

PENGARUH PENGGUNAAN MEMBRAN KERAMIK BERBASIS ZEOLIT, SILIKA, DAN KARBON AKTIF TERHADAP KADAR CO DAN CO₂ PADA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR

M. Hatta Dahlan, M.Eng*, Laili Handayani, Eko Setiono

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Srijayanegara Bukit Besar Palembang 30139
Email: halogenated@hotmail.com

Abstrak

Udara merupakan sumber daya yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Seiring dengan tingginya laju pembangunan maka kualitas udara pun semakin menurun dan dengan tingginya arus transportasi kendaraan bermotor yang menghasilkan sisa pembakaran yang tidak sempurna. Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan membran keramik sebagai filter gas buang kendaraan bermotor dengan masing-masing aditif, yaitu zeolit, silika, dan karbon aktif. Penelitian ini menggunakan, metode Orsat dan dengan alat gas kromatografi. Dengan variasi aditif 10-30%, dan lama waktu pengambilan sampel antara 15-60 menit. Dengan suhu pembakaran 650-700°C. Penggunaan Membran keramik tersebut dapat menurunkan kadar (%) gas CO dan CO₂ pada gas buang kendaraan bermotor. Dari ketiga bahan aditif tersebut yang paling baik daya adsorpsinya adalah Zeolit.

Kata Kunci: Pemisahan Gas, membran keramik, adsorpsi.

Abstract

Air is a very important resource in human life. Along with rapid growth of development which degrades air quality, besides transportation means resulting exhaust fuel burning. Research has been conducted to develop ceramic membranes as exhaust gas filter for transportation media with each of its additives, which are zeolite, silica and activated carbon. This research has performed Orsat Methode and Chromatograph Gas with additif variation of 10 – 30%, and the length of sampling between 15 – 60 minutes. The burning temperature is 650 – 700°C. Usage of ceramic membranes may reduce the amount (%) of CO and CO₂ gas of transportation media. Among those three additives, the highest rate of adsorption is zeolite.

Keywords: Gas separation, ceramic membranes, adsorption

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan sumber daya yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Tanpa udara manusia tidak dapat bertahan hidup. Seiring dengan tingginya laju pembangunan maka kualitas udarapun semakin menurun dan ditambah lagi dengan tingginya arus transportasi kendaraan bermotor yang menghasilkan sisa pembakaran yang tidak sempurna. Khususnya negara-negara

berkembang karena masih rendahnya kebijakan yang mengatur tentang pencemaran lingkungan.

Dampak negatif dari masalah sistem transportasi adalah tingginya kadar polutan sekitar 60-70% akibat emisi (pelepasan) dari asap kendaraan bermotor. (Rachmariska. 2009)

Hal ini dapat menurunkan tingkat kesehatan bagi masyarakat dengan berjangkitnya penyakit saluran pernapasan akibat polusi udara dan menurunkan kualitas udara bersih. Dampak lain yang ditimbulkan

akibat turunnya kualitas udara adalah adanya pemanasan kota karena perubahan iklim sehingga terjadi penipisan lapisan ozon.

Kondisi emisi kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan bakar dan kondisi pembakaran dalam mesin. Bahan pencemar yang terutama terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah berbagai senyawa Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂), senyawa Hidrokarbon (HC), dan berbagai zat yang lainnya. Dari segi lingkungan, emisi gas buang kendaraan bermotor juga cenderung membuat kondisi tanah dan air menjadi asam. Pengalaman di Negara maju membuktikan bahwa kondisi seperti ini dapat terlepasnya ikatan tanah atau sedimen dengan beberapa mineral atau logam, sehingga logam tersebut dapat mencemari lingkungan.

Di sisi lain perkembangan pengetahuan dan teknologi bahan keramik dirasakan begitu pesatnya. Pada masa lampau, bahan keramik sudah dikenal hingga saat ini digunakan untuk berbagai kebutuhan antara lain untuk, industri keramik, elektronika, untuk filter, dipakai juga pada bidang teknologi ruang angkasa. Penelitian Van Vlack (1985), menyatakan bahwa salah satu keramik berporositas telah berhasil dibuat dan dimanfaatkan sebagai filter. (Tiar Delimawati T. 2008).

Penyumbang terbanyak polusi udara adalah gas buang kendaraan bermotor, dimana bahan-bahan pencemar udara yang terdapat didalamnya seperti oksida-oksida sulfur dan nitrogen, dan senyawa oksidan lainnya yang merupakan penyumbang polusi terbesar di kota-kota besar, bahan-bahan pencemar ini memiliki dampak yang sangat luas bagi kesehatan manusia. Komponen utama bahan bakar adalah hydrogen (H), dan karbon (C), pembakarannya akan menghasilkan senyawa HC, CO, CO₂, serta NO_x pada kendaraan berbahan bakar bensin. Dari senyawa-senyawa ini, yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah HC, dan CO.

Dampak emisi gas buang kendaraan bermotor antara lain adalah :

1) Pb (Timbal)

Dapat menyebabkan penurunan tingkat kecerdasan dan perkembangan mental anak, mengakibatkan hipertensi, anemia, kanker, gangguan pendengaran, serta gangguan reproduksi.

2) CO (karbon monoksida)

Dapat menyebabkan pengurangan kadar oksigen dalam darah sehingga mengakibatkan pusing,

gangguan berfikir, penurunan reflek, gangguan jantung, bahkan kematian.

3) HC (Hidrokarbon)

Menyebabkan iritasi mata, batuk, mengantuk, memicu asma, kanker paru-paru, bercak kulit, dan perubahan kode genetik.

4) NO_x (Oksida Nitrogen)

Dapat menimbulkan iritasi mata, gangguan jantung, dan paru-paru, asma, serta infeksi saluran pernapasan.

5) CO₂ (Karbon dioksida)

Memiliki kontribusi yang paling besar dalam efek rumah kaca.

(<http://putraprabu.wordpress.com/200>

8)

Dianjurkan kepada pemilik kendaraan bermotor untuk secara berkala menguji emisi gas buang kendaraannya dengan tujuan untuk meminimalisir polusi akibat gas buang kendaraan tersebut.

Pemisahan adalah salah satu bagian dari proses industri untuk mendapatkan produk yang bermutu tinggi. Proses pemisahan gas dengan menggunakan bahan kimia banyak membutuhkan biaya, tenaga, dan perhatian selain itu waktu pemisahannya berlangsung lebih lama. Dengan berkembangnya proses pemisahan menggunakan teknologi membran, semua hambatan dalam proses pemisahan dapat memberikan hasil optimal, diperlukan pengertian mengenai sifat membran dan senyawa yang akan dipisahkan tersebut.

ADSORPSI

Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan suatu fasa tertentu (gas, cair) pada permukaan adsorben yang berupa padatan. Adsorpsi ada 2 macam, antara lain :

1) Physisorption (adsorpsi fisika)

Terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Physisorption ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil. Contoh :

Adsorpsi oleh karbon aktif. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka

semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

2) **Chemisorption (adsorpsi kimia)**

Chemisorption terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Contoh : Ion exchange.

Mekanisme kerja adsorpsi

Adsorben yang biasa digunakan berbentuk butiran, batangan, batu dengan diameter 0,5-10 mm. untuk pemakaian yang terus menerus diperlukan adsorben yang tahan terhadap suhu tinggi, tahan abrasi dan panas. Dimana adsorben adalah padatan dimana di permukaannya terjadi pengumpulan substansi yang disisihkan. Dan adsorbat adalah substansi yang akan disisihkan.

Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1) **Luas permukaan**

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

2) **Jenis adsorbat**

- Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar).

- Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi.

- Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorb dibandingkan rantai yang lurus.

3) **Struktur molekul adsorbat**

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4) **Konsentrasi Adsorbat**

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5) **Temperatur**

- Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka.

- Pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6) **pH**

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

7) **Kecepatan pengadukan**

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

8) **Waktu Kontak**

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9) **Waktu kesetimbangan**

Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh :

- tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi,
- konsentrasi ion logam.
(Rangminang, 2009)

MEMBRAN KERAMIK

Membran merupakan alat pemisah berupa penghalang yang bersifat selektif yang dapat memisahkan dua fase dari berbagai campuran. Campuran tersebut dapat bersifat homogen atau heterogen dan dapat berupa padatan, cairan atau gas. Proses pemisahan dengan membran terjadi karena adanya driving force yang mengakibatkan adanya perpindahan suatu zat melalui membran.

Ditinjau dari bahannya membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya pulp dan kapas, sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer.

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan

disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat.

Selain berfungsi sebagai sarana pemisahan, membran juga dapat berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian pada suatu larutan.

Jenis-Jenis Membran

Berdasarkan fungsinya, membran dapat diklasifikasikan dalam 4 bagian, yaitu :

1) Mikrofiltrasi

Merupakan pemisahan partikel berukuran mikron atau semimikron. Membran mikrofiltrasi berukuran 0.1-1.0 μm .

2) Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi adalah teknik pemisahan dengan menggunakan membran untuk menghilangkan zat terlarut dengan bobot molekul (BM) tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari air lautan. Dengan ukuran partikel 0.001 – 0.1 μm .

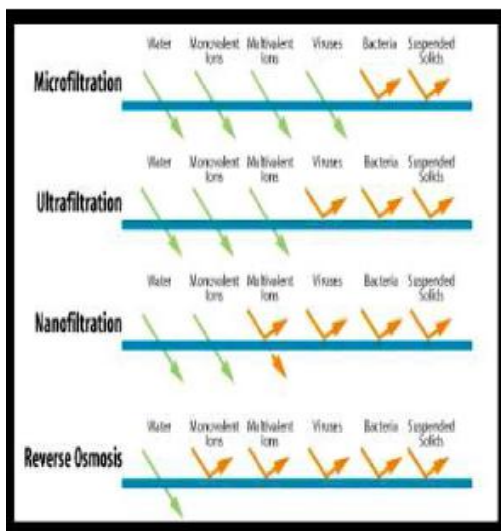
3) Nanofiltrasi

Nanofiltrasi cocok bagi air dengan total padatan terlarut yang rendah, dilunakkan dan dihilangkan senyawa organiknya. Formulasi dasarnya mirip reverse osmosis tetapi mekanisme operasionalnya mirip ultrafiltrasi.

4) Reverse Osmosis

Reverse osmosis adalah proses pengolahan yang membutuhkan tekanan relatif tinggi. Dengan ukuran partikel 0.0001 – 0.001 μm .

Proses pengolahan berdasarkan jenis-jenis membran keramik dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Proses Pengolahan berdasarkan size pore

Berdasarkan jenis pemisahan dan strukturnya, membran dapat dibagi menjadi 3 kategori :

1) Porous membrane

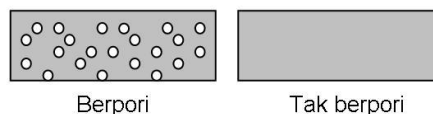
Pemisahan berdasarkan atas ukuran partikel dari zat-zat yang akan dipisahkan. Hanya partikel dengan ukuran tertentu yang dapat melewati membran sedangkan sisanya akan tertahan. Berdasarkan klasifikasi dari IUPAC, pori dapat dikelompokkan menjadi *macropores* (> 50nm), *mesopores* (2-50 nm), dan *micropores* (< 2nm). *Porous membrane* digunakan pada *microfiltration* dan *ultrafiltration*.

2) Non-porous membrane

Dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama, baik gas maupun cairan. Perpindahan molekul terjadi melalui mekanisme difusi. Jadi, molekul terlarut di dalam membran, baru kemudian berdifusi melewati membran tersebut.

3) Carrier membrane

Pada *carriers membrane*, perpindahan terjadi dengan bantuan *carrier molecule* yang mentransportasikan komponen yang diinginkan untuk melewati membran. *Carrier molecule* memiliki afinitas yang spesifik terhadap salah satu komponen sehingga pemisahan dengan selektifitas yang tinggi dapat dicapai. (Anonim, 2009, <http://www.kochmembrane.com/>)



Gambar 2. Membran berdasarkan ukuran pori

Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Membran

Pembuatan membran mempunyai spesifikasi khusus tergantung untuk apa membran tersebut digunakan dan spesifikasi produk yang diharapkan. Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya sebagai berikut :

1) Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. Pada

pembuatan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus.

2) Bentuk Molekul

Bentuk dan konfigurasi makromolekul mempunyai efek pada kekuatan ion, temperatur dan interaksi antar komponen. Perbedaan bentuk ini khusus pada kondisi dibawah permukaan membran.

3) Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejection dan distribusi ukuran pori. Sebagai contoh membran dari polysulfone dan membran dari selulosa asetat, kedua membran ini menunjukkan rendahnya deviasi antara kedua membran dan ini mempunyai efek pada tekanan membran. Selain itu mempunyai efek pada tingkat penyumbatan (Fouling) pada membran.

4) Karakteristik Larutan

Pada umumnya berat molekul larutan garam dan gula mempunyai berat molekul yang kecil dari ukuran pori membran. Karakteristik larutan ini mempunyai efek pada permeability membran.

5) Parameter operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi. Dan parameter tambahan adalah : pH, ion strength dan polarisasi.

Kelebihan dan Kekurangan Membran

Kelebihan :

- Pemisahan berlangsung secara kontinu/berlanjut.
- Biaya operasi murah.
- Konsumsi energi yang diperlukan rendah.
- Mudah untuk ditingkatkan kapasitasnya (*scale up*).
- Perawatan mudah.
- Efisiensi ruang.
- Mampu memisahkan partikel sampai ukuran nanometer.

Kekurangan :

- Biaya investasi awal cukup tinggi.
- Lebih mudah mengalami fouling.
- Perhitungan terhadap variabel yang mempengaruhi performansi membran harus cermat.

- Tidak bisa memisahkan partikel solute dengan ukuran lebih kecil dari 1 nm.

(Iqbal dan Ninoy, 2006)

MEDIA FILTER

Karbon Aktif

Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara, kulit kelapa, dan sebagainya. Dengan pengolahan tertentu yaitu proses aktivasi seperti perlakuan dengan tekanan dan suhu tinggi, dapat diperoleh karbon aktif yang memiliki permukaan dalam yang luas.

Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki luas permukaan seluas 500-1500 m², sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0.01-0.0000001 mm. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Dalam waktu 60 jam biasanya karbon aktif tersebut menjadi jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu biasanya arang aktif di kemas dalam kemasan yang kedap udara. Sampai tahap tertentu beberapa jenis arang aktif dapat di reaktivasi kembali. Reaktivasi karbon aktif/arang aktif sangat tergantung dari metode aktivasi sebelumnya, oleh karena itu perlu diperhatikan keterangan pada kemasan produk tersebut.

Karbon aktif tersedia dalam berbagai bentuk misalnya gravel, pellet, lembaran fiber, bubuk dan butiran-butiran kecil (GAC : Granular Active Carbon).

Silika

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida (SiO₂) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika (SiO₂) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar.

Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O, berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2.65, titik lebur 1715°C, bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0.185, dan konduktivitas panas 12 – 100°C.

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik

langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Sebagai bahan baku utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasit (ampelas dan sand blasting). Sedangkan sebagai bahan ikutan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya.

Zeolit

Mineral zeolit sudah diketahui sejak tahun 1755 oleh seorang ahli mineralogi bernama F.A.F. Cronstedt. Meskipun demikian penggunaan mineral zeolit untuk industri baru dimulai tahun 1940 dan 1973. Tahun 1940 adalah penggunaan mineral zeolit sintetis, sedangkan tahun 1973 adalah permulaan penggunaan mineral zeolit alam. Dikarenakan mineral zeolit alam sulit dipisahkan dari batuan induknya maka ini menjadi alasan dibuatnya zeolit sintesis.

Mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak dapat persis sama dengan mineral zeolit alam, walaupun zeolit sintetis mempunyai sifat fisik yang jauh lebih baik. Pada tahun tersebut merupakan titik awal penggunaan nyata bagi mineral zeolit alam untuk keperluan berbagai industri. Diharapkan dengan adanya berbagai penelitian mengenai zeolit alam diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah.

Penggunaan zeolit cukup banyak, misalnya untuk industri kertas, karet, plastik, agregat ringan, semen puzolan, pupuk, pencegah polusi, pembuatan gas asam, tapal gigi, mineral penunjuk eksplorasi, pembuatan batubara, pemurnian gas alam, industri oksigen, industri petrokimia, sebagai makanan ternak dan lain-lain. (Wahyudi, Johan. 2008)

KROMATOGRAFI GAS

Kromatografi Gas adalah metode kromatografi pertama yang dikembangkan pada jaman instrument dan elektronika yang telah merevolusikan keilmuan selama lebih dari 30 tahun. Sekarang GC dipakai secara rutin di sebagian besar laboratorium industry. GC dapat dipakai untuk setiap campuran yang komponennya atau akan lebih baik lagi jika semua komponennya mempunyai tekanan uap yang berarti pada suhu yang dipakai untuk pemisahan. (Wijaya, Primandaru, 2010).

Kromatografi gas merupakan metode yang tepat dan cepat untuk memisahkan campuran yang sangat rumit. Waktu yang dibutuhkan beragam, mulai dari beberapa detik untuk campuran sederhana sampai berjam-jam untuk campuran yang mengandung 500-1000

komponen. Komponen campuran dapat diidentifikasi dengan menggunakan waktu tinggal (waktu retensi) yang khas pada kondisi yang tepat. Waktu tinggal ialah waktu yang menunjukkan berapa lama suatu senyawa tertahan dalam kolom.

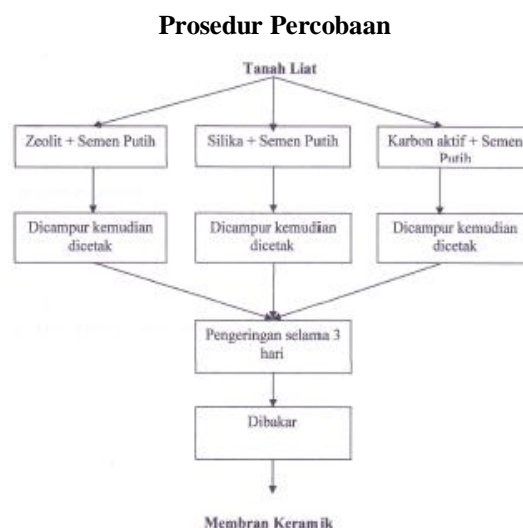
2. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Media filter, yaitu Zeolit, Silika, dan Karbon Aktif
- Waktu yang bervariasi dalam pengambilan sampel

Bahan yang digunakan

- Gas buang Kendaraan bermotor
- Tanah Liat
- Semen Putih
- Media Filter, yaitu Zeolit, Silika, dan Karbon Aktif



Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Membran Keramik

Pengolahan Bahan

a. Penyiapan Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat membran keramik, antara lain :

- Tanah liat.
- Zeolit, karbon aktif, dan silika.
- Semen Putih.

b. Pencampuran

Bahan-bahan tersebut ditimbang, kemudian dilakukan pencampuran antara tanah liat dengan zeolit dan semen putih,

tanah liat dengan karbon aktif dan semen putih, serta pencampuran antara tanah liat dengan silika dan semen putih.

c. Pembentukan dan Pencetakan

Bahan yang telah dicampur tersebut kemudian dicetak dengan pipa. Bahan yang telah dicetak kemudian dikeringkan selama 3 hari pada suhu kamar (25°C).

d. Pembakaran

Pembakaran dilakukan di tempat pembuatan keramik (genteng, batubata) pada suhu berkisar antara 650-700°C selama 2 minggu.

Diagram alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir Penelitian

Cara kerja Penelitian

- Membran keramik dipasang pada sekat yang ada di knalpot motor, lalu motor tersebut dinyalakan sehingga menghasilkan gas emisi.
- Dengan menggunakan variasi waktu 15, 30, 45, dan 60 menit, diujung keluaran gas buang kendaraan bermotor tersebut telah dipasang bola karet yang disambungkan dengan selang kecil, sehingga gas buang tersebut tertampung oleh bola karet.
- Gas buang kendaraan bermotor banyak mengandung gas-gas yang berbahaya, seperti CO dan CO₂. Gas CO dan CO₂ pada bola karet tersebut dianalisa. Untuk mengetahui kadar gas CO (%) digunakan alat kromatografi gas, sedangkan untuk mengetahui kadar (%) CO₂ digunakan metode Orsat.

Cara Kerja Kromatografi Gas

Kromatografi gas terdiri dari pencadangan gas pembawa (*injector*), tempat penyuntikan zat, kolom terletak dalam thermostat, alat pendeteksi (*detector*) dan alat pencatat

(*recorder*) yang ditampilkan pada computer. (Hakim, Syahir 2003).

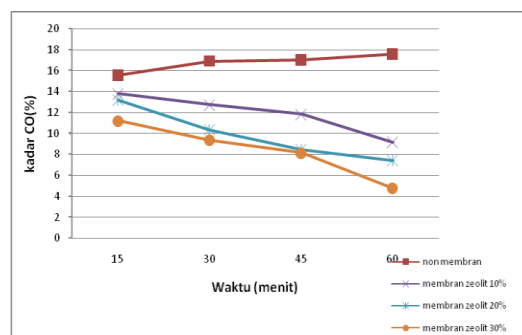
Susunan alat tersebut dapat dibuat seperti skema berikut:



Gambar 5. Bagan dari Cara kerja Gas Kromatografi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik diperoleh dari hasil pengamatan dengan beberapa cara, yaitu dengan menggunakan metode orsat untuk menganalisa kadar gas CO₂ dan menggunakan alat Gas Kromatografi untuk menganalisa kadar gas CO. Pada variabel aditif yang berbeda dan lama waktu pengambilan sampel.



Gambar 6. Hubungan antara Adsorpsi CO dengan Aditif Zeolit

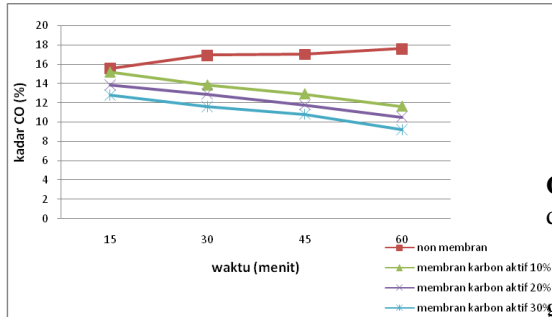
Campuran untuk membuat membran keramik adalah tanah liat yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan keramik, semen putih digunakan sebagai perekat, bahan kimia yang digunakan seperti silika, zeolit, dan karbon aktif adalah sebagai media filter. Sedangkan membran keramik ini hanya sebagai sarana pemisah. Campuran tersebut dikeringkan pada suhu kamar sekitar 20-25°C, kemudian dibakar dengan temperatur 650-700°C selama 2 minggu.

Untuk mengetahui kadar (%) gas pada CO dan CO₂ menggunakan beberapa cara, yaitu Orsat Analysis mengetahui kadar CO₂, sedangkan Kromatografi Gas untuk mengetahui kadar CO.

Pada data hasil pengamatan dan grafik dapat dilihat, tanpa menggunakan membran keramik, kadar (%) CO dan CO₂ semakin meningkat pada variasi waktu yang digunakan, yaitu antara 15-60 menit.

Dapat dilihat dari grafik, terjadi penurunan kadar (%) CO, dan CO₂ pada penambahan karbon aktif 10% dengan variasi waktu yang digunakan 15-60 menit, yaitu 15.16%, 13.82%, 12.91%, dan 11.63%.

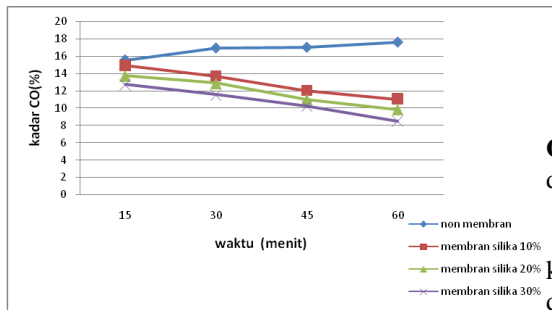
Pada penambahan karbon aktif 20%, yaitu 13.83%, 12.90%, 11.75%, dan 10.50%. karbon aktif 30%, yaitu 12.81%, 11.59%, 10.82%, dan 9.22%.



Gambar 7. Hubungan antara Adsorpsi CO dengan Aditif Karbon Aktif

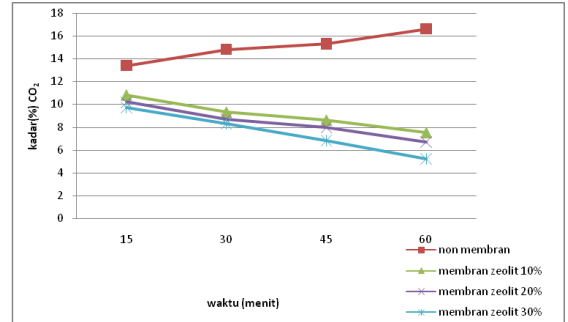
Pada membran keramik dengan penambahan silika 10% juga terjadi penurunan, yaitu 14.93%, 13.70%, 12.016%, dan 11.03%. Penambahan 20%, yaitu 13.72%, 12.86%, 11.005%, dan 9.84%. sedangkan pada penambahan silika 30%, yaitu 12.71%, 11.54%, 10.25%, dan 8.50%.

Semakin tinggi penambahan komposisi bahan kimia pada membran keramik, maka makin baik pula penyerapan pada kadar (%) gas CO, dan CO₂ pada kendaraan bermotor.



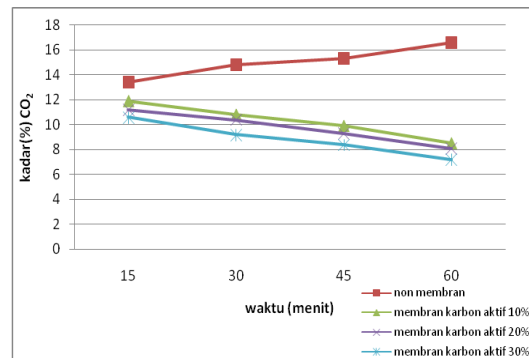
Gambar 8. Hubungan antara Adsorpsi CO dengan Aditif Silika

Sama halnya pada membran keramik yang berbasis zeolit. Pada penambahan 10%, yaitu 13.79%, 12.74%, 11.83%, dan 9.15%. Penambahan 20%, yaitu 13.219%, 10.38%, 8.47%, dan 7.41%, serta penambahan 30%, yaitu 11.21%, 9.37%, 8.13%, dan 4.76%



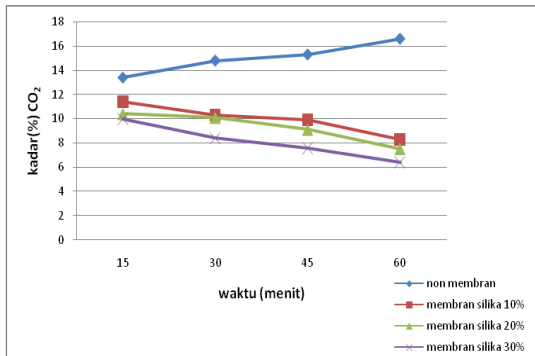
Gambar 9. Hubungan antara Adsorpsi CO₂ dengan Aditif Zeolit

Untuk menganalisa kadar (%) CO₂ pada gas kendaraan bermotor yang telah melewati membran keramik dengan basis yang berbeda-beda, peneliti menggunakan *Orsat Analysis*. Pada penambahan karbon aktif 10% pada membran keramik, yaitu 11.9%, 10.8%, 9.9%, dan 8.5%. Penambahan 20%, yaitu 11.2%, 10.4%, 9.3%, dan 8.1%. Penambahan 30%, yaitu 10.6%, 9.2%, 8.4%, dan 7.2%.



Gambar 10. Hubungan antara Adsorpsi CO₂ dengan Karbon Aktif

Dapat dilihat pada grafik, membran keramik dengan penambahan silika dibandingkan dengan penambahan karbon aktif, silika lebih menunjukkan penurunan. Pada penambahan 10%, yaitu 11.4%, 10.3%, 9.9%, dan 8.3%. Penambahan 20%, yaitu 10.4%, 10.1%, 9.1%, dan 7.5%, serta penambahan 30%, yaitu 10%, 8.4%, 7.6%, dan 6.4%.



Grafik 6. Hubungan antara Adsorpsi CO₂ dengan Aditif Silika

Pada membran keramik berbasis zeolit 10%, yaitu 10.8%, 9.3%, 8.6%, dan 7.5%. Penambahan 20%, yaitu 10.2%, 8.7%, 8%, dan 6.7% serta penambahan 30%, yaitu 9.7%, 8.3%, 6.8%, dan 5.2%.

Pada gas CO, penyerapan yang terbaik antara komposisi bahan kimia yang digunakan 10-30% adalah 30% dengan T = 60 menit. Pada silika 30% dengan T = 60 menit, yaitu 8,50%. Karbon aktif 30 %, yaitu 9,22%, dan zeolit 30%, yaitu 4,76%. Sama halnya pada penurunan gas CO₂.

Sebelum pembakaran membran keramik dengan basis yang berbeda tersebut terlihat ukuran pori-pori yang sama. Namun setelah pembakaran, terdapat perbedaan ukuran pori-pori dari ketiga basis tersebut.

Dari ketiga basis tersebut, yang kurang cocok untuk penyerapan gas buang kendaraan bermotor adalah karbon aktif. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran pori-pori yang dimiliki oleh karbon aktif. Yang mengakibatkan pori-pori membran keramik berbasis karbon aktif adalah pembakaran membran keramik yang menggunakan suhu yang tinggi berkisar antara 650-700°C, sehingga karbon aktif tersebut ikut terbakar.

Dari suhu pembakaran yang tinggi tersebut mengakibatkan terbentuknya pori-pori yang kecil dan banyak jumlah pori-pori yang terbentuk pada membran keramik berbasis zeolit, dan silika. Karbon aktif memiliki ukuran pori-pori yang sangat besar dibandingkan dengan silika, dan zeolit.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa daya adsorpsi yang paling baik diantara ketiga aditif tersebut adalah Zeolit.

Perbandingannya dapat dilihat dari table dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Analisa kadar CO

Sampel	% Komposisi	Kadar (%) CO pada t(min)			
		15	30	45	60
Non Membran		15.5478	16.9248	17.0041	17.5958
Membran Silika	10	14.937	13.709	12.0164	11.0376
	20	13.724	12.8628	11.0056	9.8453
	30	12.714	11.543	10.2547	8.5052
Membran Zeolit	10	13.7916	12.742	11.8328	9.1527
	20	13.21987	10.3813	8.4756	7.4167
	30	11.2188	9.376	8.1347	4.7656
Membran Karbon Aktif	10	15.1645	13.8219	12.9116	11.6308
	20	13.8307	12.9071	11.7519	10.5075
	30	12.8104	11.591	10.8252	9.2256

Tabel 2. Hasil Analisa kadar CO₂

Sampel	% Komposisi	Kadar (%) CO ₂ pada t(min)			
		15	30	45	60
Non Membran		13.4	14.8	15.3	16.6
Membran Silika	10	11.4	10.3	9.9	8.3
	20	10.4	10.1	9.1	7.5
	30	10	8.4	7.6	6.4
Membran Zeolit	10	10.8	9.3	8.6	7.5
	20	10.2	8.7	8	6.7
	30	9.7	8.3	6.8	5.2
Membran Karbon Aktif	10	11.9	10.8	9.9	8.5
	20	11.2	10.4	9.3	8.1
	30	10.6	9.2	8.4	7.2

Tabel 3. Hasil perhitungan luas flux membran pada analisa gas CO

	Komposisi	15	30	45	60
Membran Silika	10	29676.68	27236.9	23874.06	21929.39
	20	27266.71	25555.68	21865.82	19560.54
	30	25260.05	22933.52	20373.94	16898.05
Membran Zeolit	10	27401.01	25315.68	23508.69	18184.49
	20	26265.11	20625.46	16839.24	14735.43
	30	22289.4	18628.14	13023.01	9815.537
Membran Karbon Aktif	10	30128.68	27461.21	25652.64	23107.96
	20	27478.7	25643.7	23348.56	20876.2
	30	25451.57	23028.88	21507.4	18329.33

Tabel 4. Hasil perhitungan luas flux membran pada analisa gas CO₂

Sampel	% Komposisi	Volume permeate pada t (menit)			
		15	30	45	60
Membran Silika	10	198.679	22649.41	19669.22	16490.36
	20	397.358	20662.62	18079.79	14900.93
	30	596.037	19867.9	15099.6	12715.46
Membran Zeolit	10	198.679	21457.33	15894.32	14900.93
	20	397.358	20265.26	15894.32	16093
	30	198.679	19271.86	13510.17	10331.31
Membran Karbon Aktif	10	198.679	23642.8	19669.22	16887.72
	20	397.358	22252.05	18477.15	16093
	30	596.037	21059.97	16689.04	14304.89

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap membran keramik berpori dengan pemberian aditif, yaitu Karbon Aktif, Zeolit, dan Silika, serta pembakaran sampai 650 sampai 700 °C, dapat disimpulkan :

1) Daya adsorpsi yang paling baik diantara ketiga aditif tersebut adalah Zeolit, karena dapat mengurangi kadar (%) CO 17.59% pada t = 60 menit menjadi 4.76%, dan kadar CO₂ 16.6% pada t = 60 menit menjadi 5.2%.

2) Semakin tinggi penambahan komposisi aditif, maka daya adsorpsi semakin meningkat.

3) Penggunaan membran keramik dengan penambahan aditif dapat menurunkan kadar CO dan CO₂.

Saran :

1) Sebaiknya filter / membran keramik dibuat lebih tipis, yaitu untuk menghindari pemanasan kendaraan bermotor, dan mengikuti luas penampang pada sekat pada knalpot motor agar gas buang kendaraan menyentuh seluruh permukaan keramik tersebut.

2) Dapat meneliti berapa lama membran keramik dapat digunakan untuk menyerap gas CO dan CO₂.

Iqbal dkk, 2006. Kelebihan dan kekurangan membran keramik. Universitas Sriwijaya. Palembang.

Prabu, Putra. 2008. Pencemaran udara. <http://putraprabu.wordpress.com/2008/> diakses tanggal 3 Juli 2010.

Rachmariska. 2009. Polusi Udara. <http://www.wordpress.com/> diakses tanggal 12 Juli 2011.

Rangminang. 2009. *Adsorption*. <http://www.newworldencyclopedia.org/> diakses pada tanggal 6 November 2010.

Syahril, Ahmad. 2010. Pemisahan Gas. <http://industri17indra.blog.mercubuna.ac.id/> diakses pada Tanggal 3 Januari 2011.

Tambunan, Tiar Delimawati. 2008. Pembuatan keramik berpori terhadap filter gas buang dengan aditif karbon aktif. Universitas Sumatera Utara : Medan.

Wijaya, Primandaru. 2010. Kromatografi Gas. Institut Teknologi Bandung : Bandung.

Wahyudi, Johan. 2008. Pengaruh pemanfaatan batu zeolit untuk reduksi emisi gas buang pada kendaraan bermotor bensin, Universitas Kristen Petra: Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2009a. KarbonAktif. <http://id.wikipedia.org/wiki/> diakses pada tanggal 5 Oktober 2010.

Anonim. 2009b. Silika. <http://id.wikipedia.org/wiki/> diakses pda tanggal 5 Oktober 2010.

Anonim. 2009c. Pencemaran udara dari sektor transportasi. <http://www.bplhdjabar.go.id/> diakses tanggal 12 Juli 2010.

Anonim. 2010. *Membrane*. <http://eprints.undip.ac.id/> diakses pada Tanggal 13 Oktober 2010.

Hakim, Syahir 2003, Chromatografi Gas, <http://catatankimia.com/kromatografi-gas/> diakses pada Tanggal 1 Mei 2011.