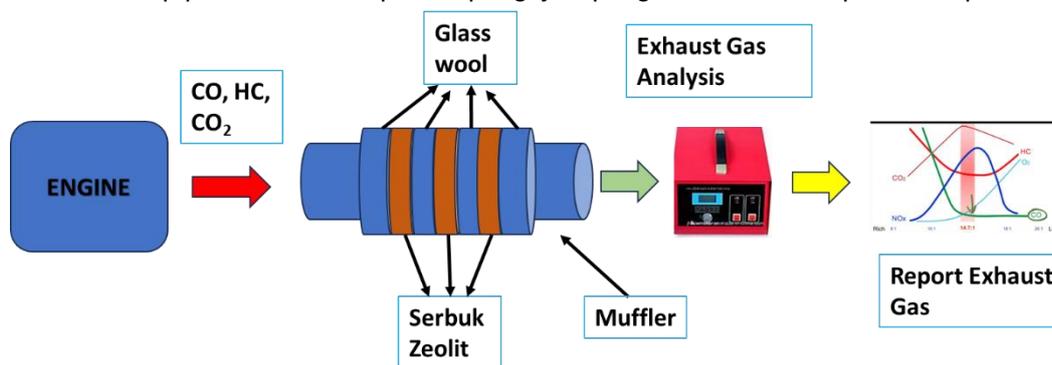
otomotif alat uji emisi gas digunakan guna mengukur gas pembakaran pada sepeda motor ataupun mobil dengan tujuan penelitian untuk mengerjakan serangkaian tindakan agar mesin kendaraan memenuhi standar ketentuan yang telah ditetapkan.

**Tabel 1.** Spesifikasi Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z 110 cc.

Spesifikasi	Keterangan
Tipe Mesin	4 Langkah, SOHC, 2 Klep
Volume Silinder	110 cc
Bore x Stroke	51.0 x 54.0 mm
Kompresi	9,3 : 1
Daya Maksimal	9.0 PS per putaran 8.000 rpm
Torsi Maksimal	9.2 Nm per putaran 5.000 rpm

### c. Set Up Penelitian

Set up penelitian untuk proses pengujian pengambilan data dapat dilihat pada [Gambar 1](#).



**Gambar 1.** Set Up penelitian.

Serbuk *zeolite* dibuat dengan menumbuk batu *zeolite*, kemudian diayak dengan ukuran mesh 50. Serbuk *zeolite* dimasukkan ke dalam muffler seperti pada set up penelitian diatas dengan massa *zeolite* tertentu yaitu sebesar 5 gr, 7,5 gr dan 10 gr. Pengambilan data dengan variabel kecepatan putar mesin 1000 rpm, Setiap pengambilan data selalu digunakan serbuk *zeolite* yang baru. Hasil data yang diambil adalah emisi CO, HC dan CO<sub>2</sub>.

### 2.3. Proses Pengambilan Data

Adapun proses pengambilan data dalam penelitian ini sebagai berikut. Tahap Pertama, Pengujian pengaruh porositas *zeolite* terhadap absorpsi emisi gas buang menggunakan *muffler* standar. Pastikan *gas analyzer* dalam keadaan siap digunakan. Memasukkan sepeda motor ke tempat pengujian. Mehubungkan sepeda motor dengan tachometer. Memasukkan *probe* ke dalam *muffler* sepeda motor, pastikan seluruh batang *probe* masuk ke dalam *muffler*. Tunggu beberapa menit hingga pembacaan emisi gas buang stabil. Membaca hasil pengujian di monitor *gaz analyzer* pada (tahap pertama) diuji pada putaran mesin 1000 rpm. Tahap Kedua, pengujian pengaruh porositas *zeolite* terhadap absorpsi emisi gas buang menggunakan *muffler* modifikasi menggunakan saringan batu

*zeolite*. Melepas *muffler* Standar dan mengganti *Muffler* Modifikasi. Menghubungkan sepeda motor dengan *tachometer*. Memasukkan probe ke dalam *muffler* sepeda motor, pastikan seluruh batang probe masuk ke dalam *muffler*. Tunggu beberapa menit hingga pembacaan emisi gas buang stabil. Membaca hasil pengujian di monitor *gas analyzer*.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Data Hasil Penelitian

##### a. Pengujian *Muffler* Standar

*Filter* pada *muffler* yang menggunakan *zeolite* sebagai bahan adsorben dapat berperan penting dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan. *Zeolite*, sebagai mineral alam dengan struktur kristal berpori, memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengikat molekul-molekul zat kimia yang terkandung dalam gas buang, seperti *nitrogen oksida* (NOx) dan *hidrokarbon*. Tingkat kejenuhan *zeolite* dalam *filter muffler* mencerminkan kapasitas penyerapan material tersebut seiring waktu. Proses *absorpsi zeolite* memungkinkan peningkatan efisiensi penyaringan, dengan menyaring zat-zat berbahaya sebelum gas buang dilepaskan ke udara. Seiring berjalannya waktu dan akumulasi zat kimia, *zeolite* mungkin memerlukan regenerasi untuk memulihkan kapasitas penyerapannya. Penggunaan *zeolite* dalam *filter muffler* adalah salah satu langkah inovatif untuk meningkatkan kontrol emisi gas buang kendaraan, membantu menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Tahap pengujian yang pertama adalah menggunakan *muffler* standar pabrik, dimana tidak ditambahkan batu *zeolite* dalam saringan *muffler*, sepeda motor sudah terlebih dahulu dilakukan *tune up*. Adapun hasil pengujian terlihat pada [Tabel 2](#).

Tabel 2. Pengujian Emisi *Muffler* Standar (Tanpa *Filter*).

Time	CO (ppm)	HC (ppm)	LAMDA	CO <sub>2</sub> (ppm)
0	8,15	2608	1.016	4,30
5	8,15	2608	1.016	4,30
10	8,06	2609	1.025	4,20
15	8,41	2441	1.005	4,30
20	8,23	2412	1.029	4,10
25	8,42	2410	1.010	4,20
30	8,41	2319	0.991	4,20
35	8,61	2618	1.015	4,20
40	8,45	2728	1.016	4,10
45	8,24	2752	1.003	4,20
50	8,23	2706	1.015	4,10

Rata<sup>2</sup>= 1,0128

Dalam tahap pengujian ini, dilakukan pengukuran emisi gas buang pada kendaraan tanpa penambahan batu *zeolite* dalam saringan *muffler*. Data yang diukur melibatkan parameter seperti waktu (*time*), konsentrasi karbon monoksida (CO), *hidrokarbon* (HC), nilai lambda, dan konsentrasi karbon

dioksida (CO<sub>2</sub>) pada interval waktu tertentu. Dari data diatas, dapat diamati bahwa konsentrasi CO, HC, dan CO<sub>2</sub> relatif stabil selama periode pengujian. Rata-rata nilai lambda juga cenderung konsisten dengan nilai rata-rata sekitar 1,0128. Pada kondisi normal, nilai lambda mendekati 1. Tahap pengujian ini memberikan dasar untuk menilai kondisi emisi gas buang pada kendaraan sebelum penggunaan saringan *muffler* dengan *zeolite*. Data yang diperoleh dapat dijadikan sebagai titik awal untuk perbandingan dengan hasil pengujian selanjutnya setelah penambahan *zeolite*.

#### b. Pengujian Menggunakan Serbuk Batu *Zeolite*

Pengukuran selanjutnya menggunakan *muffler* yang sudah dimodifikasi dan dipasang dengan tambahan *filter zeolite* 50, 100 dan 200 mesh dengan berat 5 gram, 7,5 gram dan 10 gram. Hasil pengujian terlihat pada [Tabel 3](#) dan [Tabel 4](#).

**Tabel 3.** Hasil pengujian CO & HC pada ukuran mesh 50.

Time	Emisi CO %			Emisi HC (ppm)			Emisi CO <sub>2</sub> %		
	5 gr	7,5 gr	10 gr	5 gr	7,5 gr	10 gr	5 gr	7,5 gr	10 gr
0	10,00	9,81	9,19	1712	1898	512	5,3	5,2	8,6
5	9,17	7,67	7,50	1052	533	422	6,8	6,6	8,5
10	8,66	6,95	6,90	638	423	321	5,7	7,0	11,5
15	8,86	6,22	6,30	669	398	307	7,0	9,1	11,8
20	9,82	5,75	5,60	826	381	227	6,4	9,0	12,4
25	9,58	6,41	4,05	896	394	254	5,9	8,9	13,1
30	9,40	6,10	3,53	981	360	247	5,9	9,3	13,4
35	7,75	6,30	2,85	838	387	240	4,6	9,2	13,4
40	7,35	7,30	7,60	809	533	262	4,3	8,7	13,4
45	7,19	8,03	8,72	741	633	1269	4,3	8,2	8,6
50	8,33	9,14	9,45	823	775	2671	5,0	7,4	3,2

**Tabel 4.** Hasil pengujian emisi CO & HC pada ukuran mesh 100.

Time	Emisi CO %			Emisi HC (ppm)			Emisi CO <sub>2</sub> %		
	5 gr	7,5 gr	10 gr	5 gr	7,5 gr	10 gr	5 gr	7,5 gr	10 gr
0	7,79	8,55	10,00	1050	963	1263	5,2	4,7	4,4
5	7,02	8,40	8,89	788	920	883	5,9	5,0	5,1
10	7,14	8,34	7,98	840	694	661	5,8	7,0	5,4
15	7,07	7,91	7,76	801	693	702	5,6	5,1	5,6
20	7,14	7,44	6,92	743	650	435	5,8	5,2	7,9
25	7,13	7,02	6,08	676	602	373	5,8	5,4	8,9
30	7,05	6,56	5,04	577	539	261	6,0	5,4	9,8
35	6,89	6,56	7,21	551	543	525	6,2	5,4	7,4
40	7,00	7,40	7,70	586	648	541	6,0	4,8	6,9
45	8,42	8,09	8,39	973	854	677	5,2	4,4	6,6
50	9,19	9,72	9,33	1220	1663	1065	4,9	3,9	5,5

Hasil data pengujian menggunakan serbuk batu *zeolite* pada saringan *muffler* memberikan gambaran yang menarik terkait pengaruh *zeolite* terhadap emisi gas buang kendaraan. Pada tingkat penambahan *zeolite* 5 gr, terlihat penurunan persentase emisi CO seiring waktu, menunjukkan potensi *zeolite* dalam mengurangi karbon monoksida. Namun, ketika dosis *zeolite* ditingkatkan menjadi 7,5 gr dan 10 gr, penurunan persentase emisi CO tidak lagi terjadi secara signifikan, bahkan ada sedikit peningkatan pada beberapa interval waktu.

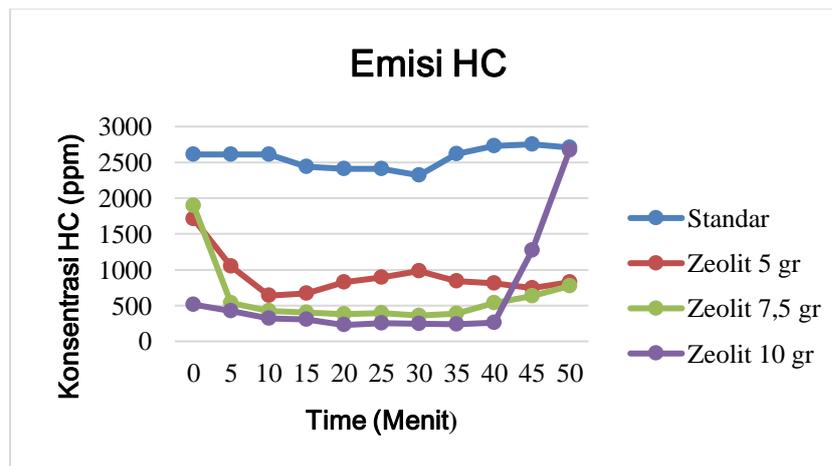
Berbeda dengan CO, konsentrasi hidrokarbon (HC) menunjukkan respons yang bervariasi terhadap penambahan *zeolite*. Pada beberapa interval, terlihat penurunan emisi HC dengan penambahan *zeolite*, tetapi pada tingkat 10 gr *zeolite*, terjadi peningkatan yang mencolok pada beberapa titik waktu. Fenomena ini mungkin menunjukkan kompleksitas interaksi antara *zeolite* dan komponen gas buang. Emisi CO<sub>2</sub> juga menunjukkan respons yang signifikan terhadap penambahan *zeolite*, dengan peningkatan persentase yang konsisten pada tingkat 10 gr *zeolite*. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan *zeolite* mungkin mempengaruhi proses pembakaran bahan bakar, menghasilkan peningkatan emisi karbon dioksida.

Hasil pengujian ini menunjukkan adanya variabilitas dalam respons emisi gas buang terhadap penambahan *zeolite*, dan interpretasi lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme yang terlibat. Analisis lebih lanjut termasuk pertimbangan terhadap kondisi operasional dan karakteristik *zeolite* yang digunakan akan membantu merinci dampak *zeolite* pada pengurangan emisi gas buang kendaraan secara holistik.

### 3.2. Pembahasan

#### a. Emisi HC

Emisi HC (*Hydrocarbon*) adalah istilah yang merujuk pada emisi senyawa hidrokarbon, yaitu senyawa kimia yang terdiri dari unsur hidrogen (H) dan karbon (C). Emisi HC seringkali terkait dengan emisi dari kendaraan bermotor, terutama emisi yang berasal dari pembakaran bahan bakar di mesin kendaraan. Senyawa hidrokarbon ini dapat mencakup berbagai molekul organik yang dapat memainkan peran dalam membentuk polusi udara dan dampak kesehatan manusia. [Gambar 2](#) menunjukkan grafik perbandingan emisi HC dengan tanpa *filter* standar terhadap menggunakan *filter zeolite* beberapa ukuran massa *zeolite*.

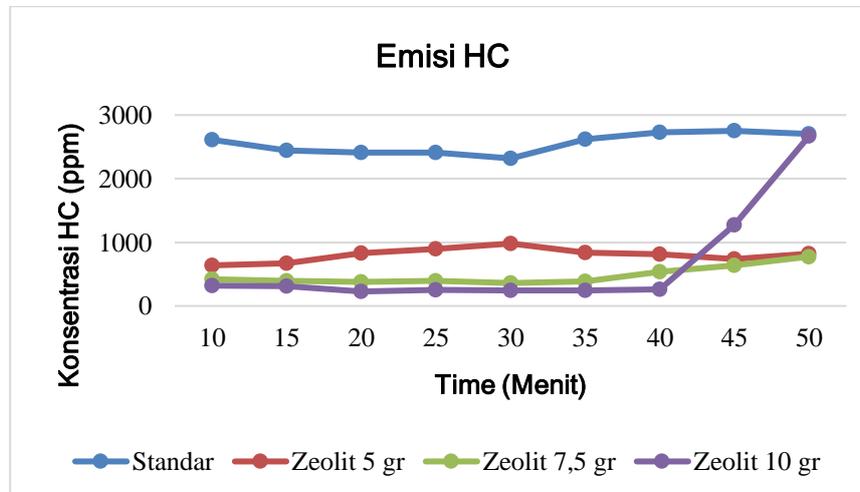


**Gambar 2.** Perbandingan emisi HC standar terhadap penggunaan *filter zeolite*.

Pada [Gambar 2](#) Grafik perbandingan emisi HC antara kondisi standar tanpa *filter* dan penggunaan *filter zeolite* dengan berbagai ukuran massa *zeolite* memberikan gambaran yang menarik terkait efek *filter zeolite* terhadap tingkat emisi HC pada kendaraan. Pada kondisi standar tanpa *filter zeolite*, tingkat emisi HC cenderung fluktuatif dan mencapai nilai tertinggi pada waktu 45 menit dan 50 menit, yakni 2752 dan 2706, masing-masing.

Penurunan emisi HC ini dapat dijelaskan oleh kemampuan *zeolite* untuk menyerap dan mengurangi senyawa hidrokarbon yang terlibat dalam proses pembakaran mesin kendaraan. Ukuran massa *zeolite* juga memainkan peran penting, di mana massa 10 gram cenderung memberikan pengurangan yang lebih besar dibandingkan dengan massa 5 gram dan 7,5 gram.

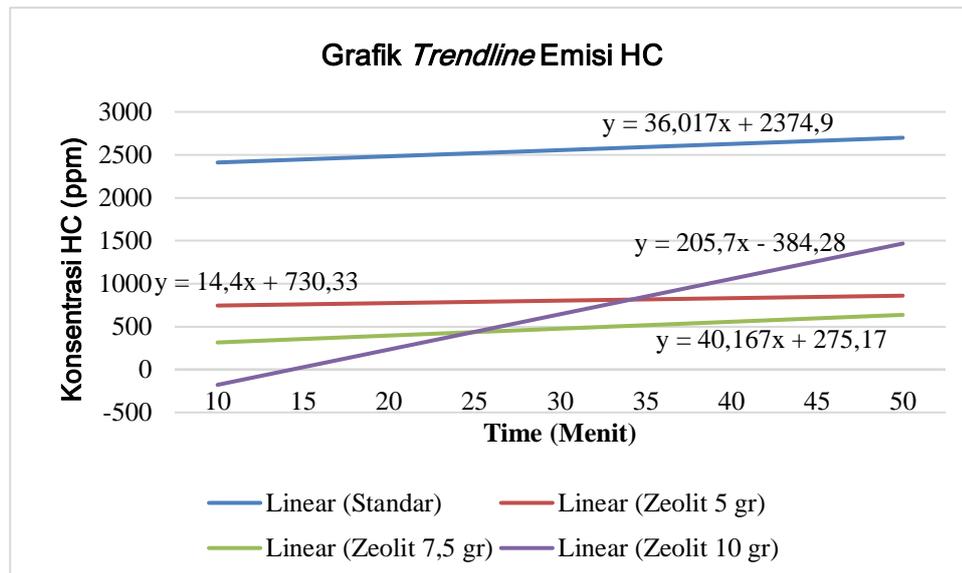
Meskipun demikian, fluktuasi pada beberapa titik waktu mungkin disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *filter zeolite*, seperti kemungkinan jenuh atau kapasitas *filter* terhadap emisi HC yang telah diserap. Oleh karena itu, analisis lebih lanjut dan pemahaman mendalam terkait mekanisme *filter zeolite* perlu dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan *filter zeolite* pada kendaraan dan mencapai hasil yang konsisten dalam pengurangan emisi HC. Dibawah ini dapat dilihat pada [Gambar 3](#) emisi HC sebagai berikut :



[Gambar 3](#). Tingkat kejenuhan emisi HC dengan dan tanpa *filter zeolite* beberapa ukuran massa.

Tingkat kejenuhan emisi HC pada penggunaan *filter zeolite* dengan beberapa ukuran massa (5 gram, 7,5 gram, dan 10 gram) serta ukuran mesh 100 menunjukkan variabilitas yang dapat diinterpretasikan melalui data yang diberikan. Pada kondisi standar tanpa *filter zeolite*, tingkat emisi HC pada waktu 10 menit hingga 50 menit mengalami fluktuasi yang signifikan, mencapai nilai tertinggi pada waktu 50 menit sebesar 2706.

Alasan penurunan yang konsisten pada tingkat kejenuhan emisi HC dengan *filter zeolite* adalah karena adanya interaksi kimiawi antara *zeolite* dengan senyawa hidrokarbon pada gas buang kendaraan. Seiring berjalannya waktu, *filter zeolite* masih mampu menjaga kapasitas serapnya, meskipun pada beberapa interval terjadi fluktuasi yang mungkin disebabkan oleh variabilitas dalam komposisi emisi atau karakteristik *filter zeolite* itu sendiri. Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk memahami secara mendalam faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kejenuhan emisi HC pada *filter zeolite* dengan berbagai ukuran massa. Grafik mode *Trendline* Emosi HC, seperti [Gambar 4](#).



Gambar 4. Trendline tingkat kejenuhan emisi HC dengan dan tanpa *filter zeolite* beberapa ukuran massa.

Gambar 4 menunjukkan *Trendline* tingkat kejenuhan emisi HC dengan dan tanpa *filter zeolite* pada berbagai ukuran massa *zeolite* dengan mesh 100 memberikan pemahaman yang mendalam tentang perubahan tren emisi HC seiring waktu. Pada kondisi standar tanpa *filter zeolite*, *Trendline* menunjukkan fluktuasi yang signifikan dalam tingkat emisi HC, dengan puncak tertinggi terjadi pada waktu 50 menit sebesar 2706.

Dengan demikian, *Trendline* tersebut memberikan indikasi bahwa penggunaan *filter zeolite* dengan ukuran massa yang tepat dapat menghasilkan penurunan yang konsisten dalam tingkat kejenuhan emisi HC, memberikan potensi untuk mengurangi dampak negatif emisi HC pada lingkungan. Analisis lebih lanjut dapat dilakukan untuk memahami lebih detail faktor-faktor yang memengaruhi tren ini dan mengoptimalkan penggunaan *filter zeolite* pada kendaraan.

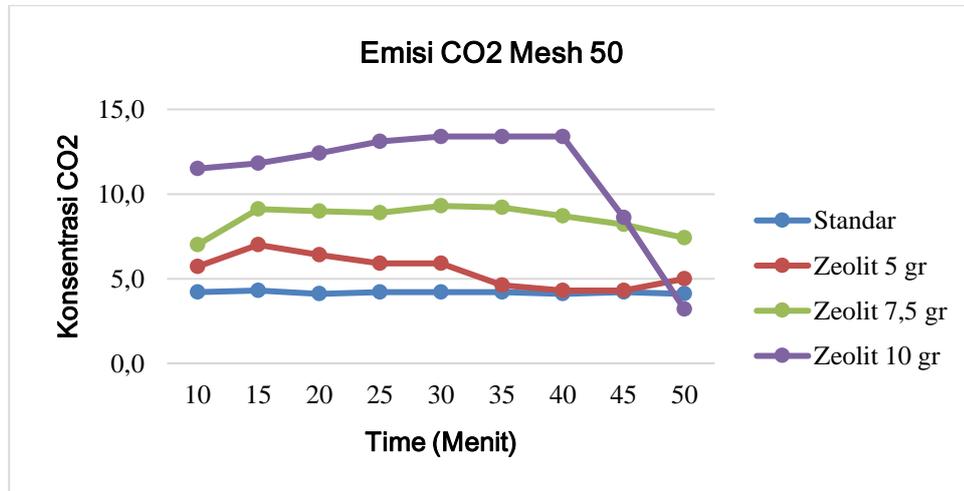
Hal ini sejalan dengan penelitian Rajakrishnamoorthy, *et al.* 2020) yang menyatakan bahwa Penggunaan *filter zeolite* dengan ukuran massa yang tepat dapat menghasilkan penurunan yang konsisten dalam tingkat kejenuhan emisi HC pada kendaraan bermotor. Dengan ukuran massa yang tepat, *filter zeolite* dapat memberikan kapasitas serap yang optimal terhadap senyawa hidrokarbon, sehingga mampu mengurangi konsentrasi emisi HC secara signifikan. Dengan demikian, penggunaan *filter zeolite* dengan ukuran massa yang tepat dapat dianggap sebagai solusi yang efektif dalam mengatasi permasalahan emisi HC pada kendaraan, menyumbang pada upaya perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Berdasarkan data yang disajikan, terlihat bahwa penambahan serbuk *zeolite* dalam jumlah tertentu memiliki dampak yang signifikan terhadap konsentrasi hidrokarbon (HC) pada gas buang mesin bensin. Beberapa aspek teknis yang dapat dijelaskan sebagai alasan dari hasil tersebut adalah sebagai berikut:

#### b. Emisi CO<sub>2</sub>

Emisi CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) merujuk pada pelepasan gas karbon dioksida ke atmosfer sebagai hasil dari aktivitas manusia atau proses alam yang melibatkan pembakaran bahan bakar fosil, seperti

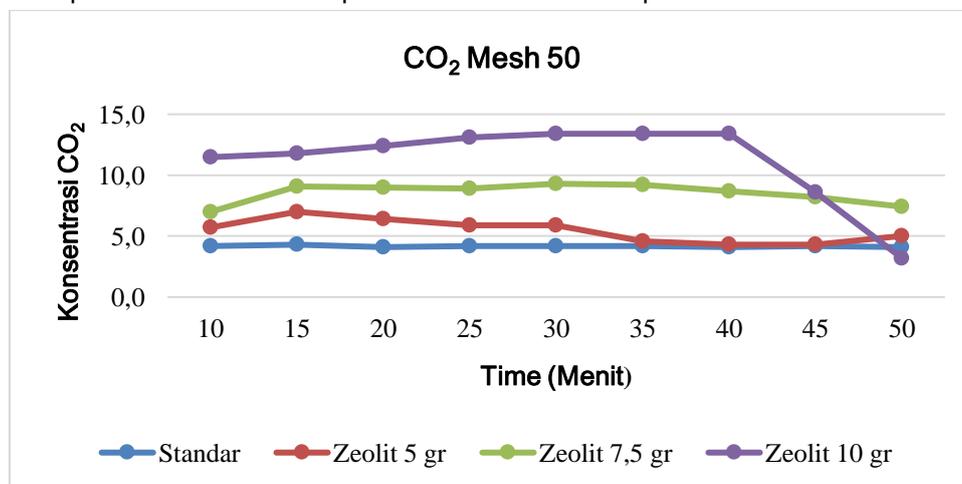
batubara, minyak, dan gas alam. Gas karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca utama yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. [Gambar 5](#) menunjukkan grafik perbandingan emisi CO<sub>2</sub> dengan tanpa *filter* standar terhadap menggunakan *filter zeolite* beberapa ukuran massa *zeolite*.



[Gambar 5](#). Perbandingan emisi CO<sub>2</sub> standar terhadap penggunaan *filter zeolite* beberapa ukuran massa.

Grafik perbandingan emisi CO<sub>2</sub> antara kondisi standar tanpa *filter* dan penggunaan *filter zeolite* dengan berbagai ukuran massa (5 gram, 7,5 gram, dan 10 gram) memberikan gambaran yang menarik tentang efek *filter zeolite* terhadap tingkat emisi gas CO<sub>2</sub> dari kendaraan. Pada kondisi standar, terlihat bahwa emisi CO<sub>2</sub> mengalami fluktuasi namun cenderung berada pada rentang tertentu, mencapai puncak pada waktu 30 menit sebesar 4,2.

Hasil ini memberikan wawasan bahwa efek *filter zeolite* terhadap emisi CO<sub>2</sub> bersifat dinamis dan dapat bervariasi tergantung pada ukuran massa *zeolite* yang digunakan serta interval waktu pengukuran. Dibawah ini gambar grafik CO<sub>2</sub> Mesh 50 yang mengukur Tingkat kejenuhan Emisi CO<sub>2</sub> dengan dan tanpa *filter zeolite* beberapa ukuran massa terlihat pada [Gambar 6](#).



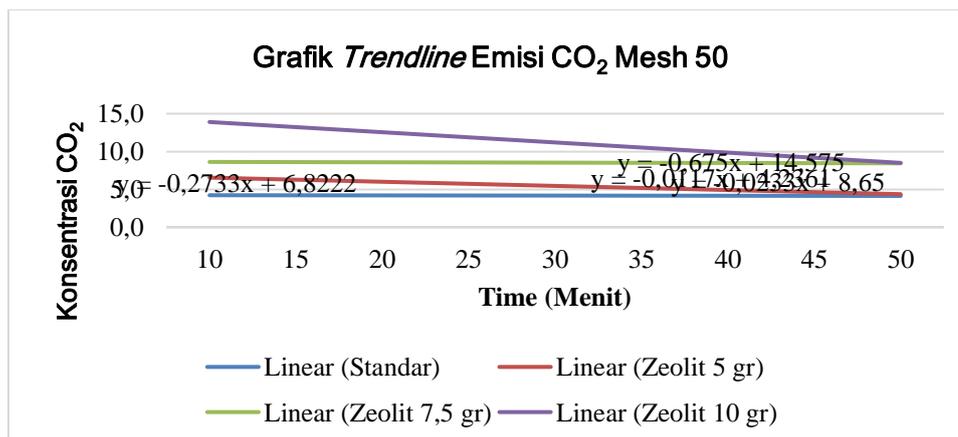
[Gambar 6](#). Tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> dengan dan tanpa *filter zeolite* beberapa ukuran massa.

Grafik tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> dengan dan tanpa penggunaan *filter zeolite* pada berbagai ukuran massa (5 gram, 7,5 gram, dan 10 gram) memberikan gambaran tentang bagaimana *filter zeolite* dapat memengaruhi konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam gas buang kendaraan pada interval waktu tertentu. Pada kondisi standar tanpa *filter zeolite*, terlihat bahwa tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> cenderung fluktuatif namun relatif stabil pada nilai tertentu, mencapai puncak pada waktu 45 menit dengan nilai 8,2.

Dengan penggunaan *filter zeolite*, terlihat variasi yang signifikan dalam tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub>. Pada *filter zeolite* dengan massa 5 gram dan 7,5 gram, terlihat tren penurunan yang konsisten pada sebagian besar interval waktu, mencapai nilai terendah pada waktu 50 menit. Namun, *filter zeolite* dengan massa 10 gram menunjukkan peningkatan kejenuhan pada beberapa titik waktu, khususnya pada waktu 20 menit hingga 30 menit.

Alasan terjadinya perbedaan ini dapat dijelaskan oleh kemampuan *zeolite* sebagai adsorben yang dapat mempengaruhi komposisi gas buang. *filter zeolite* dengan massa 5 gram dan 7,5 gram mungkin lebih efektif dalam menyerap dan mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub>, menghasilkan penurunan yang konsisten. Sebaliknya, pada massa 10 gram, terdapat kecenderungan peningkatan kejenuhan, mungkin karena interaksi *zeolite* dengan komponen gas buang yang berbeda atau saturasi *zeolite* pada massa yang lebih besar.

Hasil ini menunjukkan bahwa efek penggunaan *filter zeolite* terhadap kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh ukuran massa *zeolite* yang digunakan. Diperlukan analisis lebih lanjut untuk memahami dengan lebih mendalam faktor-faktor yang memengaruhi interaksi antara *zeolite* dan komponen gas buang kendaraan. Maka grafik di atas dibuat dalam mode *Trendline*, terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Trendline* tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> dengan dan tanpa *filter zeolite* beberapa ukuran massa.

*Trendline* pada tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> dengan dan tanpa *filter zeolite*, dengan variasi ukuran massa *zeolite* (5 gram, 7,5 gram, dan 10 gram), memberikan gambaran yang menarik tentang perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam gas buang kendaraan seiring waktu. Pada kondisi standar tanpa *filter zeolite*, terlihat bahwa tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub> cenderung fluktuatif dengan nilai tertentu pada masing-masing interval waktu, mencapai puncak pada waktu 45 menit dengan nilai 8,2.

Alasan terjadinya perbedaan dalam *trendline* ini dapat dijelaskan oleh sifat adsorpsi *zeolite* terhadap CO<sub>2</sub> dan interaksi kompleksnya dengan komponen gas buang. *filter zeolite* dengan massa 5

gram dan 7,5 gram mungkin lebih efektif menyerap CO<sub>2</sub>, menghasilkan penurunan yang konsisten seiring waktu. Namun, pada massa 10 gram, dapat terjadi saturasi *zeolite* atau interaksi yang berbeda dengan komponen gas buang, menghasilkan tren peningkatan kejenuhan.

Hasil ini menyoroiti kompleksitas penggunaan *filter zeolite* dalam memodifikasi tingkat kejenuhan emisi CO<sub>2</sub>, dan perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi trenline ini secara lebih mendalam.

### c. Pengujian Serbuk Batu *Zeolite* Ukuran Mesh 100

Pengukuran selanjutnya menggunakan *muffler* yang sudah dimodifikasi dan dipasang dengan tambahan *filter zeolite* 100 mesh dengan berat 5 Gram, 7,5 Gram dan 10 gram. Berikut hasil pengujiannya terlihat pada [Tabel 5](#).

**Tabel 5.** Hasil pengujian emisi co pada ukuran mesh 100.

Time	Emisi CO %			Emisi HC (ppm)			Emisi CO <sub>2</sub> %		
	5 gr	7,5 gr	10 gr	5 gr	7,5 gr	10 gr	5 gr	7,5 gr	10 gr
0	7,79	8,55	10,00	1050	963	1263	5,2	4,7	4,4
5	7,02	8,40	8,89	788	920	883	5,9	5,0	5,1
10	7,14	8,34	7,98	840	694	661	5,8	7,0	5,4
15	7,07	7,91	7,76	801	693	702	5,6	5,1	5,6
20	7,14	7,44	6,92	743	650	435	5,8	5,2	7,9
25	7,13	7,02	6,08	676	602	373	5,8	5,4	8,9
30	7,05	6,56	5,04	577	539	261	6,0	5,4	9,8
35	6,89	6,56	7,21	551	543	525	6,2	5,4	7,4
40	7,00	7,40	7,70	586	648	541	6,0	4,8	6,9
45	8,42	8,09	8,39	973	854	677	5,2	4,4	6,6
50	9,19	9,72	9,33	1220	1663	1065	4,9	3,9	5,5

[Tabel 5](#). menyajikan hasil pengujian emisi CO<sub>2</sub> dengan penggunaan *filter zeolite* ukuran mesh 100 dalam berbagai gram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan massa *zeolite* dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, dan hasil ini dapat menjadi dasar pertimbangan untuk pemilihan massa *zeolite* yang optimal.

Hal ini terdapat dalam penelitian oleh [Feng, et al. \(2022\)](#) tentang *effects of the zsm-5 zeolite s on hydrocarbon emission control of gasoline engine under cold start* menunjukkan bahwa adsorpsi dan difusi hidrokarbon tunggal pada *zeolite* ZSM-5 dipengaruhi oleh jumlah kation pertukaran *zeolite*, suhu lingkungan, diameter molekul HC, dan jenis ikatan kovalen molekul HC. Kapasitas adsorpsi dan koefisien difusi juga dipengaruhi oleh efek kompetitif antara komponen HC. Pada adsorpsi kompetitif, molekul dengan diameter besar seperti asetaldehida, 1-butena, dan benzene menduduki situs adsorpsi utama *zeolite*, sehingga kapasitas adsorpsi dari ketiga molekul HC tersebut besar, sementara kapasitas adsorpsi molekul yang lebih kecil seperti etilena, asetilena, dan propilena lebih kecil.

Dengan demikian, penyesuaian massa dan ukuran mesh *zeolite* dalam *filter* memiliki peran krusial dalam mengoptimalkan kinerja adsorpsi. Keseluruhan, kombinasi yang tepat antara massa yang sesuai dan ukuran mesh yang optimal dapat memberikan kontrol yang lebih baik terhadap kapasitas,

selektivitas, dan efisiensi adsorpsi *filter zeolite*, mendukung aplikasinya dalam berbagai konteks seperti pengolahan air, udara, atau zat kimia.

Penelitian dari Chen, (2022) tentang *effects of zeolite molecular sieve on the hydrocarbon adsorbent and diffusion performance of gasoline engine during cold start* jenis molekuler saringan yang paling cocok ditemukan dari tiga molekuler saringan ketika jenis dan jumlah komponennya berbeda. Hasil simulasi adsorpsi menunjukkan bahwa molekuler saringan CON memiliki kinerja adsorpsi yang lebih baik untuk komponen benzene. Dalam hasil penelitian ini, jumlah adsorpsi pada *zeolite* menjadi fokus utama. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa jumlah adsorpsi benzene per sel (unit sel/UC) mencapai 65 molekul, lebih tinggi hampir dua kali lipat dari molekuler saringan MFI. Namun, kinerja adsorpsi lebih baik untuk komponen etilena pada molekuler saringan MFI, dengan jumlah adsorpsi mencapai 130 molekul etilena per sel/UC, yang secara signifikan lebih tinggi daripada MOR dan CON. Simulasi adsorpsi komponen hidrokarbon campuran memberikan urutan kapasitas adsorpsi sebagai berikut:  $C_6H_6 > C_3H_6 > C_2H_4 > C_3H_8 > H_2O > CH_4$  secara kolektif. Selanjutnya, hasil simulasi difusi menunjukkan bahwa komponen tunggal molekul etilena memiliki koefisien difusi relatif kecil pada molekuler saringan MFI, sekitar  $2,2 \times 10^{-10} m/s$ , dengan kinerja adsorpsi yang baik pada suhu rendah. Sementara itu, molekuler saringan CON memiliki koefisien difusi terbesar sekitar  $3,4 \times 10^{-10} m/s$ . Sebaliknya, komponen tunggal molekul benzene menunjukkan koefisien difusi terkecil pada molekuler saringan CON, sekitar  $5,9 \times 10^{-11} m/s$ , dan koefisien difusi terbesar pada molekuler saringan MOR, sekitar  $1,76 \times 10^{-10} m/s$ . Dalam konteks difusi multikomponen, derajat difusi dari setiap molekul komponen diurutkan berdasarkan kekuatan dari kuat ke lemah. Pada molekuler saringan MFI dan CON, pola difusi adalah:  $H_2O, CH_4, C_2H_4, C_3H_8, C_3H_6,$  dan  $C_6H_6$ . Sedangkan pada molekuler saringan MOR, pola difusi lebih kurang:  $C_3H_8, C_6H_6, C_3H_6, C_2H_4, CH_4,$  dan  $H_2O$ .

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan selaras dengan tujuan penelitian, maka kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah tingkat kejenuhan absorpsi material *zeolite* pada *filter muffler* terhadap emisi gas buang di kendaraan Yamaha Jupiter Z 110cc dengan konsentrasi CO terbaik adalah penggunaan serbuk batu *zeolite* 10 gram mesh pada 1000 rpm 35 menit yaitu sebesar 2,85% atau mengalami reduksi sebesar 66,9% HC terbaik berada pada pengujian serbuk batu *zeolite* 10 gram mesh 50 pada 1000 rpm 20 menit yaitu sebesar 227 ppm atau mengalami reduksi sebesar 90,58%; dan CO<sub>2</sub> terbaik berada pada pengujian serbuk batu *zeolite* 10 gram mesh 50 pada 1000 rpm 30 menit awal sampai dengan 40 menit akhir yaitu sebesar 13,4% atau mengalami reduksi sebesar 21,95% dari penggunaan *muffler* standar tanpa penambahan *filter* serbuk batu *zeolite*.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada laboratorium Bhakti Loajanan Kalimantan dan Laboratorium Universitas Muhammadiyah Magelang yang telah membantu penelitian ini.

---



---

## Referensi

- Anonim. (2018). *Summary Of ASEAN Meeting on Soot-Free Transport*. Thailand: Bangkok.
- Anonim. (2021). *Kandungan Zat Berbahaya Dalam Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Risikonya Bagi Kesehatan Tubuh*. Jakarta: Toyota Astra Motor.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Jumlah Motor Di Indonesia.  
<https://Databoks.Katadata.Co.Id/Datapublish/2023/03/16/Ini-Pertumbuhan-Jumlah-Motor-Di-Indonesia-10-Tahun>.
- Chen, L., Deng, Y., Han, W., Jiaqiang, E., Wang, C., Han, D., & Feng, C. (2022). Effects of zeolite molecular sieve on the hydrocarbon adsorbent and diffusion performance of gasoline engine during cold start. *Fuel*, 310, 122427.
- Eduardo Pérez-Botella, Susana Valencia, Dan Fernando Rey, (2022). *Zeolite s In Adsorption Processes: State Of The Art And Future Prospects. Published By American Chemical Society*
- Fikri, Ahmad; Agus, Adi, N; Albab, Fikri, U; & Rohendi, Endi. (2021). Analisis Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Honda Revo Fi Berbahan Bakar Campuran Pertalitee Dan Spiritus. *Jurnal Fakultas Teknik Unisa Kuningan Vol. 2, No. 1*.
- Feng, C., Deng, Y., Jiaqiang, E., Han, D., Tan, Y., & Luo, X. (2022). Effects of The ZSM-5 Zeolites on Hydrocarbon Emission Control of Gasoline Engine Under Cold Start. *Energy*, 260, 124924.
- Jayanti, Novita, E; Hakam, M; & Santiasih, I. (2014). Emisi Gas Carbon Monooksida (Co) Dan Hidrocarbon (Hc) Pada Rekayasa Jumlah *Blade* Turbo Ventilator Sepeda Motor “Supra X 125 Tahun 2006. *Jurnal Rotasi*, Vol. 16, No. 2.
- Kwan, Marlis. (2020). Standard Emisi Kendaraan Di Indonesia. (Online).  
<https://www.mongabay.co.id/2020/11/26/Standard-Emisi-Kendaraan-Di-Indonesia-Sejauh-Mana-Penerapannya/>
- Majewski, W.A., Burtscher, H., (2011). Measurement Of Emissions, Ecopin Inc., Online. [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com). Diakses 17 Juni 2023.
- Melvy, Endang Siswarni (2019). Studi Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Dari Penggunaan Bahan Bakar Sepeda Motor 4 Langkah dan 2 Langkah. Diploma Thesis, Universitas Andalas.
- Novita,S., Hardianto, D., Suraharta, M., & Hermawan, B. A. (2019). Pengaruh Penggunaan *Filter* pada *Muffler* Sepeda Motor untuk Mengurangi Tingkat Emisi Gas Buang Kendaraan. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 10(1), 15-27.
- P. R, D. Karthikeyan, and C. G. Saravanan, (2020) “Emission reduction technique applied in SI engines exhaust by using zsm5 zeolite as catalysts synthesized from coal fly ash,” *Mater. Today Proc.*, vol. 22, pp. 499–506
- Peraturan Menteri LHK Nomor 20 Tahun 2017 Tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
- Peraturan Menteri No. 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Lama.
- Permen LHK Nomor P.20/Menlhk/Setjen/Kum.1/3/2017 Tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, Kategori N, Dan Kategori O.

- Priangga, Pratama, P, H & Arifin, Zainal. (2016). Hubungan Tingkat Kesadaran Pengemudi Dan Tahun Kendaraan Terhadap Kualitas Emisi Kendaraan Dinas Kabupaten Sleman. *Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Edisi XIV, No. 1*.
- Rexi, Ahmad, S & Amajid, Akhmad (2018). Analisis Kadar Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Berbahan Bakar Gas Lpg dan Peralite Dengan Variasi Tekanan Kompresi. Skripsi Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Rizky, Dwi & Muhaji. (2022). Analisis Emisi Gas Buang Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Campuran Bioetanol Umbi Batang Pisang Raja (Musa Paradisiaca) Dan Peralite. *Jurnal Teknik Mesin Vol.10, No. 02*.
- Sigit, Mahendro. (2014). Analisis Penggunaan Elektroliser Terhadap Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor 4 Langkah Suzuki Shogun 125cc Tahun Pembuatan 2010. *Jurnal Teknik Mesin Vol. 03, No. 3*.
- Syahril, Machmud. (2021). Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Mesin Nusantara, Vol. 4, No. 1*.
- Wang L, Yin C, Shan Z, Liu S, Du Y, Dan Xiao F. (2009). Bread-Template Synthesis Of Hierarchical Mesoporous ZSM-5 Zeolite With Hydrotermally Stable Mesoporosity. *Colloids And Surfaces Area: Physicochemical And Engineering Aspects*, 340, 126–130.
- Wibowo, Edy. (2017). Mengenal Zeolite Alam Dari Sukabumi Dan Cara Meningkatkan Kemampuan Adsorpsinya. *Materials Research Express*, Vol. 4, No. 6.
- Yusuf, Hanafiah, M, S. (2018). Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Variasi Jenis Muffler Berbahan Bakar Pertamina. *Jurnal FT UMSU*
-