



Optimasi Desain Katalitik Konverter Berbasis Karbon Aktif Sekam Padi untuk Reduksi Emisi Kendaraan Bermotor

Dody Mangoloi Sigiro¹, Ade Suhara², Agus Supriyanto^{3*}, Sukarman Sukarman⁴, Rizki Aulia Nanda⁵,
Dhea Intan Patya⁶

^{1,3,4,5,6}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang

³agus.supriyanto@ubpkarawang.ac.id

Abstract

Air pollution has been identified as a global problem that negatively impacts. One of the largest contributors is motor vehicles, especially in the production of hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO). This research developed a catalytic converter based on activated carbon that was synthesized from rice husk biomass. The successfull of activated carbon synthesis was evaluated by scanning electron microscopy - energy dispersive x-ray (SEM-EDX) that confirmed the carbon element contained was 51,99 wt% with an average pore size of 10 μm . The activated carbon was then formed into four catalytic converter designs consisting of doughnut, honeycomb, pellet, and gear. Emission tests showed the doughnut design was most effective in reducing HC and CO emissions by 82.22% and 53.87%. The best catalytic converter were then subjected to further testing to confirm that the addition of activated carbon-based catalytic converter does not reduce the performance. The results showed the decrease of power and torque, respectively in 3.10% and 7.37%, The noise test confirmed that it had no significant effect, the decrease in noise value that occurred was only about 3.75%. This means the catalytic converter is not a reducer and can be used in daily activities. The results of this study indicate that rice husk-based catalytic converter has the potential to be an environmentally friendly solution without significantly compromising vehicle performance.

Keywords: catalytic converter, activated carbon, rice husk, vehicle emission, design optimization

Abstrak

Polusi udara telah diidentifikasi sebagai masalah global yang berdampak negatif. Salah satu kontributor terbesar adalah kendaraan bermotor, terutama dalam produksi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO). Penelitian ini mengembangkan katalitik konverter berbasis karbon aktif yang disintesis dari biomassa sekam padi. Keberhasilan sintesis karbon aktif dievaluasi dengan *scanning electron microscopy - energy dispersive x-ray* (SEM-EDX) yang mengkonfirmasi unsur karbon yang terkandung sebesar 51,99 %berat dengan ukuran pori rata-rata 10 μm . Karbon aktif tersebut kemudian dibentuk menjadi empat desain katalitik konverter yang terdiri dari donat, sarang lebah, pelet, dan roda gigi. Hasil uji emisi menunjukkan bahwa desain donat paling efektif dalam mengurangi emisi HC dan CO sebesar 82,22% dan 53,87%. Katalisator terbaik kemudian menjalani pengujian lebih lanjut untuk memastikan bahwa penambahan katalitik konverter berbasis karbon aktif tidak mengurangi kinerja. Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan daya dan torsi, masing-masing sebesar 3,10% dan 7,37%, sedangkan untuk pengujian kebisingan tidak berpengaruh signifikan, penurunan nilai kebisingan yang terjadi hanya sekitar 3,75%. Hal ini berarti katalitik konverter bukan merupakan peredam dan dapat digunakan dalam kegiatan sehari-hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa katalitik konverter berbahan dasar sekam padi berpotensi menjadi solusi ramah lingkungan tanpa mengurangi performa kendaraan secara signifikan.

Kata kunci: katalitik konverter, karbon aktif, sekam padi, emisi gas buang kendaraan bermotor, optimisasi desain

1. Pendahuluan

Polusi udara telah menjadi permasalahan global yang berkontribusi terhadap kejadian efek rumah kaca. Polusi udara disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya emisi gas buang kendaraan bermotor [1]. Indonesia menempati peringkat keenam sebagai negara dengan polusi udara terburuk di dunia [2]. Kontribusi

utama berasal dari banyaknya jumlah kendaraan bermotor yang terdistribusi di masyarakat, yaitu sekitar 150 juta unit dengan peningkatan 3,1% setiap tahun [3], [4]. Selain itu, polusi udara juga dapat memberikan dampak negatif terhadap beberapa sektor lain, salah satunya sektor kesehatan. Sebagian besar kasus Infeksi

Saluran Pernapasan Akut (ISPA) di Indonesia disebabkan oleh kualitas udara yang buruk [5]. Untuk mengatasi hal tersebut, pemerintah menerbitkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) [6]. Selanjutnya, sebagai upaya dukungan terhadap kebijakan tersebut, perusahaan otomotif mulai menerapkan penggunaan teknologi katalitik konverter. Teknologi ini bertujuan untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor.

Katalitik konverter merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mereduksi kandungan polutan atau zat berbahaya yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan bermotor [7]. Umumnya, katalitik konverter dibuat dengan menggunakan material logam mulia seperti *platinum* (Pt), *palladium* (Pd), dan *rhodium* (Rh) [8]. Namun, harga yang relatif mahal menjadi kendala utama dalam pengembangannya. Oleh karena itu, para peneliti mulai berfokus untuk mengembangkan material alternatif penyusun katalitik konverter. Salah satu fokus utamanya adalah pemanfaatan biomassa yang memiliki kelimpahan tinggi di alam dan berbiaya murah [9], [10], [11]. Dalam prosesnya, biomassa biasanya diubah menjadi karbon aktif sehingga biomassa yang dipilih adalah yang memiliki kandungan karbon tinggi, seperti cangkang kelapa [12], kayu alabam [13], tongkol jagung [14], dan sekam padi [15]. Di antara jenis biomassa tersebut, sekam padi merupakan biomassa paling melimpah di Indonesia dengan produksi mencapai 1,11 juta ton per tahun dan sering dianggap sebagai limbah [16]. Berdasarkan hal tersebut, pemanfaatan sekam padi sebagai material alternatif penyusun katalitik konverter dapat menjadi solusi berkelanjutan dan ekonomis dalam pengembangan teknologi katalitik konverter di Indonesia, sekaligus mendukung pengelolaan limbah pertanian menjadi teknologi ramah lingkungan.

Sejumlah studi telah melakukan eksplorasi mengenai pemanfaatan biomassa menjadi karbon aktif untuk diaplikasikan sebagai katalitik konverter. Hasilnya menyatakan bahwa karbon aktif menunjukkan sifat kompetitif yang baik dibandingkan material berbasis logam mulia. Seprihadaniyasyah *et al.* (2018) memodifikasi saluran gas buang kendaraan menggunakan katalitik konverter berbasis karbon aktif. Hasilnya menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan, khususnya untuk gas HC dan CO. Dalam penelitiannya, ditemukan pengurangan gas HC dan CO masing-masing sebesar 37,10% dan 65,99% [17]. Kemudian, Tira *et al.* (2024) melaporkan penelitian serupa, meskipun dengan tingkat reduksi yang berbeda. Penelitiannya mengonfirmasi kemampuan karbon aktif dalam mengurangi emisi gas buang HC dan CO, kurang lebih sebesar 34,40% dan 4,02% [18]. Selanjutnya, hasil penelitian yang dilakukan oleh Gusnadi *et al.* (2025) mendukung temuan-temuan pada penelitian sebelumnya mengenai

pemanfaatan karbon aktif untuk teknologi katalitik konverter. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa karbon aktif efektif menurunkan kadar HC dan CO sebesar 46,80% dan 43,10% [19]. Namun, penelitian-penelitian sebelumnya belum banyak mengeksplorasi optimasi desain katalitik konverter sehingga sampai saat ini belum banyak dikaji dalam literatur Indonesia maupun global. Sebagian besar penelitian berfokus pada pemanfaatan karbon aktif sebagai pereduksi emisi, tanpa mengkaji desain katalitik konverter yang optimal. Dengan demikian, hal ini membuka peluang inovasi untuk menghasilkan katalitik konverter dengan kemampuan yang tinggi dalam mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor.

Desain katalitik konverter memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas pengurangan emisi gas buang kendaraan bermotor. Selain itu, desain katalitik konverter juga berhubungan langsung dengan material penyusunnya, karena keduanya berkaitan erat dengan mekanisme kerja dari katalitik konverter [20]. Katalitik konverter yang difabrikasi dari karbon aktif memanfaatkan porositas karbon aktif untuk menyerap gas buang kendaraan bermotor [9]. Partikel gas buang akan terperangkap dalam pori-pori karbon aktif sehingga konsentrasi gas buang yang dilepaskan ke lingkungan akan lebih rendah [21]. Oleh karena itu, katalitik konverter berbahan dasar karbon aktif dirancang untuk mampu memfasilitasi alur distribusi gas buang secara optimal, agar seluruh gas bersentuhan secara langsung dengan permukaan katalitik konverter. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menawarkan pengembangan empat desain katalitik konverter, yaitu *doughnut*, *honeycomb*, *pellet*, dan roda gigi. Desain tersebut akan dievaluasi performanya dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor untuk menentukan desain yang paling baik dan optimal untuk digunakan. Selanjutnya, apabila tidak terdapat penurunan performa yang signifikan pada kendaraan bermotor setelah dimodifikasi dengan penambahan katalitik konverter, maka desain katalitik konverter terbaik yang diidentifikasi melalui penelitian ini dapat dikaji lebih lanjut untuk diterapkan dalam skala industri.

2. Metode Penelitian

2.1. Fabrikasi Karbon Aktif Sekam Padi

Dalam penelitian ini, karbon aktif diekstrak dari sekam padi yang diperoleh dari daerah Kab. Karawang, Jawa Barat. Sekam padi dicuci lalu dikeringkan selama 36 jam di bawah sinar matahari langsung. Kemudian sekam padi dikenai proses karbonisasi awal menggunakan *furnace* pada temperatur 400 °C selama 2 jam hingga menghasilkan arang sekam padi. Setelah itu, arang sekam padi dihaluskan hingga diperoleh serbuk arang sekam padi. Serbuk yang dihasilkan diaktivasi melalui proses kimia. Prosesnya dilakukan dengan merendam arang sekam padi menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 55% selama 48

jam. Sebelum perendaman serbuk arang sekam padi diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga tercampur homogen. Homogenisasi bertujuan mengoptimalkan struktur pori karbon untuk meningkatkan efisiensi penyerapan [22]. Proses ini ditujukan untuk aplikasi penyerapan gas buang dalam rangka mengurangi emisi kendaraan bermotor. Setelah itu, arang sekam padi yang telah diaktivasi dikenai proses pengeringan pada temperatur 100 °C selama 1 jam dan proses karbonisasi akhir pada temperatur 650 °C selama 12 jam. Setelah proses ini, arang sekam padi yang diperoleh dapat disebut karbon aktif sekam padi (KAS). KAS digerus dan disaring menggunakan saringan berukuran 200 mesh. Proses penyaringan bertujuan untuk memperoleh serbuk KAS yang berukuran kecil dan seragam. Ukuran partikel KAS yang kecil mampu meningkatkan kemampuannya untuk aplikasi penyerapan [23]. Dalam penelitian ini digunakan untuk menyerap molekul gas HC dan CO yang terkandung dalam emisi gas buang kendaraan bermotor.

Selanjutnya, dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui keberhasilan fabrikasi karbon aktif sekam padi. Pengujian ini menginformasikan struktur morfologi karbon aktif berupa ukuran pori dan persentase kandungan karbon yang terbentuk [24].

2.2. Fabrikasi Katalitik Konverter

Katalitik konverter difabrikasi dalam empat desain berbeda dengan tujuan optimasi desain untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor. Desain yang ditawarkan dalam penelitian ini meliputi *doughnut*, *honeycomb*, pelet, dan roda gigi. Dalam prosesnya, KAS dicampurkan dengan bahan tambahan seperti pati (*starch*) dan *polyvinyl acetate* (PVAc) dalam rasio massa 3:1:1. Seluruh desain memiliki dimensi seragam seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 1, yakni panjang 50 mm dan diameter 22 mm.



Gambar 1. Ilustrasi dimensi katalitik konverter.

Desain *doughnut* diilustrasikan oleh Gambar 2(a) dengan lubang besar di tengah yang berfungsi untuk memperbesar permukaan kontak gas buang. Model *doughnut* dipilih karena mampu mengatur aliran gas buang menjadi lebih terkendali dan merata tanpa perlu menambah luas permukaan kontak. Hal ini juga dapat mencegah terjadinya *overheating* [25]. Oleh karena itu, katalitik konverter akan memiliki umur pakai yang

lebih panjang. Selanjutnya, Gambar 2(b) mengilustrasikan desain *honeycomb* dengan sebaran beberapa lubang kecil di permukaan katalitik konverter. Lubang kecil tersebut dapat menjadikan aliran gas buang mengalir tanpa tekanan balik yang besar ke mesin sehingga meningkatkan efisiensi mesin secara keseluruhan [26]. Kemudian, Gambar 2(c) menunjukkan desain pelet. Desain ini terdiri dari bulatan kecil KAS yang dimasukkan ke dalam saringan berbentuk tabung. Desain ini dapat menciptakan aliran gas buang menyebar pada ruang antapelet sehingga dapat meningkatkan efisiensi kontak dengan permukaan aktif [25]. Terakhir, Gambar 2(d) adalah desain roda gigi. Meskipun desain ini belum banyak dibahas dalam literatur, tetapi desain ini dipilih karena mampu mengganggu aliran laminar gas buang. Kondisi ini dapat menciptakan turbulensi terkendali sehingga mendukung efisiensi konversi emisi secara optimal. Keempat desain tersebut akan diterapkan pada kendaraan bermotor roda dua 110 cc untuk mengetahui efektivitasnya dalam mereduksi emisi kendaraan bermotor.

2.3. Uji Emisi dan Kinerja Kendaraan Bermotor

Uji emisi dilakukan menggunakan set alat *gas analyzer* tipe FGA4000XDS. Dalam penelitian ini, pengukuran emisi yang diuji hanya terbatas pada HC dan CO. Uji emisi dilakukan pada kondisi statis. Prosedur uji emisi yang dilakukan mengacu pada SNI 09-7118.3-2005 yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 8 Tahun 2023 [27].

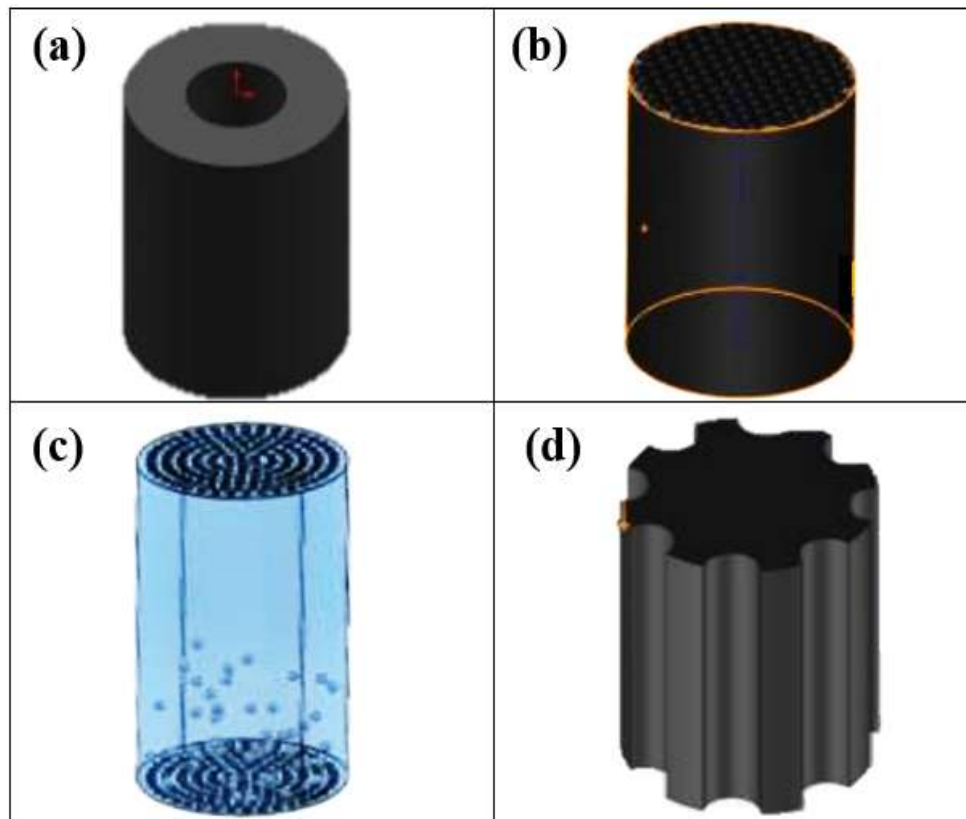
Uji emisi diawali dengan mempersiapkan alat dan menyalakan alat hingga siap digunakan. Setelah dilakukan *zeroing* untuk mengatur nilai nol, mesin kendaraan dinyalakan dan dibiarkan dalam kondisi *idle* hingga mencapai temperatur kerja. Selanjutnya, *probe* dimasukkan ke saluran gas buang (*knalpot*) untuk mengukur emisi gas buang. Alat akan menampilkan kadar HC dan CO yang kemudian dicetak dan dicatat sebagai data pengujian. Keempat desain katalitik konverter dikenai pengujian dengan metode yang sama untuk menentukan desain paling optimal dalam mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor.

Selanjutnya, uji kinerja kendaraan bermotor dilakukan untuk mengonfirmasi bahwa katalitik konverter tidak menurunkan kinerja kendaraan bermotor. Dalam penelitian ini, uji kinerja hanya dilakukan terhadap desain katalitik konverter yang memiliki kinerja paling baik dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor. Uji kinerja yang dilakukan adalah *dynotest* yang bertujuan untuk mengetahui nilai daya, torsi, dan *air-fuel ratio* (AFR).

Dynotest dilakukan dengan menempatkan kendaraan bermotor di atas *roller dno*. Kemudian, mesin dinyalakan dan alat merekam nilai daya, torsi, serta AFR untuk setiap perubahan rpm. *Dynotest* dilakukan terhadap kendaraan bermotor pada kondisi tanpa dan dengan modifikasi katalitik konverter.

Selanjutnya, uji kebisingan dilakukan untuk mengonfirmasi bahwa katalitik konverter tidak memberikan efek redaman terhadap kendaraan bermotor. Uji kebisingan dilakukan dengan prosedur sesuai SNI 09-2760-1992. Pengujian dilakukan saat kendaraan pada posisi diam dan mesin mencapai putaran tertentu. *Sound Level Meter* (SLM)

ditempatkan pada ketinggian 20 cm dengan jarak 50 cm tepat di belakang knalpot, seperti diilustrasikan oleh **Gambar 3**. Data kebisingan dibandingkan melalui pengujian terhadap kendaraan bermotor pada kondisi tanpa dan dengan modifikasi katalitik konverter.



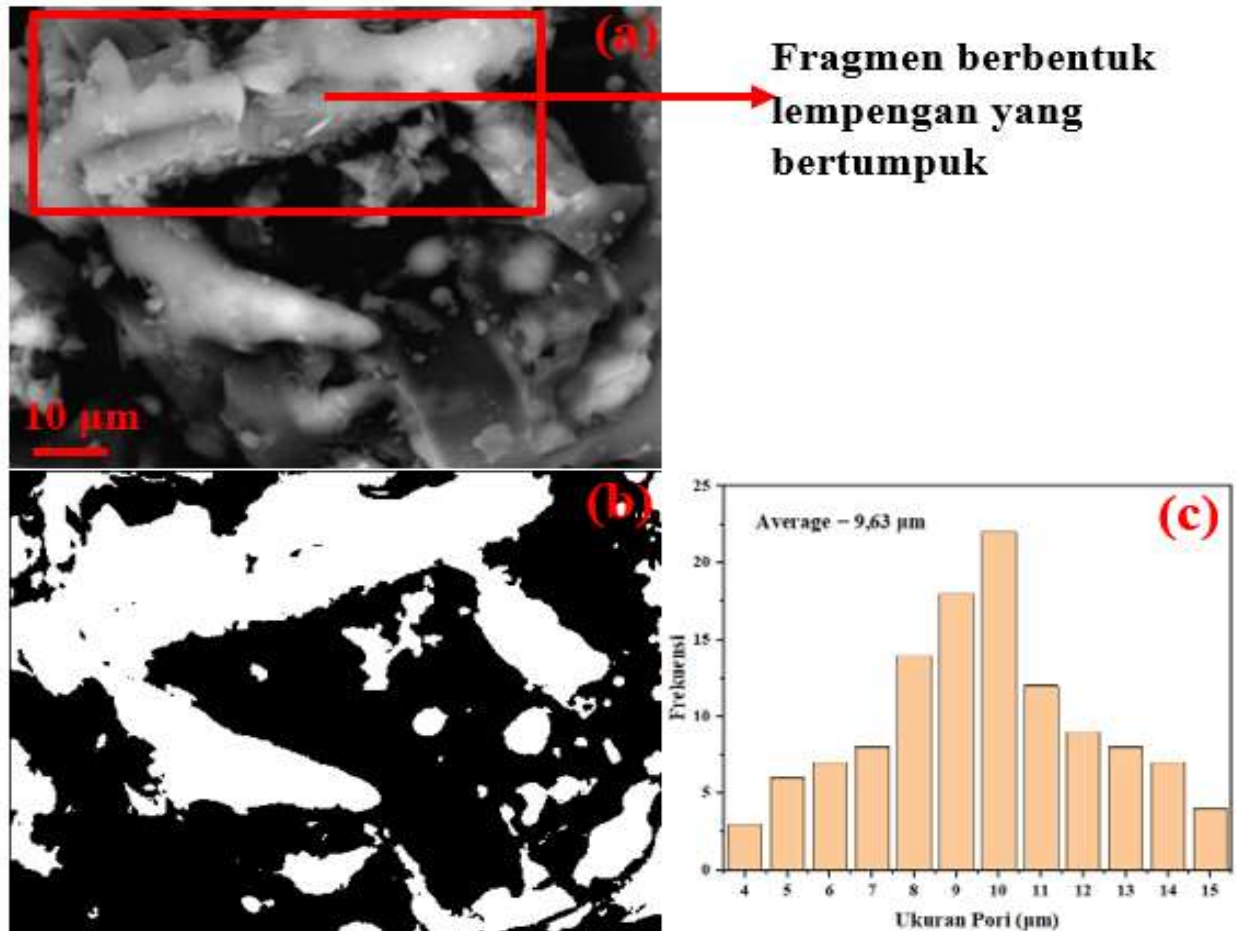
Gambar 2. Desain katalitik konverter: (a) *doughnut*; (b) *honeycomb*; (c) *pellet*; (d) roda gigi.



Gambar 3. Ilustrasi pengujian kebisingan.

Tabel 1. Komposisi elemen yang terkandung di dalam karbon aktif.

Elemen	C	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total
(%)	51,99	29,21	3,09	0,15	15,04	0,20	0,33	100,00



Gambar 4. Citra morfologi SEM karbon aktif sekam padi (a) sebelum analisis (b) setelah analisis menggunakan *imageJ* (c) distribusi ukuran pori.

3. Hasil dan Pembahasan

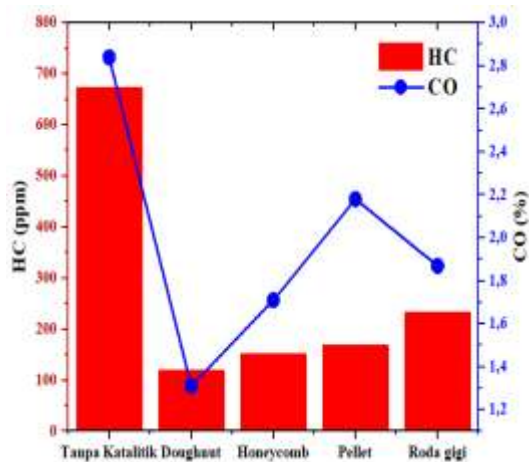
Karbon aktif sekam padi diidentifikasi melalui karakterisasi SEM-EDX. Menurut Agboola *et al* (2019), analisis ini penting dilakukan untuk mengevaluasi struktur morfologi dan persentase karbon di dalamnya [28]. Dalam penelitian ini, kandungan elemen karbon yang teridentifikasi adalah 51,99 wt% dan sisanya terdiri dari beberapa elemen lain seperti ditunjukkan oleh Tabel 1. Meskipun komposisinya relatif kecil, namun mengingat *raw material* yang digunakan adalah sekam padi dengan kandungan lain berupa silika, maka proses sintesis masih dikategorikan berhasil [29]. Dalam penelitian ini, hasil pengujian SEM-EDX ditunjukkan oleh Gambar 4. Citra SEM menunjukkan struktur karbon aktif yang tidak beraturan, dengan banyak fragmen lempengan yang tersusun secara acak dan bertumpuk. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses aktivasi menghasilkan struktur amorf dengan area permukaan yang tinggi

[30]. Citra SEM juga menginformasikan keberadaan pori-pori yang cukup jelas meskipun tampak tidak merata di seluruh bidang, dengan ukuran rata-rata pori 9,63 μm . Temuan tersebut mengindikasikan bahwa tingkat porositas karbon aktif berada pada kategori sedang hingga baik. Meski begitu, temuan ini menjadi suatu keunggulan untuk aplikasi sebagai material penyerap [31], termasuk katalitik konverter yang digunakan untuk menyerap emisi gas buang kendaraan bermotor.

Selanjutnya, karbon aktif yang telah berhasil disintesis, diproses menjadi katalitik konverter dan dikenai pengujian emisi gas buang. Dari keempat desain yang difabrikasi, desain *doughnut* menunjukkan kinerja terbaik dalam mereduksi gas HC dan CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor, ditunjukkan oleh Gambar 5. Desain *doughnut* memberikan jalur aliran gas buang yang merata, sehingga waktu kontak antara gas dan permukaan katalitik konverter lebih lama. Hal

tersebut menyebabkan proses penyerapan menjadi lebih efektif dan terjadi secara menyeluruh [25].

Selanjutnya, permukaan yang seluruhnya aktif untuk berinteraksi dengan gas memungkinkan lebih banyak titik aktif untuk menangkap dan mengoksidasi senyawa gas buang HC dan CO menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan seperti CO₂ dan H₂O. Terbukti, dalam penelitian ini, katalitik konverter desain *doughnut* mampu mereduksi gas HC dan CO, masing-masing 82,22% dan 53,87%.



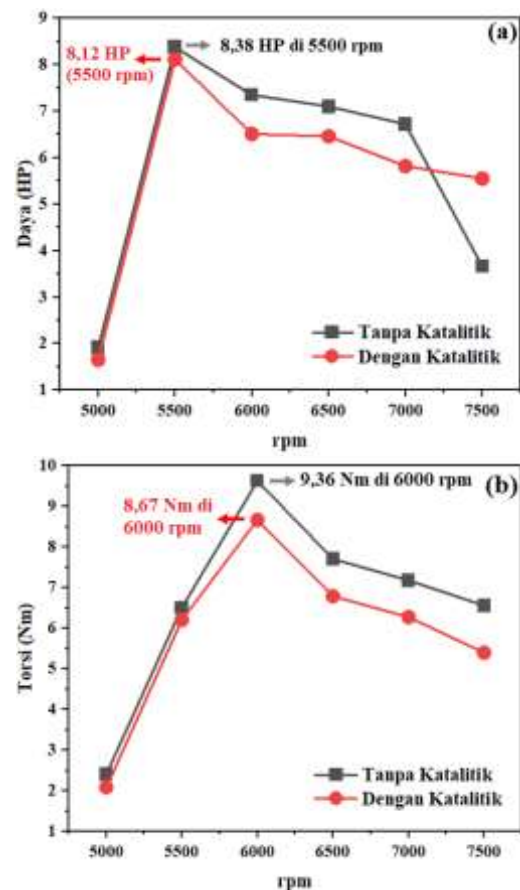
Gambar 5. Hasil uji emisi gas buang.

Kemudian, serangkaian pengujian tambahan dilakukan untuk mengkonfirmasi bahwa penambahan katalitik konverter berbasis karbon aktif dengan desain *doughnut* tidak menurunkan performa mesin kendaraan bermotor. Pengujian dyno mengkonfirmasi bahwa terjadi penurunan nilai daya pada kendaraan bermotor setelah ditambahkan katalitik konverter. Penurunan yang terjadi adalah 3,10% seperti ditunjukkan oleh Gambar 6(a). Penurunan tersebut disebabkan tekanan balik yang terjadi akibat penambahan katalitik konverter. Namun, penurunan yang terjadi masih tergolong kecil yang berarti penambahan katalitik konverter tidak secara signifikan menurunkan performa kendaraan bermotor. Berdasarkan grafik uji juga dikonfirmasi bahwa penurunan daya tanpa katalitik konverter lebih tajam setelah 7000 rpm, sedangkan setelah penambahan katalitik konverter penurunan relatif stabil bahkan mencapai 7500 rpm. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan katalitik konverter membuat mesin lebih stabil. Secara keseluruhan temuan ini mengkonfirmasi bahwa penambahan katalitik konverter berbasis karbon aktif tidak menurunkan performa kendaraan, bahkan mampu menjaga performa dalam batas optimal. Jika dilihat dari performanya dalam menurunkan emisi gas buang HC dan CO, manfaat tersebut masih dikategorikan lebih signifikan dibandingkan penurunan daya yang terjadi.

Gambar 6(b) menunjukkan perbedaan performa melalui pengujian torsi sebelum dan sesudah penambahan katalitik konverter. Hasil pengujian

menunjukkan penurunan nilai torsi sebesar 7,37%. Hal tersebut mengkonfirmasi bahwa pemasangan katalitik konverter memberikan penurunan performa yang disebabkan oleh tekanan balik akibat adanya penambahan katalitik konverter pada sistem gas buang. Namun demikian, penurunan torsi setelah titik puncak relatif lebih stabil bagi kedua keadaan (sebelum dan setelah penambahan katalitik konverter). Hal tersebut menandakan penggunaan katalitik konverter memberikan dampak positif terhadap distribusi aliran gas buang.

Secara umum, meskipun terdapat penurunan daya dan torsi, tetapi performa kendaraan tetap berada dalam rentang yang optimal. Oleh karena itu, pengaruh negatif penurunan daya dan torsi bersifat minor dan tidak mengganggu performa kendaraan secara keseluruhan.



Gambar 6. Hasil uji dyno (a) daya (b) torsi.

Pengujian kebisingan juga dilakukan untuk mendukung validasi performa kendaraan bermotor setelah penambahan katalitik konverter. Hasil uji kebisingan ditunjukkan oleh Tabel 2. Pengujian kebisingan mengkonfirmasi bahwa katalitik konverter tidak berfungsi sebagai peredam pada kendaraan bermotor.

Tabel 2. Hasil uji kebisingan.

Sampel	Tanpa Katalitik Konverter	Dengan Katalitik Konverter
Nilai Kebisingan (dB)	80	77

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 56 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Kebisingan Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang sedang diproduksi, ambang batas kebisingan maksimum untuk kendaraan roda dua dengan kapasitas 50 – 175 cc adalah 83 dB [32]. Berdasarkan temuan dalam penelitian ini yang menunjukkan nilai kebisingan setelah penambahan katalitik konverter sekitar 77 dB, maka pemasangan katalitik konverter tidak berdampak negatif terhadap performa kendaraan bermotor.

4. Kesimpulan

Karbon aktif berbasis sekam padi telah berhasil disintesis dengan *persentase* elemen karbon yang terkandung sekitar 51,99 wt%. Karbon aktif yang diperoleh diaplikasikan sebagai katalitik konverter untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor dalam empat desain berbeda, yaitu *doughnut*, *honeycomb*, *pellet*, dan roda gigi. Berdasarkan pengujian emisi gas buang, katalitik konverter dengan desain *doughnut* memiliki efektivitas paling baik dalam menurunkan emisi gas buang HC dan CO, masing-masing sebesar 82,22% dan 53,87%. Katalitik konverter model *doughnut* juga cocok dipakai pada kendaraan bermotor untuk keperluan aktivitas sehari-hari. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil uji kinerja yang mengkonfirmasi tidak ada penurunan daya dan torsi yang signifikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan daya dan torsi hanya terjadi sekitar 3,10% dan 7,37%. Selanjutnya, pengujian kebisingan juga mengkonfirmasi bahwa katalitik konverter tidak berfungsi sebagai peredam karena kebisingan kendaraan bermotor masih dalam ambang batas yang diperbolehkan, yaitu 77 dB. Dengan efektivitas yang terbukti dapat menurunkan emisi gas buang tanpa menurunkan performa kendaraan secara signifikan, katalitik konverter berbasis karbon aktif dengan desain *doughnut* dapat menjadi alternatif teknologi ramah lingkungan yang efektif diterapkan pada kendaraan bermotor.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini, khususnya kepada tim dari Laboratorium Konversi Energi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Massar, M., Reza, I., Rahman, S.M., Abdullah, S.M.H., Jamal, A., Al-Ismael, F. S., 2021. Impacts of autonomous vehicles on greenhouse gas emissions—positive or negative?. *Int J Environ Res Public Health*, 18 (11), pp.1–23
- [2] Kurnia, A., Sudarti., 2021. Efek Rumah Kaca Oleh Kendaraan Bermotor. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 4 (2), pp.1–9.
- [3] Abdi, A. S., Faisol, I. A., 2023. Pengaruh Pemutihan Pajak, Samsat Keliling, E-samsat, Sanksi Pajak, dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepatuhan Wajib Pajak Kendaraan Bermotor di Kabupaten Bangkalan. *Neo-Bis*, vol. 12, no. 1, pp. 91–108.
- [4] Arsj, F.R., 2025. Pengaruh Keterikatan Konsumen Terhadap Media Sosial Instagram @maxxisid. *Business, Management, Accounting and Social Sciences (JEBMASS)*, 3 (2), pp 75–80.
- [5] Mulyati, S.S., Iriantoi, R.Y., Hidayah, N., 2024. Faktor-faktor Risiko yang Berhubungan dengan Kejadian ISPA di Permukiman Sekitar Bandara. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23 (1), pp.67–72.
- [6] Kannajmi, A.R., Saputra, D., 2025. Penentuan Model Algoritma Klasifikasi Terbaik untuk Klasifikasi Kualitas Udara di Jakarta 2023. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13 (1), pp. 492–500.
- [7] Pujiriansyah, I., Hadi, S., 2024. Pengaruh Katalis Pelat Tembaga Untuk Mengurangi Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) Pada Kendaraan Roda Dua. *Journal of Creative Student Research*, 2 (4), pp.146–153.
- [8] Basri, H., 2025. Analisa Numerik Emisi Gas Buang Kendaraan Penumpang Pada Perbedaan Kapasitas Mesin dan Jenis Transmisi. *AME (Aplikasi Mekanika & Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11 (1), pp. 20-25.
- [9] Hamid, A., et al., 2023. An Improvement of Catalytic Converter Activity Using Copper Coated Activated Carbon Derived from Banana Peel. *International Journal of Renewable Energy Development*, 12 (1), pp.144–154.
- [10] Naveenkumar, R., Kumar, S.R., Kumar, G.P., Kumaran, S.S., NOx, CO & HC control by adopting activated charcoal enriched filter in catalytic converter of diesel engine. *Mater Today Proc*, 22, pp.2283–2290
- [11] Shu, Y., Zhang, F., Wang, F., Wang, H., 2018. Catalytic reduction of NOx by biomass-derived activated carbon supported metals. *Chin J Chem Eng*, 26 (10), pp.2077–2083.
- [12] Marbun, D., et al., 2025. Unraveling the Potential of Coconut Shell Activated Carbon for Catalytic Converter Application: A Preliminary Studies of its Optimization through the Assisted of Fuzzy Logic. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 5 (2), pp.51–68.
- [13] Sulton, A., Ghofur, A., 2021. Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Berbahan Arang Kayu Alaban dengan Aditif Tembaga (Cu) Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Toyota Kijang 5K. *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa ROTARY*, 3 (1), pp.1–12.
- [14] Gunawan, S., Hasan, H., Lubis, R.D.W., 2020. Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3 (1), pp.38–47.
- [15] Febryanti, A., Wahab, A.W., Maming., 2020. Pemanfaatan Karbon Aktif Sekam Padi sebagai Adsorben Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor. *Al-Hikmah*, 22 (2), pp.107–117.
- [16] Pujotomo, I., 2018. Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi. *Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan*, 9 (2), pp.126–135.

- [17] Seprihadaniansyah, G.M., Kuswoyo, A., Adriana, M., 2018. Modifikasi Knalpot Menggunakan Katalitik Konverter Dan Arang Akasia Guna Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan. *Jurnal Elemen*, 5 (1), pp.11–19.
- [18] Tira, H.S., Padang, Y.A., Mulyanto, A., Syahrul, S., Salman, S., Putra, D., 2024. Efektifitas Arang Aktif Tongkol Jagung Dalam Menurunkan Emisi Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Ganda. *Dinamika Teknik Mesin*, 14 (2), pp.115–120.
- [19] Gusnadi, W.T., Mursadin, A., 2025. Penggunaan Karbon Teraktivasi dari Tanah Gambut Sebagai Adsorben Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin. *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa ROTARY*, 7 (1), pp.1–12.
- [20] Patel, K.D., Subedar, D., Patel, F., “Design and development of automotive catalytic converter using non-nobel catalyst for the reduction of exhaust emission: A review. in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, Jan. 2022, pp. 2465–2472.
- [21] Tira, H.S., Padang, Y.A., Syahrul., Putra, D.R.A., Mulyanto, A., and Salman, “Combination of Biogas-dual Fuel Engine Method and Activated Charcoal Adsorbent to Minimize Emissions from Two-wheeler,” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Dec. 2023, pp. 1–6.
- [22] Elbager, M.A., Asmaly, H.A., Al-Suwaiyan, M., Ibrahim, A. I., Dafallah, H., 2025. High Performance Batch Adsorption of Methylene Blue Using Desert Date Seed Shell Activated Carbon: Characterization and Response Surface Methodology Optimization. *Water Air Soil Pollut*, 236, 233.
- [23] Ali, J., *et al.*, 2022. A new biosource for synthesis of activated carbon and its potential use for removal of methylene blue and eriochrome black T from aqueous solutions. *Industrial Crops and Products*, 179, 114676.
- [24] Fang, Y., Yang, K., Zhang, Y., Peng, C., Cabrera, A.R., Valdivieso, A.L., 2021. Highly surface activated carbon to remove Cr(VI) from aqueous solution with adsorbent recycling. *Environmental Research*, 197, 111151.
- [25] Al-Aqtash, O., *et al.*, 2023. Differently shaped Al₂O₃-based Pd catalysts loaded catalytic converter for novel non-road mobile machinery exhaust systems. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 136 (1), pp.149–161.
- [26] Kritsanaviparkpom, E., Moreno, F.M.B., Reina, T.R., 2021. Catalytic Converters for Vehicle Exhaust: Fundamental Aspects and Technology Overview for Newcomers to the Field. *Chemistry (Switzerland)*, 3 (2), pp 630–646.
- [27] Rachman, R.A., Muhaji, M., 2023. Pengaruh Campuran Peralite Dan Bioetanol (Oryza Sativa Glutinosa) Terhadap Kadar Gas Buang Yamaha Nmax 2019. *Jurnal Teknik Mesin Unesa*, 12 (1), pp.59-64
- [28] Agboola, O., *et al.*, 2019. Synthesis of activated carbon from olive seeds: investigating the yield, energy efficiency, and dye removal capacity. *SN Appl Sci*, 1 (85), pp. 1–10.
- [29] Agung, A., Wiguna, G.S., Bagus, I., Mardana, P., Artawan, P., 2024. Synthesis and Characterization of Activated Carbon Prepared from Rice Husk by Physics-Chemical Activation. *Indonesian Physical Review*, 7 (2), pp. 281–290.
- [30] Maslahat, M., Kamalia, E., Arrisujaya, D., 2022. Sintesis dan Karakterisasi Mikro Partikel Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 7 (02) pp.177–188.
- [31] Hadisoebroto, G., Dewi, L., Hanifah, H.N., 2023. Efektivitas Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Nangka Sebagai Bioadsorben Logam Pb dari Limbah Industri Farmasi. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 14, pp. 8–16.
- [32] Rachmawati, S., *et al.*, 2024. Analisis Tingkat Kebisingan Lingkungan Akibat Revitalisasi Di Jembatan Jurug Surakarta. *Jurnal Reka Lingkungan*, 12 (2), pp.159–171.