

Inovasi Prospek Kaolin sebagai Adsorben CO₂: Potensi dan Tantangan untuk Kendaraan Bermotor Berkelanjutan

Alfian Putra*, Nanag R Wijaya, Reza Fauzan Utari Handayani

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA
alfianputra@pnl.ac.id(penulis korespondensi)

Abstrak— Prospek kaolin, yang dikenal sebagai bahan adsorben alami, menawarkan potensi yang menarik untuk digunakan dalam teknologi penangkapan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas prospek kaolin sebagai adsorben CO dalam kendaraan bermotor, serta tantangan dan peluang yang terkait dengan penerapannya. Penelitian ini dirancang dengan variabel tetap dalam bentuk bahan baku 10% PVA dari total campuran, 10% Katalis TiO₂ dari total campuran, 8% perekat kanji dari total campuran dan aquadest 130 ml dengan total campuran yaitu 140 gram. Membran memiliki ukuran panjang 70 mm dan diameter 50 mm, perlubangan sebanyak 19 lubang dengan ukuran 3 mm. Dan variabel bebas yaitu variasi kaolin:karbon aktif (6:1, 5:1, 4:1, 3:2, 1:1) % massa total campuran, Rpm mesin (1000, 2000 dan 3000) rpm dan suhu sintering (800°C, 900°C). Dari hasil penelitian diketahui bahwa membran dengan komposisi kaolin 65,8 gr dan karbon aktif 35 gr menyerap gas buang CO sebanyak 84,64% dengan konsentrasi akhir CO yaitu 0,80% pada Rpm 1000, sedangkan pada Rpm 2000 dan 3000 pada komposisi 72,8 gr kaolin dan 28 gr karbon aktif menyerap gas buang CO berturut-turut sebanyak 90,45% dan 92,31%, dengan konsentrasi akhir CO berturut-turut adalah 0,57 dan 0,54% yang memenuhi Peraturan Menteri No. 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas CO yaitu tahun ≥ 2007 adalah 1,5%.

Kata kunci— Adsorpsi, emisi, Kaolin, Suhu, sintering

Abstract— The potential of kaolin, recognized as a natural adsorbent, presents intriguing opportunities for application in carbon capture technologies. This study aims to explore the effectiveness of kaolin as a CO adsorbent in motor vehicles, as well as the challenges and opportunities associated with its implementation. The research was designed with fixed variables, including 10% polyvinyl alcohol (PVA) of the total mixture, 10% titanium dioxide (TiO₂) catalyst of the total mixture, 8% starch adhesive of the total mixture, and 130 ml of aquadest, resulting in a total mixture weight of 140 grams. The membranes produced have a length of 70 mm and a diameter of 50 mm, with 19 holes, each measuring 3 mm. The independent variables include varying ratios of kaolin to activated carbon (6:1, 5:1, 4:1, 3:2, 1:1) as a percentage of the total mixture mass, engine RPM (1000, 2000, and 3000), and sintering temperatures (800°C and 900°C). The results indicate that the membrane composed of 65.8 grams of kaolin and 35 grams of activated carbon absorbed 84.64% of CO from the exhaust gas, resulting in a final CO concentration of 0.80% at 1000 RPM. In contrast, at 2000 and 3000 RPM, the composition of 72.8 grams of kaolin and 28 grams of activated carbon absorbed 90.45% and 92.31% of CO, respectively, with final CO concentrations of 0.57% and 0.54%, both of which comply with the Ministerial Regulation No. 05 of 2006 regarding the threshold limits for CO emissions, set at 1.5% for vehicles manufactured in 2007 or later

Keywords— Adsorption, Emission, Kaolin, Temperature, Sintering

I. PENDAHULUAN

Emisi kendaraan bermotor menyumbang pencemaran udara dengan melepaskan gas-gas seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), dan hidrokarbon (HC). Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk mengurangi besaran emisi kendaraan bermotor dengan menggunakan bahan lama yang murah dan mudah didapat. Selain itu bahaya gas emisi kendaraan bermotor ini dapat direduksi dengan menggunakan filter gas emisi kendaraan. Akan tetapi penggunaan filter gas emisi ini masih terbatas pada kendaraan mobil produksi akhir-akhir ini. Hal ini disebabkan harga filter gas emisi kendaraan yang masih relatif cukup mahal. Oleh karena itulah perlu diupayakan filter gas emisi kendaraan dengan harga yang murah sehingga semua kendaraan bermotor dapat menggunakannya (3). Salah satu dengan memanfaatkan bahan alam yang banyak terdapat di Provinsi Aceh yaitu kaolin.

Gas buang kendaraan bermotor menyebabkan pencemaran (polusi) udara yang membahayakan kesehatan dan lingkungan, seperti: Karbon Monoksida (CO), berbagai senyawa Hidrokarbon (HC), berbagai Oksida Nitrogen (NO_x),

Sulfur (SO_x), dan Timbal (Pb). Gas CO, NO_x, CO₂ dan HC selama ini diyakini sebagai penyebab berbagai penyakit, misalnya: berkembangnya berbagai penyakit menular, daya tahan tubuh menurun, meningkatnya penyakit mata (katarak dan kebutaan) dan kanker kulit (1). Sedangkan dampak Timbal terhadap kesehatan adalah hipertensi, anemia, penurunan kemampuan otak dan dapat menghambat pembentukan darah merah (2).

Irene Frinada Nucifera dkk (14) telah melakukan penelitian yang bertujuan untuk mensintesis dan mengetahui karakteristik komposit kaolin-ZVI melalui difraksi sinar-X, serapan Infra Merah dan adsorpsi gas pada permukaan material tersebut, serta uji kinerja dari material komposit kaolin - ZVI tersebut dalam mengadsorpsi Cr (VI). Berdasarkan hasil analisis menggunakan XRD diketahui bahwa Fe⁰ terbentuk pada kaolin-ZVI dan ZVI. Hasil uji adsorpsi Cr(VI) menunjukkan bahwa kaolin, kaolinit-ZVI, dan ZVI dapat mengadsorpsi logam berat Cr(VI) berturut-turut sebesar 39.87; 70.65; dan 132.90 mg/L.

Dari beberapa penelitian diatas terlihat bahwa pemanfaatan kolon sebagai media penyerap gas buang (emisi), informasi yang didapatkan masih terbatas. Sementara

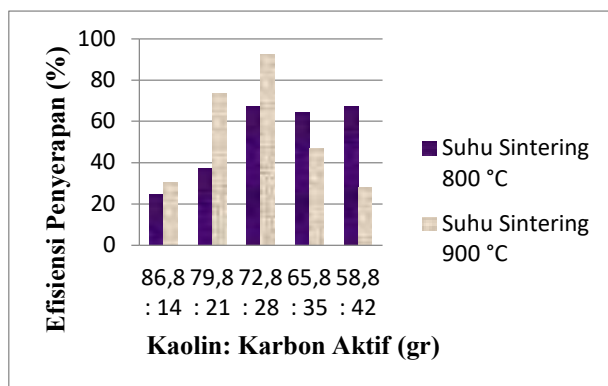
ketersediaan kaolin alam di Aceh cukup besar dan banyak serta belum dimanfaatkan secara maksimal. Pada penelitian ini dimanfaatkan kaolin sebagai memberan yang dapat menyerap emisi gas buang dalam hal ini gas CO dari kendaraan bermotor. Memberan yang digunakan dimodifikasi dengan karbon aktif, yang bertujuan untuk mencari komposisi efektif dalam menyerap emisi dari kendaraan bermotor dengan menggunakan variasi suhu sintering.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan berbagai peralatan pendukung, seperti timbangan analitik, jangka sorong, mesin press, furnace, cetakan, ayakan 100 mesh, mixer, knalpot uji, Gas Analyzer, X-ray Diffraction (XRD), serta Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR). Penelitian dilakukan di Terminal Angkutan Barang Dinas perhubungan Kota Lhokseumawe. Mobil yang digunakan adalah jenis CRV tahun 2010, yang dianggap dapat mewakili kondisi emisi kendaraan pada umumnya di Kota Lhokseumawe. Mesin Mobil dioperasikan pada kecepatan 1000, 2000, dan 3000 rpm, dengan suhu sintering 800°C dan 900°C dari adsorben yang digunakan. Adsorben dibuat dengan melubangi tengah-tengahnya untuk memperbanyak tangkapan asap dan bentuknya disesuaikan dengan knalpot mobil, dengan waktu kontak adsorben terhadap gas emisi selama 1 menit secara berturut-turut. Bahan utama yang digunakan meliputi kaolin, karbon aktif, titanium dioksida (TiO₂), polyvinyl alcohol (PVA), kanji, dan aquades. Material berbentuk silinder dengan panjang 70 mm, diameter 50 mm, dan 19 lubang berdiameter 3 mm. PVA dan TiO₂ masing-masing digunakan sebanyak 10% dari total campuran, sementara kanji sebagai perekat digunakan sebesar 8%, dengan tambahan 130 ml aquades. Ukuran partikel mencapai 100 mesh. Komposisi kaolin dan karbon aktif dalam campuran bervariasi dari 58,8% hingga 86,8%. Mesin beroperasi pada kecepatan 1000, 2000, dan 3000 rpm, dengan suhu sintering 800°C dan 900°C. Pengukuran emisi gas buang dilakukan sebelum dan sesudah proses adsorpsi menggunakan Gas Analyzer. Untuk karakterisasi membran, digunakan uji FT-IR dan XRD

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

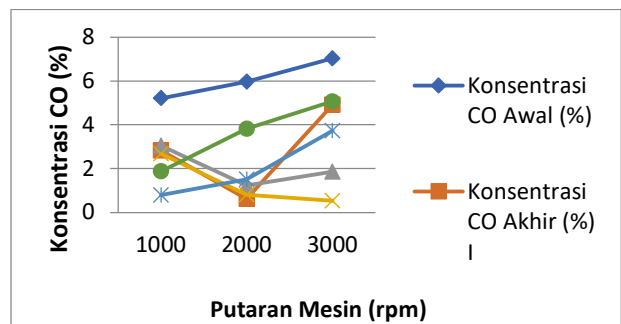
Dari hasil penelitian didapatkan data-data yang dituangkan dalam bentuk grafik dibawah ini :



Gambar 1: Efisiensi Penyerapan CO Terhadap Suhu Sintering

Kaolin memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengadsorpsi emisi gas CO. Hal ini disebabkan oleh dominasi SiO₂, yang mencapai sekitar 70%, dalam strukturnya yang berbentuk padatan amorf dan berpori. Kaolin juga memiliki sifat inert, netral, dan luas permukaan yang besar, sehingga meningkatkan daya adsorpsinya. Ketika rasio Si atau Al meningkat, adsorben menjadi lebih hidrofobik, yang berarti pori-pori adsorben kurang menyukai air dan cenderung kering. Akibatnya, adsorben ini memiliki daya adsorpsi tinggi terhadap senyawa karbon. Selain itu, rasio Al atau Si yang tinggi memberikan lebih banyak pusat aktif dengan tingkat keasaman tinggi, yang mendukung proses adsorpsi.

Dalam proses penyerapan CO, pada RPM 1000 dengan komposisi 65,8 gram kaolin dan 35 gram karbon aktif, berhasil menyerap gas buang CO sebanyak 84,64%, dengan konsentrasi akhir CO sebesar 0,80%. Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan komposisi lainnya. Pada RPM 2000 dan 3000, dengan komposisi 72,8 gram kaolin dan 28 gram karbon aktif, penyerapan gas buang CO meningkat secara berturut-turut menjadi 90,45% dan 92,31%, dengan konsentrasi akhir CO masing-masing mencapai 0,57% dan 0,54%. Semua hasil ini memenuhi Peraturan Menteri No. 05 Tahun 2006, yang menetapkan ambang batas emisi gas CO, yaitu 1,5% untuk tahun 2007 ke atas. Efektivitas penyerapan ini dipengaruhi oleh jenis bahan, komposisi, zat pengotor, ukuran partikel, dan suhu yang berkontribusi terhadap proses pembakaran membran.



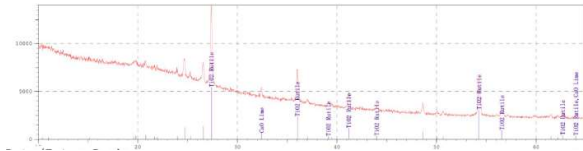
Gambar 1: Pengaruh putaran mesin terhadap konsentrasi CO

Karbon monoksida (CO) terbentuk akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, baik karena pembakaran yang tidak efisien maupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kekurangan udara). Konsentrasi CO dalam gas buang dipengaruhi oleh rasio campuran bahan bakar dan udara yang terbakar dalam ruang bakar.

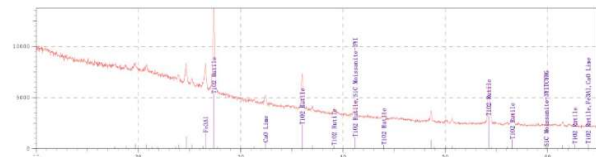
Pada RPM 1000, terlihat bahwa konsentrasi CO yang dikeluarkan cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh suhu dalam ruang bakar yang tidak cukup tinggi untuk menguapkan bensin secara optimal, mengakibatkan pembakaran yang tidak stabil dan, pada gilirannya, meningkatkan konsentrasi CO dalam gas buang. Sebaliknya, pada RPM 2000, konsentrasi CO cenderung menurun. Ini disebabkan oleh campuran bahan bakar dan udara yang lebih ramping, yang meningkatkan suhu dalam ruang bakar dan mengurangi emisi CO.

Namun, pada RPM 3000, konsentrasi CO kembali meningkat. Kondisi ini diakibatkan oleh peningkatan tenaga yang dihasilkan akibat putaran mesin yang lebih tinggi dan campuran bahan bakar yang semakin kaya, sehingga menyebabkan kekurangan oksigen dan peningkatan produksi CO.

Emisi CO yang berlebihan sering kali disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk kinerja karburator yang buruk, filter udara yang kotor, dan kerusakan pada sistem karburator, serta faktor lainnya.



Gambar 3. Hasil Uji X-Ray Diffraction Sebelum Pengaplikasian



Gambar 4. Hasil Uji X-Ray Diffraction setelah Pengaplikasian

Semakin tinggi rasio Si/Al, semakin hidrofobik sifat adsorben tersebut. Hal ini berarti bahwa pori-pori adsorben kurang menyukai air dan cenderung dalam keadaan kering, sehingga meningkatkan daya adsorpsinya terhadap senyawa karbon. Selain itu, rasio Al/Si yang tinggi juga memberikan lebih banyak pusat aktif dengan tingkat keasaman yang tinggi, yang mendukung proses adsorpsi (Faradilla et al., 2016). Dengan demikian, SiO₂ mampu mengikat karbon monoksida (CO), yang ditandai dengan munculnya unsur baru, yaitu SiC.

Menurut Razif (2005), oksigen teradsorpsi pada permukaan katalis, sementara karbon monoksida dapat berikatan dengan oksigen selama proses kontak, menghasilkan CO₂ sebagai produk reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa katalis TiO₂ dapat mempercepat reaksi penyerapan CO dengan cara yang serupa, di mana oksigen teradsorpsi pada permukaan katalis, memungkinkan karbon monoksida berikatan dengan oksigen dan melepaskan CO₂. Proses ini berkontribusi pada penurunan konsentrasi gas buang CO.

Salah satu komponen dalam kaolin yang berperan dalam penyerapan CO adalah Fe₂O₃, yang termasuk dalam golongan logam transisi. Ciri khas logam transisi adalah kecenderungan untuk menunjukkan berbagai keadaan oksidasi. Besi, sebagai contoh logam transisi yang cukup aktif, dapat direduksi oleh monoksida, menghasilkan Fe₃O₄ dan CO₂. Dengan demikian, proses ini berkontribusi pada penurunan kadar gas buang CO.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi berat kaolin dan variasi berat karbon aktif berpengaruh terhadap penyerapan gas buang CO, variasi berat kaolin 72,8 gr dan karbon aktif 28 gr menyerap 91,89% gas buang CO. Putaran mesin mempengaruhi gas buang CO yang dikeluarkan. Pada putaran mesin 2000 rpm konsentrasi CO yang dikeluarkan cenderung rendah yaitu 0,54% dibanding pada putaran mesin 1000 rpm dengan 0,80% dan 3000 rpm dengan 0,57%. Suhu sintering berpengaruh terhadap penyerapan gas buang CO, semakin tinggi suhu sintering maka semakin banyak CO yang terserap. Pada suhu sintering 900°C menyerap gas CO tertinggi sebanyak 90,98%.

REFERENSI

- [1] Hasibuan, R, A. 2019. *Modifikasi Zeolit Alam dengan TiO₂ untuk Mereduksi Emisi gas Buang Kendaraan Bermotor*. Skripsi. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- [2] Mumpuni, P., Mifbakhuddin., Meikawati, W. 2014. *Hubungan Antara Paparan Gas Buang Kendaraan (Pb) dengan Kadar Hemoglobin dan Eritrosit Berdasarkan Lama Tugas Pekerja pada Petugas Operator Wanita SSPBU di Wilayah Semarang Selatan*. Skripsi. Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang
- [3] Amin, Muh., Subri, M. 2016. *Uji Performa Filter Gas Emisi Kendaraan Bermotor 67 Berbasis Keramik Porous Dengan Aditif Tembaga, TiO₂ Dan Karbon Aktif Dalam Penurunan Kadar Gas Carbon Monoksida*. *Jurnal Mekanika*. Vol 15 (2).
- [4] Murhadi., Suyitno., Vistha, F, M., Khasanah, F., Murtinah, S. 2013. *Absorpsi Timbal (Pb) Dalam Gas Buang Kendaraan Bermotor Bensin Dengan Karbon Aktif*. Program Studi Teknik Otomotif. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- [5] Muziansyah, D., Sulistyorini, R., Sebayang, S. *Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Kota Bandar Lampung)*. *JRSSD*. Edisi Maret 2015. Vol 3 (1):57-70. ISSN:2303-0011.
- [6] Ismiyati., Marlita, D. 2014. *Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*. Vol. 1 (3): 244
- [7] Arifin, N., Rajesh, V., Sharma, K, A., dan Dalai. (2015). *Green diesel synthesis by hydrodeoxygenation of bio-based feedstocks: Strategies for catalyst design and development*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 240–255.
- [8] Laos, E. L., Masturi, dan Yulianti, Ian. (2016). *Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri*. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (EJournal) SNF2016*, Volume V, 135-140.
- [9] Tira, H., S., Wirawan, M., Basri, A. (2020) *Penggunaan adsorben arang aktif tempurung kemiri dengan variasi ukuran butir untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor bebahan bakar bensin*, *Dinamika Teknik Mesin Unmul* Vol. 1 No.3
- [10] Enggalin, Y, S., Whardhani, S., Darjito, (2015), *Pengaruh Aktivasi Kimia dan Penambahan Semen portland putih pada zeolite alam sebagai adsorbent Emisi Gas Buang kendaraan bermotor*, *Kimia Student Journal*, Vol 1, No.1 pp 654-660 Universitas Brwajijaya Malang.
- [11] Rahayu, E, D., Subagjo, Walmiki, T., Laniawati, M. 2015. *Sintesis Zeolit Y Dari Kaolin Terbenefisiasi*. *Jurnal Teknik Kimia*. Politeknik Negeri Bandung.
- [12] Amin, Muh., Subri, M., Jamasri. 2016. *Karakterisasi Penggunaan Bahan Adsorben Dan Katalis Dalam Pembuatan Material CMC Untuk Filter Gas Buang Kendaraan Bermotor*. *Jurnal Mekanika*. Vol 15 (2).
- [13] 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*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 4 (1):12-18. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Lambung Mangkurat