ROTARY
ISSN: 2721-6225 (print)
ISSN: 2745-6331 (online)
Volume 7 No 1 2025
https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot
page 1-12

PENGGUNAAN KARBON TERAKTIVASI DARI TANAH GAMBUT SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN PERFORMA MESIN

USE OF ACTIVATED CARBON FROM PEAT SOIL AS ADSORBENT ON EXHAUST EMISSIONS AND ENGNE PERFORMANCE

Wayan Tedi Gusnadi[1)], Aqli Mursadin[1)]
[1]Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
email: 1910816210010@ulm.ac.id*, a.mursadin@ulm.ac.id

Received:
02 Oktober 2024

Accepted:
18 Oktober 2024

Published:
18 Oktober 2024

Abstract

The adsorbent used in this study was derived from peat soil, which was activated to become activated carbon. Activated carbon can be produced from various materials with high carbon content; in this research, the adsorbent was made from peat soil and placed in the exhaust system of motor vehicles. The study employed an experimental method to assess the use of peat soil-based activated carbon as an adsorbent, carbonized at 500°C and 600°C, on exhaust emission tests (HC & CO) and engine performance (Torque) of motor vehicles. The test results indicate that peat-based activated carbon carbonized at 600°C reduced exhaust emissions more effectively than at 500°C. Specifically, HC emissions decreased by 46.8%, CO emissions by 43.1%, with a torque performance reduction of 2.74%. These findings demonstrate that peat-based activated carbon is capable of lowering exhaust gas emissions without disrupting the exhaust gas circulation in motor vehicles, leading to cleaner emissions for the environment and living organisms.

Keywords: *Peat, Activated Carbon, Adsorbent, Exhaust Gas Emissions, Torque*

Abstrak

Adsorben terbuat dari arang yang telah di aktivasi menjadi arang aktif. Arang aktif terbuat dari berbagai macam bahan yang kandungan karbonnya tinggi, pada penelitian ini menggunakan adsorben yang berbahan dari tanah gambut dan adsorben diletakkan pada saluran buang kendaraan bermotor. Penelitian ini menggunaka metode eksperimen untuk mengetahui penggunaan karbon aktif tanah gambut sebagai adsorben dengan karbonasi 500˚C & 600˚C terhadap uji emisi gas buang (HC & CO) dan performa mesin (Torsi) pada kendaraan bermotor. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa arang teraktivasi dari tanah gambut dengan karbonasi 600˚C dapat menurunkan emisi gas buang lebih baik dibandingkan 500˚C adapun penurunan emisi HC yaitu sebesar 46,8%, Penurunan emisi CO yaitu sebesar 43,1% dan mengalami penurunan performa torsi sebesar 2,74%. Hal ini menunjukkan adsorben arang tanah gambut mampu menurunkan kadar emisi gas buang dan tidak mengganggu sirkulasi gas buang pada kendaraan bermotor sehingga gas buang yang dihasilkan lebih baik untuk lingkungan dan makhluk hidup.

Kata Kunci: Gambut, Arang Aktif, Adsorben, Emisi Gas Buang, Torsi

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v7i1.13552

How to cite: Gusnadi, W. T., & Mursadin, A., "Penggunaan Karbon Teraktivasi Dari Tanah Gambut Sebagai Adsorben Terhadap Emisi Gas Buang Dan Performa Mesin". *JTAM ROTARY*, 7(1), 1-12, 2025.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, peningkatan penggunaan kendaraan bermotor yang terus meningkat telah memicu timbulnya masalah besar dengan meningkatnya polusi udara. Hal ini disebabkan oleh tingkat kehadiran kendaraan bermotor meningkat sebanyak 20% setiap tahunnya, sementara tingkat pertumbuhan jalan raya tidak sebanding, yaitu hanya 2% per tahun. Proporsi polusi udara di Indonesia yang dihasilkan dari sumber lalu lintas adalah 70,50% untuk CO; 18,34% untuk HC; 8,89%untuk NO_x; 0,88% untuk SO_x. Penelitian oleh Akmaludin dkk (2018) menunjukkan bahwa emisi gas karbon monoksida (CO) menjadi hasil utama dari pembakaran bensin yang tidak sempurna, sementara gas hidrokrbon (HC) dikeluarkan karena bahan bakar yang belum terbakar dan ikut keluar bersamaan dengan gas buang. Kedua jenis gas tersebut memiliki potensi bahaya yang signifikan terhadap Kesehatan manusia, bahkan dapat menyebabkan kematian jika kadar mereka melebihi batas mutu yang telah ditetapkan. Menurut Ghofur (2022), karbon aktif menjadi semakin dibutuhkan seiring dengan meningkatnya pencemaran udara. Akibatnya, bahan dengan nilai karbon yang cukup tinggi digunakan untuk membuat karbon aktif. Karbon teraktivasi bisa diproduksi dari berbagai jenis bahan, terutama yang mengandung karbon tinggi. Pemilihan bahan tergantung pada proses pengaktifan yang melibatkan penggunaan zat pengaktif. Zat pengaktif ini berfungsi untuk membuka pori-pori yang sebelumnya tertutup, sehingga memperluas permukaan karbon hal ini akan meningkatkan daya serap karbon tersebut. Karbon aktif inilah yang akan digunakan nantinya sebagai *adsorbent* (penyerap) dari emisi gas buang pada kendaraan yang akan diteliti. Potensi dari tanah gambut sebagai *adsorbent* pada knalpot kendaraan bermotor memang cukup menjanjikan. Akan tetapi, dinamika aliran melalui *adsorbent* juga perlu untuk dipelajari.

Penelitian mengenai suhu karbonasi yang ideal untuk produksi karbon aktif telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Peningkatan temperatur karbonasi yang dilakukan pada suhu 500 °C dan 1000 °C menyebabkan peningkatan jumlah atom C (karbon). Selain itu seiring dengan kenaikan suhu karbonasi, jari-jari pori yang dihasilkan juga mengalami penurunan dengan nilai 10 μm pada suhu 500°C dan 5 μm pada suhu 1000 °C. Semakin tinggi suhu karbonasi, semakin banyak pori-pori yang terbentuk dan jumlah karbon yang dihasilkan pun semakin optimal. Ghofur dkk (2021) menyebutkan bahwasanya penggunaan tanah gambut sebagai *adsorbent* dapat dilakukan karena dampaknya terhadap kinerja mesin tidak mempengaruhi performansi mesin secara signifikan.

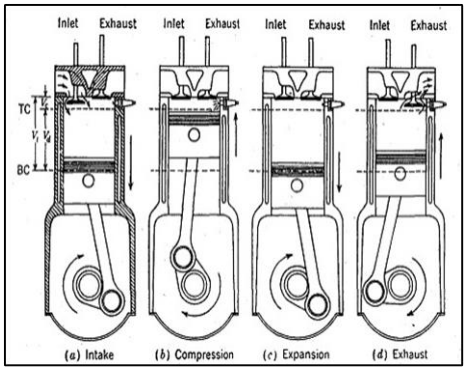
Dari berbagai penelitian di atas, kali ini ingin melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh temperature karbonasi 500°C &600°C terhadap tingkat emisi CO, HC dan juga performa mesin (Torsi) dengan menggunakan adsorben berbentuk holo sehingga dapat mengetahui temperature karbonasi mana yang lebih baik.

Prinsip Kerja Motor Bensin

Motor bensin, atau mesin otto adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam yang menggunakan percikan listrik dari busi untuk menyala dan membakar bahan bakar di dalam ruang bakar. Karakteristik utama dari mesin bensin ini adalah penggunaan percikan listrik untuk menyala, sehingga sering disebut sebagai mesin penyalaan cetus api (*spark ignition engine).* Mesin ini dirancang khusus untuk menggunakan bahan bakar seperti bensin atau jenis bahan bakar serupa. Terdapat dua jenis motor bensin berdasarkan siklus kerjanya, yaitu motor bensin dua langkah dan motor bensin empat langkah.

Mesin bensin dengan putaran poros engkol yang menghasilkan tenaga hanya satu kali dikenal sebagai motor dua langkah (usaha). Sebaliknya, mesin bensin empat Langkah memutar poros engkol dua putaran untuk menghasilkan satu kali daya

Sebagian besar mesin bensin umunya mencampurkan bahan bakar dan udara sebelum memasuki ruang bakar. Namun, ada beberapa mesin kecil modern yang menerapkan injeksi bahan bakar langsung ke dalam silinder ruang bakar. Ini termasuk dalam kategori mesin bensin dua langkah yang dirancang untuk mengurangi emisi gas buang dan ramah lingkungan. Proses pencampuran udara dan bahan bakar dilakukan melalui karburator atau sistem injeksi, dan kedua teknologi ini mengalami perkembangan dari sistem manual hingga penambahan sensor-sensor elektronik yang lebih canggih. Pada mesin otto, sistem injeksi bahan bakar terjadi di luar silinder dengan tujuan mencampurkan udara dengan bahan bakar secara proporsional (Syahruji, 2019). Mesin bensin empat langkah membutuhkan empat kali pergerakan torak atau dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus kerja. Siklus kerja ini terdiri dari empat langkah yaitu langkah hisap (isap), langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah pembuangan.



Gambar 1. Cara Kerja Motor Bensin Empat Langkah

1. Langkah Hisap

Pada langkah hisap, piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), yang menghasilkan peningkatan volume dan penurunan tekanan di atas piston.

2. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi, piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) dengan kedua katup hisap dan katup buang tertutup. Hal ini menyebabkan campuran bahan bakar di atas piston mengalami pemampatan atau penekanan, yang mengakibatkan peningkatan tekanan dan suhu.

3. Langkah Kerja (Ekspansi)

Pada langkah kerja, campuran udara dan bahan bakar yang terbakar secara berurutan menciptakan tekanan yang secara perlahan mencapai titik maksimum. Tekanan maksimum ini mendorong piston ke bawah, sementara tekanan dan suhu dari gas pembakaran mulai mengalami penurunan.

4. Langkah Buang:

Pada langkah buang, katup buang terbuka dan gas sisa hasil pembakaran dipaksa keluar oleh pergerakan piston ke atas. Proses ini dikenal sebagai langkah buang yang bertujuan untuk mengeluarkan gas hasil pembakaran

Performa Mesin

Salah satu dari sekian banyak kemajuan yang terlihat pada kendaraan roda dua saat ini adalah peningkatan performa mesin yang terus diteliti untuk mencapai hasil terbaik. Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja kendaraan yang lebih ramah lingkungan, dan salah satu diantaranya adalah melalui pengapian di bagian mesin. Kinerja dapat ditingkatkan dengan mengganti komponen- komponen seperti CDI (Capacitor Discharge Ignition), magnet, dan coil merupakan komponen yang terdapat pada

bagian mesin. Selain itu, peningkatan kinerja mesin dapat dicapai dengan mengganti karburator dengan ukuran yang lebih besar dan meningkatkan kapasitas mesin atau memperbesar diameter piston. Penggunaan filter racing juga dapat meningkatkan kinerja mesin. Beberapa jenis karburator dilengkapi dengan filter untuk menyaring udara yang masuk ke dalam karburator. Sistem kerja karburator dipengaruhi oleh filter tersebut, sehingga kinerja mesin juga terpengaruh. Efisiensi penyerapan udara dan bahan bakar memiliki dampak signifikan pada proses pembakaran. Proses pembakaran memerlukan udara yang bersih agar campuran bahan bakar menjadi homogen (Fatkhuniam, 2018).

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa dari pembakaran bahan bakar di dalam mesin, baik itu mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, atau mesin jet, yang kemudian dilepaskan melalui sistem pembuangan mesin. Proses pembakaran adalah bentuk oksidasi yang membutuhkan oksigen untuk menghasilkan tenaga pada kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak bumi. Selama proses ini, terjadi reaksi kimia yang menghasilkan pembakaran senyawa hidrokarbon.. Ikatan hidrokarbon (HC) pada bahan bakar akan bereaksi dengan oksigen selama proses pembakaran yang sempurna dan menghasilkan air (H_2O) serta karbon dioksida (CO_2). Nitrogen akan keluar sebagai nitrogen gas (N_2). Namun, jika proses pembakaran tidak sempurna, sisa hasil pembakaran akan berupa: Hidrokarbon (HC), senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar sepenuhnya akan keluar sebagai residu pembakaran yang disebut hidrokarbon (HC) atau senyawa hidrat arang; Karbon Monoksida (CO), Jika pembakaran tidak sempurna, sebagian bahan bakar akan teroksidasi menjadi karbon monoksida (CO), CO adalah gas yang berbahaya bagi tubuh manusia jika terhirup dalam jumlah yang besar ; Karbon Dioksida (CO_2), Meskipun CO_2 merupakan produk hasil pembakaran yang normal, tetapi jika emisi CO_2 berlebihan, dapat berkontribusi pada efek rumah kaca dan perubahan iklim; Nitrogen Oksida (NO_x), Reaksi antara nitrogen dan oksigen pada suhu tinggi dalam mesin pembakaran menghasilkan nitrogen oksida (NO_x), yang juga termasuk emisi berbahaya dan berkontribusi terhadap polusi udara dan pembentukan hujan asam; Air (H_2O), selain itu, air (H_2O) juga merupakan salah satu hasil pembakaran yang dihasilkan saat pembakaran sempurna (Abdul Ghofur, 2022). Tingkat risiko terhadap kesehatan akibat gas buang kendaraan bermotor bergantung pada toksisitas atau kekuatan racun dari setiap senyawa yang terkandung dalam gas buang tersebut. Secara umum, bahaya terhadap kesehatan sering diukur melalui dampak dari zat pencemaran yang dapat meningkatkan risiko penyakit atau kondisi medis lainnya pada individua tau kelompok orang.

Hidrokarbon (HC)

Senyawa hidrokarbon (HC), muncul karena bahan bakar yang belum terbakar dikeluarkan bersamaan dengan gas buang akibat pembakaran yang tidak lengkap. senyawa ini berwujud gas atau partikel organik, seperti metan, etilena, asetilena dan merupakan komponen dari kabut fotokimiawi. Sumber polusi ini berasal dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor yang tidak sempurna terutama disebabkan oleh peyempitan ruang bakar mesin akibat adanya sisa pembakaran seperti kerak, serta evaporasi dari tangki bahan bakar. Sebab utama timbulnya hidrokarbon (HC) dalam emisi gas buang pada mesin adalah sebagai berikut:

1. Sekitar dinding-dinding ruang bakar bersuhu rendah, pada suhu yang rendah, pembakaran bahan bakar tidak dapat terjadi secara sempurna. Hidrokarbon yang tidak terbakar sepenuhnya akan terlepas sebagai HC dalam emisi gas buang.
2. *Missing (missfire*), Missing adalah kondisi ketika satu atau lebih siklus pembakaran

dalam mesin tidak terjadi dengan benar. Hal ini dapat mengakibatkan bahan bakar yang tidak terbakar sepenuhnya dilepaskan ke dalam gas buang sebagai HC.

3. *Overlapping* katup (kedua katup dibuka secara bersama-sama): Jika ada kesalahan pada penjadwalan atau penyinkronan katup, ada kemungkinan terjadinya overlapping katup, di mana katup hisap dan katup buang terbuka secara bersama-sama. Hal ini dapat menyebabkan gas pembilas atau pembersih yang berisi hidrokarbon dilepaskan ke dalam gas buang sebagai HC.

Karbon Monoksida(CO)

Karbon monoksida (CO) terbentuk ketika sebagian bahan bakar tidak terbakar secara sempurna selama proses pembakaran. Ini terjadi ketika terjadi kekurangan oksigen atau kondisi pembakaran yang tidak optimal di dalam mesin. Karbon monoksida cenderung bereaksi dengan unsur lain, terutama oksigen, dan dengan sedikit oksigen dan panas, CO dapat diubah menjadi karbon dioksida (CO_2). Karbon dioksida adalah gas yang lebih stabil dan merupakan produk pembakaran yang dihasilkan saat pembakaran sempurna terjadi pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) dalam emisi gas buang dapat dilakukan dalam satuan persen per volume atau dalam bagian per juta (ppm). Dalam industri otomotif, pengukuran konsentrasi CO sering kali dilakukan dalam satuan persen per volume.

Karbon Dioksida (CO_2)

Emisi karbon dioksida (CO_2) adalah hasil sisa pembakaran yang banyak ditemukan di diudara, dan gas CO_2 terbentuk ketika proses pembakaran berlangsung secara sempurna. Konsentrasi CO_2 secara langsung mencerminkan kondisi proses pembakaran di dalam ruang bakar. Karbon dioksida (CO_2) merupakan gas buang yang tidak berwarna dan tidak berbau, serta mudah larut dalam air, tingkat CO_2 yang tinggi dapat menyebabkan pemanasan global karena kemampuan hutan untuk menyerap CO_2 saat ini semakin berkurang.

Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x), adalah emisi gas buang yang dihasilkan oleh suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan dalam pembakaran sebenarnya mengandung sekitar 80% unsur nitrogen. Senyawa hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan NO_x adalah gas beracun yang hadir dalam gas buang kendaraan. Sumber utama NO_x yang diproduksi oleh manusia berasal dari proses pembakaran, terutama yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi, dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x buatan manusia berasal dari pembakaran berbagai bahan bakar seperti batu bara, minyak, gas, dan bensin.

Uap Air (H_2O)

Air (H_2O) merupakan produk dari proses pembakaran di dalam ruang bakar, dan jumlah air yang dihasilkan bergantung pada kualitas bahan bakar. Jika terdapat banyak uap air dalam saluran gas buang, itu menandakan bahwa proses pembakaran berjalan dengan baik. Semakin besar jumlah uap air yang dihasilkan, pipa knalpot tetap kelihatan bersih dan ini sekaligus menunjukkan bahwa bersih emisi yang dihasilkan semakin bersih.

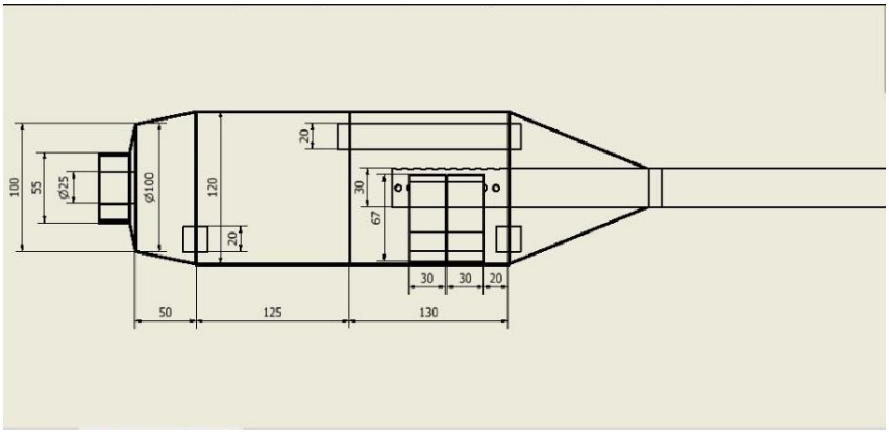
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah arang tanah gambut yang sudah di ayak 50 mesh, tepung tapioka dan air.

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah mesh atau kawat penyaring, cawan keramik, timbangan digital, motor Yamaha soul GT 125 CC, tungku (furnace), gas analyzer, knalpot, dynotest.



Gambar 2. Rancangan Peletakan Adsorben Pada Knalpot

Analisa Data

Data yang diperoleh kemudian akan dilakukan perhitungan dan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam melakukan Analisa dan mengambil kesimpulan, selain itu analisis data juga menggunakan metode MANOVA dengan menggunakan software R. Tujuannya untuk mengetahui seberapa besar pengaruh karbonasi pada adsorben terhadap emisi gas buang HC, CO, Torsi yang dihasilkan oleh motor.

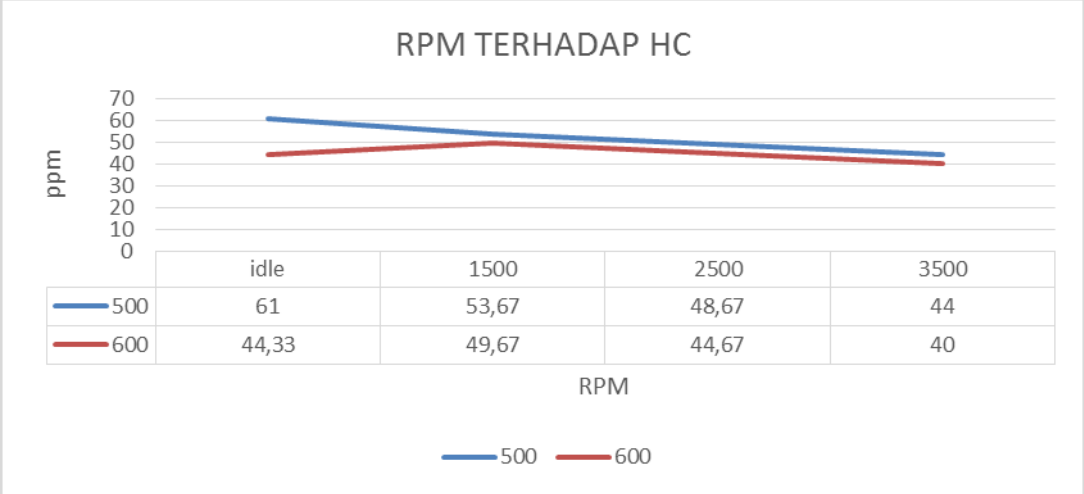
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang sesuai dengan metodologi yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil pengujian Adsorben berbahan tanah gambut dengan temperature karbonasi 500 dan 600 terhadap emisi gas buang dan performa mesin mulai dari idle, 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm, maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian gas HC

RPM	VARIASI TEMPERATUR	HC			
		NILAI KADAR GAS HC (ppm)			
		1	2	3	RATA-RATA
IDLE	500	72	53	58	61.00
	600	48	43	42	44.33
1500	500	53	44	64	53.67
	600	44	54	51	49.67
2500	500	44	62	64	48.67
	600	44	47	43	44.67
3500	500	42	43	47	44.00

	600	49	39	32	40.00



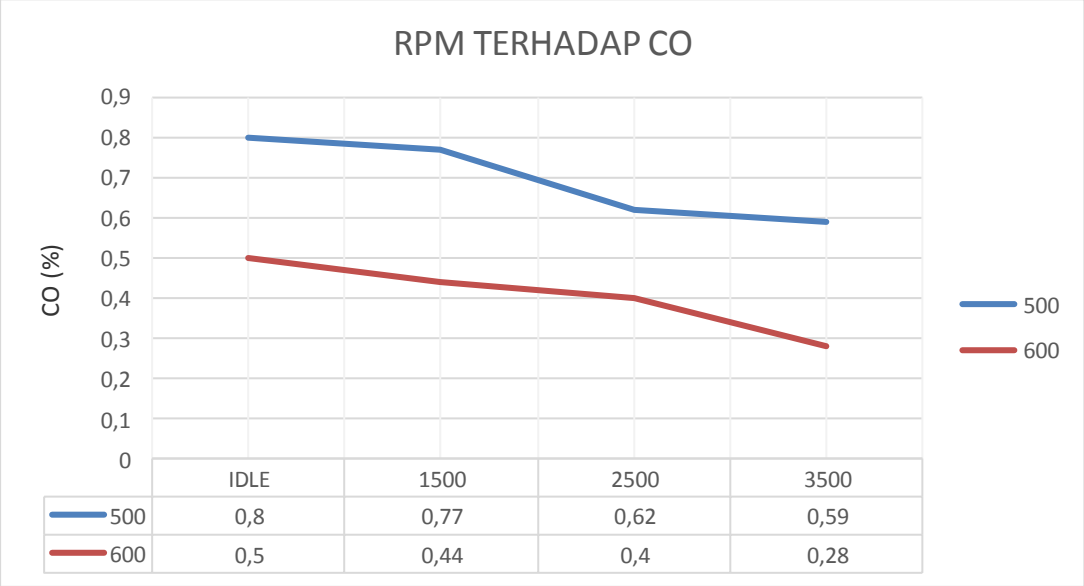
Gambar 3. Penggunaan Adsorben Terhadap Nilai HC

Berdasarkan gambar 3, kadar HC yang dihasilkan saat posisi idle sangat tinggi, namun akan menurun seirinng dengan naiknya putaran mesin (rpm) pada knalpot yang menggunakan adsorben dengan karbonasi 500˚C (biru) dapat diketahui bahwa terjadi penurunan. grafik gas buang HC pada putaran mesin saat posisi idle knalpot dengan adsorben 500˚C mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 61.00 ppm. Pada putaran mesin saat posisi RPM 1500 mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 53.67 ppm. Pada saat putaran mesin posisi RPM 2500 mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 48.67. pada putaran mesin saat posisi RPM 3500 mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 44.00. Pada knalpot yang menggunakan adsorben dengan karbonasi 600˚C (Merah) dapat diketahui bahwa seiring dengan naiknya RPM maka hasil dari HC akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat dari gambar 4.1 pada grafik emisi gas buang HC pada putaran mesin saat posisi idle knalpot dengan adsorben 600˚C mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 44.33 ppm. Pada putaran mesin saat posisi 1500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 49.67 ppm. Pada putaran mesin saat posisi 2500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 44.67 ppm. Pada putaran mesin saat posisi 3500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 40.00. Penurunan nilai HC terjadi dengan setiap peningkatan RPM karena semakin tinggi RPM, Pencampuran antara udara dan bahan bakar menjadi lebih homogen, mengakibatkan pembakaran yang lebih sempurna. Sebagai hasilnya, nilai emisi HC semakin menurun pada setiap tingkat RPM (Arends, B., 1980).

Tabel 2. Hasil Pengujian gas CO

RPM	TEMPERATUR	CO NILAI KADAR GAS CO (%)			
		1	2	3	RATA-RATA
IDLE	500	0.69	0.73	0.98	0.80
	600	0.6	0.52	0.39	0.50
1500	500	0.55	0.83	0.92	0.77
	600	0.53	0.36	0.42	0.44

2500	500	0.61	0.68	0.56	0.62
	600	0.46	0.37	0.37	0.40
3500	500	0.7	0.42	0.66	0.59
	600	0.33	0.23	0.29	0.28



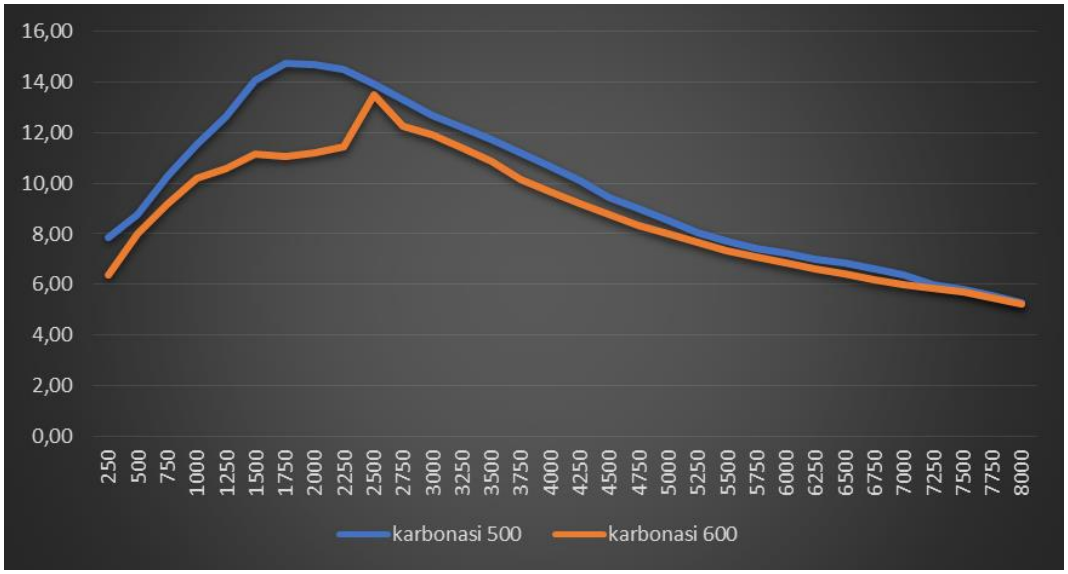
Gambar 4. Penggunaan Adsorben Terhadap Nilai CO

Berdasarkan gambar 4, kadar CO yang dihasilkan pada posisi idle sangat tinggi, pada posisi idle yang disebabkan karena panas pada mesin yang belum menyeluruh ke setiap komponen sehingga oksigen tidak cukup untuk dalam proses pembakaran sempurna, namun menurun seiring dengan naiknya putaran mesin (rpm). Pada knalpot yang menggunakan adsorben karbonasi 500˚C (biru) dapat diketahui bahwa bahwa semakin tinggi RPM maka hasil dari CO semakin menurun. Hal ini dapat dilihat dari grafik gas buang CO pada putaran mesin saat posisi idle knalpot dengan adsorben 500˚C mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0.80%. Pada putaran mesin saat posisi 1500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0.77%. Pada putaran mesin saat kondisi putaran mesin 2500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata 0.62%. Pada putaran mesin kondisi putaran mesin 3500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata 0.59%. Pada kondisi knalpot yang sudah diletakkan adsorben dengan temperature karbonasi 600˚C (Merah) dari hasil pengujian pada putaran mesin saat kondisi idle mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0.50%. Pada putaran mesin saat kondisi 1500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0.40%. Pada putaran mesin saat kondisi 2500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0.40%. pada putaran mesin saat kondisi 3500 RPM mendapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0.28%. Disamping campuran bahan bakar yang masuk, juga dipengaruhi oleh kondisi kendaraan uji (Bagus Irawan., 2005).

Pengujian penggunaan penggunaan adsorben terhadap performa torsi yang dilakukan dengan menggunakan alat dynotest dengan variasi idle - 8000 rpm.

Tabel 3. Hasil pengujian performa torsi

RPM	Karbonasi 500	Karbonasi 600
250	7.89	6.35
500	8.78	7.96
750	10.34	9.19
1000	11.54	10.20
1250	12.65	10.58
1500	14.09	11.13
1750	14.77	11.06
2000	14.74	11.21
2250	14.51	11.41
2500	13.98	13.49
2750	13.32	12.25
3000	12.70	11.90
3250	12.24	11.38
3500	11.75	10.88
3750	11.23	10.16
4000	10.71	9.68
4250	10.10	9.20
4500	9.48	8.74
4750	9.00	8.34
5000	8.55	7.96
5250	8.09	7.66
5500	7.74	7.32
5750	7.46	7.06
6000	7.25	6.82
6250	7.00	6.60
6500	6.87	6.40
6750	6.63	6.15
7000	6.40	5.98
7250	6.00	5.84
7500	5.81	5.71
7750	5.59	5.45
8000	5.28	5.20



Gambar 5. Penggunaan Adsorben Terhadap Performa Torsi

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa torsi tertinggi terdapat pada knalpot dengan adsorben karbonasi 500˚C adalah sebesar 14.77 Nm pada putaran mesin 1750 rpm, sedangkan pada knalpot dengan karbonasi 600˚C adalah 13.4 Nm pada putaran mesin 2500 rpm, selanjutnya dapat diketahui perbandingan performa knalpot dengan menggunakan adsorben 500˚C dan 600˚C terjadi penurunan torsi sebesar 8,66 % dari knalpot dengan adsorben karbonasi 600˚C, dari data yang diketahui dapat disimpulkan bahwa knalpot dengan adsorben karbonasi 600˚C menjadi yang terbaik dengan mengalami penurunan yang kecil atau dengan kata lain tidak mengganggu sirkulasi gas buang pada motor.

Adsorben membantu mengurangi jumlah gas berbahaya dan kontaminan di dalam knalpot. Hal ini memungkinkan mesin untuk bekerja lebih efisien karena sisa pembakaran yang lebih sedikit kembali ke ruang mesin (Hagen, 2015). Dengan efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, energi yang dihasilkan dari bahan bakar juga meningkat, yang dapat berdampak pada peningkatan torsi. Penggunaan adsorben yang efektif dapat membantu mengurangi tekanan balik dengan memfasilitasi aliran gas buang yang lebih bersih dan lancar (Agarwal, 2019).

Uji MANOVA

Uji MANOVA adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan antara kelompok data dalam lebih dari satu variabel dependen secara simultan (Field, 2018). MANOVA memungkinkan peneliti untuk melihat efek dari satu atau lebih variabel independen (faktor) terhadap dua atau lebih variabel dependen, serta interaksi di antara faktor-faktor tersebut (Tabachnick dan Fidell, 2013). Hasil uji MANOVA data penelitian ini adalah sebagai berikut:

> TukeyHSD(anova.HC, "Temp")

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = HC ~ Putr * Temp, data = df)

$Temp

	diff	lwr	upr	p adj
600-500	**-9.166667**	**-15.58257**	**-2.750766**	**0.0079848**

Pada uji perbandingan berikut menunjukkan bahwa nilai dari variasi temperature adsorben untuk nilai pada p value nya yaitu 0.00 atau di bawah dari 0.05 yang artinya pada uji anova kali ini variasi temperature adsorben berpengaruh untuk mengurangi emisi gas buang HC yang di hasilkan oleh kendaraan bermotor yang diuji.

> TukeyHSD(anova.CO, "Temp")

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = CO ~ Putr * Temp, data = df)

$Temp

	diff	lwr	upr	p adj

600-500 -0.2883333 -0.3909172 -0.1857495 2e-05

Pada uji perbandingan berikut menunjukkan bahwa nilai dari variasi temperature adsorben untuk nilai pada p value nya yaitu 2e-05 atau di bawah dari 0.05 yang artinya pada uji anova kali ini variasi temperature adsorben berpengaruh untuk mengurangi emisi gas buang HC yang di hasilkan oleh kendaraan bermotor yang diuji.

> TukeyHSD(anova.Torsi, "Temp")

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence leve

Fit: aov(formula = Torsi ~ Putr * Temp, data = df)

$Temp

	diff	lwr	upr	p adj
600-500	**-1.284167**	**-3.283041**	**0.7147076**	**0.1920909**

Pada uji perbandingan berikut menunjukkan bahwa nilai dari Putaran mesin untuk nilai pada p value nya yaitu 0,02 atau di bawah dari 0.05 yang artinya pada uji anova kali ini Putaran pada mesin berpengaruh untuk performa Torsi yang di hasilkan oleh kendaraan bermotor yang diuji. Dampak dari variasi temperature tidak berpengaruh terhadap Torsi kendaraan yaitu tidak mengganggu nya performa mesin.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian mengenai penggunaan karbon teraktivasi dari tanah gambut sebagai adsorben terhadap emisi gas buang dan performa mesin adalah:

1) Diketahui bahwa knalpot dengan penggunaan adsorben tanah gambut dengan karbonasi 600˚C memiliki kadar penurunan emisi gas buang HC yang terbaik yaitu sebesar 46,8 %, knalpot dengan penggunaan adsorben tanah gambut dengan karbonasi 600˚C memiliki kadar penurunan emisi gas buang CO terbaik yaitu sebesar 43,1%, sedangkan untuk knalpot dengan penggunaan adsorben tanah gambut dengan karbonasi 500˚C memiliki kadar penurunan emisi gas buang HC yaitu sebesar 38,2 % dan untuk emisi gas buang CO mengalami penurunan sebesar 5,7%. Berdasarkan nilai akhir perhitungan dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai karbonasi adsorben maka akan dapat menurunkan nilai emisi gas buang dari kendaraan bermotor. Hal ini disebabkan karena pemakaian zat aktif yang berperan untuk membuka pori-pori pada permukaan arang dan memperbesar daya serap hingga mampu menurunkan kadar emisi gas buang pada kendaraan bermotor sehingga gas buang yang dihasilkan lebih baik untuk lingkungan dan makhluk hidup.
2) Diketahui bahwa knalpot dengan penggunaan adsorben tanah gambut dengan karbonasi 600˚C memiliki torsi lebih baik yaitu sebesar 13.4 Nm pada putaran mesin 2500 rpm, sedangkan dengan knalpot dengan adsorben tanah gambut karbonasi 500˚C didapatkan data yaitu sebesar 14.77 Nm pada putaran mesin 1750 rpm, dari data di atas diketahui dapat disimpulkan bahwa knalpot dengan adsorben karbonasi 600˚C menjadi yang terbaik dengan mengalami penurunan yang kecil atau dengan kata lain tidak mengganggu sirkulasi gas buang pada motor.

REFERENSI

Agarwal, A. K. (2019). Emission Control from Automobile Engines. Springer.

Akmaludin, A (2018). *Penggunaan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan ...*Eprints.Unram.Ac.Id, Http://Eprints.Unram.Ac.Id/Id/Eprint/6362.

Arends, B. P. M., & Berenschot, H. (1980). Motor bensin. Jakarta: Erlangga.

Irawan, B., & Subri, M. (2005). Unjuk Kemampuan Catalytic Converter Dengan Katalis Kuningan Untuk Mereduksi Gas Hidro Carbon Motor Bensin. Jurnal Traksi, 3(2).

Fatkhuniam, A, & Wijaya, MBR, (2018*). Perbandingan Penggunaan Filter Udara Standar dan Racing Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor Empat Langkah. Vokasional Teknik Mesin,*

Field, A. (2018). Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. SAGE Publications.

Friedrich, S., Konietschke, F., & Pauly, M. (2021). MANOVA. RM: Resampling-based analysis of mulitvariate data and repeated measures designs. R package version 0.5. 2.

Ghofur, A, & Siswanto, R (2018). *Pemanfaatan Fly Ash Batubara Dengan Aditif Kaolin Sebagai Filter Gas Buang Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Satria Fu 150. Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), Ppjp.Ulm.Ac.Id, Https://Ppjp.Ulm.Ac.Id/Journal/Index.Php/Jukung/Article/View/4661*

Ghofur, A., Mursadin, A., Amrullah, A., Saputra, M. R. P., & Khairi, A. N. (2021). *Pengaruh Temperatur Karbonasi Terhadap Adsorben Tanah Gambut Dalam Menurunkan Emisi Gas Buang Dan Evaluasi Perfomance Mesin Kendaraan Bermotor. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah, 6(2).*

Ghofur, A. (2022). *Carbon From Peat Soil As An (Hc) And Carbon Monoxide (CO) Emissions In Motor. October 2021, 251–256.*

Hagen, J. (2015). Industrial Catalysis: A Practical Approach. Wiley-VCH.

Hendri Sakke Tirra, Made Wirawan, W. K. Z. (2010). *Penggunaan Arang Aktif Dari Tempurung Kemiri Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin. LIPI Press, 2, 29–39.*

Nusantara, R., & Ghofur, A. (2022). *Pengaruh Penggunaan Arang Kayu Alaban Dengan Aditif Tembaga (Cu) Sebagai Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Toyota Kijang 5k. Jtam Rotary, 4(2), 193. Https://Doi.Org/10.20527/Jtam_Rotary.V4i2.6534.*

Nasution, Z. A., & Rambe, S. M. (2011). *Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Pori Arang Cangkang Sawit Sebagai Adsorbansi Effect Of Temperature For Palm Shell Pore Forming As Adsorbance. Dinamika PenelitiannIndustri,22(1),48–53. Http://Ejournal.Kemenperin.Go.Id/Dpi/Article/View/548/512.*

Syahruji, S., & Ghofur, A. (2019). *Penggunaan Kuningan Sebagai Bahan Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Dan Performa Mesin Suzuki Shogun Axelo 125. Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika, 4(2), 67–78. https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v4i2.118*

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using Multivariate Statistics. Pearson Education.