



**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**

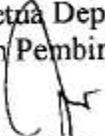
2. Bidang Ilmu : ( ) Kesehatan (√) Pertanian  
( ) Pendidikan ( ) MIPA  
( ) Sosial Ekonomi ( ) Humanoria  
( ) Teknologi dan Rekayasa

3. Ketua Pelaksana Kegiatan/Penulis Utama

4. Anggota pelaksana kegiatan : 3 orang

5. Dosen pembimbing :

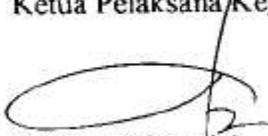
Menyetujui,  
Ketua Departemen  
a/n Pembina Kemahasiswaan

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



Wakil Rektor, Bidang Kemahasiswaan  
(Yonny Koesmaryono, M.S)  
NIP. 131 473 999

Ketua Pelaksana Kegiatan

  
(Agnur Rahmatia)  
NRP. C34105064

Dosen Pembimbing

  
(Bambang Riyanto, S.Pi. M.Si)  
NIP. 132 206 247

## 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 menyumbang 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 mengadsorpsi 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 adsorpsi kadar timbal (Pb) oleh adsorben zeolit-chitosan dilakukan dengan metode stek sampling menurut SII 1834-85. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, adsorpsi gas karbonmonoksida (CO) paling besar pada perlakuan A5B5 dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan chitosan sebesar  $6,939 \pm 2,192$  %. Adsorpsi gas hidrokarbon (HC) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar  $6,760 \pm 1,387$  %. Adsorpsi gas nitrogen oksida (NOx) paling besar pada perlakuan A4B4 dengan komposisi adsorben 85 gram zeolit dan 15 gram larutan chitosan sebesar  $0,474 \pm 0,407$  %, adsorpsi timbal (Pb) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar  $7,689 \pm 0,095$  %. Hasil pengujian adsorpsi emisi gas buang dan adsorpsi 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<sub>2</sub> 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 (Pssylos 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  $\text{NH}_2$  dan  $\text{OH}$  yang mengakibatkan terikatnya  $\text{Pb}^{2+}$  (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 Waals* dan interaksi kimia dengan adanya sifat elektrostatik (Bosasek 1970).

Pada prinsipnya proses pada *catalytic converter* sendiri merupakan gabungan dari interaksi kimia dan fisika berupa elektrostatik dan gaya *van der Waals* 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 exchange* dan oksidasi berlangsung lebih efektif (Pssylos 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), Pssylos dan Philippopoulos (1992), dan

Karvounis dan Assanis (1992), *tecnoster*, dan mobil Daihatsu Xenia Li 2004. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *atomic absorpsion 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<sub>3</sub>, 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 Yuniarto (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.

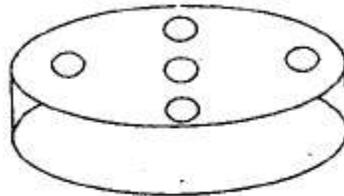
*Chitosan* yang berbentuk serbuk 30 *mesh* kemudian dilarutkan dengan asam asetat 2% sebanyak 50 ml hingga larut sempurna.. Setelah itu dilakukan pencampuran antara zeolit dan larutan *chitosan*, agar pengikatan lebih kuat maka digunakan tepung tapioka cair 5 ml sebagai perekat. Komposisi zeolit dan *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 <i>chitosan</i> (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 Gambar 1.



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:

$$\% \text{ Emisi Gas Teradsorpsi} = \frac{C1 - C2}{C1} \times 100\%$$

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 ( $\text{HNO}_3$ ) 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:

$$\% \text{ Timbal (Pb) teradsorpsi} = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100\%$$

Keterangan :

**D1 = kadar timbal pada asap yang terlarut dalam  $\text{HNO}_3$  awal**

**D2 = kadar timbal pada asap yang terlarut dalam  $\text{HNO}_3$  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.

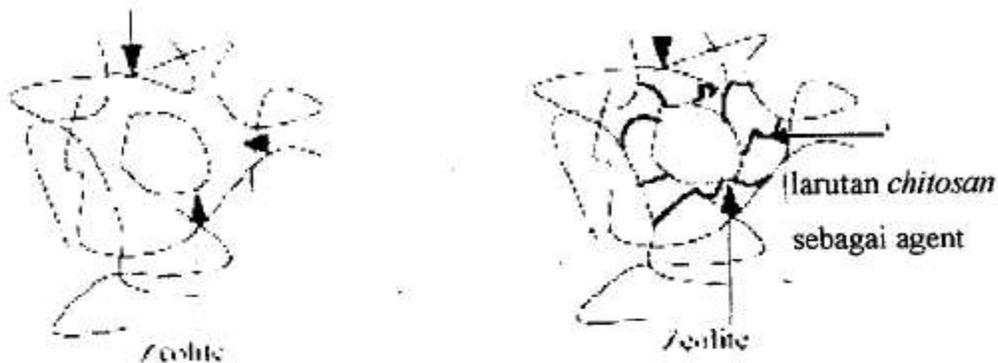
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik 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.

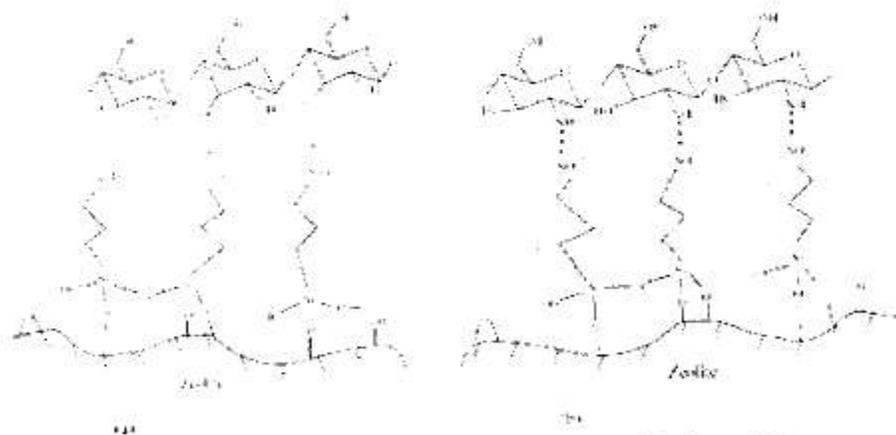
Zeolit bersifat lebih aktif apabila pada permukaan dan pori-pori zeolit terdapat suatu senyawa yang berfungsi sebagai agent. Penambahan larutan *chitosan* diharapkan mampu bersifat sebagai *agent* yang mampu mempercepat proses

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

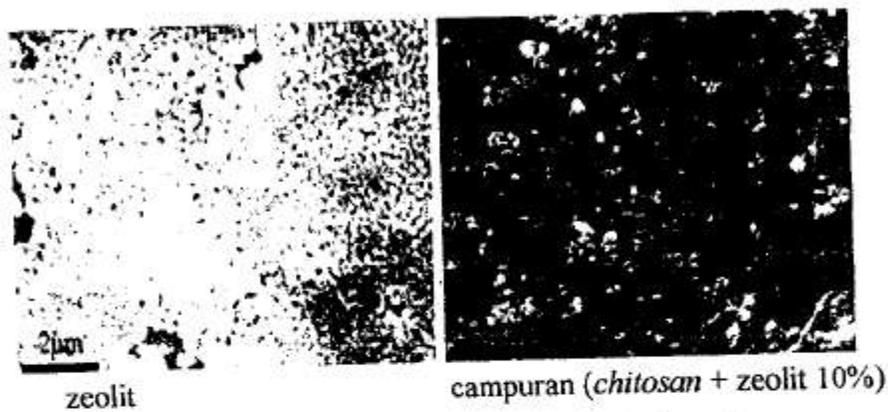
Proses pencampuran antara molekul zeolit dan larutan *chitosan* terjadi ikatan silang antara gugus-gugus fungsi yang ada pada zeolit dan *chitosan*. Zeolit yang sudah memiliki gugus *organosilane* (Si-OH) pada permukaan zeolit membuat zeolit lebih aktif dan mampu berikatan dengan gugus OH dan  $\text{NH}_2^-$  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  $\text{NH}_2^-$  pada *chitosan*. Mekanisme ikatan silang antara zeolit dan larutan *chitosan* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme ikatan antara zeolit dan *chitosan*

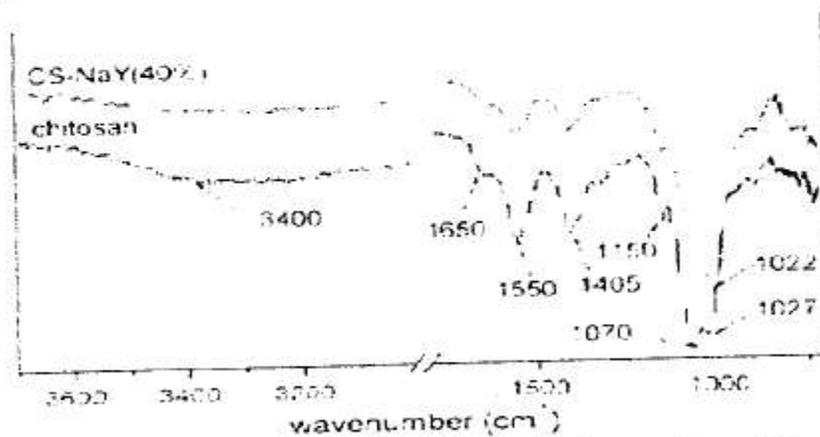
Berdasarkan analisis SEM dari *chitosan* dan campuran (komposit) zeolit dan *chitosan* (membran buatan) terlihat bahwa pada zeolit murni, struktur permukaan *chitosan* lebih longgar, tidak kompak, dan masih banyak ruang kosong (pori-pori). Pada analisis SEM setelah dilakukan pencampuran zeolit dan larutan *chitosan*, struktur permukaan terlihat lebih padat dan lebih kompak. Ini artinya pencampuran

antara polimer organik (*chitosan*) sebagai pengisi (*filler*) pada zeolit berlangsung baik. Hasil analisis SEM komposit zeolit dan *chitosan* dapat dilihat pada Gambar 4



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

Berdasarkan analisis FT-IR, pada *chitosan* (CS) murni panjang gelombang utama pada kisaran  $3400\text{ cm}^{-1}$ ,  $1650\text{ cm}^{-1}$  dan  $1550\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan pada gugus hidroksil, amine I dan amine II. Pada panjang gelombang  $1070\text{ cm}^{-1}$ ,  $1380\text{ cm}^{-1}$  dan  $1160\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan C-O, ikatan  $\text{CH}_2$  dan ikatan C-O-C asimetrik. Hasil FT-IR *chitosan* murni (CS) dan campuran *chitosan* zeolit (CS-NaY 40%) dapat dilihat pada Gambar 5.



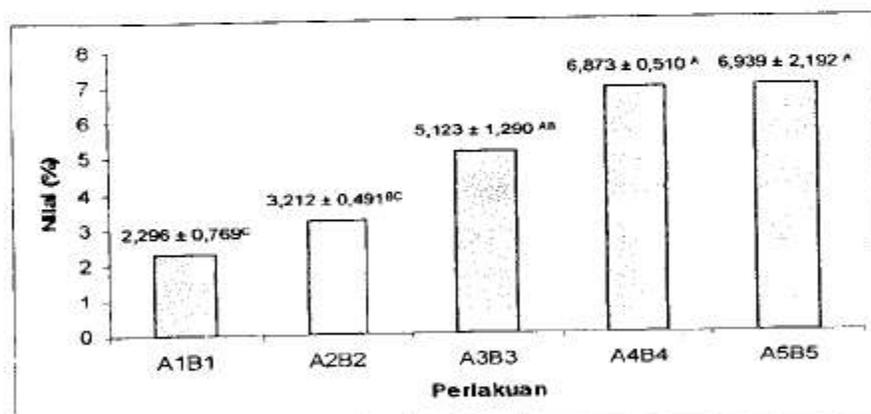
Gambar 5. Hasil FT-IR *chitosan* murni (CS) dan komposit zeolit dan *chitosan*

Setelah *chitosan* dicampur dengan zeolit 40 % (CS-NaY 40%), maka panjang gelombang menghasilkan utama  $3400\text{ cm}^{-1}$ ,  $1650\text{ cm}^{-1}$  dan  $1550\text{ cm}^{-1}$ , intensitasnya menurun karena terjadi interkasi antara gugus OH dan  $\text{NH}_2$  pada *chitosan* dengan gugus OH,  $\text{NH}_2$  pada zeolit. Penambahan zeolit mengakibatkan panjang gelombang  $1070\text{ cm}^{-1}$  dan  $1027\text{ cm}^{-1}$  pada *chitosan* murni (CS), berubah menjadi  $1022\text{ cm}^{-1}$ . Perubahan panjang gelombang ini menunjukkan terjadinya reaksi pembentukan (ikatan) antara zeolit dan larutan *chitosan*.

Pengujian untuk menilai efektivitas adsorben berdasarkan pada kemampuannya dalam mengadsorpsi 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 (NO<sub>x</sub>) 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 adsorpsi pada perlakuan A5B5 memiliki nilai adsorpsi yang paling tinggi yaitu sebesar  $6,939 \pm 2,192$  % dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorpsi yang paling rendah yaitu sebesar  $2,296 \pm 0,769$  %. Hasil lengkap persentase adsorpsi dengan uji emisi terhadap kadar karbonmonoksida yang dilakukan oleh alat *tecotester* disajikan pada Gambar 6.



Keterangan :

Data adsorpsi karbonmonoksida (CO) yang digunakan sudah mengalami transformasi "akar". Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ )

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 adsorpsi karbonmonoksida (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<sup>-</sup>, NH<sub>2</sub><sup>-</sup>

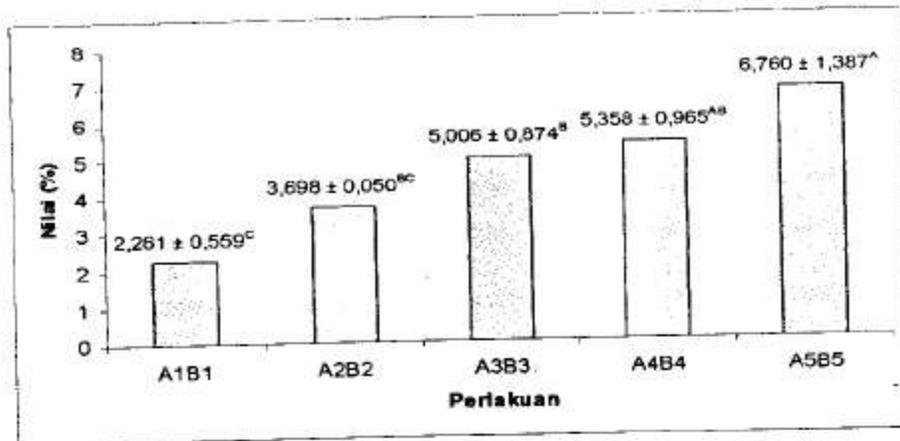
yang ada pada *chitosan*. Peningkatan persentase adsorpsi berbanding lurus dengan konsentrasi *chitosan* dikarenakan adsorben memiliki pori-pori yang semakin banyak, karena *chitosan* memiliki ukuran pori yang lebih kecil dan banyak tetapi memiliki massa yang kecil, sehingga makin banyak *chitosan* maka 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<sub>2</sub>.

### **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 adsorpsi pada perlakuan A5B5 memiliki nilai adsorpsi yang paling tinggi yaitu  $6,760 \pm 1,387$  % dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorpsi yang paling rendah yaitu sebesar  $2,261 \pm 0,559$  %. Hasil lengkap persentase adsorpsi dengan uji emisi terhadap kadar hidrokarbon yang dilakukan oleh alat *tecnotester* disajikan pada Gambar 7.



Keterangan :

Data adsorpsi hidrokarbon (HC) yang digunakan sudah mengalami transformasi "akar". Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ )

- 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 adsorpsi hidrokarbon (HC)

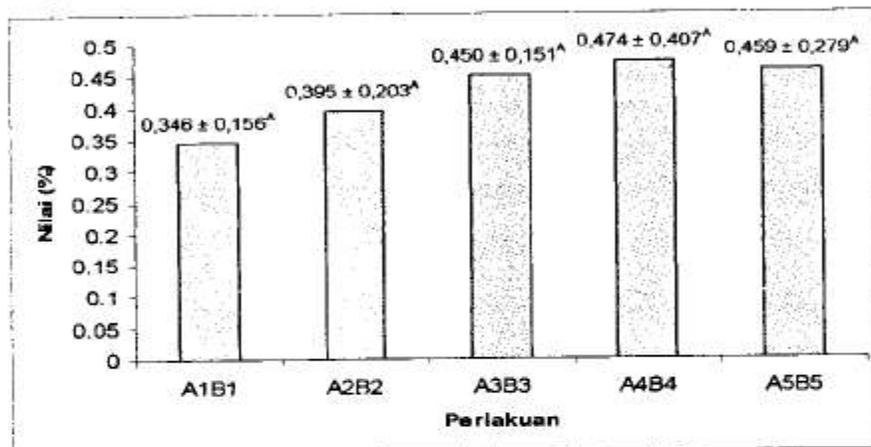
Pada adsorben zeolit-*chitosan* terlihat bahwa makin besar *chitosan* yang ditambahkan maka semakin besar pula persentase adsorpsi gas buang hidrokarbon. Hal ini dikarenakan molekul *chitosan* merupakan molekul aktif yang mampu berikatan dengan komponen gas HC, diketahui pula bahwa *chitosan* mampu mengikat 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 exchange capacity* (CEC) yang cukup besar, akibatnya terjadi ikatan molekul gas dengan permukaan adsorben, sehingga proses adsorpsi yang terjadi tidak hanya adsorpsi fisik tetapi juga adsorpsi 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 adsorpsi pada perlakuan A4B4 memiliki nilai adsorpsi yang paling tinggi yaitu sebesar  $0,474 \pm 0,407 \%$  dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorpsi yang paling rendah yaitu sebesar  $0,346 \pm 0,156 \%$ . Hasil lengkap persentase adsorpsi dengan uji emisi terhadap kadar nitrogen oksida yang dilakukan oleh alat *tecnotester* disajikan pada Gambar 8.



Keterangan :

Data adsorpsi nitrogen oksida (NOx) yang digunakan sudah mengalami transformasi "arcsin". Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ )

- 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

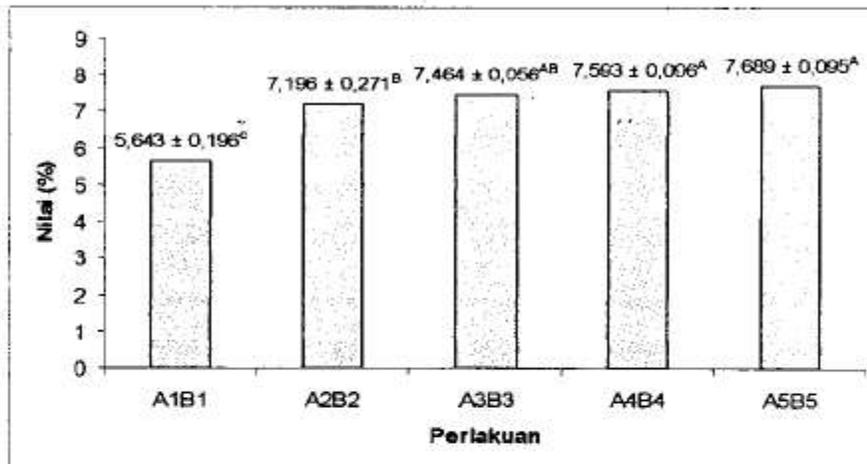
Gambar 8. Diagram batang adsorpsi nitrogen oksida (NOx)

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 Exchange Capacity* (CEC), akan terjadi pertukaran kation antara  $Si^+$ , dan  $Al^+$  dengan molekul NOx. *Chitosan* yang memiliki gugus reaktif  $OH^-$  dan  $NH_2^+$  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 adsorpsi pada perlakuan A5B5 memiliki nilai adsorpsi yang paling tinggi yaitu sebesar  $7,689 \pm 0,095 \%$  dan perlakuan A1B1 memiliki nilai adsorpsi yang paling rendah yaitu sebesar  $5,643 \pm 0,196 \%$ . Hasil lengkap persentase adsorpsi dengan uji emisi terhadap kadar timbal yang dilakukan oleh atomic absorption spectrophotometry (AAS) disajikan pada Gambar 9.



Keterangan :

Data adsorpsi timbal (Pb) yang digunakan sudah mengalami transformasi "akar".

Perbedaan huruf superskrip menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ )

- 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 adsorpsi timbal (Pb)

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

Adsorpsi 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<sup>-</sup> dan NH<sub>2</sub><sup>-</sup> diduga juga berperan dalam 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 Efficiency Heat and Mass Transfer* 36(6):1495-1504.
- Kristanto P. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit ANDI OFFSET.
- Murhadi S. 2006. Absorpsi 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](http://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 mengadsorpsi gas karbonmonoksida (CO) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar  $6,939 \pm 2,192$  dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan *chitosan*. Adsorpsi gas hidrokarbon (HC) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar  $6,760 \pm 1,387$  dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan *chitosan*. Adsorpsi gas nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) paling besar pada perlakuan A4B4 sebesar  $0,474 \pm 0,407$  dengan komposisi adsorben 85 gram zeolit dan 15 gram larutan *chitosan*. Adsorpsi timbal (Pb) paling besar pada perlakuan A5B5 sebesar  $7,689 \pm 0,095$ . 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](http://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](http://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.