PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

CATALYTIC CONVERTER ZEOLIT-*CHITOSAN*: ALTERNATIF BARU PEREDUKSI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR

Jenis Kegiatan:

PKM Penulisan Ilmiah

Diusulkan Oleh:

Agnur Rahmatia	NRP C34105064	(2005)	Ketua
William Bergen	NRP J3D306134	(2006)	Anggota
R Ronaldo	NRP C34103023	(2003)	Anggota
Mundakir	NRP C34103033	(2003)	Anggota

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2008

1. Judul Kegiatan : *CATALYTIC CONVERTER* **ZEOLIT-*CHITOSAN*: ALTERNATIF BARU PEREDUKSI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR**

2. Bidang Ilmu : ( ) Kesehatan (√) Pertanian
   ( ) Pendidikan ( ) MIPA
   ( ) Sosial Ekonomi ( ) Humanoria
   ( ) Teknologi dan Rekayasa

3. Ketua Pelaksana Kegiatan/Penulis Utama
   a. Nama lengkap : Agnur Rahmatia
   b. NRP : C34105064
   c. Departemen : Teknologi Hasil Perairan
   d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
   e. Alamat : Wisma Al-Afkar Bara III Darmaga Bogor.

4. Anggota pelaksana kegiatan : 3 orang

5. Dosen pembimbing :
   a. Nama lengkap dan gelar : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si.
   b. NIP : 132 206 247
   c. Alamat : Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor Barat Kodya Bogor Jawa Barat. HP. 0812 802 2114

Menyetujui, Ketua Departemen a/n Pembina Kemahasiswaan	Ketua Pelaksana Kegiatan
(Uju, S.Pi. M.Si) NIP. 132 282 668	(Agnur Rahmatia) NRP. C34105064
Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan	Dosen Pembimbing
(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S) NIP. 131 473 999	(Bambang Riyanto, S.Pi. M.Si) NIP. 132 206 247

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

LEMBAR PENGESAHAN SUMBER PENULISAN ILMIAH PKMI

1. Judul Tulisan yang Diajukan :

   ***CATALYTIC CONVERTER* ZEOLIT-*CHITOSAN*: ALTERNATIF BARU PEREDUKSI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR**

2. Sumber Penulisan :

   (×) Tugas Mata Kuliah Metode Karya Ilmiah dan Penelitian Tahun 2007 dengan Judul :

   ZEOLIT ALAM DAN CHITOSAN SEBAGAI ADSORBEN CATALYTIC CONVERTER MONOLITIK UNTUK PEREDUKSI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR oleh : R Ronaldo (C34103023)

   (×) Kegiatan Ilmiah lainnya :

   Makalah pada National Innovation Contest, ITB 20-22 Februari 2007 dengan karya inovasi : Chitosan Aktif : Biofilter (absorben) Timbal Gas Buang Kendaraan Bermotor, Oleh : R Ronaldo

Keterangan ini kami buat dengan sebenarnya.

Bogor, 6 Maret 2008

Mengetahui
Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan,
a/n Pembina Kemahasiswaan

(Uju, S.Pi, M.Si)
NIP. 132 282 668

Penulis utama,

(Agnur Rahmatia)
NIM. C34103023

CATALYTIC CONVERTER ZEOLIT-*CHITOSAN*: ALTERNATIF BARU PEREDUKSI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR

Agnur Rahmatia, William Bergen, R Ronaldo dan Mundakir
Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Institut Pertanian Bogor

Abstraksi

Pencemaran udara yang berat telah mengakibatkan penurunan kualitas hidup manusia dengan timbulnya berbagai macam penyakit dan pemanasan global (global warming). Emisi gas buang pada kendaraan bermotor ternyata menyumbangkan hampir 80% dari zat pencemar (polutan) yang ada di lingkungan. Oleh sebab itulah maka diperlukan suatu terobosan baru dalam menanggulangi permasalahan ini, salah satu alternative yang ditawarkan adalah aplikasi teknologi adsorben pada kendaraan bermotor untuk mereduksi emisi gas buang. Metode yang dilakukan dalam kajian ilmiah ini adalah pembuatan adsorben zeolit-chitosan, yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian efektivitas adsorben zeolit-chitosan dalam mengadsorbsi emisi gas buang. Proses pengukuran kadar emisi gas buang itu sendiri mengacu pada standar yang telah ditentukan oleh PT Astra International dan standar nasional Indonesia (SNI), No. SNI 09-7118.3-2005. Pengukuran adsorbsi kadar timbal (Pb) oleh adsorben zeolit-chitosan dilakukan dengan metode stek sampling menurut SII 1834-85. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, adsorbsi gas karbonmonoksida (CO) paling besar pada perlakuan A5B5 dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan chitosan sebesar 6,939 ± 2,192 %. Adsorbsi gas hidrokarbon (HC) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar 6,760 ± 1,387 %. Adsorbsi gas nitrogen oksida (NOx) paling besar pada perlakuan A4B4 dengan komposisi adsorben 85 gram zeolit dan 15 gram larutan chitosan sebesar 0,474 ± 0,407 %, adsorbsi timbal (Pb) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar 7,689 ± 0,095 %. Hasil pengujian adsorbsi emisi gas buang dan adsorbsi partikulat timbal menunjukkan bahwa secara umum zeolit dan chitosan sangat potensial digunakan sebagai adsorben untuk mereduksi kandungan emisi gas buang kendaraan bermotor.

Kata Kunci : Adsorben, zeolit, *chitosan*, emisi gas buang

PENDAHULUAN

Perkembangan peradaban yang disertai dengan majunya teknologi dan industri telah menimbulkan dampak besar bagi kehidupan manusia. Salah satu dampak yang cukup serius adalah pencemaran udara yang diakibatkan oleh emisi gas buang yang berakibat pada terjadinya pemanasan global (*global warming*) (KLH 2007). Jumlah CO dan CO_2 yang melebihi daya dukung lingkungan telah menimbulkan efek rumah kaca yang terus memicu meningkatnya pemanasan global. Tanda-tanda gangguan ekosistem akibat *global warming* saat ini dirasakan dengan semakin panasnya suhu permukaan bumi dan mencairnya es di Kutub Utara (WHO 2006).

Antisipasi teknologi dalam pengurangan emisi gas buang pada kendaraan bermotor saat ini adalah dengan memasang *catalytic converter* pada saluran gas pembuangan kendaraan motor tersebut, yang berfungsi sebagai katalis (Psyllos dan Philippopoulos 1992). Katalis yang terdapat pada *catalytic converter* biasanya terbuat dari logam mulia *palladium, platina* dan *rhodium* yang harganya cukup mahal yaitu mencapai Rp. 2,5 juta (Anonymous 2007).

Chitin-chitosan diketahui pula dapat mengikat logam berat zink, cadmium, Pb dan tembaga pada pH normal (Muzzarelli dan Rocchetti 1973). Proses pengikatan logam berat oleh *chitosan* disebabkan proses *chelating* akibat adanya gugus aktif NH_2 dan OH^- yang mengakibatkan terikatnya Pb^{2+} (Muzzarelli 1970). Zeolit bersifat sebagai adsorben (penjerap) karena memiliki kemampuan mengikat senyawa dan molekul tertentu yang terjadi dipermukaan zeolit. Proses itu terjadi akibat adanya interaksi secara fisik oleh gaya *van der walls* dan interaksi kimia dengan adanya sifat elektrostatik (Bosasek 1970).

Pada prinsipnya proses pada *catalytic converter* sendiri merupakan gabungan dari interaksi kimia dan fisika berupa elektrostatis dan gaya *van der walls* yang ada dipermukaan katalis. Interaksi terjadi pada gas buang dengan katalis yang terbuat dari logam mulia berakibat pada prosesnya gas buang akan bercampur dengan udara dan berinteraksi dengan katalis, dengan adanya katalis, proses *ion excange* dan oksidasi berlangsung lebih efektif (Psyllos dan Philippopoulos 1992). Tujuan dari kajian ilmiah ini adalah mempelajari kegunaan zeolit dan *chitosan* sebagai adsorben pada *catalytic converter* monolitik untuk mereduksi kandungan emisi gas buang kendaraan bermotor

METODOLOGI PENDEKATAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Agustus 2007, bertempat di Bengkel Uji Emisi PT Astra International Daihatsu Bogor, F-Tecnopark IPB, PAU IPB, dan bengkel motor Hartono, Ciomas Bogor.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah model *catalytic converter* monolitik yang mengacu pada penelitian Zygourakis (1989), Psyllos dan Philippopoulos (1992), dan

Karvounis dan Assanis (1992), *tecnotester*, dan mobil Daihatsu Xenia Li 2004. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *atomic absorbsion spectrophotometry flame* (AAS) LOD 0,01 ppm, neraca analitik, eksikator, oven (suhu minimal 60°C), tanur (suhu 250°C), cawan porselen, cawan petri, labu ukur, tabung reaksi, pompa penghisap dengan kecepatan hisap 5 liter/menit, *dish meal* (penghalus zeolit) dan *stop watch.*

Bahan yang digunakan adalah zeolit halus (100 mesh) dan *chitosan* serbuk (30 mesh). Sedangkan bahan yang digunakan dalam pengujian timbal pada gas buang adalah bensin bertimbal, asam nitrat (HNO_3, 65 % analisis), dan asam asetat 2 %.

Metode Penelitian

Pembuatan Adsorben Zeolit-Chitosan

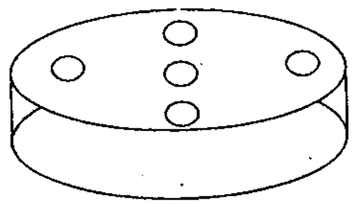
Proses pembuatan adsorben mengacu pada penelitian pembuatan adsorben arang aktif dari kayu sengon yang telah dilakukan Pari (1996) *dalam* Yunianto (2006) dengan modifikasi. Zeolit dihaluskan ukurannya hingga 100 *mesh* dengan alat *dish meal.* Setelah proses pengecilan (penghalusan) ukuran selesai dilakukan, kemudian dilakukan aktivasi panas berdasarkan Shang dan Lee (1994). Aktivasi panas dilakukan dengan pengeringan tanur pada suhu 250°C selama 24 jam.

Chitosan yang berbentuk serbuk 30 *mesh* kemudian dilarutkan dengan asam asetat 2% sebanyak 50 ml hingga larut sempurna.. Setelah itu dilakukan pencampuran antara zeolit dan larutan *chitosan,* agar pengikatan lebih kuat maka digunakan tepung tapioka cair 5 ml sebagai perekat. Komposisi zeolit dan *chitosan* yang digunakan dalam pembuatan adsorben dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Kombinasi zeolit dan *chitosan* yang digunakan pada penelitian

No.	Komposisi (%)	
	Zeolit (gram)	Serbuk *chitosan* (gram) yang dilarutkan dalam asam asetat 2% sebanyak 50 ml
1.	100	0
2.	95	5
3.	90	10
4.	85	15
5.	80	20

Adsorben memiliki diameter 100 mm, ketebalan 4 mm, dan diameter lingkaran kecil sebesar 5 mm. Adanya lubang (diameter kecil) dimaksudkan untuk memperlancar laju aliran gas buang. Jumlah lubang kecil disesuaikan dengan diameter adsorben itu sendiri dan mengacu pada penelitian aplikasi karbon aktif untuk pereduksi emisi gas buang (Murhadi 2006). Adsorben yang terbentuk terlebih dahulu dilakukan analisis SEM dan FTIR. Adapun dimensi dan bentuk dari adsorben dapat dilihat pada Gambar1.



Keterangan :
Tebal 4 mm
Diameter 100 mm
Diameter lingkaran kecil 5 mm

Gambar 1. Model adsorben zeolit dan *chitosan*

Pengukuran Emisi Gas Buang CO, HC dan NOx

Proses pengukuran kadar emisi gas buang ini mengacu pada standar yang telah ditentukan oleh PT Astra International dan standar nasional Indonesia (SNI), No. SNI 09-7118.3-2005. Pengukuran emisi gas buang dilakukan dengan alat *tecnotester*. Pengukuran kuantitas emisi gas buang dilakukan dengan memasukkan pipa penghisap *tecnotester* kedalam saluran gas buang *(flow out) catalytic converter* monolitik selama 5 menit. Gas buang yang sudah berinteraksi langsung dengan adsorben pada *catalytic converter* monolitik yang diserap oleh *tecnotester*, kemudian *tecnotester* menghitung secara digital (otomatis) kadar emisi gas buang yang meliputi CO, HC, NOx. Efektivitas adsorben dilihat dengan membandingkan kadar emisi gas buang sebelum dan sesudah instalasi adsorben / *catalytic converter* monolitik. Efektivitas adsorben diukur berdasarkan tingkat persentase adsorbsinya terhadap emisi gas buang. Rumus untuk mengukur efektivitas adsorben adalah sebagai berikut:

$$\boxed{\textbf{\% Emisi Gas Teradsorpsi} = \mathbf{C1 - C2 / C1 \times 100\%}}$$

Keterangan :

C1 = kadar emisi gas awal (tanpa perlakuan)

C2 = kadar emisi gas setelah perlakuan dengan adsorben

Pengukuran Kadar Timbal (Pb) SNI 1834-85

Prosedur dilakukan dengan metode *stek sampling*. Metode ini dilakukan dengan mengambil contoh gas buang langsung dari knalpot. Gas tersebut kemudian di analisis kandungan timbalnya. Pengambilan sampel dilakukan dengan memodifikasi metode berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) 1834-85. Timbal dalam gas buang kendaraan bermotor diambil menggunakan asam nitrat (HNO3) 1%. Sampel diambil dalam dua kondisi yaitu pada knalpot tanpa adsorben dan knalpot dengan adsorben.

Pengujian kadar timbal dilakukan dengan AAS (*Atomic Absorbance Spectrofotometry*) diukur serapannya pada panjang gelombangnya pada 283,3 nm dengan ketelitian (LOD) 0.001 ppm, kadar timbal konsentrasinya terukur dalam ppm. Efektivitas adsorben diukur berdasarkan tingkat persentase adsorbsinya terhadap partikulat timbal. Rumus untuk mengukur efektivitas adsorben adalah sebagai berikut:

$$\boxed{\textbf{\% Timbal (Pb) teradsorpsi} = \mathbf{D1 - D2 / D1 \times 100\%}}$$

Keterangan :

D1 = kadar timbal pada asap yang terlarut dalam HNO_3 awal

D2 = kadar timbal pada asap yang terlarut dalam HNO_3 setelah perlakuan dengan adsorben

Rancangan Percobaan dan Analisis Data (Steel dan Torrie 1993)

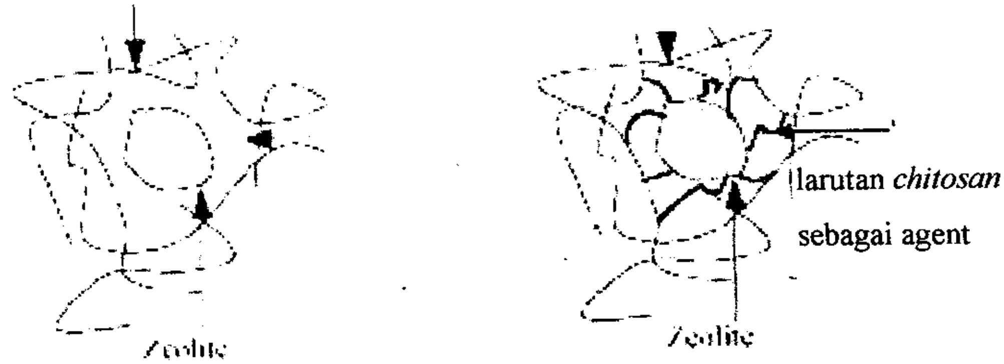
Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan faktor perlakuan konsentrasi zeolit dan *chitosan*. Data diambil sebanyak tiga kali ulangan dan dilakukan secara acak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karateristik Campuran (Komposit) Zeolit Alam dan *Chitosan*

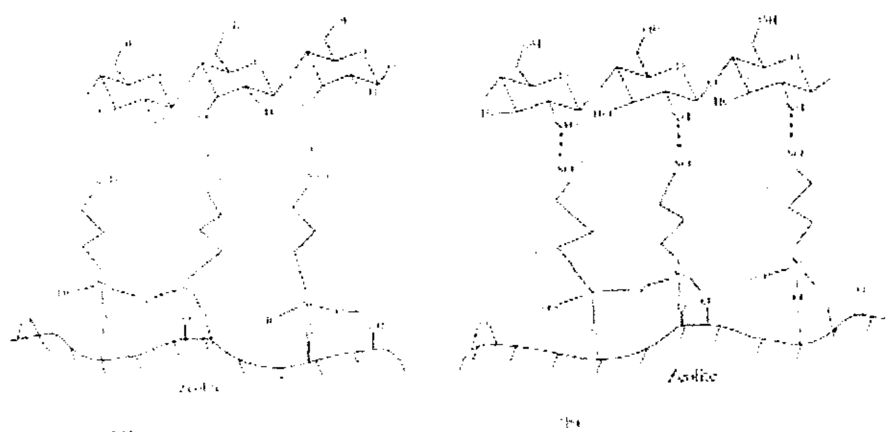
Pencampuran antara zeolit dan *chitosan* pada dasarnya adalah pencampuran elemen solid dan gel. Pencampuran ini juga merupakan campuran antara komponen anorganik dan organik pada proses pencampuran zeolit dan *chitosan* terjadi deformasi, yaitu pembentukan matriks polimer dari reaksi solid dan gel. Ikatan yang terbentuk antara komponen organik (larutan *chitosan*) dan anorganik (zeolit) adalah ikatan kovalen yang terjadi pada permukaan zeolit.

Zeolit bersifat lebih aktif apabila pada permukaan dan pori-pori zeolit terdapat suatu senyawa yang berfungsi sebagai agent. Penambahan larutan *chitosan* diharapkan mampu bersifat sebagai *agent* yang mampu mempercepat proses adsorbansi dan katalisasi. Mekanisme penambahan larutan *chitosan* sebagai agent pada zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.



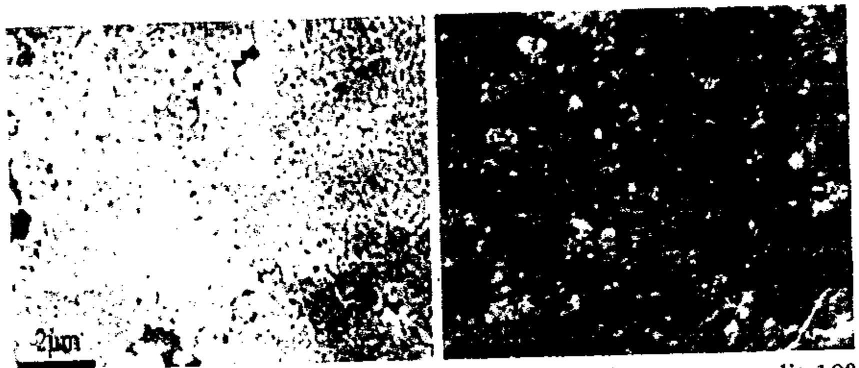
Gambar 2. Mekanisme larutan *chitosan* sebagai agent pada permukaan zeolit

Proses pencampuran antara molekul zeolit dan laruran *chitosan* terjadi ikatan silang antara gugus-gugus fungsi yang ada pada zeolit dan *chitosan*. Zeolit yang sudah memiliki gugus *organosilane* (Si-OH) pada permukaan zeolit membuat zeolit lebih aktif dan mampu berikatan dengan gugus OH^- dan NH_2^- pada *chitosan*. Prosesnya yaitu saat zeolit akan tercampur dengan larutan *chitosan* maka akan terjadi ikatan hidrogen dengan polimer *chitosan*, atau terjadi interaksi ionik asam-basa yang dibentuk oleh gugus OH^- dan NH_2- pada *chitosan*. Mekanisme ikatan silang antara zeolit dan larutan *chitosan* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme ikatan antara zeolit dan *chitosan*

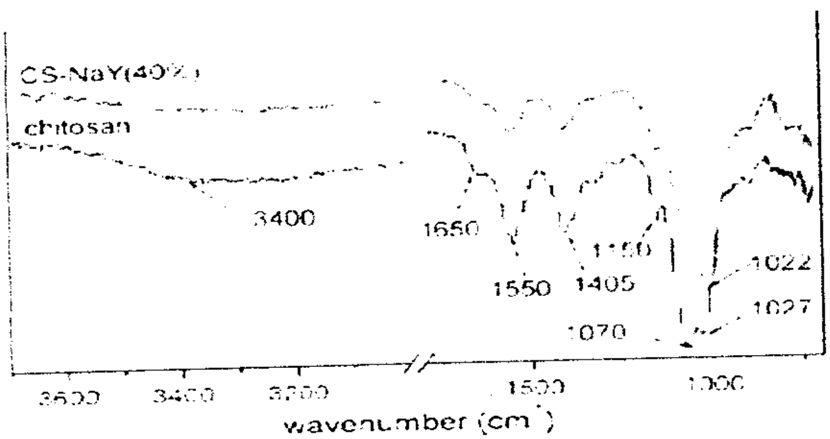
Berdasarkan analisis SEM dari *chitosan* dan campuran (komposit) zeolit dan *chitosan* (membran buatan) terlihat bahwa pada zeolit murni, struktur permukaan *chitosan* lebih longgar, tidak kompak, dan masih banyak ruang kosong (pori-pori). Pada analisis SEM setelah dilakukan pencampuran zeolit dan larutan *chitosan*, struktur permukaan terlihat lebih padat dan lebih kompak. Ini artinya pencampuran antara polimer organic *(chitosan)* sebagai pengisi *(filler)* pada zeolit berlangsung baik. Hasil analisis SEM komposit zeolit dan *chitosan* dapat dilihat pada Gambar 4



zeolit campuran (*chitosan* + zeolit 10%)

Gambar 4. Hasil analisis SEM komposit zeolit dan *chitosan*

Berdasarkan analisis FT-IR, pada *chitosan* (CS) murni panjang gelombang utama pada kisaran 3400 cm^{-1}, 1650 cm^{-1} dan 1550 cm^{-1} yang menunjukkan pada gugus hidroksil, amine I dan amine II. Pada panjang gelombang 1070 cm^{-1}, 1380 cm^{-1} dan 1160 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-O, ikatan CH^{2-} dan ikatan C-O-C asimetrik. Hasil FT-IR *chitosan* murni (CS) dan campuran *chitosan* zeolit (CS-NaY 40%) dapat dilihat pada Gambar 5.



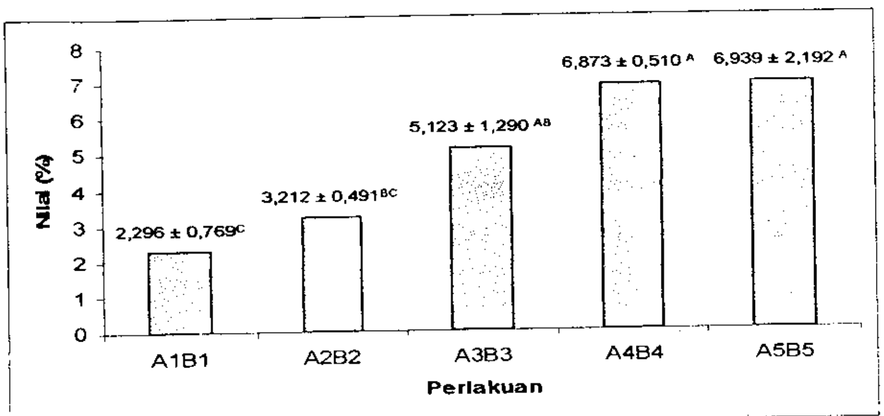
Gambar 5. Hasil FT-IR *chitosan* murni (CS) dan komposit zeolit dan *chitosan*

Setelah *chitosan* dicampur dengan zeolit 40 % (CS-NaY 40%), maka panjang gelombang menghasilkan utama 3400 cm^{-1}, 1650 cm^{-1} dan 1550 cm^{-1}, intensitasnya menurun karena terjadi interkasi antara gugus OH^- dan NH^{2-} pada *chitosan* dengan gugus OH^-, NH^{2-} pada zeolit. Penambahan zeolit mengakibatkan panjang gelombang 1070 cm^{-1} dan 1027 cm^{-1} pada *chitosan* murni (CS), berubah menjadi 1022 cm^{-1}. Perubahan panjang gelombang ini menunjukkan terjadinya reaksi pembentukan (ikatan) antara zeolit dan larutan *chitosan*.

Pengujian untuk menilai efektivitas adsorben berdasarkan pada kemampuannya dalam mengadsorsbi emisi gas buang yang tergolong pada pencemar udara primer. Pencemar udara primer adalah semua pencemar di udara yang ada dalam bentuk yang hampir tidak berubah, sama seperti pada saat dilepaskan dari sumbernya sebagai hasil dari proses tertentu, dalam hal ini proses pembakaran. Pencemaran udara primer yang diukur adalah emisi gas karbonmonoksida (CO), gas hidrokarbon (HC), gas nitrogen oksida (NOx) dan partikulat timbal (Pb).

Gas karbonmonoksida (CO)

Pengujian kadar karbonmonoksida (CO) terhadap mobil Daihatsu Xenia Li 2004, kadar CO yang didapat masih memenuhi standar SNI dan Astra International yaitu maksimal 3,5% volume gas buang. Persentase adsorbsi pada perlakuan A5B5 memiliki nilai adsorbsi yang paling tinggi yaitu sebesar 6,939 ± 2,192 % dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorbsi yang paling rendah yaitu sebesar 2,296 ± 0,769 %. Hasil lengkap persentase adsorbsi dengan uji emisi terhadap kadar karbonmonoksida yang dilakukan oleh alat *tecnotester* disajikan pada Gambar 6.



Keterangan :
Data adsorbsi karbonmonoksida (CO) yang digunakan sudah mengalami transformasi "akar".
Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata (α<0,05)

A1B1	Zeolit 100% +	0 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A2B2	Zeolit 95% +	5 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A3B3	Zeolit 90% +	10 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A4B4	Zeolit 85% +	15 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A5B5	Zeolit 80% +	20 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml

Gambar 6. Diagram batang adsorbsi karbonmonksida (CO)

Pada adsorben zeolit-*chitosan*, proses pengikatan CO terjadi karena molekul CO yang dilepaskan oleh mesin kendaraan berinteraksi secara langsung terhadap adsorben zeolit-*chitosan*, akibatnya, sebagian molekul CO masuk ke dalam permukaan (pori-pori) adsorben dan sebagian lagi berikatan dengan gugus OH^-, NH_2^-

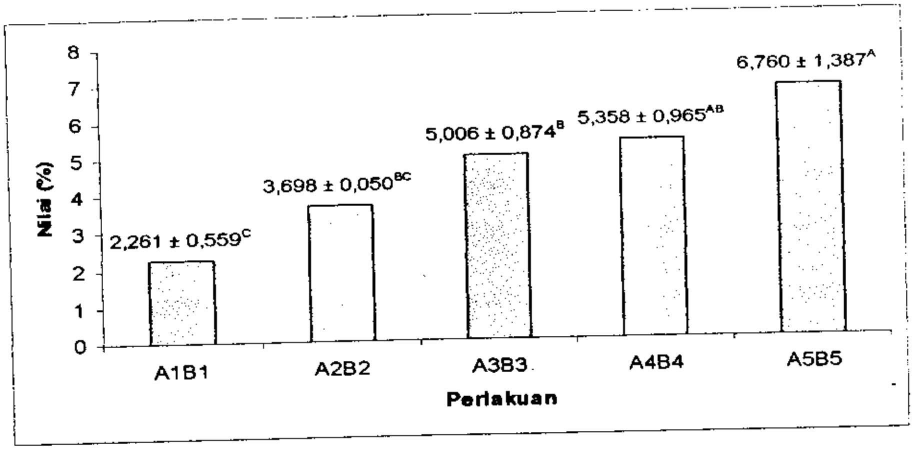
yang ada pada *chitosan*. Peningkatan persentase adsorbsi berbanding lurus dengan konsentrasi *chitosan* dikarenakan adsorben memiliki pori-pori yang semakin banyak, karena *chitosan* memiliki ukuran pori yang lebih kecil dan banyak tetapi memiliki massa yang kecil, sehingga makin banyak *chitosan* maka luas permukaan penyerapan (pori) semakin banyak dan luas.

Adsorben zeolit-*chitosan* ternyata dapat pula bertindak sebagai katalis. Othmer (1995) menyatakan bahwa zeolit dimungkinkan untuk di modifikasi sebagai katalis, adsorben, penukar ion, maupun sebagai pengemban logam aktif. Kristanto (2003) juga menyebutkan bahwa salah satu teknologi yang dipakai dalam mereduksi CO yaitu dengan reaktor katalitik, menggunakan suatu *bed*, yang berisi butiran/serbuk bahan katalis (zeolit) yang aktif, prosesnya gas buang akan bercampur dengan udara dan berinteraksi dengan katalis, dengan katalis ini proses oksidasi berlangsung lebih efektif.

Andronikasthvili *et al.* (1970) menyatakan bahwa zeolit juga telah digunakan sebagai agen penyaring CO pada gas karena zeolit sendiri yang mampu melakukan pertukaran kation. Forsier *et al.* (1970) menambahkan bahwa zeolit telah digunakan sebagai agent adsorben CO. Reduksi CO juga diduga akibat dari peningkatan jumlah oksigen yang masuk ke dalam ruang knalpot akibat pengaruh lingkungan dan bentuk knalpot sehingga sebagian CO yang masih ada berinteraksi dengan oksigen dan membentuk CO_2.

Gas hidrokarbon (HC)

Pengujian kadar hidrokarbon (HC) terhadap mobil Daihatsu Xenia Li 2004, kadar HC yang didapat masih memenuhi standar SNI dan Astra International yaitu maksimal 300 ppm. Persentase adsorbsi pada perlakuan A5B5 memiliki nilai adsorbsi yang paling tinggi yaitu $6{,}760 \pm 1{,}387$ % dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorbsi yang paling rendah yaitu sebesar $2{,}261 \pm 0{,}559$ %. Hasil lengkap persentase adsorbsi dengan uji emisi terhadap kadar hidrokarbon yang dilakukan oleh alat *tecnotester* disajikan pada Gambar 7.



Keterangan :
Data adsorbsi hidrokarbon (HC) yang digunakan sudah mengalami transformasi "akar".
Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata (α<0,05)
A1B1 Zeolit 100% + 0 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A2B2 Zeolit 95% + 5 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A3B3 Zeolit 90% + 10 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A4B4 Zeolit 85% + 15 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A5B5 Zeolit 80% + 20 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml

Gambar 7. Diagram batang adsorbsi hidrokarbon (HC)

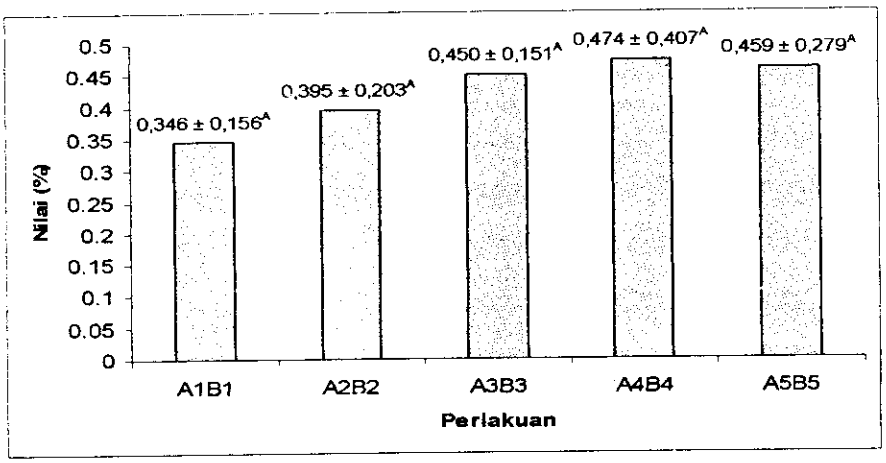
Pada adsorben zeolit-*chitosan* terlihat bahwa makin besar *chitosan* yang ditambahkan maka semakin besar pula persentase adsorbsi gas buang hidrokarbon. Hal ini dikarenakan molekul *chitosan* merupakan molekul aktif yang mampu berikatan dengan komponen gas HC, diketahui pula bahwa *chitosan* mampu mengikat gas-gas organik, seperti yang disebutkan oleh Austin (1976).

Proses pengadsorbsian juga terjadi akibat molekul HC berinteraksi langsung dengan permukaan adsorben zeolit-*chitosan*, molekul HC tersebut masuk ke dalam pori-pori adsorben yang luas dan banyak. Mekanisme yang terjadi hampir sama seperti pengadsorbsian CO, dimana penambahan *chitosan* sebanding dengan persentase pengadsorbsian karena molekul *chitosan* memiliki pori yang kecil dan jumlahnya besar, hal ini nampak secara jelas dari penampakan fisik adsorben.

Adsorben zeolit *chitosan* juga mampu sebagai katalis *bed*, yang terdiri dari adsorber *granular* yang terdiri dari molekul granular, dalam hal ini zeolit dan *chitosan*. Zeolit juga telah digunakan sebagai agen penyaring HC dan CO pada gas karena zeolit sendiri yang mampu melakukan pertukaran kation (Andronikasthvili *et al.* 1970). Pertukaran kation terjadi akibat sifat zeolit yang memiliki *cation excange capacity* (CEC) yang cukup besar, akibatnya terjadi ikatan molekul gas dengan permukaan adsorben, sehingga proses adsorbsi yang terjadi tidak hanya adsorbsi fisik tetapi juga adsorbsi kimia.

Gas nitrogen oksida (NOx)

Pengujian kadar nitrogen oksida (NOx) terhadap mobil Daihatsu Xenia Li 2004, kadar NOx yang didapat masih memenuhi standar SNI dan Astra International. Persentase adsorbsi pada perlakuan A4B4 memiliki nilai adsorbsi yang paling tinggi yaitu sebesar 0,474 ± 0,407 % dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorbsi yang paling rendah yaitu sebesar 0,346 ± 0,156 %. Hasil lengkap persentase adsorbsi dengan uji emisi terhadap kadar nitrogen oksida yang dilakukan oleh alat *tecnotester* disajikan pada Gambar 8.



Keterangan :
Data adsorbsi nitrogen oksida (NOx) yang digunakan sudah mengalami transformasi "*arcsin*".
Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata (α<0,05)

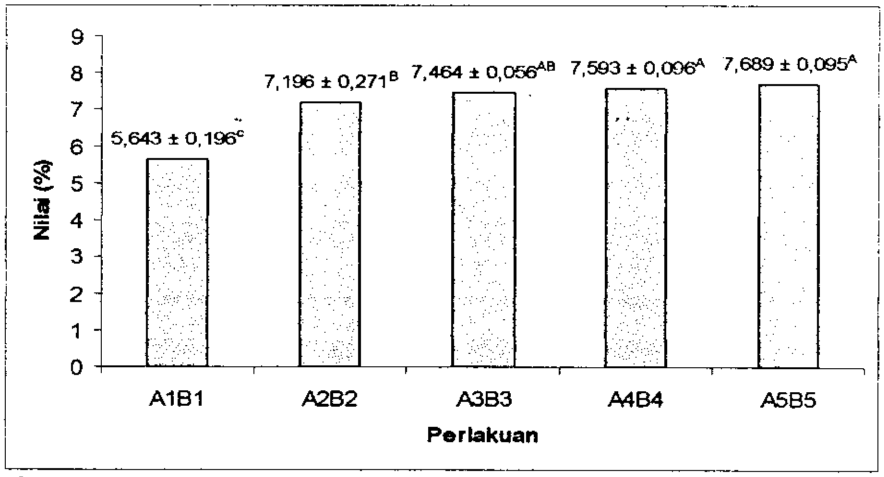
A1B1	Zeolit 100% + 0 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A2B2	Zeolit 95% + 5 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A3B3	Zeolit 90% + 10 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A4B4	Zeolit 85% + 15 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml
A5B5	Zeolit 80% + 20 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml

Gambar 8. Diagram batang adsorbsi nitrogen oksida (NOx)

Mekanisme ini dapat terjadi secara fisik akibat gaya *van der wals* yang mengakibatkan NOx menempel dipermukaan adsorben. NOx juga masuk ke dalam pori-pori adsorben yang permukaannya luas, dan bereaksi dengan sisi aktif zeolit dan *chitosan*. Zeolit yang memiliki *Cation Excange Capasity* (CEC), akan terjadi pertukaran kation antara Si^+, dan Al^+ dengan molekul NOx. *Chitosan* yang memiliki gugus reaktif OH^- dan $NH2^-$ juga akan berinteraksi dengan molekul gas NOx, akibatnya NOx tertahan dalam adsorben dan terjadi reaksi reduksi yang mengakibatkan NOx berubah menjadi N_2.

Partikulat Timbal (Pb)

Pengujian kadar timbal terhadap mobil Daihatsu Xenia Li 2004, adsorben dapat semakin mereduksi kandungan emisi Pb yang dikeluarkan sehingga kadar Pb semakin rendah. Persentase adsorbsi pada perlakuan A5B5 memiliki nilai adsorbsi yang paling tinggi yaitu sebesar7,689 ± 0,095 % dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorbsi yang paling rendah yaitu sebesar 5,643 ± 0,196 %. Hasil lengkap persentase adsorbsi dengan uji emisi terhadap kadar timbal yang dilakukan oleh atomic asorbtion spectrofotometry (AAS) disajikan pada Gambar 9.



Keterangan :
Data adsorbsi timbal (Pb) yang digunakan sudah mengalami transformasi "akar".
Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata (α<0,05)

A1B1	Zeolit 100% + 0 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml	
A2B2	Zeolit 95% + 5 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml	
A3B3	Zeolit 90% + 10 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml	
A4B4	Zeolit 85% + 15 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml	
A5B5	Zeolit 80% + 20 gram *chitosan* dalam asam asetat 2% sebanyak 50ml	

Gambar 9. Diagram batang adsorbsi timbal (Pb)

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit dan *chitosan* mampu dugunakan sebagai adsorben penjerap Pb yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor timbal dengan mekanisme yang sederhana. Proses yang terjadi yaitu proses adsorbsi dimana timbal berinteraksi dengan permukaan adsorben. Proses adsorbsi fisik terjadi saat molekul Pb menempel dipermukaan adsorben dan masuk kedalam pori-pori adsorben.

Adsorbsi timbal meningkat sebanding dengan penambahan *chitosan*, dikarenakan penambahan *chitosan* meningkatkan luas permukaan (pori-pori), sehingga timbal makin banyak yang menempel dan masuk kedalam permukaan dan pori adsorben. Selain itu *chitosan* yang memiliki gugus aktif OH^- dan NH_2^- diduga juga berperan alam pengikatan timbal, terjadi ikatan kovalen koordinasi antara molekul timbal terikat dengan gugus-gugus reaktif tersebut tetapi dengan energi ikat yang rendah (Muzarelli 1970).

Karvounis E, DN Assanis. 1992. The effect of inlet flow distribution on catalytic converter. Journal of Effecience Heat and Mass Transfer 36(6):1495-1504.

Kristanto P. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit ANDI OFFSET.

Murhadi S. 2006. Absorbsi Timbal (Pb) dalam Gas Buang Kendaraan Bermotor Bensin dengan Karbon Aktif. PKMP Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional IX UMM Malang.UNY. Yogyakarta

Muzzarelli RAA. 1970. Selective collection of trace metal ions by precipitation of chitosan and new derivated of chitosan. Journal of analysis chemical 12 :133-142.

Muzzarelli RAA, R Rocchetti. 1973. The determination of copper in seawater by AAS with graphite atomizer after elution from chitosan. Journal Analytic Chemical 69 :35-42.

Othmer K. 1995. *Encyclopedia of chemical Tecnology*. New York.Ed.4. J Wiley

Pari G. 1996. Pembuatan karbon aktif dari serbuk gergajian sengon dengan cara kimia. Buletin Penelitian Hasil Hutan 14 (2): 308-320.

Pysllos A, C Philippopoulos. 1992. Modelling of monolithic catalytic converter used in automotive pollution control. Journal of Appl. Math. Modelling 16.

Shang CC, Lee MD. 1994. Effect of hidrogen pretreatment on the acidic and catalytic properties of gallium supported H-ZSM-5 in n-hexane aromatization. Journal of Applied Catalysis 123 : 7-21.

Steel RD, JH Torrie. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Terjemahan: *Bambang Sumantri*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

World Health Organization (WHO). 2006. Pollution from Vehicle. www.who.org

Yunianto A, A Fibrilianto, DC Atmaja. 2006. Pemanfaatan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Sengon pada Knalpot Kendaraan Sepeda Motor 4 Tak yang Dimodifikasi sebagai Alternatif Pengurangan Emisi Pb di Surakarta. PKMP Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional IX UMM Malang.UNY. Yogyakarta

Zygourakis K. 1989. Transient operation of monolith catalytic converters a two dimensional reactor model and the effect of radially non uniform flow distribution. Chemical Engineering Science 44 (9): 2077-2089.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian kadar emisi gas buang, kemampuan adsorben zeolit *chitosan* dalam mengadsorbsi gas karbonmonoksida (CO) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar 6,939 ± 2,192 dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan *chitosan*. Adsorbsi gas hidrokarbon (HC) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar 6,760 ± 1,387 dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan *chitosan*. Adsorbsi gas nitrogen oksida (NOx) paling besar pada perlakuan A4B4 sebesar 0,474 ± 0,407 dengan komposisi adsorben 85 gram zeolit dan 15 gram larutan *chitosan*. Adsorbsi timbal (Pb) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar 7,689 ± 0,095. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kombinasi antara zeolit alam dan *chitosan* sangat potensial digunakan sebagai adsorben untuk mereduksi kandungan emisi gas buang kendaraan bermotor.

Saran yang dianjurkan adalah perlunya dilakukan kajian lanjutan mengenai daya guna maksimum lama pemakaian adsorben zeolit-*chitosan*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami berikan pada Bapak Hernest Femio yang telah memberikan kemudahan dan sarana prakteknya di Bengkel Uji Emisi PT. Astra International Daihatsu Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. 2007. Catalytic converter for Exhaust Gases Emmision. www.dcl.com. 19 Agustus 2007.

Andronikashvili TG, GV Tsitsishvili, SHD Sabelashvili. 1970. Chromatographic properties of type X-zeolite containing alkali metal ions. Journal of Chromathograpy 5217.

Bosasek K. 1970. Adsorbsion of gases at low pressure on X-zeolite. Journal of Physic. 23: 912-916.

Austin RP. 1976. Chitin as an extender and filter for tobacco. US Patent. No 3.987.802. 26 oktober 1976.

Depkes (Departemen Kesehatan) RI. 2007. www.depkes.go.id.

Forsier H, W Frede, M Schuldt.1980. Motion and interaction on CO in zeolite matricles. Journal of Molecular Structure. Elsevier ltd 6 : 75-78.