



**MEF-20: ADSORBEN BERBASIS ZEOLIT DAN KITOSAN JAMUR TIRAM
SEBAGAI FILTER EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR**

Farah Safa Aisyah¹, Athira Syahadatun²

Nenih S.Pd¹, Uswatun Khasanah S.Pd²

MTs Negeri 20 Jakarta Timur

*Jalan Rawa Kuning No.63, RT. 01/RW. 07, Pulo Gebang, Kec. Cakung, Kota Jakarta Timur,
Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta 13950 fsafa7472@gmail.com*

Abstrak

Aktivitas transportasi yang tidak dikendalikan dapat merugikan lingkungan, seperti tingginya kadar polutan akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut melalui adsorben. Bahan yang berpotensi dapat menyerap emisi gas buang diantaranya zeolit dan kitosan. Penelitian ini bertujuan mengetahui kombinasi terbaik zeolit dan kitosan jamur tiram sebagai adsorben serta pengaruhnya dalam menurunkan emisi gas buang. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan dengan variasi ukuran adsorben 10 gram dan 15 gram serta variasi model Vertikal-Horizontal dan Zig-zag. Data menunjukkan bahwa kadar parameter HC mengalami penurunan sebesar 28,8% dengan menggunakan adsorben model vertikal-horizontal 10 gram, kadar parameter CO mengalami penurunan sebesar 18,03% dengan menggunakan adsorben model zig-zag 10 gram, dan kadar parameter NOx mengalami penurunan sebesar 6,66% dengan menggunakan adsorben model vertikal-horizontal 10 gram. Dapat disimpulkan bahwa kombinasi terbaik zeolit dan kitosan jamur tiram yaitu 1:1 dengan model vertikal-horizontal 10 gram.

Kata kunci: *adsorpsi, emisi gas buang, kitosan jamur tiram, polusi udara, zeolit*

Pendahuluan

Transportasi memudahkan manusia untuk berpindah-pindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Seiring dengan peningkatan kebutuhan masyarakat, aktivitas transportasi pun meningkat (Jalaluddin, dkk 2013). Hal ini terjadi karena tidak semua fasilitas yang dibutuhkan masyarakat berada pada satu tempat. Dengan adanya transportasi yang lancar, distribusi barang dan jasa semakin mudah dan nyaman. Namun, aktivitas transportasi juga memberikan dampak negatif terutama bagi lingkungan. Aktivitas transportasi yang tidak dikendalikan yang dapat merugikan lingkungan dan ekosistem yang ada di dalamnya. Dampak negatif dari masalah sistem transportasi ini adalah tingginya kadar polutan akibat emisi gas buang kendaraan bermotor (Jayanti dkk, 2014).

Pencemaran udara menjadi efek dari penggunaan kendaraan bermotor. Polusi udara dapat membahayakan manusia dan lingkungan, seperti karbon monoksida (Amin, 2015). Hal ini sangat berbahaya karena dapat mengakibatkan kerusakan otak dan mengakibatkan sesak nafas. Hingga kerusakan saluran pernapasan seperti asma dan kanker paru. Permasalahan pencemaran udara di Indonesia terutama yang dirasakan di beberapa kota besar sudah mencapai taraf mengkhawatirkan.

Kajian JICA (Japan International Cooperation Agency) menyebutkan bahwa penyumbang zat-zat pencemar terbesar di Indonesia berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor.

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar pada mesin yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin (Achmadi 2011; Ismiyanti 2014). Salah satu zat pencemar dari emisi gas buang kendaraan adalah karbon monoksida. Sumber pencemar dari polutan ini sebagian besar diakibatkan oleh emisi dari kendaraan bermotor. Menurut (Wardhana 2001), besarnya persentase pencemaran udara dari sumber transportasi di Indonesia adalah CO 70,50%; HC 18,34%; NO_x 8,89%; SO_x 0,88%; partikel 1,33%. Gas-gas tersebut merupakan parameter pencemar yang perlu diperhatikan karena dapat menimbulkan dampak bagi manusia terutama bagi kesehatannya. Disisi lain, parameter tersebut termasuk ke dalam Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang akan diinformasikan ke masyarakat. Salah satu solusi tepat dalam mengurangi polutan karbon monoksida yakni dengan menggunakan alat penyaring berupa adsorben yang dapat menyerap partikel fluida.

Bahan yang berpotensi dapat menyerap emisi gas buang diantaranya zeolit dan kitosan. Struktur zeolit yang memiliki alumina dan silika serta mikropori membuat zeolit mampu mengikat CO dari kendaraan bermotor. Maleiva, dkk (2015) membuktikan bahwa zeolit dapat menurunkan konsentrasi gas CO. Kitosan dalam perkembangannya telah dimanfaatkan dalam berbagai bentuk dan tujuan. Kitosan telah diaplikasikan sebagai koagulan dalam limbah cair perikanan, untuk menanggulangi masalah pencemaran. Rosita (2005) menyebutkan kitosan mampu mengikat senyawa organik yang ada diperairan, kitosan juga mampu mengikat logam berat Pb sebesar 0,02 ppm. Penggunaan kombinasi dari zeolit dan kitosan dapat menjadi adsorben yang baik dalam mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor. Namun, belum ada yang memanfaatkan bahan alami seperti fungi menjadi kitosan untuk adsorben gas.

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu spesies fungi yang termasuk ke dalam kelompok Basidiomycota. Jamur ini memiliki ciri-ciri fisik umumnya berwarna putih dengan bentuk tudung berupa setengah lingkaran yang menyerupai cangkang tiram. Jamur tiram memiliki jumlah yang berlimpah dan harga yang murah, serta banyak beredar di pasaran. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa jamur tiram memiliki kandungan karbohidrat dan protein yang tinggi (Nasution, 2016). Salah satu jenis karbohidrat yang dapat dihasilkan dari jamur tiram adalah kitosan (Wu, dkk. 2004).

Kitosan adalah suatu karbohidrat kelompok polisakarida linier yang tersusun atas monomer N-asetilglukosamin dan D-glukosamin. Sebagai senyawa turunan kitin, kitosan ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti adsorben, pengawet makanan, pertanian (Zeng, dkk. 2012), imobilisasi enzim (Silva, dkk. 2015), dan obat-obatan (Dash, dkk. 2011). Untuk memperoleh kitosan, kitin diolah melalui proses deasetilasi yang berfungsi untuk membuang gugus asetil dari molekul kitin tersebut. Pada jamur tiram, kitin merupakan salah satu komponen utama penyusun dinding sel. Kitosan dari berbagai jenis organisme memiliki kandungan gugus asetil yang berbedabeda, yang disebut dengan derajat deasetilasi (D). derajat deasetilasi inilah yang menjadi salah satu ukuran yang menentukan karakteristik dari kitosan (Kumari, dkk, 2014) karakteristik kitosan sangat dipengaruhi oleh sumber organisme yang digunakan untuk memperoleh kitosan tersebut (Kusumaningsih, dkk. 2004). Oleh karena itu penentuan

karakteristik kitosan dari jamur tiram sangat penting agar kitosan yang diperoleh dapat digunakan untuk keperluan penelitian dan aplikasi yang lebih luas.

Oleh karena itu, penulis tertarik membuat alat filter yang dapat mengadsorpsi emisi gas kendaraan bermotor yaitu MEF-20 yang merupakan singkatan dari Motorcycles Emission Filter oleh siswi MTsN 20 Jakarta yang terbuat dari kombinasi zeolit dan kitosan jamur tiram.

Rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kombinasi terbaik zeolit dan kitosan jamur tiram sebagai adsorben?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan MEF-20 terhadap penurunan emisi gas buang kendaraan bermotor?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kombinasi terbaik zeolit dan kitosan jamur tiram sebagai adsorben.
2. Mengetahui pengaruh dari penggunaan MEF-20 sebagai alat filter kendaraan bermotor dalam menurunkan emisi gas buang.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, maka:

1. Diharapkan dapat membantu mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor.
2. Diharapkan dapat menjadi pengembangan keilmuan di bidang transportasi.

Kajian Teori dan Tinjauan Pustaka

Adsorpsi adalah proses di mana molekul-molekul gas atau cair berinteraksi dengan permukaan padatan, sebagian dari molekul-molekul tersebut menempel pada permukaan padatan. Teori ini mencoba menjelaskan mengapa dan bagaimana molekul-molekul atau partikel-partikel tertentu dapat berinteraksi dan melekat pada permukaan padat. Pada adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008). Pada aplikasi adsorpsi, bahan adsorben sering digunakan untuk tujuan pemurnian, pemisahan, penghilangan polutan, atau pemulihan zat-zat tertentu dari larutan atau gas. Misalnya, karbon aktif sering digunakan dalam pemurnian air dan penghilangan zat berbahaya dari udara, sementara zeolit digunakan dalam proses pemisahan dan penyerapan gas.

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini berisikan mengenai adsorben berbasis zeolit, adsorben berbasis kitosan jamur tiram, dan filter emisi gas buang kendaraan bermotor. Berikut adalah pemaparannya secara lebih rinci:

Adsorben Berbasis Zeolit

Pemanfaatan zeolit telah banyak digunakan di berbagai bidang. Pada bidang peternakan zeolit digunakan sebagai bahan campuran pakan ternak. Dalam bidang industri zeolit digunakan sebagai penyerap minyak dan separasi gas. Pada pemurnian air, zeolit digunakan sebagai pengikat logam berat pada perairan. Selain sebagai penyerap, zeolit juga mampu bersifat sebagai katalis. Struktur zeolit yang khas dapat dijadikan sebagai adsorben gas emisi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zeolit dapat mereduksi emisi gas buang (Maleiva dkk 2015; Siregar dkk

2019). Zeolit juga menjadi bahan yang dapat dikombinasikan dengan bahan- bahan lain agar kemampuannya lebih optimal.



Gambar 1. Zeolit

Adsorben Berbasis Kitosan Jamur Tiram

Gas pencemaran yang dihasilkan dari asap knalpot adalah nitrogen oksida (NO). Nitrogen Oksida yaitu kumpulan gas N_2O , NO, N_2O_3 , dan NO_3 yang mencemari udara. Gas nitrogen oksida menyebabkan masalah kesehatan, terutama pada pernapasan. Salah satu solusi tepat dalam mengurangi polutan karbon monoksida yakni dengan menggunakan alat penyaring. Pada proses pembuatan alat penyaring tersebut dapat memanfaatkan sumber daya alam hayati yang ramah bagi lingkungan, misalnya jamur tiram. Adsorben berbasis kitosan jamur tiram merupakan aplikasi yang menarik dalam pengembangan bahan adsorben yang ramah lingkungan. Ketersediaan yang melimpah, harga yang murah, juga ramah lingkungan merupakan kelebihan adsorben ini. Di samping ketersediaannya yang berlimpah, Kanto, dkk (2021) sudah membuktikan bahwa jamur tiram dapat dijadikan sebagai adsorben. Namun, belum ada penelitian yang membuktikan bahwa jamur tiram dapat menjadi adsorben emisi gas buang kendaraan bermotor.



Gambar 2. Jamur Tiram

Adsorben Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin senyawa HC (Hidrokarbon), CO (Karbon Monoksida), CO_2 (Karbon Dioksida), O_2 (Oksigen), dan senyawa NO (Nitrogen Oksida). Pada kendaraan bermotor, emisi gas buang adalah sisa pembakaran pada *internal combustion engine* yang kemudian dikeluarkan melalui knalpot. Salah satu solusi dalam mengurangi polutan karbon monoksida yakni dengan menggunakan filter adsorben. Adsorben ini menjadikan karbon monoksida pada emisi gas buang tersaring sehingga kandungan tersebut berkurang dan tidak membahayakan makhluk hidup.

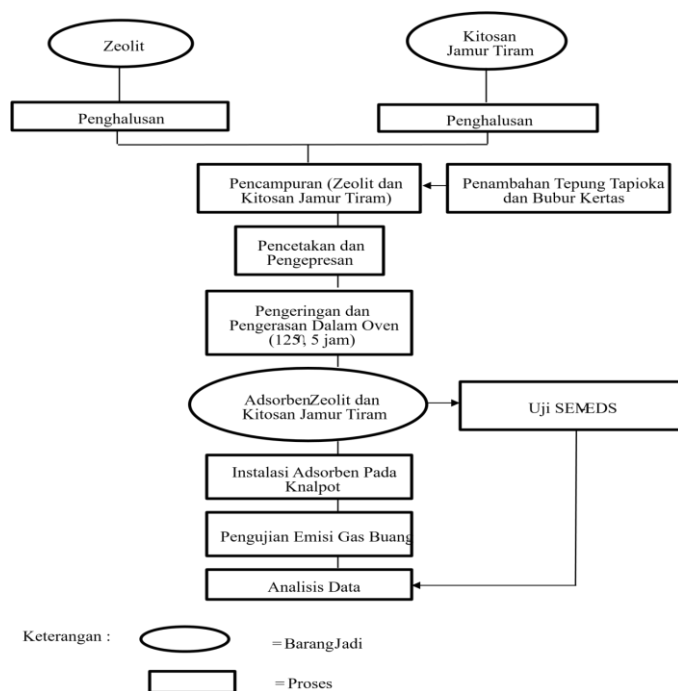
Penelitian yang Relevan

1. Penelitian yang dilakukan oleh Nur Aini, Ida dan Dyah (2022) dalam jurnalnya yang berjudul "Efektifitas Limbah Kulit Udang dalam Menurunkan CO dari Kendaraan Bermotor" menyimpulkan bahwa ekstraksi limbah kulit udang menjadi kitosan telah memenuhi standar mutu kitosan berdasarkan SNI Produk Perikanan Non Pangan Tahun 2018.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Kanto, dkk (2021) dalam jurnalnya yang berjudul "Kitosan dari Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Krom (Cr)" menyimpulkan bahwa kitosan hasil isolasi terbukti memiliki potensi sebagai adsorben logam Cr dengan daya adsorpsi mencapai 82,75%.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Faradilla, Hernani dan Endro (2016) dalam jurnalnya yang berjudul "Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Adsorben Karbon Monoksida dan Karbon Dioksida Pada Emisi Kendaraan Bermotor" menyimpulkan bahwa adsorben yang terbuat dari fly ash dapat menurunkan kadar emisi CO kendaraan bermotor.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Ronaldo (2008) yang berjudul "Zeolit Alam dan Chitosan Sebagai Adsorben Catalytic Converter Monolitik untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor" menyimpulkan bahwa kombinasi zeolit dan kitosan dapat mereduksi emisi gas buang.

Berdasarkan penelitian terdahulu, belum ada yang meneliti kitosan jamur tiram sebagai adsorben filter emisi gas buang kendaraan bermotor dengan kombinasi zeolit.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu metode yang digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap hasil dalam kondisi yang terkendali (Roestiyah, 2001). Eksperimen yang dilakukan diantaranya membuat adsorben dengan kombinasi zeolit dan kitosan jamur tiram yang dapat mengadsorpsi emisi gas buang kendaraan bermotor. Penelitian dilaksanakan 27 September 2023 sampai dengan 1 November 2023. Pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Partisipan Penelitian

Untuk membuat kitosan membutuhkan sampel diantaranya sampel kontrol (tanpa perlakuan), sampel A (kombinasi 1:4), sampel B (kombinasi 1:1), dan sampel C (kombinasi 4:1) (Aini dkk, 2022). Penelitian dilakukan di beberapa lokasi yaitu:

- a) Lokasi pembuatan bubur kertas di Laboratorium IPA MTsN 20 Jakarta Timur.
- b) Lokasi pembuatan adsorben dilakukan di Laboratorium Metalurgi dan Teknik Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- c) Lokasi pengujian SEM-EDS di Unit CMPFA Departemen Metalurgi dan Teknik Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- d) Lokasi pembuatan alat MEF-20 di MTsN 20 Jakarta Timur.
- e) Lokasi pengujian emisi kendaraan bermotor di CV Farama Consultant.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengacu pada diagram alir dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Persiapan Zeolit dan Kitosan Jamur Tiram

Zeolit dan kitosan jamur tiram yang digunakan yaitu zeolit dan kitosan jamur tiram yang sudah terjual dan beredar di pasaran dengan memperhatikan rating dari pembeli, penilaian pembeli dan juga adanya hasil analisa uji lab yang sudah dilakuakn oleh toko online bahwa bahan yang mereka jual sesuai deskripsi.

2. Pembuatan Adsorben Dari Ekstrak Zeolit-Kitosan Jamur Tiram

a. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu sarung tangan, wadah berbentuk nampan untuk mengaduk bahan, sendok, timbangan digital, plastik klip kecil, oven Memmert, alat pencetak adsorben GOTECH AI-7000 LA I0. Sedangkan bahan yang dibutuhkan yaitu zeolit, kitosan jamur tiram, air sebagai campuran untuk membuat bubur kertas, dan tepung tapioka. Bahan lainnya kertas pembungkus telur sebagai bahan campuran dan tepung tapioka sebagai alat perekat. Penggunaan tepung tapioka selain sebagai alat perekat berfungsi juga untuk menyatukan partikel kedalam butiran *granulat* sehingga dapat membentuk struktur yang kompak setelah pencetakan (Syaefudin, 2016).



A



B



C



D

Gambar 4. Bahan Yang Diperlukan Untuk Membuat Adsorben; (A) Bubur Kertas, (B) Tepung Kanji, (C) Zeolit, dan (D) Kitosan Jamur Tiram

Pembuatan bubur kertas dilakukan dengan cara menyiapkan kertas telur sekitar 2 lembar lalu dipotong kecil kemudian direndam dengan air 950 ml. Rendaman didiamkan hingga halus. Setelah itu ditiriskan hingga kadar air berkurang. Bubur kertas siap untuk digunakan.

b. Pembuatan Adsorben

Pembuatan adsorben dilakukan di Laboratorium Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Adsorben zeolit dan kitosan jamur tiram dibuat dari bahan-bahan campuran yang terdiri atas zeolit-kitosan jamur tiram, bubur kertas, dan tepung tapioka dengan perbandingan 4:2:1. Dengan menggunakan perbandingan campuran zeolit-kitosan jamur tiram dengan sampel kontrol (tanpa perlakuan), sampel A (kombinasi 1:4), sampel B (kombinasi 1:1), dan sampel C (kombinasi 4:1).

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Adsorben

Perbandingan	Komposisi (gram)			
	Zeolit	Kitosan Jamur Tiram	Tepung Tapioka	Bubur Kertas
Total 15 gram			2	1
1:4 Zeolit : Kitosan	1,72	6,88	4,3	2,1
1:1 Zeolit : Kitosan	4,3	4,3	4,3	2,1
4:1 Zeolit : Kitosan	6,88	1,72	4,3	2,1

Lalu masing-masing bagian dicampur ke dalam wadah kemudian diaduk agar tercampur rata. Kemudian dicetak dengan menggunakan cetakan dari besi berdiameter 46,7 mm dan tinggi 6,72 mm. Kemudian dipress dengan Digital Ultimate Gotech 10 ton dengan tekanan 95,23 kgf, speed 80 mm/min hingga berbentuk adsorben. Setelah membentuk adsorben, tahap selanjutnya yaitu dipanaskan dengan oven Memmert UN 55 dengan suhu 125°C selama 5 jam hingga kering dan mengeras.



Gambar 5. Memasukkan Sampel Pada Oven Hingga Kering dan Mengeras

c. Pengujian SEM-EDS

SEM sendiri merupakan singkatan dari Scanning Electron Microscope yaitu jenis mikroskop elektron yang dapat memindai permukaan dengan perbesaran tertentu (Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro). Uji SEM bertujuan untuk mengetahui permukaan atau morfologi pada adsorben zeolit-kitosan jamur tiram. Sedangkan EDS merupakan singkatan dari Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy yang dapat dilakukan pada daerah yang kecil (titik), garis dan kotak. Selain itu EDS dapat digunakan untuk mengetahui sebaran unsur (*mapping*) pada sampel, (Departemen Teknik Mesin ITS). Pengujian EDS bertujuan untuk mengetahui unsur yang terkandung pada adsorben zeolit-kitosan jamur tiram



Gambar 6. Alat Uji SEM-EDS

d. Pembuatan MEF-20 dan Housing Filter MEF-20

Dalam pembuatan MEF-20 peneliti membuat 2 model alat penyaring untuk melihat efektivitas kerja dari adsorben berdasarkan posisi tata letak adsorben. Model pertama yaitu adsorben akan diposisikan Vertikal dan Horizontal (V-H), sedangkan model kedua yaitu adsorben akan diposisikan secara zig-zag. Kedua model ini akan dilihat hasilnya dari uji emisi. Alat dan bahan yang diperlukan yaitu 2 buah pipa berdiameter 5 cm yang sudah berbentuk silinder berbahan dasar besi plat, bolt untuk penahan posisi adsorben, dan alat potong yaitu mesin gerinda dan gergaji besi.

Langkah pembuatan alat untuk metode verikal dan horizontal pada ilustrasi gambar 7 (a) yaitu dengan cara:

1. Pipa berdiameter 5 cm dipotong dengan panjang 13 cm.
2. Kemudian pipa dilubangi seukuran bolt pada masing masing posisi adsorben agar posisi berbentuk sesuai gambar.

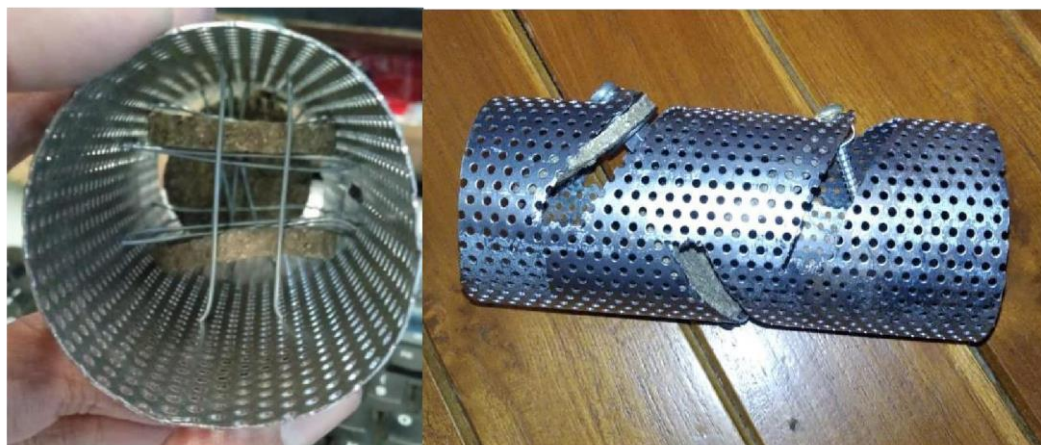
Sedangkan untuk pembuatan alat pada ilustrasi gambar 7(b) yaitu dengan cara:

1. Pipa berdiameter 5 cm dipotong panjang 13 cm.
2. Setelah itu potong tengah pipa berbentuk zigzag.

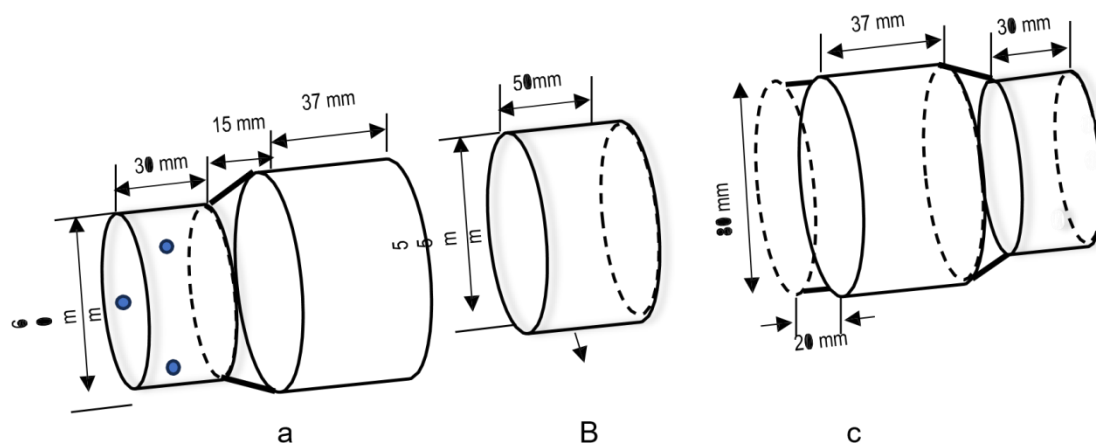
Setelah alat terbentuk, tahap terakhir yaitu memasang adsorben pada pipa yang sudah di pasang bolt sebagai penyangga adsorben. Pembuatan alat yang sudah jadi terdapat pada Gambar 8.



Gambar 7. Ilustrasi Adsorben MEF-20; (a) Vertikal-Horizontal (V-H), (b) Zig Zag



Gambar 8. Hasil Pembuatan MEF-20



Gambar 9. Ilustrasi Housing MEF-20; (a) Pipa Penyambung Pada Knalpot, (b) Pipa Penyambung a dan c, (c) Pipa Untuk Mengeluarkan Gas Emisi



Gambar 10. Housing MEF-20

Agar alat filter dapat terpasang dengan baik di knalpot motor maka dibutuhkan housing sebagai tempat untuk menyambung alat filter ke knalpot (Gambar 9 dan 10). Alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan Housing MEF-20 adalah mesin gerinda, gergaji besi, mesin las, penggaris siku, cat berwarna hitam sebagai estetika MEF-20. Bahan yang dibutuhkan adalah pipa berbahan metal steel berbentuk silinder dengan panjang 20 cm diameter 6 cm, kemudian dipotong menjadi 2 bagian pada ilustrasi gambar 9a. (a) dan (b), pada bagian (c) adalah pipa penyambung berukuran 50 mm. Bagian ujung pipa penyambung pada knalpot (Gambar a) dibuat 3 tempat untuk *screw bolt* yang berfungsi untuk mengikat knalpot dengan housing.

e. Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan

Pengujian emisi dilakukan di CV Farama Consultant. Pengujian dilakukan dengan menguji Motorcycles Emission Filter (MEF) terhadap emisi gas buang diantaranya HC, CO, dan NOx pada emisi kendaraan bermotor tipe L dengan menggunakan alat instrumen Analisa Gas Buang (Automotive Gas Analyzer) model KEG-500 merk pabrik KEONG buatan Korea, dengan no seri F1810502, tanggal kalibrasi 24 Mei 2023 masa berlaku sampai 24 Mei 2024 ISO 9001/ISO 14001. Pengujian dilakukan dengan melihat perbandingan emisi gas buang antara tanpa adsorben dan dengan adsorben. Hasil uji membuktikan bahwa MEF-20 efektif dalam mengurangi kandungan emisi gas buang.



Gambar 11. Uji Emisi Motor Dengan Analyzer

Analisa Data

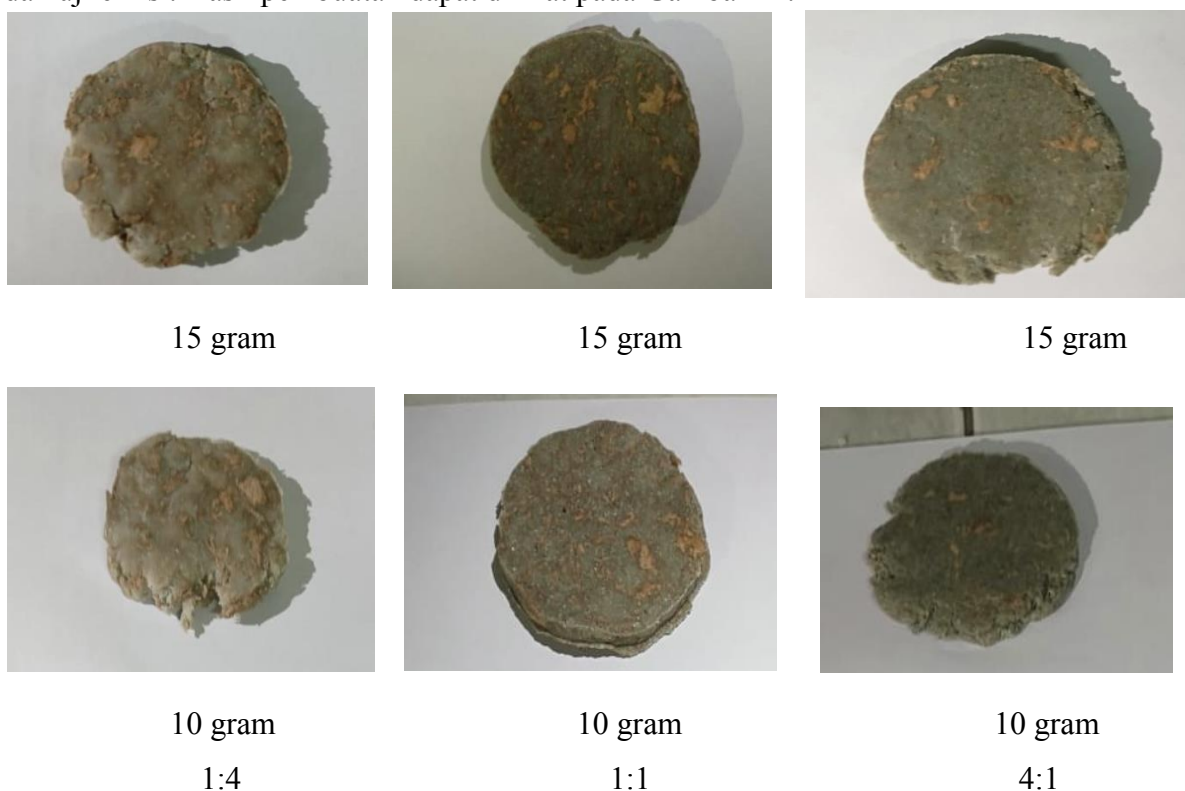
Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif, yaitu metode statistik yang digunakan untuk menggambarkan dan meringkas data secara numerik dan visual. Analisis data dilakukan dengan membandingkan antara sampel tanpa MEF-20 dengan sampel yang menggunakan MEF-20. Setelah itu, dihitung nilai penurunan kadar gas emisi dengan penggunaan adsorben MEF-20. Selanjutnya, data hasil uji dibandingkan juga dengan baku mutu emisi gas buang. Hasilnya akan direpresentasikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih dalam tentang adsorben berbasis zeolit dan kitosan jamur tiram sebagai filter emisi gas buang kendaraan bermotor. Adapun hasil yang didapat diantaranya Kombinasi Adsorben, hasil uji SEM-EDS, dan hasil uji emisi gas buang kendaraan bermotor.

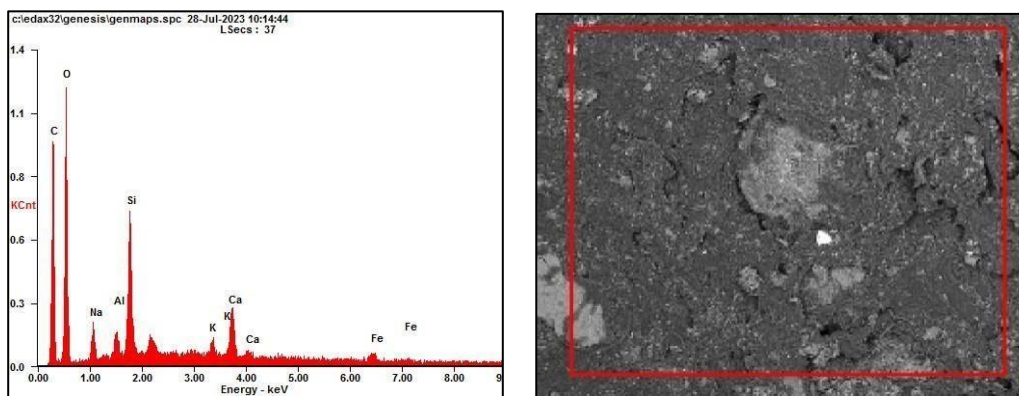
1. Hasil Kombinasi Adsorben Kitosan Jamur Tiram dan Zeolit

Kombinasi adsorben zeolit dan kitosan jamur tiram dibuat dengan perbandingan 1:4, 1:1, dan 4:1. Campuran bahan yang diperlukan seperti zeolit, kitosan jamur tiram, tepung tapioka dan bubur kertas tercampur rata maka bahan tersebut ditimbang dan dibuat dengan ukuran berat masing-masing 10 gram dan 15 gram. Dari hasil percobaan, didapatkan bahwa kombinasi 1:4 dan 4:1 tidak terbentuk dengan baik. Sementara, percobaan kombinasi 1:1, semua bahan dapat menyatu satu sama lain, mudah dibentuk, tidak retak, struktur stabil, padat dan saat dicetak tidak pecah. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi terbaik pada percobaan ini adalah sampel dengan kombinasi 1:1. Kombinasi adsorben 1:1 inilah yang digunakan untuk uji SEM-EDS dan uji emisi. Hasil pembuatan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pembuatan Adsorben

2. Hasil Uji SEM-ED



Gambar 13. Hasil Elemen SEM - EDS

Tabel 2. Hasil Elemen SEM-EDS

<i>Elemen</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>C</i>	29.87	40.15
<i>O</i>	47.65	48.08
<i>Na</i>	03.66	02.57
<i>Al</i>	01.66	01.00
<i>Si</i>	08.98	05.16
<i>K</i>	01.25	00.52
<i>Ca</i>	04.63	01.86
<i>Fe</i>	02.30	00.66

Berdasarkan Gambar 13 dan Tabel 2, didapatkan bahwa adsorben mengandung unsur Karbon (C), Oksigen (O), Natrium (Na), Aluminium (Al), Silikon (Si), Kalium (K), Kalsium (Ca), dan Besi (Fe). Dari unsur tersebut, kadar unsur terbanyak yaitu unsur Oksigen (O), sedangkan kadar paling sedikit yaitu Kalium (K).

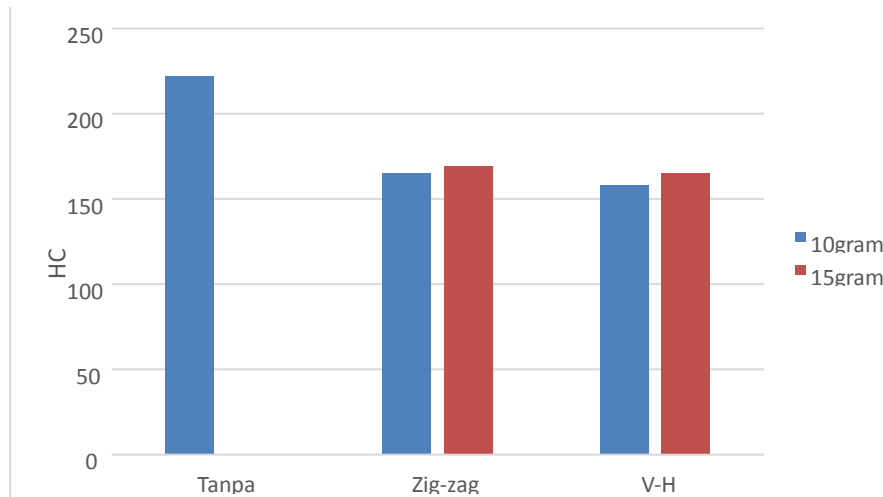
3. Hasil Uji Emisi Gas Buang

Motor yang digunakan yaitu Honda Beat tahun produksi 2018. Hasil uji emisi motor dengan menggunakan Analyzer dapat dilihat pada Tabel 3.

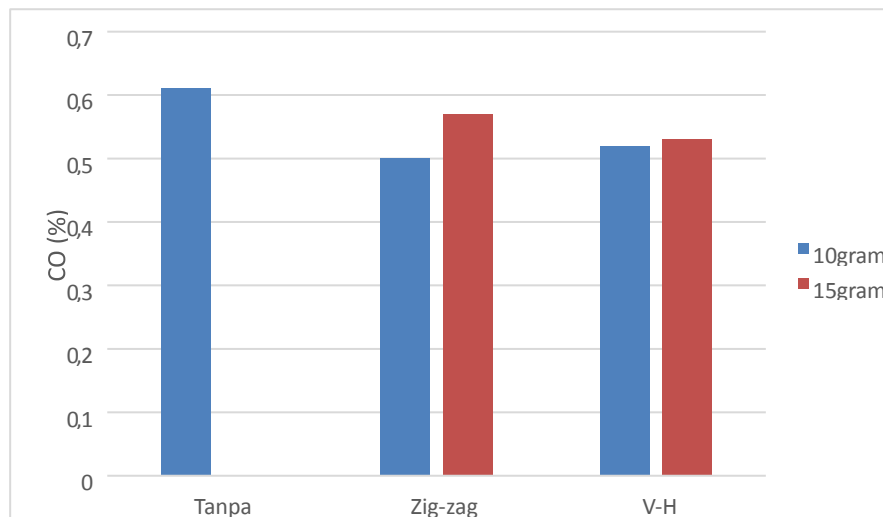
Tabel 3. Hasil Uji Emisi Gas Buang 15 gram

Senyawa	Tanpa Adsorben	Zig-zag		Vertikal-Horizontal (V-H)	
		10gr	15gr	10gr	15gr
HC (ppm)	222	165	169	158	165
CO (%)	0,61	0,5	0,57	0,52	0,53
NOx (ppm)	15	17	15	14	17

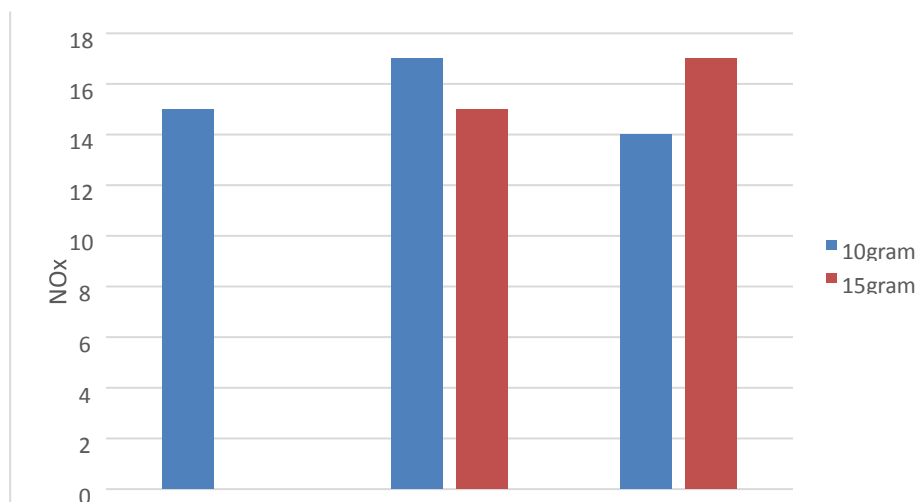
Untuk lebih jelasnya terdapat grafik pada Gambar 14, 15, dan 16.



Gambar 14. Hasil Uji Emisi Gas Buang Parameter HC



Gambar 15. Hasil Uji Emisi Gas Buang Parameter CO



Gambar 16. Hasil Uji Emisi Gas Buang Parameter NOx

Berdasarkan Gambar 14, nilai kadar HC tanpa adsorben sebesar 222 ppm, dengan model zig-zag 10 gram sebesar 165 ppm, dengan model zig-zag 15 gram sebesar 169 ppm, dengan model vertikal-horizontal 10 gram sebesar 158 ppm, dan dengan model vertikalhorizontal 15 gram sebesar 165 ppm. Kemudian pada Gambar 15, nilai kadar CO tanpa adsorben sebesar 0,61%, dengan model zig-zag 10 gram sebesar 0,5%, dengan model zigzag 15 gram sebesar 0,57%, dengan model vertikal-horizontal 10 gram sebesar 0,52%, dan dengan model vertikal-horizontal 15 gram sebesar 0,53%. Sedangkan pada Gambar 16, nilai kadar NO_x tanpa adsorben sebesar 15 ppm, dengan model zig-zag 10 gram sebesar 17 ppm, dengan model zig-zag 15 gram sebesar 15 ppm, dengan model vertikalhorizontal 10 gram sebesar 15 ppm, dan dengan model vertikal-horizontal 15 gram sebesar 17 ppm.

Pembahasan

1. Efektivitas Zeolit dan Kitosan Jamur Tiram Terhadap Emisi Gas Buang

Dari hasil kombinasi-kombinasi yang dibuat, terbukti bahwa kombinasi 1:1 adalah hasil yang terbaik. Hasil kombinasi 1:1 ini yang digunakan untuk uji emisi gas buang kendaraan bermotor. Dari hasil, didapatkan bahwa penggunaan adsorben MEF-20 mampu menurunkan kadar emisi dari gas buang kendaraan bermotor. Pengujian dilakukan pada 2 model, yaitu model vertikalhorizontal (V-H) dan model zig-zag dengan berat 10 gram dan 15 gram.

Berdasarkan parameter HC, adsorben yang paling baik menurunkan emisi adalah model vertikal-horizontal (V-H) berukuran 10 gram dengan penurunan sebesar 28,83%. Berdasarkan parameter CO, adsorben yang paling baik menurunkan emisi adalah model zig-zag berukuran 10 gram dengan penurunan sebesar 18,03%. Kemudian pada parameter NO_x, adsorben yang paling baik menurunkan emisi adalah model V-H berukuran 10 gram dengan penurunan sebesar 6,66%. Namun, pada model lain, tidak mampu menurunkan emisi NO_x sehingga adsorben kurang berpengaruh terhadap parameter NO_x. Dari kedua model, model vertikal-horizontal 10 gram lebih baik dalam menurunkan kadar HC. Sementara model zig-zag 10 gram lebih baik dalam menurunkan parameter CO.

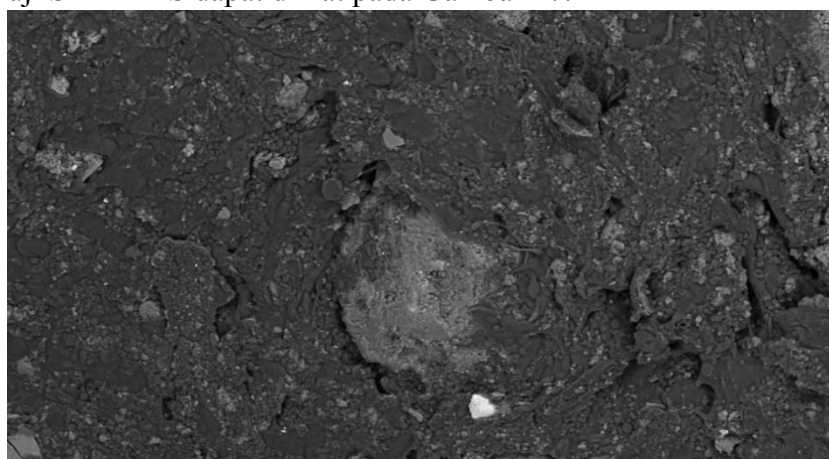
Lampiran 4 menunjukkan nilai ambang batas tahun produksi 2010 ke atas yang terdapat pada PERMENLH 05/MENLH/2006 . Untuk ambang batas kendaraan bermotor tipe L parameter CO yaitu 5,5%. Sedangkan untuk parameter HC yaitu 2400 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa MEF-20 dan dengan MEF-20 sudah memenuhi ambang batas. Meskipun tanpa MEF-20 sudah memenuhi ambang batas, penerapan MEF20 lebih menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor sehingga dampak terhadap lingkungan jauh lebih baik.

Meninjau dari penelitian Ronaldo (2008), penggunaan kombinasi zeolit dan kitosan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor. Hasil dari penelitian Ronaldo (2008) menunjukkan bahwa kombinasi adsorben dapat menurunkan emisi HC sebesar 47%, NO_x sebesar 43%, dan CO sebesar 51%. Sementara, Mariana, dkk (2012) menunjukkan bahwa adsorben hanya dengan kitosan kurang efektif dalam menurunkan emisi gas buang motor. Di sisi lain, Faradilla, dkk (2016) membuktikan bahwa adsorben dari *fly ash* berpotensi menurunkan emisi kendaraan bermotor sebesar 81,65% untuk gas CO. Penelitian dengan MEF-20 menunjukkan bahwa kombinasi zeolit dan kitosan jamur tiram lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang sudah ada. Akan tetapi, terbukti efektif dalam menurunkan emisi HC dan CO sehingga dapat menjadi alternatif adsorben. Beberapa faktor pengaruh diantaranya ukuran, tekstur, dan posisi penempatan.

Dari segi ukuran, adsorben dibuat dengan ukuran 10 gram dan 15 gram. Namun dari hasil uji emisi, ukuran 10 gram menyerap lebih baik dibandingkan dengan ukuran 15 gram. Hal ini dibuktikan oleh Nugraha, dkk (2011) bahwa semakin berat adsorben maka semakin kurang baik performanya, karena semakin padat sehingga porositas dan luar permukaan tidak terlalu tinggi menyebabkan gas CO yang diadsorpsi lebih sedikit. Sementara dari segi tekstur, adsorben ini bertekstur kasar dan tidak rata, namun tekstur kasar inilah yang lebih mengikat dibanding tekstur halus yang cenderung licin. Sedangkan dari segi posisi, posisi Vertikal-Horizontal adalah posisi baik dibandingkan dengan posisi zig-zag, hal ini karena model Vertikal-Horizontal terdapat posisi adsorben yang vertikal, sehingga dapat kontak secara langsung dengan emisi gas.

2. Pengikatan Emisi Gas Buang Oleh Adsorben Zeolit-Kitosan Jamur Tiram

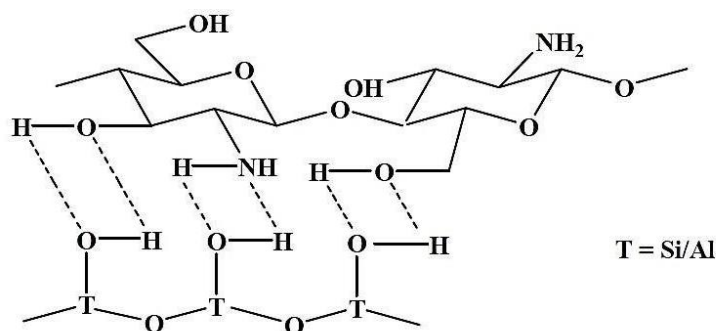
Pengikatan emisi gas buang oleh adsorben dipengaruhi beberapa faktor. Faktor tersebut diantaranya morfologi, kandungan unsur dan senyawa, dan sifat dari zeolitkitosan. Morfologi dari hasil uji SEM-EDS dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Uji SEM-EDS

Berdasarkan gambar diatas, terlihat tekstur yang kasar dan tidak berpori. Terlihat pula struktur yang *irregular* dan tidak rata, serta menunjukkan luas area yang tinggi. Namun, dari tekstur ataupun struktur yang kasar itulah yang dapat memudahkan kandungan-kandungan emisi gas buang dapat terikat dan menyerap pada adsorben. Berdasarkan penelitian Yusniyyah S.I, (2017), semakin kasar tekstur dari adsorben, maka semakin baik pula efektivitas dalam menyerap emisi gas buang kendaraan bermotor.

Berdasarkan hasil uji EDS, unsur paling banyak terkandung pada adsorben yaitu Oksigen (O) dan Karbon (C). Hal ini membuktikan bahwa terdapat banyak gugus OH. Disamping itu, terdapat juga unsur Si dan Al. Berdasarkan data SEM-EDS, kandungan logam Si lebih banyak dibanding kandungan logam Al, menunjukkan rasio Si/Al meningkat. Dengan semakin besarnya rasio Si/Al maka adsorben tersebut bersifat hidrofobik, artinya pori-pori adsorben lebih tidak suka air atau cenderung kering. Di sisi lain, Pranoto, dkk (2018) menjelaskan jika Si/Al bernilai 5 maka sudah termasuk struktur ikatan yang stabil. Hasil menunjukkan nilai Si/Al sebesar 5,16. Perbandingan tersebut sesuai dengan penelitian Ronaldo (2008) yang menunjukkan bahwa adsorben memiliki kemampuan elektrostatis yang kuat. Dengan begitu adsorben memiliki daya adsorpsi tinggi pada senyawa Karbon (Faradilla, dkk 2016). Ikatan kesatuan antara zeolit dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Ilustrasi Ikatan Kesatuan Zeolit dan Kitosan (Ismawati dan Prajoko, 2018)

Zeolit akan bersifat lebih aktif apabila pada permukaan dan pori-pori zeolit terdapat suatu senyawa yang berfungsi sebagai agen katalis. Penambahan kitosan diharapkan mampu bersifat sebagai agen katalis yang mampu mempercepat proses adsorpsi (Ronaldo, 2008). Proses pengikatan CO pada adsorben terjadi karena molekul CO kontak secara langsung terhadap adsorben, akibatnya sebagian molekul CO berikatan dengan gugus OH dan NH₂ yang ada pada kitosan. Pada dasarnya, zeolit mampu melakukan pertukaran kation atau *cation exchange capacity* (CEC) yang cukup besar sehingga molekul gas dapat terikat oleh permukaan adsorben. Ditambah dengan kemampuan kitosan yang dapat mengikat gas-gas organik seperti gas HC sehingga kombinasi dari zeolit dan kitosan dapat menjadi kesatuan yang baik dalam menyerap emisi gas buang.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kombinasi adsorben zeolit-kitosan terbaik yaitu 1:1 dengan model vertikal-horizontal 10 gram.
2. Adsorben MEF-20 efektif dalam mengurangi kadar HC dan CO emisi gas buang kendaraan bermotor dan kurang efektif untuk parameter NO_x. MEF-20 dapat menurunkan kadar HC sebesar 28,8%, penurunan kadar CO sebesar 18%, dan penurunan kadar NO_x sebesar 6,7%.

Saran

1. Perlu dilakukan optimalisasi MEF-20 untuk parameter NO_x.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kendaraan bermotor tipe M, N, dan O.

Daftar Pustaka

- Achmadi, Umar Fahmi. 2011. *Dasar-dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Jakarta : PT. Raja Grafindo.
- Amin Muh dan Subri Muhammad. 2015. Pengaruh Penambahan Tembaga Terhadap Densitas Material Ceramic Matrix Composit (CMC) Untuk Aplikasi Filter Gas Emisi Kendaraan. *Jurnal Traksi Vol. 15 No. 1, Hal 21-27*.
- Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R. dan Chiellini, E. (2011). Chitosan – a versatile semisynthetic polymer in biomedical applications. *Progress in Polymer Science, 36*, 9811014.
- Departemen Teknik Mesin ITS. Fasilitas Scanning Electron Microscope (SEM). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Faradilla, Hernani Yulinawa, Endro Suswantoro. (2016). Pemanfaatan Fly Ash sebagai Adsorben Karbon Monoksida dan Karbon Dioksida pada Emisi Kendaraan Bermotor. *Seminar Nasional Cendekiawan*.

- Giyatmi, dkk. 2008. Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean. Yogyakarta.
- Ismiyati, Marlita Devi dan Saidah Deslida. 2014. Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Emisi Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik (JMTransLog)* Vol. 01, No. 03, Hal : 241-247
- Jalaluddin, Gani Asri, Darmadi. 2013. Analisis Karakteristik Emisi Gas Buang Pada Sarana Transportasi Roda Dua Kota Banda Aceh. *Jurnal Teknik Mesin Unsyah*, Vol. 01, No. 04, Hal: 152-156
- Jayanti Novita Eka, Hakam Mochamad, Sutiansih Indri. 2014. Emisi Gas Carbon Monoksida (CO) dan Hidrocarbon (Hc) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor “Supra X 125 Tahun 2006”, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 16, No. 02, Hal : 1-6.
- Kanto, Riza Apriani, Mira Ilhami, Ai Eva. (2021). Kitosan Dari Jamur Tiram (Pleurotus Ostreatus) Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Krom (Cr). *Lantanida Journal*.
- Khulsum, Hanifah, dkk. 2018. Efektivitas Ukuran Media Arang Aktif Dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur. *Jurnal Kesmas Indonesia*. Volume 10 Hal. 98-108. Kumari, S. dan Rath, P. (2014). Extraction and Characterization of Chitin and Chitosan from (Labeo Rohit) Fish Scales. *International Conference on Materials Processing and Characterisation*, 6, 482-489.
- Kusumaningsih, T.; Masykur, A.; Arief, U. (2004). Pembuatan Kitosan dari Kitin Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*). *Biofarmasi* 2004, 2(2), 64-68.
- Maleiva, LTN.; Sitorus, B.; Jati, D.R.: *Penurunan Konsentrasi Gas Karbon. Monoksida Dari Kendaraan*. JKK 2015, 4, 1, 35-42. 20. North, M
- Mulyadi Abdul Wahid, Hadi Kurniawan, Al-Hafidh Rahman. (2021). Efektivitas Alat Penyaring Polutan Dengan Adsorbansi Arang Aktif Daun Trembesi (*Samanea Saman*). *Journal of Environmental Engineering* Vol. 3 No. 1.
- Nasution, J. (2016). Kandungan karbohidrat dan protein jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) pada media tanam serbuk kayu kemiri (*Aleurites moluccana*) dan serbuk kayu campuran. *Jurnal Eksakta*, 1, 38-41.
- Nur Aini, Ida Munfarida, Dyah Ratri Nurmaningsih. (2022). Efektifitas Limbah Kulit Udang dalam Menurunkan CO dari Kendaraan Bermotor. *Jurnal Serambi Engineering*.
- Roestiyah. (2001). Strategi Belajar Mengajar. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ronaldo, Rici. (2008). Zeolit Alam Dan Chitosan Sebagai Adsorben Catalytic Converter Monolitik Untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *IPB Repository*.
- Silva, D., Rosa, H., Carvalho, A., dan Oliva-Neto, P. (2015). Immobilization of papain on chitin and chitosan and recycling of soluble enzyme for deflocculation of *saccharomyces cerevisiae* from bioethanol distilleries. *Enzyme Research*, 1-10.
- Siregar, A., Syam, A., & Mustafa, M. (2019). Rancangan Media Adsorbansi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Emisi Gas Mesin Otomotif, *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*.
- Sukma DH, Riani E, Pakpahan EN. 2018. Pemanfaatan kitosan sebagai adsorben sianida limbah pengolahan biji emas. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3): 460-470.

- Syaefudin. (2016). *Pembuatan Zeolit Pelet Berbasis Zeolit Alam Dan Pati Tepung Beras Sebagai Adsorben Pada Pembuatan Bioetanol Fuel Grade*. Bachelor thesis, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Fasilitas Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). *Komite Akreditasi Nasional*. LP-1465- IDN. Universitas Diponegoro Semarang.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Wirosoedarmo, R., Kurniati, E., dan Ardika, A. J. 2018. *Adsorpsi Senyawa Fosfat Total PO_4 dalam Air Buangan Laundry dengan Zeolit Termodifikasi*. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, Malang.
- Wu, T., Zivanovic, S., Drauchon, F., dan Sams, C. (2004). Chitin and chitosan – valueadded products from mushroom waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 79057910.
- Zeng, D., Luo, X., dan Tu, R. (2012). Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2012, 15.