

NO:TA/TL/2005/0040

| | |
|-----------------------|----------------|
| PERPUSTAKAAN FTSP UII | |
| HADIAH/BELE | |
| TGL. TERIMA : | 27 Juni 2006 |
| NO. JUDUL : | 001986 |
| NO. INV. : | 51200001986001 |
| NO. INDUK : | |

TUGAS AKHIR

PENURUNAN NITROGEN OKSIDA (NO_x) DAN KARBON MONOKSIDA (CO)

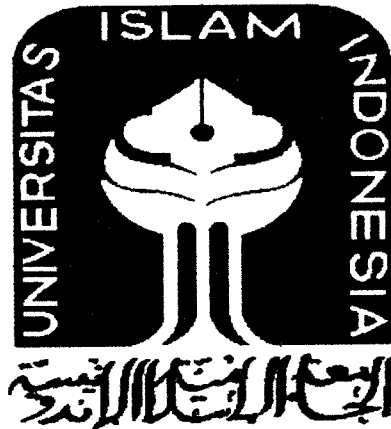
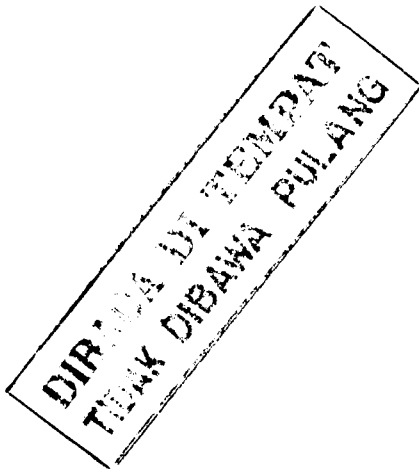
PADA EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR RODA EMPAT

DENGAN BAHAN BAKAR BENSIN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI

BENTONIT TERPILARISASI TiO₂

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian

persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Teknik Lingkungan



disusun oleh

SISKA IRYANI

00 513 058

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2005

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENURUNAN NITROGEN OKSIDA (NO_x) DAN KARBON MONOKSIDA (CO)
PADA EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN BAHAN
BAKAR BENSIN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BENTONIT
TERPILARISASI TiO₂**

Disusun dan dipersiapkan oleh :

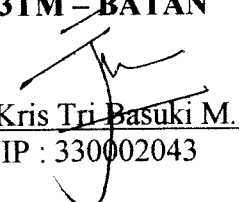
SISKA IRYANI
00.513.058

Telah disetujui dan disahkan oleh :
Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Maju
(P3TM – BATAN) Jogjakarta pada tanggal dan dinyatakan
telah memenuhi persyaratan
Mengesahkan


Kepala Bidang Teknofisikokimia


(Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki M.Sc. APU)
NIP : 330002043

**Pembimbing
P3TM – BATAN**


(Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki M.Sc. APU)
NIP : 330002043

Yogyakarta,.....2005
Mengetahui
Kepala P3TM – BATAN Jogjakarta


(Drs. Sudjatmoko, SU, APU)
NIP : 330001101

PERSEMBAHAN

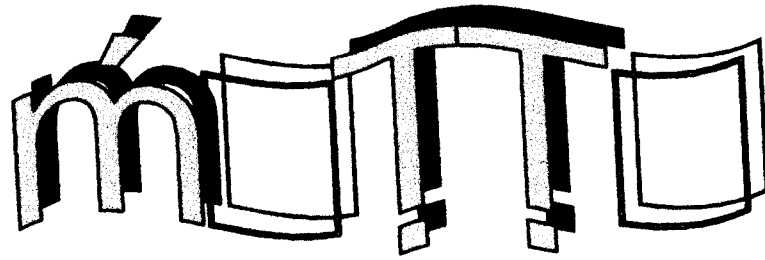
Kupersembahkan hasil karyaku ini untuk orang – orang yang aku Cintai :

Untuk Papa dan Mama Tercinta, Terima kasih pap&mam atas semua yang engkau berikan kepada Ananda, tanpa balas budi engkau berikan Cinta dan kasih sayangmu dari awal Ananda lahir, mulai menangis, mulai merangkak, belajar jalan sampai ananda dewasa sampai sekarang ini, cinta dan kasih sayang dari mama dan papa buat siska tidak akan pernah terganti sampai akhir hayatku.

“Papa yang mengajarku untuk selalu mandiri dan jangan pernah tergantung dengan orang lain, dan jangan pernah menyerah untuk menghadapi suatu masalah.” I will Remember What U Say Pap” .

Mamaku yang cantik dan baik hati yang selalu ada disaat anakmu ini sakit, susah maupun senang mama selalu ada disampingku, mama yang selalu menyejukan hatiku. “ I want To Hold U Mam “

Buat Kakakku tercinta dan tersayang Ecak, Acek, Dan Maci kalianlah saudara-saudaraku yang paling aku banggakan, terima kasih juga untuk segala yang telah kalian berikan untukku dari hal yang terkecil sampai yang terbesar. support kalian yang aku butuhkan dan kasih sayang dari kalian. “My Sisters AND My Brother I LOVE U GUYS”



**Segala sesuatu kesusahan yang kita hadapi,
Segeulah meminta pertolongan hanya kepada Allah,
Karena Hanya Allah yang dapat membantu kita
Dalam kita Senang maupun Susah.
Jangan pernah berhenti memohon Kepada-Nya**

**Lakukanlah yang ingin kamu lakukan jangan
terbentur oleh suatu pikiran yang
Akan membuat kamu menyakiti diri sendiri
dan membuat kamu menyesal kemudian hari.**

Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan
Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan
Karena itulah, bila selesai suatu tugas,
mulailah tugas yang lain dengan sungguh-sungguh.
Hanya kepada Tuhanmu hendaknya kau berharap.
(ASY SYARH 5-8)

**Pengetahuan adalah satu – satunya
Tiran kekayaan yang tidak dapat dirampas.
Hanya kematian yang bisa memadamkan
Lampu pengetahuan
Yang ada dalam dirimu**

3. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Drs. Sudjatmoko, SU, APU, selaku Kepala P3TM – BATAN Jogjakarta.
5. Bapak Hudori, ST, selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang banyak memberikan arahan dan bimbingan.
6. Bapak Budi Setiawan, ST, yang tak bosan-bosan menemani dan membantu kita berdua, walaupun kami sering buat bapak marah2, jengkel sama kita berdua (kami berdua bandel ya pak? He..he..he) Terima kasih juga atas doanya ya pak.
7. Bapak Andik Yulianto, ST, selaku Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
8. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas akhir dan Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
9. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
10. Seluruh staf dan karyawan di Laboratorium TeknofisikoKimia P3TM BATAN (Pak Tugiyo, Pak Andri, pak supri dkk) terima kasih banyak atas bimbingannya selama penelitian.
11. Mas Agus, yang banyak membantu dalam pengurusan surat-surat kita.
12. Buat kakak- kakakku tercinta dan tersayang Ecak, Acek dan Maci Eva, “I LOVE U SO MUCH” terima kasih atas semua bantuan dari kalian dari yang terkecil hingga yang terbesar.

13. Terimakasih ku untuk Manga tercinta yang telah membantu siska, “ U are My Uncle Is The Best “. Manga teruslah berjuang tuk mendapatkan cinta sejatimu.
14. Buat my Causin Aan . “Do The Best My Brother U Can Do It”
15. Buat Nana Cabhi teman seperjuangan ku dari awal kuliah sampai akhir kuliah, terima kasih kerjasamanya karena telah menjadi partner TA ku yang baik.(Na akhirnya selesai juga yah Skripsinya kita he he☺) U ALWAYS BE MY BEST FRIEND FOREVER OCEY.
16. Buat Ferdynan terima kasih telah menjadi teman semasa SMU yang baik. jangan jadi anak rumahan melulu donk..
17. Teman-teman seperjuangan Aldi, Mas Mey, Om Gatot, Liza dan adit akhirnya selesai juga perjuangan kita selama ini.
18. Buat teman –teman kosku : Fitri Cayo naikin semua gunung-gunung yang ada tapi jangan sampe lupa kuliah key he.he.he.
19. MeLa yang imut2 kayak marmut he he (si nungging he he makasih yah baik mau minjem printernya ,jadilah temanku yah jangan pernah lupain chika okey.
20. Irma semangat yah ma ngerjain TA mu, jangan pernah tuk menyerah.smoga langgeng ma Putra (Amin). “U ALL MY BEST FRIENDS”
21. Buat Fuku..., terimakasih juga telah menjadi teman yang terbaik, terima kasih buat Supportnya, ceramah2nya he he he kapan neh nyusul gue he he he ☺

22. Buat seseorang yang baik banget ma aku, yang hobi bilang “Penting Kali” makasih untuk semuanya, Oya sekali-kali ganti dong kalimatnya jangan itu-itu mulu hehe. Ntar loh harus jadi Lawyer yang jujur yah Endar. Dar gue akan selalu ingat pesan-pesan loh. “ U are Man In My Dream “
23. Buat teman-teman ku Cah-cah Teknik Lingkungagn 2000, yang tak bisa aku sebutkan satu-satu kebanyakan sih he.he.he, makasih atas persahabatannya, kalian tak akan pernah aku lupakan sampai kapanpun. Jangan lupa bikin Reuni angkatan 2000 yah.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, September 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN I | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN II | iii |
| PERSEMBAHAN | iv |
| MOTTO | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR GRAFIK | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| ABSTRAK | xviii |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 6 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Pencemaran Lingkungan | 7 |
| 2.2 Pencemaran Udara | 8 |
| 2.2.1 Sumber Pencemaran Udara | 8 |
| 2.2.2 Polutan Udara | 11 |

| | |
|--|----|
| 2.2.3 Ambien dan Emisi Zat Pencemar Udara | 13 |
| 2.3 Notrogen Dioksida (NOx) | |
| 2.3.1 Sumber Polusi Nitrogen Oksida | 15 |
| 2.3.2 Karakteristik Gas Nitrogen Oksida | 16 |
| 2.3.3 Pengaruh NOx Terhadap Manusia dan Lingkungan | 17 |
| 2.4 Karbon Monoksida (CO) | 20 |
| 2.4.1 Sumber Karbon Monoksida | 20 |
| 2.4.2 Penyebaran Karbon Monoksida | 23 |
| 2.4.3 Pengaruh CO Terhadap Lingkungan | 24 |
| 2.4.3.1 Pengaruh CO Terhadap Tanaman | 24 |
| 2.4.3.2 Pengaruh Co Terhadap Manusia | 24 |
| 2.5 Pemakaian Bahan Bakar | 26 |
| 2.6 Bentonit | 27 |
| 2.7 Konsep Pilarisasi | 34 |
| 2.8 Fotokatalis | 37 |
| 2.9 Titanium Dioksida (TiO ₂) | 38 |
| 2.10 Adsorpsi | 41 |
| 2.10.1 Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi | 42 |
| 2.10.2 Adsorpsi Gas Oleh Zat Padat | 43 |

BAB III METODELOGI PENELITIAN

| | |
|-------------------------------|----|
| 3.1 Jenis Penelitian | 45 |
| 3.2 Objek Penelitian | 45 |
| 3.3 Lokasi Penelitian | 45 |
| 3.4 Variabel Penelitian | 46 |
| 3.5 Bahan dan Alat Penelitian | 46 |
| 3.6 Langkah Penelitian | 47 |

| | |
|--|----|
| 3.6.1 Tahapan Persiapan | 47 |
| 3.6.1.1 Rancangan Reaktor | 47 |
| 3.6.1.2 Uji Perekat | 48 |
| 3.7 Analisa Data Kuantitatif | 53 |
| 3.7.1 Tahap Pelaksanaan Percobaan | 53 |
| 3.7.1.1 Parameter Nitrogen Oksida (NO _x) | 53 |
| 3.7.1.2 Parameter Karbon Monoksida (CO) | 55 |
| 3.8 Diagram Alir Penelitian | 55 |
| 3.8.1 Diagram Alir Tahap Persiapan | 55 |
| 3.8.2 Tahap Pembuatan Media Penyerap | 56 |
| 3.9 Tahap Pelaksanaan Analisa | 57 |
| 3.9.1 Nitrogen Oksida (NO _x) | 57 |
| 3.9.1.1 Parameter NO _x Dalam Gas Buang | 57 |
| 3.9.2 Karbon Monoksida (CO) | 62 |
| 3.9.2.1 Metoda Analisa | 62 |
| 3.10 Diagram Alir Pelaksanaan Percobaan | 63 |
| 3.11 Analisa Data | 64 |

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

| | |
|-------------------------------------|----|
| 4.1 Hasil Penelitian | 66 |
| 4.1.1 Analisa Karbon Monoksida (CO) | 66 |
| 4.1.2 Analisa Nitrogen Dioksida | 71 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan80

5.2 Saran81

DAFTAR PUSTAKA82

DAFTAR TABEL

| | |
|---|---------|
| Tabel 2.1. Perkiraan Persentase komponen pencemar udara dari sumber pencemar transportasi di Indonesia |9 |
| Tabel 2.2 Toksisitas relatif polutan udara |13 |
| Tabel 2.3 Sumber Pencemar Gas CO |22 |
| Tabel 2.4 Pengaruh konsentrasi COHb di dalam darah terhadap kesehatan Manusia |25 |
| Tabel 2.5 Perbedaan keawetan antara Na-bentonit dan Ca-bentonit |29 |
| Tabel 2.6 Perbedaan sifat fisik antara Na-bentonit dan Ca-bentonit |30 |
| Tabel 2.7 Presentasi Unsur penyusun Mineral Silikat |31 |
| Tabel 2.8 Sifat fisik dan mekanik TiO ₂ yang khas |40 |
| Tabel 4.1 Kadar CO dengan media bentonit TiO ₂ 0%, 100 C |66 |
| Tabel 4.2 Hasil analisa karbon monoksida |68 |
| Tabel 4.3 Efisiensi penurunan gas buang karbon monoksida |70 |
| Tabel 4.4 Hasil analisis parameter NO _x variasi panjang media |71 |
| Tabel 4.5 Hasil analisis parameter NO _x suhu 100 C |73 |
| Tabel 4.6 Hasil analisis parameter NO _x suhu 200 C |74 |
| Tabel 4.7 Hasil analisis parameter NO _x suhu 300 C |75 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Skema Pembentukan pilar Bentonit |36 |
| Gambar 2.2 Pemiliran antar lapis silikat lempung TiO ₂ |36 |
| Gambar 3.1 Reaktor media penyerap |48 |
| Gambar 3.2 Tahapan pengambilan sampel NO _x |53 |
| Gambar 3.3 Tahapan pengambilan sampel CO |55 |
| Gambar 3.4 Diagram alir tahap persiapan |55 |
| Gambar 3.5 Pembuatan media penyerap |56 |
| Gambar 3.6 Diagram alir pelaksanaan percobaan |63 |

DAFTAR GRAFIK

| | | |
|------------|---|---------|
| Grafik 4.1 | Konsentrasi CO dengan jarak media 5,10, 15 cm |66 |
| Grafik 4.2 | Persen penurunan CO 0% , 100 C dan jarak 5,10,15 cm |67 |
| Grafik 4.3 | Konsentrasi Karbon monoksida |68 |
| Grafik 4.4 | Persen penurunan kadar CO |70 |
| Grafik 4.5 | Penyerapan konsentrasi NOx media 0% |72 |
| Grafik 4.6 | Penyerapan konsentarsi NOx |76 |
| Grafik 4.7 | Persen penurunan penyerapan konsentrasi NOx |77 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Bahan- bahan Penelitian
- Lampiran 2 Media bentonit terpillar TiO_2
- Lampiran 3 Reaktor dan Alat-alat Penelitian
- Lampiran 4 Alat analisa Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida
- Lampiran 5 Analisa Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida
- Lampiran 6 Gambar Pilarisasi
- Lampiran 7 Data-data penyerapan CO dan HC
- Lampiran 8 Data penyerapan Nitrogen Oksida
- Lampiran 9 Uji komposisi campuran media penyerap
- Lampiran 10 Perhitungan titik jenuh teoritis
- Lampiran 11 Keputusan Gubernur tentang baku mutu Emisi

ABSTRAK

PENURUNAN NITROGEN OKSIDA (NO_x) DAN KARBON MONOKSIDA (CO) PADA EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN BAHANBAKAR BENSIN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BENTONIT TERPILARISASI TiO₂

Dilakukan percobaan reduksi kandungan gas Karbon monoksida (CO) dan Nitrogen Oksida (NO_x). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kendaraan bermotor roda empat dengan bahan bakar bensin dan knalpot sebagai reaktor dalam pengambilan sampel. Penelitian dilakukan dengan menggunakan media berbagai variasi terhadap TiO₂ (0 %, 15 %, 20 %, 25 %) dan Temperatur (100 °C, 200 °C, 300 °C). Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Analisis NO_x dilakukan menggunakan metode spektrofotometri dengan memakai tabung impinger sedangkan analisis CO menggunakan Gas Analyzer.

Dari hasil penelitian didapat data penyerapan dan data persen penurunan, setelah dilakukan penghitungan rata-rata maka didapatkan untuk parameter NO_x hasil penurunan yang sangat tinggi pada variabel 25 % suhu 300 °C yaitu sebesar 85.55 % sedangkan pada parameter CO hasil penurunan yang sangat tinggi pada variabel 15 % suhu 300 °C yaitu sebesar 32.06 %.

Maka dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa untuk Bentonit Terpillarisasi TiO₂ mampu mereduksi pencemaran udara khususnya pada kendaraan bermotor.

Kata kunci : Bentonit, TiO₂, Pilarisasi, Adsorben, Gas emisi, NO_x Dan CO

ABSTRACT

REDUCTION NITROGEN OXIDE (NO_x) AND CARBON MONOKSIDE (CO) IN THE THROWN AWAY GASS OF VEHICLE WITH GASSOLINE BY USING INTERCALATED TiO₂ IN BENTONIT

Having been done reduction of nitrogen oxide (NO_x) and carbon monoksida (CO) in the thrown away gass of vehicle. The research is applied on cars. The muffler is the reactor of the sample. The research applies various media reacting to TiO₂ (0%, 15%, 20%, 25%) and temperature (100° C, 200° C, 300° C). Sampling is done for three times repeating. Analysis on NO_x is done by using spectrophotometer method of the impinger tube while CO analysis using Analyzer gas.

According to the result of the research, data of the absorption and reduction percentage after the enumeration process shows that the parameter NO_x is very high on the variable of 25% temperature 300° C that is 85.55% while CO parameter shows that the reduction is very low on the variable 15% temperature 300° C that is 32.06%.

The research concludes that Benthonic TiO₂ is able to reduce the air pollution especially to the motorcycles.

Key words: Benthonit, TiO₂, Pilarisasi, Adsorbent, Emission gasses, NO_x and CO

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perwujudan kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok di bidang kesehatan. Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi mahluk hidup untuk hidup secara optimal.

Pencemaran udara dewasa ini semakin menampakkan kondisi yang sangat memprihatinkan. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut merupakan kontribusi terbesar dari pencemar udara yang dibuang ke udara bebas. Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, dll. Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia.

Pesatnya perkembangan Industri pada era globalisasi dari kemajuan teknologi modren telah menghasilkan dampak ganda bagi kehidupan manusia. Disatu pihak manusia diuntungkan dengan adanya hasil-hasil industri yang mampu menghadirkan keperluan manusia secara efisien dan efektif. Terutama meningkatkan penggunaan bahan bakar fosil untuk kendaraan bermotor yang sering digunakan manusia untuk

aktivitas transportasi. Gas buang yang berasal dari transportasi dapat mengurangi kualitas udara.

Udara adalah campuran gas yang merupakan lapisan tipis yang melingkupi bumi dan merupakan gas yang tidak kelihatan, tidak berasa, tidak berbau, dan hampir tidak pernah didapatkan bersih di alam. Udara selalu dicemari dengan berbagai tingkatan pencemaran, baik pencemaran secara alamiah seperti letusan gunung berapi, pembusukan tumbuh-tumbuhan dan lain sebagainya, maupun pencemaran akibat aktivitas manusia untuk menunjang kehidupan seperti pembuangan sampah, gas-gas buangan pada industri, transportasi dan sebagainya.

Udara merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia dan makhluk hidup lainnya dan merupakan campuran berbagai gas dan senyawa. Semua makhluk hidup membutuhkan udara untuk bernafas. Udara yang dibutuhkan adalah udara yang bersih tidak mengandung senyawa berbahaya yang melebihi ambangnya. Senyawa yang ada di udara melebihi ambang batas atau melebihi kadar yang ada di alam dikatakan polutan. Tetapi udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali, karena beberapa gas seperti Sulfur oksida (SO_x), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Hidrokarbon (HC) selalu dibebaskan ke udara sebagai sampingan dari proses-proses alami.

Pencemaran atmosfer bumi semakin meningkat selaras dengan peningkatan aktivitas industri dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Pada tahun 1986, konsumsi bensin di Indonesia sebanyak 24,5 – 26 juta barel/tahun dan pada tahun 1992 angka tersebut naik menjadi 29 juta barel/tahun (Efendi, 1990).

Kualitas udara harus terjamin dan terpelihara, oleh karena itu setiap sumber emisi harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Namun untuk memperoleh kualitas yang diinginkan bukanlah hal yang mudah. Majunya peradaban manusia terutama sektor industri dan transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil, secara nyata menjadi penyebab timbulnya pencemaran udara. Proses pembakaran bahan bakar dalam kendaraan bermotor merupakan lebih dari separuh penyebab polusi udara. Hasil penelitian BAPEDAL (1999) di Jakarta menunjukkan sektor kendaraan bermotor memberikan kontribusi pencemaran CO sebesar 98,8 %, NO_x 73,4 %, HC 88,9 % dan SO_x 26,5 %.

Udara emisi kendaraan bermotor adalah bahan pencemar yang dikeluarkan langsung dari kendaraan bermotor melalui pipa pembuangan (knalpot) sebagai sisa pembakaran bahan bakar dalam mesin.

Salah satu emisi yang cukup berbahaya dari kendaraan bermotor adalah gas NO_x (Nitrogen Oksida) dan CO (Karbon Monoksida). Gas-gas tersebut dapat mengoksidasi dinding sel. Membentuk dinding pada Hemoglobin dan mengurangi efisiensi transportasi oksigen, mengganggu system enzim sel, jika terpapar dalam konsentrasi yang tinggi dalam waktu lama dapat menyebabkan fibrosis, kegagalan fungsi paru-paru dan dapat juga menyebabkan kematian pada manusia.

Upaya penanganan untuk meminimalisasi polutan di udara akibat sarana transportasi telah dilakukan diantaranya yaitu : diversifikasi energi, penggunaan bensin tanpa timbal, aplikasi teknologi. Upaya lain untuk meminimalisasi NO_x dan CO pada

emisi gas buang kendaraan bermotor adalah menggunakan pemanfaatan lempung bentonit terpillar TiO_2 .

Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan bentonit terpillarisasi TiO_2 menurunkan kadar Nitrogen Oksida (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO) pada gas buang kendaraan bermotor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah bentonit terpillarisasi TiO_2 dapat digunakan dalam menurunkan polutan Nitrogen Oksida (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO) yang ditimbulkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor.
2. Seberapa besar pengaruh variasi konsentrasi bentonit terpillarisasi TiO_2 dalam menurunkan polutan Nitrogen Oksida (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO) yang ditimbulkan oleh gas buang kendaraan bermotor.

1.3 Batasan Masalah

1. Teknologi yang digunakan yaitu menggunakan lempung bentonit terpillarisasi TiO_2 pada kendaraan bermotor roda empat.
2. Parameter penelitian adalah kadar Nitrogen Oksida (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO) pada emisi gas buang kendaraan bermotor roda empat.
3. Komposisi TiO_2 dalam Bentonit 15 %, 20 %, 25 %.

4. Temperatur piliarisasi 100°C, 200°C dan 300 °C.
5. Panjang media bentonit dalam knalpot kendaraan 5 cm, 10 cm, 15cm.
6. Jenis kendaraan yang digunakan adalah kendaraan bermotor roda empat dengan bahan bakar bensin.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah bentonit terpiliarisasi TiO_2 dapat digunakan dalam menurunkan polutan Nitrogen Oksida (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO) yang ditimbulkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor.
2. Untuk mengetahui Seberapa besar pengaruh variasi konsentrasi bentonit terpiliarisasi TiO_2 dalam menurunkan polutan Nitrogen Oksida (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO) yang ditimbulkan oleh gas buang kendaraan bermotor.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan alternatif teknologi dalam menurunkan pencemaran udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor.
2. Mendayagunakan lempung bentonit terpoliarisasi TiO_2 sebagai salah satu sumber daya alam Indonesia menjadi bermanfaat bagi kesejahteraan dan keseimbangan lingkungan makhluk hidup.
3. Sebagai masukan kepada pemerintah dalam mengatasi kualitas lingkungan terutama terhadap masalah pencemaran udara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Planet bumi dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu bagian padat (*lithosfer*) yang terdiri dari tanah dan batuan, bagian cair (*hidrosfer*) yang terdiri dari berbagai ekosistem perairan laut, danau, dan sungai, bagian kehidupan (*biosfer*) yaitu bagian yang ditempati oleh berbagai jenis organisme dan bagian udara (*atmosfer*) yang menyelimuti seluruh permukaan bumi (Lakitan, 1994).

Menurut Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup Nomor 23 Tahun 1997, yang dimaksud dengan Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain (Anonim, 1997).

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga kualitasnya turun hingga tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Pencemaran lingkungan dapat berbentuk pencemaran air, tanah, maupun udara, yang kesemuanya itu akan membawa dampak yang kurang baik terhadap kehidupan manusia. Dampak pencemaran lingkungan tidak hanya berpengaruh dan berakibat pada lingkungan alam saja, akan

tetapi berakibat dan berpengaruh terhadap kehidupan tanaman, hewan, dan juga manusia.

2.2 Pencemaran Udara

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian Pencemaran udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil / aerosol) ke dalam udara. Masuknya zat pencemar udara dapat secara alamiah, juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktifitas transportasi (Moestikahadi, 2001).

2.2.1 Sumber Pencemar Udara

Kehadiran polutan – polutan di dalam udara pada umumnya berasal dari aktivitas manusia sebagai akibat dari perkembangan budaya, penggunaan teknologi baru, serta pola konsumtif yang berlebihan (Wardhana, 1994).

Sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber- sumber polusi lainnya misalnya pembakaran, proses industri,

pembuangan limbah dan lain-lain. Sejumlah besar polusi udara berasal dari pembakaran bahan bakar yang digunakan kebanyakan dari fosil yang terdiri atas komponen C atau senyawanya. Bila suatu pembakaran terjadi secara sempurna akan dihasilkan CO_2 . Tetapi bila pembakaran tidak sempurna maka akan diproduksi CO dan HC tak terbakar (Wardhana, 1994).

Perkiraan prosentase dengan anggapan bahwa gas buang dari hasil pembakaran yang keluar dari corong kendaraan transportasi, seperti terlihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perkiraan persentase komponen pencemar udara dari sumber pencemar transportasi di Indonesia

| Komponen | Persentase (%) |
|----------|----------------|
| CO | 70,50 |
| NOx | 8,89 |
| SOx | 0,88 |
| HC | 18,34 |
| Partikel | 1,33 |
| Total | 100 |

Sumber : Wardhana (1994)

Dalam memperkirakan dan menilai dampak yang timbul terhadap lingkungan udara, sumber umumnya dikelompokkan dalam beberapa golongan antara lain :

1. Sumber titik (*Point Source*)

Sumber emisi zat pencemar berupa titik tetap dan pencemar keluar dari suatu titik yang dapat diketahui dengan jelas.

Contohnya antara lain cerobong pabrik.

2. Sumber garis (*Line Source*)

Sumber emisi zat pencemar berjumlah banyak dan distribusinya dapat dikatakan merata dalam suatu garis yang seluruhnya memancarkan pencemar udara.

Contohnya antara lain emisi gas buang akibat pembakaran bahan bakar minyak oleh antrian kendaraan bermotor di jalan raya.

3. Sumber area (*Area Source*)

Sumber emisi zat pencemar berjumlah banyak dan distribusinya merata pada suatu area atau wilayah.

Contohnya daerah pemukiman, daerah perindustrian, bandara.

Disamping itu sumber emisi zat pencemar berdasarkan keadaan sumber akibat pemakaian bahan bakar :

a. Sumber tetap (*Stationary Source*)

Sumber emisi akibat pembakaran bahan pada sumber tetap dari waktu ke waktu. Contohnya penggunaan semua jenis bahan bakar seperti minyak tanah, bensin, gas, batu bara maupun kokas pada kegiatan industri, pembangkit tenaga listrik, pemukiman, rumah makan dan hotel.

b. Sumber bergerak (*Mobile Source*)

Sumber emisi akibat pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak atau selalu berpindah-pindah dari waktu ke waktu.

Contohnya pemakaian bahan bakar untuk kendaraan bermotor, kereta api, pesawat terbang dan kapal laut.

c. Sumber campuran (*Compound Source*)

Sumber emisi gas buang dari sumber tetap dan sumber bergerak.

Contohnya kompleks perumahan dan daerah pemukiman.

2.2.2 Polutan Udara

Menurut Moestikahadi (1999), polutan udara dibagi menjadi dua yaitu :

1. Berdasarkan dari kejadian terbentuknya pencemar terdiri dari:
 - a. Pencemar primer (yang diemisikan langsung oleh sumber).
 - b. Pencemar sekunder (yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat).
2. Dilihat dari ciri fisik bahan pencemar dapat berupa :
 - a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
 - b. Gas (CO, NO_x, H₂S, hidrokarbon)
 - c. Energi (suhu dan kebisingan)

Ada 6 (enam) polutan utama yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor yaitu (Anonim, 2003) :

1. Karbon monoksida (CO)
2. Hidrokarbon (HC)
3. Photochemical Oxidants (O₃ dan PAN)
4. Nitrogen Oxides (NO_x)
5. Partikulasi
6. Timah hitam

Menurut Fardiaz (1992), polutan udara primer, yaitu polutan yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya, dapat dibedakan menjadi lima kelompok sebagai berikut :

1. Karbon monoksida (CO)
2. Nitrogen oksida (NO_x)
3. Hidrokarbon (HC)
4. Sulfur dioksida (SO_x)
5. Partikel

Toksisitas kelima kelompok polutan tersebut berbeda-beda dan tabel 2 menyajikan toksisitas relatif masing-masing kelompok polutan tersebut.

Ternyata polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel, diikuti berturut-turut dengan NO_x, SO_x, Hidrokarbon dan yang paling rendah toksisitasnya adalah karbon monoksida. (Fardiaz, 1992)

Tabel 2.2 Toksisitas relatif polutan udara

| Polutan | Level Toleransi | | Toksisitas relatif |
|----------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| | Ppm | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CO | 32.0 | 40.000 | 1.00 |
| HC | | 19.300 | 2.07 |
| SOx | 0.50 | 1.430 | 28.0 |
| NOx | 0.25 | 514 | 77.8 |
| Partikel | | 375 | 106.7 |

- Babcock (1971)

2.2.3 Ambien dan Emisi Zat Pencemar Udara

1. Ambien

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara Pasal 1, yang dimaksud dengan Udara Ambien adalah udara bebas yang terdapat di atmosfer. Sedangkan baku mutu udara ambien adalah ukuran batas/kadar zat yang diperbolehkan dari zat-zat atau bahan pencemar yang terdapat di udara sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap manusia, hewan, tumbuhan dan benda-benda lainnya. (Anonim,1991).

2. Emisi

Berdasarkan Peraturan Pemerinatah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara Pasal, yang

dimaksud dengan emisi, sumber emisi, sumber bergerak, dan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor adalah sebagai berikut :

1. Emisi adalah zat, energi, dan/ atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/ atau dimasukkannya kedalam udara ambien yang mempunyai dan/ atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.
2. Sumber emisi adalah setiap usaha dan/ atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber spesifik, sumber tidak bergerak, maupun sumber bergerak tidak spesifik.
3. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor.
4. Ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor.

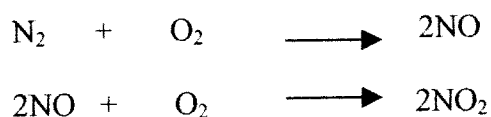
Data emisi perkotaan yang menunjukkan bahwa kegiatan industri di perkotaan besar di Indonesia belum menjadi sektor utama penyebab pencemaran udara. Sektor transportasi lebih merupakan sektor penyebab utama pencemaran udara yang sekarang mulai dirasakan khususnya di pusat kota besar. Sumber utama pencemaran udara di perkotaan adalah lalu lintas kendaraan bermotor terutama di daerah pusat kota yang sering mengalami hambatan lalu lintas. Intensitas pencemaran yang disebabkan oleh sektor transportasi secara berarti lebih tinggi dibandingkan dengan sektor lainnya

termasuk industri dan pengaruhnya lebih terasa di daerah perkotaan besar (Anonim,1991).

2.3 Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen Dioksida (NO₂) merupakan gas berwarna coklat kemerahan, gas ini biasanya terbentuk dari oksida nitrogen (NO). Efek dari gas ini memberatkan penyakit saluran pernafasan dan kardio vaskuler serta ginjal kronis.

Oksida yang lebih rendah, yaitu NO, terdapat di atmosfer dalam jumlah lebih besar daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ mencakup reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, kemudian reaksi selanjutnya antara NO dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂. Persamaan reaksinya adalah



Udara terdiri dari sekitar 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Pada suhu kamar kedua gas ini hanya sedikit mempunyai kecenderungan untuk bereaksi satu sama lain. Pada suhu yang lebih tinggi (di atas 1210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk nitric oksida dalam jumlah tinggi sehingga mengakibatkan polusi udara.

2.3.1 Sumber Polusi Nitrogen Oksida

Dari seluruh jumlah NO_x yang dibebaskan ke atmosfer, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi polusi NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga

jumlahnya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah polusi NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat hanya pada tempat-tempat tertentu.

Konsentrasi NO_x di udara di daerah perkotaan biasanya 10-100 kali lebih tinggi dari pada di udara di daerah pedesaan. Konsentrasi NO_x di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm. Seperti halnya CO, emisi nitrogen oksida dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin.

2.3.2 Karakteristik Gas Nitrogen Oksida

Gas nitrogen terjadi pada semua proses pembakaran yang kemudian akan bereaksi dengan oksigen pada suhu tinggi sehingga terbentuk NO₂, dan oksida nitrogen lainnya seperti N₂O₄, N₂O₃, N₂O₅ dan lainnya tidak stabil. Dari semua bentuk oksida nitrogen di alam maka yang paling stabil adalah NO dan NO₂.

Gas NO₂ ini merupakan parameter dalam pengukuran pencemar oksida nitrogen karena bentuk paling stabil, sebagai ambang baku mutu maka NO₂ antara 0,12 – 0,22 ppm. Senyawa NO₂ ini merupakan pencemaran udara yang cukup merepotkan karena dapat menyaring matahari dan menyebabkan pemandangan bewarna coklat kemerahan. Oksida nitrogen dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit.

Dalam proses pembakaran di semua mesin yang menggunakan bahan bakar bensin atau solar seperti kendaraan bermotor akan menghasilkan NO_x. Sedangkan parameter yang menentukan besar kecilnya NO_x yang dikeluarkan oleh mesin kendaraan bermotor adalah : suhu, tekanan, lamanya pembakaran dan perbandingan udara dan bahan bakar (DR. Kris Tri Basuki, M.Sc.,APU.,1992)

2.3.3 Pengaruh NO_x Terhadap Kesehatan Manusia Dan Lingkungan

NO_x yang terdiri dari NO yang tidak berwarna dan tidak mudah larut dalam air. NO₂ berwarna merah kecoklatan, kadang mudah larut dalam air, menjadi agen oksidan, dapat bereaksi dengan air membentuk HNO₃ yang merupakan agen oksidan cepat dan bereaksi dengan sejumlah besar metal dan senyawa organic. NO₂ dapat memasuki saluran pernapasan, gas ini juga terlibat dalam pembentukan lapisan ozon di atmosfer (Lich, 1988).

a. Gangguan terhadap manusia dan hewan

Kedua bentuk nitrogen oksida, yaitu NO dan NO₂ sangat berbahaya terhadap manusia. Penelitian aktivitas mortalitas kedua komponen tersebut menunjukkan bahwa NO₂ empat kali lebih beracun daripada NO.

Efek biokimia : mengoksidasi, membentuk dinding pada hemoglobin dan mengurangi efisiensi transportasi oksigen. Mengganggu system enzim sel. Terpapar dalam konsentrasi tinggi dalam waktu lama menyebabkan fibrosis, kegagalan fungsi paru-paru dan menyebabkan kematian.

Menyebabkan efek mediasi nitrit atau efek serupa sebagaimana dengan H_2SO_4 pada SO_x .

Sifat racun gas NO_2 empat kali lebih kuat dari pada gas NO . organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO_2 adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi gas NO_2 akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas dan dapat menyebabkan kematian. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relative aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. Konsentrasi gas NO yang mengakibatkan gangguan pada system syaraf akan mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berlanjut akan dapat mengakibatkan kelumpuhan. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oksigen sehingga menjadi gas NO_2 .

b. Gangguan terhadap tanaman

Pengaruh gas NO_x pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada daun. Dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi sempurna sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis. Akibatnya tanaman tidak dapat memproduksi seperti yang diharapkan. Konsentrasi NO sebanyak 10 ppm sudah menurunkan kemampuan fotosintesis daun sampai sekitar 60-70%, yaitu dengan cara mengukur absorpsi CO_2 . Absorpsi CO_2 akan kembali normal segera setelah pemberian NO dihentikan. Perlakuan tersebut tidak

menyebabkan timbulnya kerusakan tunas daun (Stoker dan Seager, 1972).

Gas nitrogen oksida (NO_x) ada dua macam, yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Pengaruh oksida-oksida nitrogen pada konsentrasi normal atmosferik masih sangat terbatas. Pada konsentrasi dibawah 0,05 ppm, oksida nitrogen tidak menimbulkan efek berbahaya bagi kesehatan. Paparan konsentrasi yang lebih besar akan menyebabkan nitrogen oksida bersifat toksik. Bagian terbesar oksida-oksida nitrogen terbentuk di daerah perkotaan yang paling utama dari senyawa ini adalah NO (*nitric oxide*) juga diemisikan dalam jumlah yang cukup besar ke atmosfer NO_x biasanya digunakan sebagai satuan komposit oksida-oksida nitrogen di lingkungan. NO_x diemisikan dari pembuangan pembakaran (kombusi) pada temperatur tinggi, sebagai hasil dari reaksi nitrogen dengan oksigen. Dengan adanya hidrokarbon, pada siang hari akibat dari adanya radiasi fotonultra violet, senyawa ini akan membentuk ozon fotokimia (*photochemical smog*). Akan tetapi nitrogen monoksida (NO) dalam kadar yang cukup tinggi dapat bereaksi dengan hemoglobin dan mempunyai sifat yang serupa dengan CO karena dapat menghalangi fungsi normal Hb dalam darah. Disamping itu NO₂ dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan. Sebagai hasil produk bahan-bahan pembakaran, maka nitrogen oksida, khususnya NO₂ pada kadar 118 sampai 156 mikrogram (0,063-0,083 ppm) selama 6 bulan akan memberikan gangguan terhadap kesehatan. Yang disebut dengan NO_x adalah gabungan dari NO dan NO₂. Sebagai gas NO₂ berwarna merah

coklat, dengan ambang bau antara 0,12-0,22 ppm. Dalam penelitian kali ini dapat diartikan bahwa konsentrasi pencemar NOx tidak melampaui dari baku mutu udara emisi terhadap kendaraan bermotor (sumber bergerak). Nilai ambang batas yang dimaksud menurut KEP.GUB.DIY. No.167 tahun 2003 tentang baku mutu udara emisi sumber bergerak kendaraan bermotor 4 langkah untuk kadar NOx maksimal 700 ppm.

2.4 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau juga tidak berasa. Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan. (Wardhana, 2001).

Menurut Fardiaz (1992), Karbon Monoksida (CO) adalah suatu komponen tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas -192°C . Komponen ini mempunyai berat sebesar 96,5% dari berat air dan tidak larut dalam air.

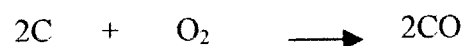
2.4.1 Sumber Karbon Monoksida

Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut :

1. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.

Oksida tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon terjadi jika jumlah oksigen yang tersedia kurang dari jumlah yang

dibutuhkan untuk pembakaran sempurna di mana dihasilkan karbon dioksida. Pembentukan karbon monoksida hanya terjadi jika reaktan yang ada terdiri dari karbon dan oksigen murni. Jika yang terjadi adalah pembakaran komponen yang mengandung karbon di udara, prosesnya lebih kompleks dan terdiri dari beberapa tahap reaksi sebagai berikut :



pencampuran yang tidak rata antara minyak bakar dengan udara menghasilkan beberapa tempat atau area yang kekurangan oksigen. Semakin rendah perbandingan antara udara dengan minyak bakar, semakin tinggi jumlah karbon monoksida yang dihasilkan.

2. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi

Reaksi ini dapat menghasilkan karbon monoksida dengan reaksi sebagai berikut :



3. Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan O.

Pada kondisi di mana jumlah oksigen cukup untuk melakukan pembakaran lengkap terhadap karbon kadang-kadang terbentuk juga CO. Keadaan ini disebabkan pada suhu tinggi CO₂ akan terdisosiasi menjadi CO dan O.

Transportasi menghasilkan CO paling banyak diantara sumber-sumber CO lainnya, terutama dari kendaraan-kendaraan yang menggunakan bensin sebagai bahan bakar (Fardiaz, 1992).

Tabel 2.3 Sumber Pencemar Gas CO

| Sumber Pencemaran | % Oksigen | % Total |
|--------------------------------|-----------|---------|
| Transportasi (Blok) | | 63.8 |
| ▪ Mobil bensin | 59.0 | |
| ▪ Mobil diesel | 0.2 | |
| ▪ Pesawat terbang | 2.4 | |
| ▪ Kereta api | 0.1 | |
| ▪ Kapal laut | 0.3 | |
| ▪ Sepeda motor dll | 1.8 | |
| Pembakaran stasioner (Blok) | | 1.9 |
| ▪ Batubara | 0.8 | |
| ▪ Minyak | 0.1 | |
| ▪ Gas alam | 0.0 | |
| ▪ Kayu | 1.0 | |
| Potensi Industri (Blok) | | 9.6 |
| Pembuangan limbah padat (Blok) | | 7.8 |
| Lain-lain sumber (Blok) | | 16.9 |
| ▪ Kebakaran hutan | 7.2 | |
| ▪ Pembakaran batu bara sisa | 1.2 | |
| ▪ Pembakaran limbah pertanian | 8.3 | |
| ▪ Pembakaran lain-lainnya | 0.2 | |
| | 100.0 | 100.0 |

(Sumber : Wardhana, 2001)

2.4.2 Penyebaran Karbon Monoksida

Jika dilihat dari sumber-sumber yang memproduksi CO, maka seharusnya pencemaran CO di udara cukup tinggi. Tetapi hal ini tidak terjadi, dengan kata lain jumlah pencemaran CO jauh lebih kecil dibandingkan dengan jumlah yang dilepaskan di atmosfer. (Fardiaz, 1992).

Penyebaran gas CO di udara tergantung pada keadaan lingkungan. Untuk daerah perkotaan yang banyak kegiatan industrinya dan lalu lintasnya padat, udaranya sudah banyak tercemar gas CO. Ternyata tanah yang masih terbuka di mana belum ada bangunan di atasnya, dapat membantu penyerapan gas CO. Hal ini disebabkan mikroorganisme yang ada di dalam tanah mampu menyerap gas CO yang terdapat di udara. Angin dapat mengurangi konsentrasi gas CO pada suatu tempat karena dipindahkan ke tempat lain. (Wardhana, 2001).

Kecepatan reaksi yang mengubah CO menjadi CO₂ ($2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$) yang terjadi pada atmosfer bawah hanya dapat menghilangkan sekitar 0,1 % dari CO yang ada per jam dengan adanya matahari. Berdasarkan kecepatan ini CO di atmosfer di perkirakan mempunyai umur rata-rata 3,5 bulan (Fardiaz, 1992).

Karena kendaraan bermotor merupakan sumber polutan CO yang utama (sekitar 59,2%), maka daerah-daerah yang berpenduduk padat dengan lalu lintas sampai memperlihatkan tingkat polusi CO yang tinggi. Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor yang ada. Konsentrasi CO di udara pada tempat tertentu dipengaruhi oleh kecepatan emisi

(pelepasan) CO di udara dan kecepatan disperse dan pembersihan CO di udara. Pada daerah perkotaan kecepatan pembersihan CO dari udara sangat menentukan konsentrasi CO di udara.

Kecepatan disperse dipengaruhi langsung oleh factor-faktor meteorology seperti kecepatan dan arah mata angin, turbulensi udara, dan stabilitas atmosfer (Fardiaz,1992).

2.4.3 Pengaruh Karbon Monoksida Terhadap Lingkungan

2.4.3.1 Pengaruh CO Terhadap Tanaman

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemberian CO selama 1 sampai 3 minggu pada konsentrasi sampai pada 100 ppm tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tanam-tanaman tingkat tinggi. Akan tetapi kemampuan untuk fiksasi nitrogen oleh bakteri bebas akan terhambat dengan pemberian CO selama 35 jam pada konsentrasi 2000 ppm. Karena konsentrasi CO di udara jarang mencapai 100 ppm, meskipun dalam waktu sebentar, maka pengaruh CO terhadap tanam-tanaman biasanya tidak terlihat secara nyata (fardiaz, 1992).

2.4.3.2 Pengaruh CO Terhadap Manusia

Telah lama diketahui bahwa kontak antara manusia dengan CO pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian. Tetapi ternyata kontak dengan CO pada konsentrasi yang relative rendah (100 ppm atau kurang) juga dapat mengganggu kesehatan.

Pengaruh beracun CO terhadap tubuh terutama disebabkan oleh reaksi antara CO dengan hemoglobin (Hb) di dalam darah. Hemoglobin did lam darah

secara normal berfungsi dalam system transport untuk membawa oksigen dalam bentuk oksihemoglobin (O_2Hb) dari paru-paru ke sel-sel tubuh, dan membawa CO_2 dalam bentuk CO_2Hb dari sel-sel tubuh ke paru-paru.

Faktor penting yang menentukan pengaruh CO terhadap tubuh manusia adalah konsentrasi COHb yang terdapat di dalam darah, di mana semakin tinggi persentase hemoglobin yang terikat dalam bentuk COHb, semakin parah pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Hubungan antara konsentrasi COHb di dalam darah dan pengaruhnya terhadap kesehatan dapat dilihat pada table 3.4 di bawah berikut ini :

Tabel 2.4 Pengaruh konsentrasi COHb di dalam darah terhadap kesehatan manusia

| Konsentrasi COHb dalam darah (%) | Pengaruhnya terhadap kesehatan |
|---|--|
| < 1.0 | Tidak ada pengaruh |
| 1.0 – 2.0 | Penampilan agak tidak normal |
| 2.0 – 5.0 | Pengaruhnya terhadap system syaraf sentral, reaksi panca indra tidak normal, benda terlihat agak kabur |
| ≥ 5.0 | Perubahan fungsi jantung dan pulmonary |
| 10.0 – 80.0 | Kepala pening, mual, berkunang-kunang, pingsan, kesukaran bernafas, kematian. |

* Stoker dan Seager (1972)

(Sumber, Fardiaz 1992)

2.5 Pemakaian Bahan Bakar

Dampak pencemaran lingkungan tidak semata-mata oleh karena kegiatan industri, tapi juga disebabkan oleh faktor-faktor penunjang kegiatan tersebut, seperti :

1. Faktor penyedia daya listrik
2. Faktor transportasi

kedua faktor tersebut adalah penyerapa terbesar pemakaian bahan bakar fosil, baik berupa batubara maupun minyak bumi.

Diperkirakan pada tahun-tahun mendatang angkutan darat akan mengkonsumsi lebih setengah dari total energi yang dikonsumsi sektor transportasi, sehingga bila tidak diantisipasi lebih dini maka tingkat polusi lokal maupun global tak akan terbendung dan bahkan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk memperbaiki kondisi lingkungan yang rusak.

Hal – hal yang menyebabkan tingginya konsumsi bahan bakar dari sektor transportasi adalah (Anonim,2003) :

1. Sistem pembakaran kendaraan bermotor yang tidak sempurna.
2. Perilaku pengemudi dalam menjalankan kendaraan bermotor.
3. Kemacetan lalu lintas.
4. Pemakaian kendaraan secara tidak efisien.

2.6 Bentonit

Lempung bentonit merupakan bahan alam yang mengandung paling banyak bahan anorganik, yang berisi kumpulan mineral-mineral dan bahan koloid. Lempung jenis ini memiliki kemampuan daya serap dan daya tukar ion yang besar. Kemampuan daya serap yang besar dari bentonit dapat dimanfaatkan untuk mengatasi senyawa-senyawa kimia berbahaya.

Dalam kehidupan sehari-hari lempung bentonit digunakan sebagai bahan pembuatan batubata, tembikar, bahan dasar keramik dan genteng yang nilai ekonomisnya rendah. Dalam teknologi material, lempung alam bentonit telah dikembangkan antara lain sebagai bahan pengisi dalam industri kertas, cat, dan karet, sebagai penukar ion, katalis, adsorben, dan semikonduktor, yang nilai ekonomisnya lebih tinggi. Bidang aplikasi lempung bentonit yang sangat luas menyebabkan lempung bentonit sering disebut dengan material multiguna.

Secara kimia, kandungan utama lempung bentonit adalah mineral monmorillonit yang merupakan mineral berstruktur lapis (*Layer*) yang memiliki sifat semikonduktor. Dengan struktur yang berlapis tersebut, bentonit dapat dimodifikasi sedemikian rupa sehingga memiliki sifat-sifat yang sesuai untuk penggunaannya sebagai katalis. Sifat fisika dan kimia tersebut meliputi basal spacing (d_{001}). Luas permukaan spesifik, porositas, sifat semi konduktor dan keasaman padatan. Aktivitas dari bentonit akan meningkat jika dilakukan pilarisasi dengan menggunakan logam-logam transisi Ti, Al, Fe, Zr, Cr. Pemanfaatan bentonit terpillar dapat digunakan sebagai katalis, adsorben dan semikonduktor.

Bentonit merupakan istilah perdagangan untuk jenis lempung bentonit (*Clay*) dengan kandungan monmorillonit lebih dari 85 %. Struktur kimia monmorillonit merupakan lapisan octahedral alumina sebagai pusat tertumpuk diantara lapisan tetrahedral silica.

Komposisi monmorillonit suatu bentonit berbeda-beda tergantung pada proses pembentukannya di alam dan asal daerah asal bentonit itu. Sifat-sifat umum dari bentonit antara lain : berwarna dasar putih dengan warna sedikit kecoklatan/kemerahan/kehijauan, tergantung pada jumlah jenis fragmen-fragmen mineralnya, memiliki sifat sangat lunak , ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, mudah menyerap air dan melakukan pertukaran ion (Wijaya, 2003).

Dalam struktur bentonit, terdapat kation-kation logam alkali dan alkali tanah yang bersifat menetralkan muatan dalam struktur alumina silica pada bentonit. Komposisi monmorillonit tergantung pada proses pembentukannya di alam dan lokasi asalnya. Berdasarkan komposisi kation dalam strukturnya, bentonit dibagi menjadi dua golongan yaitu :

1. Natrium Bentonit (Na – bentonit)

Natrium bentonit merupakan jenis bentonit dengan kandungan Na^+ Yang lebih banyak dibandingkan Ca^+ dan Mg^{2+} . Na – bentonit mempunyai sifat mudah mengembang bila terkena air sehingga menyebabkan dalam suspensinya akan menambah kekentalan bentonit. Karena sifat tersebut, bentonit jenis natrium banyak dipergunakan sebagai Lumpur pemboran.

Penyumbat kebocoran bendungan, bahan pencampur pembuat cat, perekat pasir cetak dalam industri pengecoran dan sebagainya.

2. Kalsium Bentonit (Ca – bentonit)

Kalsium bentonit memiliki kandungan kalsium dan magnesium lebih banyak dibandingkan dengan natrium. Bila terkena air, Ca bentonit akan mengalami pengendapan secara cepat dan tidak membentuk suspensi. Kalsium bentonit juga digunakan sebagai bahan pengecat warna dan sebagai bahan perekat pasir cetak.

Secara umum perbedaan fisik antara Na-bentonit dan Ca-bentonit dapat dilihat pada tabel 2.5 dan tabel 2.6

Tabel 2.5 Perbedaan keawetan antara Na-bentonit dan Ca- bentonit

| Keawetan | Na-bentonit | Ca-bentonit |
|--|-------------|-------------|
| Daya mengembang | Sangat baik | Tidak baik |
| Daya tahan terhadap penyusutan | Tinggi | Rendah |
| Kemantapan terhadap panas pada temperature cetak | Sangat baik | Tidak baik |
| Daya mengalirkan pasir | Sedang | Sangat baik |
| Sifat bentang | Sukar | Mudah |

Tabel 2.6 Perbedaan sifat fisik antara Na-bentonit dan Ca- bentonit

| Sifat fisik | Na-bentonit | Ca-bentonit |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| Daya kering | Tinggi | Rendah |
| Panas | Tinggi | Rendah |
| Kekuatan tekan | Tinggi | Sedang |
| Perkembangan daya ikat | Sedang | Cepat |
| Kekuatan dalam keadaan basah | Sedang | Sedang |

(Sumber : Fathurrahmi, 2003)

Bentonit merupakan istilah perdagangan untuk jenis lempung yang mengandung monmorilonit lebih dari 85%. Fragmen sisa umumnya merupakan campuran dari mineral kuarsa / kristobalit, kalsit, gypsum, kaolinit, dsb. Disamping itu bentonit merupakan mineral silikat yang mempunyai kelimpahan yang sangat besar, litosfer 95% yang terdiri 60% mineral feldsper, 17% mineral piroksen dan mineral amphibole, 12% kuarsa, 3 % kelompok mika, dan mineral pembentuk batuan yang lain sebesar 8% .

(Hartanto, 1993)

Tabel 2.7 Presentasi Unsur penyusun Mineral Silikat

| Unsur penyusun mineral silikat | % Berat |
|--------------------------------|---------|
| Oksigen (O) | 46,71 |
| Silisium (Si) | 27,69 |
| Alumunium (Al) | 8,07 |
| Besi (fe) | 5,05 |
| Kalsium (K) | 3,65 |
| Natrium (N) | 0,75 |
| Magnesium (Mg) | 0,08 |
| Titanium (Ti) | 0,62 |

Mason and More, 1981

Komposisi suatu bentonit berbeda-beda tergantung pada proses pembentukannya di alam asal daerah bentonit itu, sifat-sifat umum dari bentonit antara lain : berwarna dasar putih dengan sedikit kecoklatan atau kemerahan atau kehijauan, tergantung pada jumlah dan jenis fragmen-fragmen mineralnya, memiliki sifat fisik yang lunak, ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, mudah menyerap air dan melakukan pertukaran ion.

Pengelompokan mineral lempung silikat biasanya didasarkan pada kandungan mineral penyusun dari sifat-sifat fisika lempung tersebut, misalnya lempung yang memiliki kandungan monmorilonit tinggi (>75%) dan memiliki sifat plastisitas dan koloidal yang tinggi dikelompokkan dalam Smektit/bentonit.

Sebagai anggota kelompok smektit, monmorilpnit memiliki kombinasi sifat pertukaran ion, interkalasi dan kemampuan dapat mengembang. Kapasitasnya sebagai penukar ion adalah dasar dari sifat interkalasi dan kemampuan mengembangnya. Berdasarkan kemampuan mineral untuk berinteraksi dengan bermacam – macam kation dan molekul netral, maka hampir semua proses interkalasi mungkin dapat terjadi.

Sifat penting yang berhubungan dengan pemanfaatan bentonit adalah :

1. Komposisi dan jenis mineral yang dikandungnya
2. Komposisi kimia
3. Sifat teknologi
4. Sifat pertukaran ion

Bentonit juga mempunyai sifat-sifat tertentu dan juga mempunyai karakteristik yaitu:

1. PH sebesar 7,8 – 8,0
2. Dalam keadaan kering bewarna putih, putih kekuningan, putih keabuan, merah, dan coklat kehitaman.
3. Bekadar air antara 10 – 18 % berat
4. Berat jenis 2,0 – 2,5 gram/ml
5. Berbutir halus, bersifat plastispirous dan lunak
6. Bila menggenangi air akan mengembang sehingga membentuk seperti bubur, sedangkan pada musim kemarau akan berkerut dan pecah pecah.
7. Secara umum dikenal dua jenis bentonit yaitu Natrium bentonit (bentonit-Na) atau Swelling bentonit dan bentonit kalsium (bentonit-Ca) atau Non swelling bentonit.

Bentonit Na merupakan bentonit yang dapat menyerap air diantara struktur lapisnya, hal ini terjadi karena bentonit tersebut memiliki pori – pori yang bersifat mudah menyerap apa yang ada di dekatnya.

Bentonit Na di gunakan sebagai lumpur pelumas penyebaran minyak bumi, pencampur dalam industri .

Sedangkan bentonit Ca merupakan bentonit yang secara alami mengandung ion Ca pada struktur lapisnya. Sifat bentonit Ca tidak mengembang apabila direndam dalam air. Bentonit Ca mempunyai daya serap tinggi karena mempunyai luas permukaan yang besar dan bentonit ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan pemucat.

Terjadinya bentonit ada 4 macam :

1. Terjadi karena pengaruh pelapukan
2. Terjadi karena hidrotermal
3. Terjadi karena devitrifikasi dan
4. Terjadi karena pengendapan kimia dalam suasana basa (alkali) dan sangat silika.

Pilarisasi bentonit adalah penyisipan atom-atom atau molekul-molekul kedalam antar lapis struktur clay tanpa merusak struktur lapisan tersebut atau disebut sebagai interkalasi. Agen pemilar harus merupakan senyawa-senyawa yang bersifat kokoh (*robust*) sehingga mencegah keruntuhan antar lapis jika terjadi dehidrasi serta menghasilkan pilar dengan jarak teratur satu dengan lainnya. Dengan interkalasi, luas permukaan dan kristalinitas lempung bentonit akan meningkat. Interkalasi pada struktur clay atau bentonit akan ditandai dengan naiknya basal spacing pada pengukuran difraksi sinar X (XRD).

Berdasarkan perubahan strukturnya setelah pilarisasi, lempung bentonit terpillar memiliki potensial sebagai assorben, katalis dan penyaring molekular (*molecular*). Pilariansi lempung bentonit dengan oksida logam dengan sifat semikonduktor akan menaikkan potensinya sebagai semikonduktor. Sifat semikonduktor ini dapat diamati

melalui pengukuran energi *band gap* dengan *Ultra Violet Diffuse Reflectant Spectrophotometry* (UV-DRS).

Dalam kajian pilarisasi oksida logam pada struktur lempung bentonit, telah dilakukan berbagai modifikasi metode. Pilarisasi dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti misalnya preparasi lempung bentonit terpillar menggunakan polimer atau oligomer hidroksi logam (*polioksikation*) yang dapat dihasilkan dari Al, Fe, Zr, dilanjutkan dengan interkalasi pada clay dengan teknik sol gel.

2.7 Konsep Pilarisasi

Pilarisasi merupakan interkalasi agen pemilar ke dalam struktur material berlapis. Interkalasi merupakan suatu proses penyisipan atom-atom atau molekul-molekul secara searah (*reversible*) ke dalam antar lapis material berlapis dengan tidak merusak struktur lapisan tersebut (Ogawa, 1992). Atom-atom atau molekul-molekul yang akan disisipkan biasa disebut dengan interkalat (*intercalate*). Sedangkan lapisan yang merupakan tempat interkalat yang akan masuk disebut interkalan (*intercalan*). Dengan masuknya interkalat ke dalam interkalan maka susunan yang dimiliki interkalan mengalami perubahan. Perubahan tersebut terjadi karena disebabkan lapisan terdekat terhalangi oleh interkalat karena memiliki ukuran molekul asalnya.

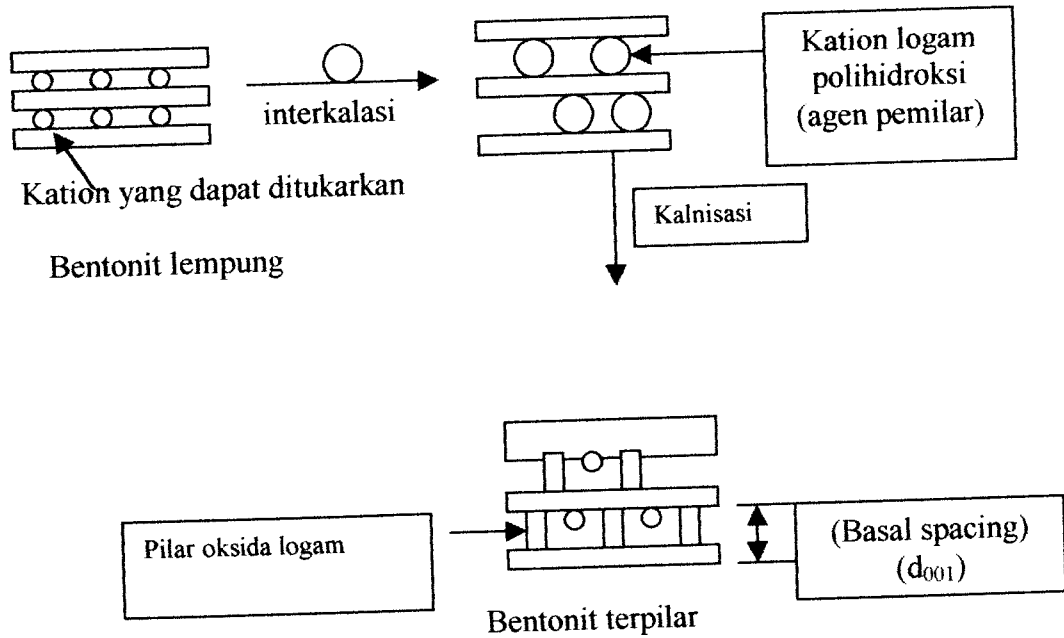
Interkalasi terjadi Karena interkalat yang masuk berupa kation menggantikan kation-kation yang ada pada antar lapis silikat lempung. Kation tersebut pada umumnya tidak kuat terikat sehingga sangat mudah digeser atau ditukarkan oleh kation-kation interkalat. Kation logam polihidroksi yang masuk ke dalam antar lapis silikat lempung

selanjutnya dikalsinasi untuk membentuk pilar-pilar oksida logam yang stabil. (Baksh dkk, 1992, Yang, 1992, Mokaya dan Jones, 1995).

Pilar-pilar oksida logam yang terbentuk berfungsi sebagai pengikat antar lapis silikat lempung sehingga struktur yang dimiliki lempung menjadi lebih kuat dan relative lebih kuat terhadap perlakuan panas dibandingkan dengan lempung tanpa terpillar yang dapat mengalami kerusakan struktur di atas temperature 200°C. Pemilaran antar lapis silikat lempung bentonit dengan titanium dioksida (TiO_2) pada dasarnya merupakan interkalasi agen pemilar senyawa kompleks Ti (kation Ti-polihidroksi) ke dalam antar lapis silikat lempung melalui mekanisme pertukaran kation antara kation Ti-polihidroksi dengan kation-kation Na^+ , K^+ , dan Ca^+ yang ada pada lempung bentonit.

(Sumerta, 2002)

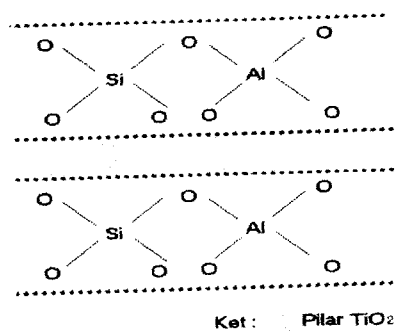
Berikut ini akan digambarkan proses pembentukan lempung bentonit terpillar seperti ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema Pembentukan pilar Bentonit (Leonard, 1995, Sumerta, 2002)

Terbentuknya pilar atau tiang oleh molekul TiO_2 menjadikan antar lapis silikat akan terekspansi atau terhalangi aoleh adanya molekul tersebut karena molekul yang terbentuk memiliki ukuran relative besar dari molekul asalnya

Pemilaran antar lapis silikat lempung TiO_2 ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Pemilaran antar lapis silikat lempung TiO_2

Padatan berlapis terpillar adalah senyawa-senyawa terinterkalasi yang mencakup dua kriteria penting, yaitu :

1. spesies ruang antar lapis harus kokoh untuk mencegah keruntuhan ruang antar lapis pada saat dehidrasi.
2. pilar-pilar berdampingan dengan jarak tertentu untuk memungkinkan molekul-molekul tersebut memasuki antar pilar, setidaknya sama dengan nitrogen. (Wijaya, 2003)

2.8 Fotokatalis

Fotokatalis adalah zat yang mempercepat reaksi dengan bantuan cahaya, reaksi fotokatalis dikembangkan dengan fenomena fotokatalis pada makhluk hidup yaitu proses fotosintesis. Reaksi fotokatalis dikembangkan dalam kimia berkaitan dengan beberapa reaksi yang dapat dipacu dengan reaksi oksida-reduksi salah satunya adalah reaksi fotodegradasi.

Mekanisme fotokatalitik menggunakan TiO_2 dikemukakan oleh Hoffman. dkk (1995) meliputi penyerapan energi foton $h\nu$ yang mengakibatkan elektron pada pita valensi tereksitasi ke pita konduksi dengan meninggalkan lubang ($hole/h^+$) pada pita valensi. Selanjutnya, elektron akan bereaksi dengan oksidator, biasanya oksigen (reaksi reduksi), dan h^+ akan bereaksi dengan reduktor/substrat (reaksi oksidasi). Reaksi oksidasi substrat yang lebih efektif dapat terjadi akibat terbentuknya hidrogen peroksida (suatu oksidator), yaitu hasil dari reaksi antara molekul air dengan oksigen tereduksi.

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa disperse logam semikonduktor pada padatan pengemban menghasilkan kinerja yang lebih baik, diantaranya dilaporkan Canizares dkk (1999). Hasil penelitian Fujishiro dkk (1999) menunjukkan bahwa dispersi Fe_2O_3 pada lempung bentonit menghasilkan peningkatan sifat semikonduktor. Dispersi meliputi pilarisasi oksida logam pada struktur lempung bentonit sehingga dihasilkan luas permukaan katalis yang besar dan efektifitas efek semikonduktor yang meningkat. Berdasarkan data-data penelitian tersebut besar dispersi TiO_2 melalui pilarisasi bentonit alam memiliki sifat fotokatalis yang cukup besar pada degradasi limbah tekstil.

Fotokatalis disini adalah katalisator yang membutuhkan cahaya yang berbentuk energi, energi yang terdapat didalam knalpot kendaraan adalah panas. Panas yang ditimbulkan knalpot akan lebih baik dibandingkan sinar. Sehingga sifat katalis lebih baik memakai panas dari foto (sinar).

2.9 Titanium Dioksida (TiO_2)

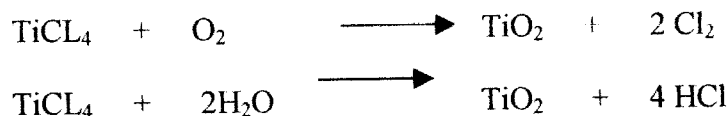
Oksida TiO_2 merupakan padatan berwarna putih, tidak larut dalam $\text{HCl} < \text{HNO}_3$ dan aquaregia tetapi dapat larut dalam asam sulfat pekat membentuk titanium sulfat $\text{Ti}(\text{SO}_4)$. Titanium (Ti) adalah unsure logam transisi, dapat membentuk ion titanium (III), Ti^{3+} dan titanium (IV) Ti^{4+} . Titanium (III) yang dicirikan dengan warna lembayung, sedangkan titanium (IV) tidak bewarna. Ion titanium (III) dalam air bersifat kurang stabil dan mudah mengalami oksidasi menjadi titanium (IV). Ion titanium (IV) berada hanya pada larutan yang bersifat asam ($\text{pH} < 2,5$), dapat terhidrolisis mula-mula

membentuk ion titanil (TiO^{2+}) selanjutnya membentuk keseimbangan dengan $\text{Ti}(\text{OH})_2^{2-}$ dan Ti^{4+} . Bila keasaman diturunkan ($\text{pH} > 2,5$) maka dapat membentuk endapan $\text{Ti}(\text{OH})_4$ dan $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Cotton dkk, 1999).

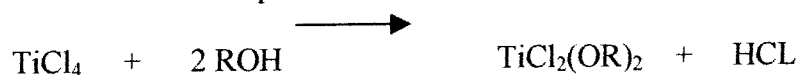
Titanium Dioksida (TiO_2) merupakan bagian yang cocok untuk digunakan karena tidak bersifat racun, selalu stabil dan bekerja pada suhu ruangan serta murah dan banyak kegunaannya.

Titanium mempunyai struktur elektron (Ar) $3d^2 4s^2$ energi untuk mengeluarkan 4 elektron terlalu besar sehingga ion Ti^{4+} terbentuk dan senyawa Titanium (IV) adalah kovalen. Di alam terdapat 3 bentuk kristal titanium oksida yaitu, *rutile*, *anastase*, *brookite*.

Titanium dapat dibuat melalui oksida TiCl_4 dalam fase uap dengan oksigen atau dengan menghidrolisis TiCl_4 . Cairan ini tidak berwarna dan tidak berbau menusuk, berasap kuat dalam udara basah mempunyai titik didih 136°C .



TiCl_4 yang bereaksi dengan senyawa yang mengandung hidrogen aktif, seperti metanol akan melepas HCL.



Melalui pelarut HCL 0,1 N akan terbentuk senyawa TiOCl_2 . Dengan penambahan NH_3 dan H_2O akan terbentuk senyawa Titanium oksida hidrat ($\text{TiO}(\text{OH})_2$).



Dalam suasana basa, Titanium oksida hidrat dapat digunakan sebagai adsorben dan penukar ion. (Supriyantomo, 1996).

Tabel 2.8 Sifat fisik dan mekanik TiO₂ yang khas

| Sifat Fisik | Keterangan |
|------------------------------|----------------------------|
| Densitas | 4 gcm ⁻³ |
| Porositas | 0 % |
| Modulus rekah | 140 MPa |
| Kekuatan kemampatan | 680 MPa |
| Ratio poisson's | 0,27 |
| Modulus elastisitas | 230 GPa |
| Resistivitas (25°C) | 10 ¹² ohm cm |
| Resistivitas (700°C) | 2,5x10 ⁴ ohm cm |
| Konstanta dielektrik (1 MHz) | 85 |
| Kekuatan dielektrik | 4 kV mm ⁻¹ |
| Ekspansi thermal (RT-1000°C) | 9x10 ⁻⁶ |
| Konduktivitas thermal (25°C) | 11,7 WmK ⁻¹ |
| Titik lebur | 1830-1850 °C |
| Titik didih | 3000 °C |

Sumber : Anonim, 2004

2.10 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu akibat dari medan gaya permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas atau cair (adsorbat). (Gregg dan Sing, 1967). Sedangkan menurut Bear (1958), adsorpsi adalah suatu perubahan konsentrasi komponen antara batas lapisan dan bagian dalam dari fasa yang berdekatan. Fasa yang mengadsorpsi disebut adsorben, dan fasa yang teradsorpsi disebut adsorbat. Terjadinya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang akan mengakibatkan terjadinya proses adsorpsi. Peristiwa ini cenderung menarik molekul-molekul yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas maupun fasa larutan ke dalam permukaan padatan. Sebagai efeknya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dibanding dalam fasa gas atau zat yang terlarut.

Secara umum adsorpsi dapat dibagi menjadi 2 jenis antara lain :

1. Adsorpsi fisik

Adsorpsi yang melibatkan gaya antar molekul lemah, seperti gaya Van der Waals atau ikatan-ikatan hydrogen. Proses ini sepenuhnya bersifat reversible, sehingga memungkinkan terjadinya desorpsi pada temperatur yang sama. Ikatan antara molekul-molekul yang teradsorpsi lemah pada permukaan adsorben dan panas adsorpsinya rendah. Entalpi pada adsorpsi fisika tidak cukup untuk memutuskan ikatan, energi adsorpsinya kecil yaitu kurang dari 20,92 kJ/mol (Adamson, 1990).

2. Adsorpsi kimia

Adsorpsi yang terjadi apabila terdapat ikatan kimia antar molekul zat yang teradsorpsi dengan molekul adsorben. Pada peristiwa ini terjadi ikatan kovalen sebagai hasil electron yang disumbangkan secara bersama-sama oleh adsorben dan adsorbat. Energi adsorpsinya besar yaitu lebih besar dari 20,92 kJ/mol (Adamson,1990). Oscik (1982) menyatakan bahwa energi adsorpsi kimia berkisar antara 80-650 kJ/mol, sedangkan menurut Lynan dkk (1995) energi adsorpsi kimia berkisar antara 42-420 kJ/mol.

Jumlah molekul pendatang yang dapat teradsorp oleh bentonit tergantung pada beberapa factor sebagai berikut :

1. Ukuran dan bentuk saluran masuk kapiler dan kristal bentonit
2. Ukuran dan bentuk molekul pendatang
3. Jumlah, lokasi dan ukuran kation yang dapat dipertukarkan
4. Ada tidaknya penghambat saluran kapiler dalam kristal bentonit
5. Ada tidaknya kerusakan kristal pada saluran di dalam pori-pori bentonit
6. Ada tidaknya molekul pendatang lain yang tertahan pada saluran pori

(Fatimah, 1997)

2.10.1 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

1. Karakteristik, fisik dan kimia zat penyerap termasuk di dalamnya adalah luas permukaan, ukuran pori dan komposisi kimia.

2. Karakteristik fisik dan kimia zat terserap yang meliputi komposisi kimia, ukuran molekul, polaritas molekul, PH dan temperatur.
3. Konsentrasi zat terserap, semakin tinggi konsentrasi kontaminan semakin mudah untuk diserap karena semakin banyak molekul zat terserap.
4. Kecepatan aliran dan waktu kontak, semakin kecil kecepatan aliran larutan dengan kandungan zat terserap maka waktu tinggal semakin lama sehingga semakin tinggi tingkat efisiensinya.
5. Diameter dan tinggi kolom, semakin kecil dan tinggi diameter kolom semakin besar tingkat efisiensinya.

2.10.2 Adsorpsi Gas Oleh Zat Padat

Adsorben padat yang baik ialah yang porositasnya tinggi seperti Pt hitam, arang, dan silika gel, permukaan zat ini sangat luas hingga adsorpsi terjadi pada banyak tempat. Namun demikian adsorpsi dapat terjadi pada permukaan yang halus seperti gelas atau platina.

Adsorpsi gas oleh zat padat ditandai oleh kenyataan-kenyataan sebagai berikut :

1. Adsorpsi bersifat selektif : artinya suatu adsorben dapat menyerap suatu gas dalam jumlah banyak, tetapi tidak menyerap gas-gas tertentu.
2. Adsorpsi terjadi sangat cepat, hanya kecepatan adsorpsinya makin berkurang dengan makin banyaknya gas yang diserap.

3. Jumlah gas yang diserap tergantung pada temperatur, makin jauh jarak temperatur penyerapan dari temperatur kritis makin sedikit jumlah gas yang diserap.
4. Adsorpsi tergantung dari luas permukaan adsorben, makin porous adsorben makin besar daya adsorbsinya.
5. Adsorpsi tergantung jenis adsorben dan pembuatan adsorben arang dari sesuatu bahan yang dapat dibuat dengan berbagai cara mempunyai daya serap berbeda pula.
6. Jumlah gas yang diabsorpsi persatuan berat adsorben tergantung tekanan parsial (*partial pressure*) gas, makin besar tekanan makin banyak gas diserap. Namun demikian bila penyerapan, telah jenuh tekanan tidak berpengaruh.
7. Adsorpsi merupakan proses yang dapat berbalik (*reversible*). Bila tidak terjadi reaksi kimia. Penambahan tekanan menyebabkan penambahan adsorpsi dan pengurangan tekanan menyebabkan pelepasan gas yang diserap.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian lapangan (field experiment), yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap emisi sisa gas NO_x dan CO kendaraan bermotor roda empat dengan bentonit terpolarisasi TiO₂ yang digunakan.

3.2 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah emisi sisa gas NO_x dan CO dari kendaraan bermotor roda empat.

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian bertempat di BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) dan Laboratorium Lingkungan UII kampus terpadu sebagai tempat analisa sampel yang beralamatkan di Jogjakarta.

3.4 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

Komposisi TiO₂ dalam bentonit divariasikan 15%, 20%, 25%, temperature palarisasi 100°C, 200°C dan 300 °C dan panjang media 5 cm, 10 cm, 15 cm.

2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah gas NO_x dan CO.

3.5 Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan

- a. TiO₂
- b. Bentonit
- c. Perekat semen
- d. Aquadest

2. Alat :

- a. Alat cetak bentuk kotak dengan ukuran 1cm
- b. Timbangan
- c. Oven
- d. Cawan porselen
- e. Beaker glass
- f. Stirrer / alat pengaduk
- g. Mikroskop

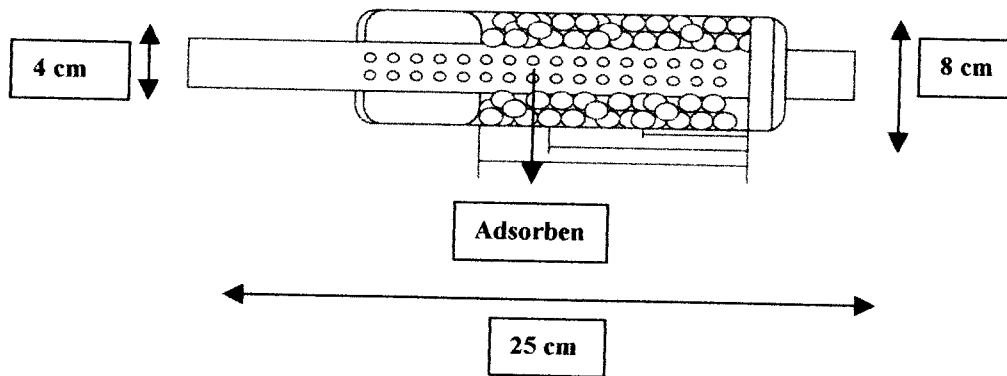
- h. Kantong plastik
- i. Stiker kosong dan alat tulis
- j. Tisu dan lap
- k. sarung tangan
- l. Mobil
- m. Pengukur emisi gas buang
- n. Homoganizer
- o. Tabung Impinger
- p. Reaktor untuk menempatkan adsorben
- q. Kamera
- r. Ice box

3.6 Langkah Penelitian

3.6.1 Tahapan Persiapan

3.6.1.1 Rancangan Reaktor

Membuat reaktor untuk menempatkan media penyerap. Reaktor (knalpot) didesain dengan ukuran yang sama dengan diameter knalpot kendaraan bermotor yang diuji. Reaktor tersebut dimodifikasi dengan cara diberi baut pada bagian ujung sehingga adsorben dapat dengan mudah dipasang maupun dilepas. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Gambar Reaktor Media Penyerap

Data spesifikasi alat sebagai berikut :

- Panjang tabung luar dan dalam 25 cm
- Diameter tabung luar 8 cm
- Diameter tabung dalam 4 cm

3.6.1.2 Uji Perekat

Membuat media adsorben berbentuk bulat dengan proses pilarisasi antara bentonit dengan TiO_2 . Masing-masing dengan temperatur yang berbeda (100°C , 200°C dan 300°C) dan konsentrasi TiO_2 yang berbeda (15%, 20%, 25%)

Sebagai langkah awal pembuatan media penyerap dilakukan percobaan dengan menguji beberapa komposisi bahan yang terdiri dari : bentonit, TiO_2 dan perekat. Dari hasil percobaan didapatkan komposisi campuran bentonit- TiO_2 yang baik dengan menggunakan semen sebagai perekat. semen yang digunakan hanya 1% (V/B) dari berat media. Kemudian komposisi campuran yang terbaik inilah yang digunakan dalam penelitian. (Hasil pengujian

komposisi bahan dapat dilihat pada halaman lampiran). Langkah-langkah pembuatan media penyerap sebagai berikut :

- Membuat campuran homogen Bentonit dan TiO_2 dengan komposisi 15 %. Ditimbang bentonit sebanyak 84 gram dan TiO_2 sebanyak 15 gram, kemudian diaduk dengan alat Homoganizer selama ± 3 jam.
- Membuat bahan perekat dari beberapa bahan yaitu antara lain : Kanji, Gula, Aquadest, Semen, Gelatin, dan Tarpitch.
- Membuat perekat dari kanji : Ditimbang Bentonit sebanyak 49,5 gram dan kanji sebanyak 0,5 gram. Terlebih dahulu kanji dipanaskan sampai larut. Kemudian dicampur dan ditambahkan aquadest sebanyak ± 90 cc diaduk hingga rata kemudian dicetak dengan cetakan.
- Dilakukan cara yang sama terhadap perekat gula dan aquadest.
- Kemudian didiamkan semalaman biar kering dan bisa dibentuk bulat.
- Perekat dari kanji, gula dan aquadest setelah dicetak dimasukkan kedalam oven dengan suhu 100° dengan waktu ± 7 jam.
- Dibuat lagi campuran perekat dari semen dan gelatin, dengan komposisi yang sama. Bentonit 49,5 gram dan gelatin 0,5 gram, gelatin dipanaskan dulu biar larut, kemudian dicampur ditambahkan aquadest sebanyak ± 90 cc. Dilakukan hal yang sama terhadap semen, tapi semen tidak dipanaskan. Kemudian dicetak dan dimasukkan di oven dengan suhu 100°C selama ± 4 jam.
- Dibuat campuran bentonit 49,5 gram dan Tarpitch 0,5 gram dicampur, diaduk kemudian dicetak tunggu semalaman agar bisa dibentuk.

- Kemudian dibuat lagi campuran bentonit sebanyak 84 gram dan TiO_2 sebanyak 15 gram dicampur dan diaduk dengan alat pengaduk Homogizer ± 3 jam.
- Campuran bentonit dan TiO_2 sebanyak 99 gram dibagi menjadi 2 sebanyak 49,5 gram.
- Campuran 1 ditambahkan dengan perekat kanji sebanyak 0,5 gram, kanji dipanaskan terlebih dahulu biar larut dan aquadest ± 99 cc, diaduk kemudian dicetak.
- Campuran 2 tidak ditambahkan perekat hanya ditambahkan aquadest ± 99 cc diaduk dan dicetak.
- Campuran 1 dan 2 ditunggu hingga dapat dibentuk bulat-bulat, biarkan kering ± 2 hari hingga bisa dibentuk.
- Larutan Campuran 1 dan Campuran 2 perekat kanji dan aquadest dimasukkan kedalam oven dalam suhu 100°C dengan waktu ± 3 jam.
- Kemudian dibuat kembali campuran bentonit dan TiO_2 , dengan perekat semen dan gelatin kemudian dicetak tunggu hingga dapat dibentuk bulat-bulat.
- Membuat campuran bentonit 84 gram dengan TiO_2 15 gram kemudian diaduk dengan alat pengaduk Homogizer selama ± 3 jam.
- Ternyata perekat semen yang dicampur dengan bentonit dan TiO_2 keringnya sangat lama dari pada gelatin dikarenakan terlalu banyak Aquadest.
- Kemudian perekat semen dan gelatin dimasukkan kedalam oven pada suhu 100°C , perekat gelatin yang dimasukkan kedalam oven telah kering selama waktu ± 3 jam.
- Dibuat lagi campuran I, yaitu perekat antara bentonit, TiO_2 dan gula, dan campuran II, yaitu perekat antara bentonit, TiO_2 dan Tarpitch. masing-masing campuran

sebanyak 50 gram. Kedua campuran ini dicetak kemudian dibentuk pada saat sudah dapat dibentuk, campuran perekat gula sangat cepat sekali dibentuk karena sudah kering selama waktu $\pm 2,5$ jam kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 100°C .

- Dibuat campuran perekat Tarpitch dengan bentonit sebanyak 50 gram kemudian dicetak dan ditunggu hingga dapat dibentuk bulat-bulat sehari semalam.

Catatan : Didalam penelitian ini perekat yang digunakan adalah perekat semen, karena diantara perekat yang lain semen yang paling kuat merekatnya.

- Mencampur bentonit dan TiO_2 hingga homogen selama 3 jam menggunakan homogenizer.
- Memasukkan larutan semen dalam campuran bentonit- TiO_2 hingga homogen.
- Menyiapkan alat cetak bentuk kotak, lapisan bagian dalam diolesi dengan minyak paraffin.
- Memasukkan bahan kedalam alat cetak bentuk kotak dengan ukuran 1 cm.
- Mengeluarkan media dari alat cetak, kemudian bentuk bulat dan di keringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 3 jam.
- Dikeluarkan media tersebut dari oven dan media siap dipergunakan dalam pelaksanaan percobaan.

Catt :. Dari pembuatan media penyerap diketahui kapasitas media didalam reaktor yaitu sebagai berikut :

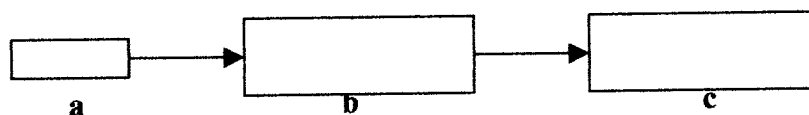
- a. Untuk variasi panjang media (hanya menggunakan bentonit dan kanji tanpa TiO_2) :
 - Pada panjang media 5 cm dibutuhkan 100 gr media (bentonit 99 gr dan semen 1 gr).
 - Pada panjang media 10 cm dibutuhkan 200 gr media (bentonit 198 gr dan semen 2 gr)
 - Pada panjang media 15 cm dibutuhkan 300 gr media (bentonit 297 gr dan semen 3 gr)
- b. Untuk variasi konsentrasi TiO_2 pada panjang media 15 cm (menggunakan bentonit, TiO_2 , dan semen) :
 - Konsentrasi TiO_2 15 % dibutuhkan 300 gr media (bentonit 252 gr, TiO_2 45 gr, dan semen 3 gr)
 - Konsentrasi TiO_2 20 % dibutuhkan 300 gr media (bentonit 237gr, TiO_2 60 gr, dan semen 3 gr)
 - Konsentrasi TiO_2 25 % dibutuhkan 300 gr media (bentonit 222 gr, TiO_2 75 gr, dan semen 3 gr)

3.7 Analisa Data Kuantitatif

Analisa data kuantitatif adalah menyangkut tentang jumlah dari perencanaan uji kuat /tekan dengan beberapa contoh perekat seperti kanji, gula, semen, tarpitch dan gelatin. Termasuk perencanaan, pembuatan dan pencetakan media hingga pemanasan pada jumlah media tertentu dan jumlah sampel yang akan diuji termasuk perulangan sebanyak 3 kali.

3.7.1 Tahap Pelaksanaan Percobaan

3.7.1.1 Parameter Nitrogen Oksida (NOx)



Gambar 3.2 Tahapan pengambilan Sampel

Keterangan gambar :

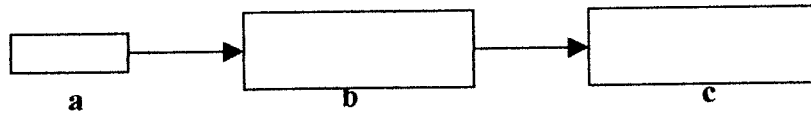
- a. Knalpot mobil
- b. Reaktor
- c. Alat ukur kualitas udara (Tabung Impinger)

1. Pengambilan sampel awal

- a) Kendaraan (mobil) dipanaskan selama ± 3 menit untuk mengkondisikan ruang bakar mesin.
- b) Dinyalakan alat pengukur kualitas udara

- c) Untuk setiap pengambilan sampel kendaraan (mobil) dioperasikan selama 5 menit pada putaran mesin stasioner.
 - d) Gas buang disalurkan dengan selang terhubung dari knalpot mobil ke tabung impinger.
 - e) Diambil tabung impinger yang telah terisi gas buang kendaraan bermotor.
 - f) Tabung impinger ditutup rapat dan dimasukkan dalam ice box.
 - g) Kendaraan didinginkan selama ± 5 menit.
 - h) Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.
 - i) Sampel dianalisa laboratorium.
2. Pengambilan sampel dengan impregnasi
- a) Disiapkan reaktor dengan jarak media penyerap bentonit terpillarisasi TiO_2 (5cm, 10cm, 15cm) dengan komposisi 15%, 20% dan 25%.
 - b) Reaktor dengan impregnasi dipasang secara bergantian pada knalpot mobil dengan perulangan 3 kali.
 - c) Pengambilan sampel dengan impregnasi sama dilakukan seperti tahap pada pengambilan sampel awal.

3.7.1.2 Parameter CO



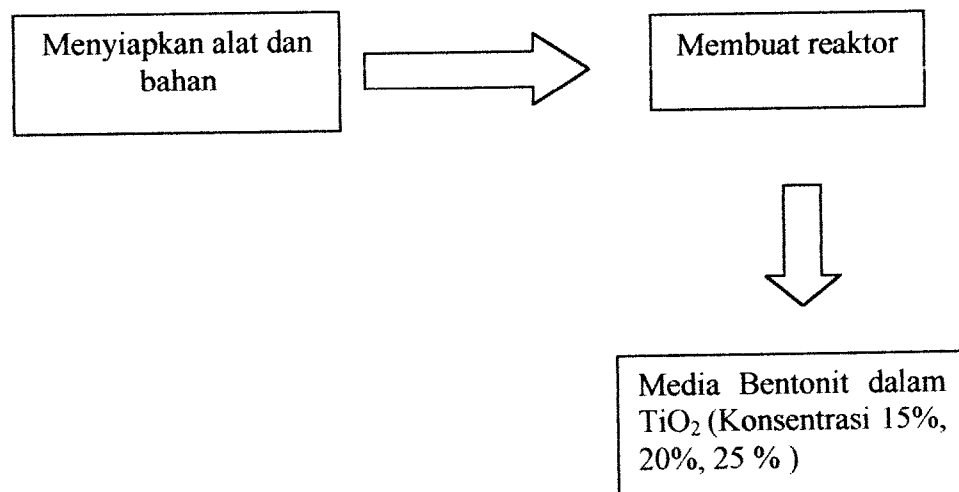
Gambar 3.3 Tahapan Pengambilan Sampel

Keterangan gambar :

- d. Knalpot mobil
- e. Reaktor
- f. Alat ukur kualitas udara (NDIR Analyzer)

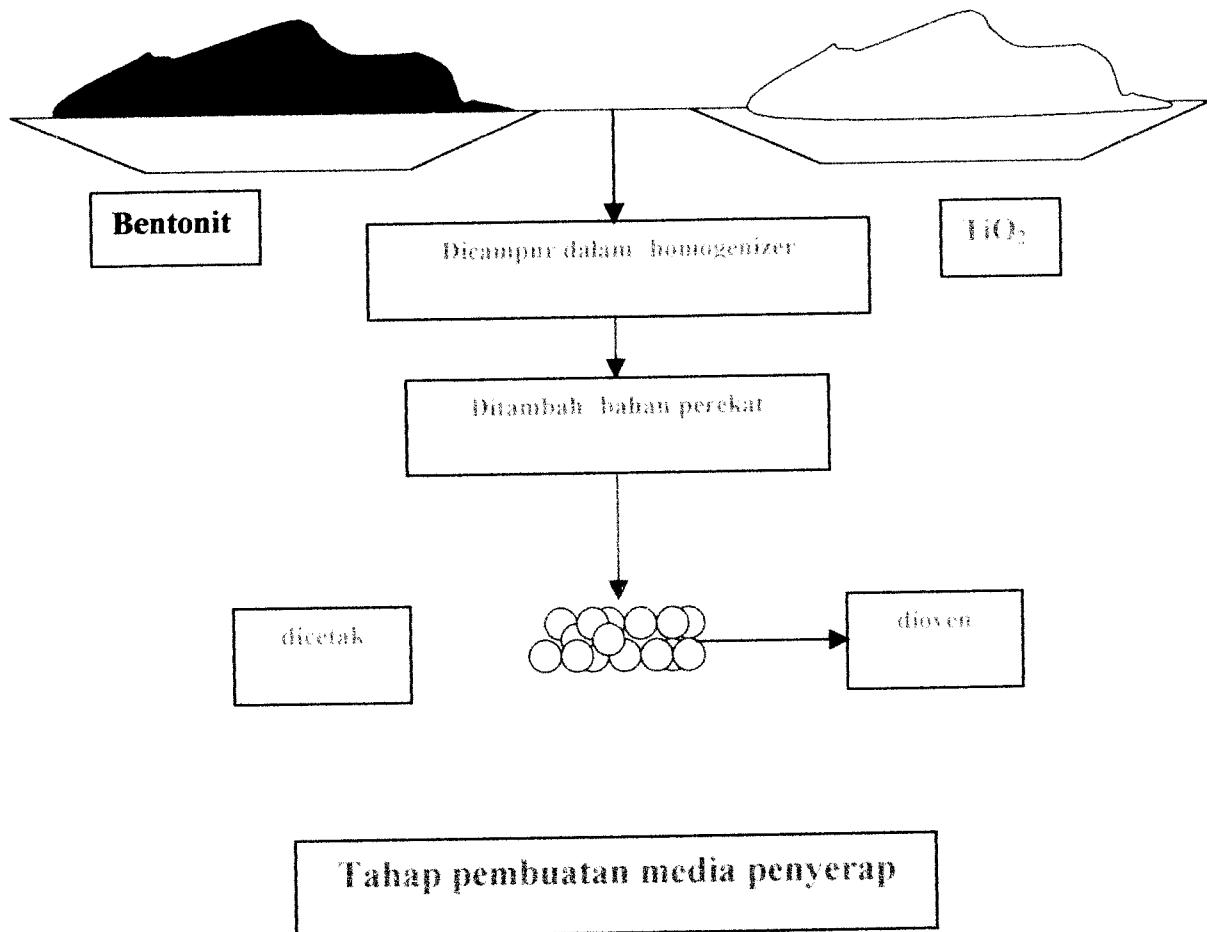
3.8 Diagram Alir Penelitian

3.8.1 Diagram alir Tahap Persiapan



Gambar 3.4 Diagram Alir Tahap Persiapan

3.8.2 Tahapan pembuatan media penyerap



Gambar 3.5 Pembuatan Media Penyerap

3.9 Tahap Pelaksanaan Analisa

3.9.1 Nitrogen Oksida (NOx)

3.9.1.1 Parameter Nox Dalam Gas Buang

Penelitian Parameter NOx ini dilakukan dengan proses pengaliran gas buang kendaraan bermotor dari knalpot langsung dengan menggunakan alat ukur kualitas udara, gas tersebut akan teroksidasi dengan reagent yang digunakan hingga menunjukkan indikasi warna merah mudah dan ditampung dalam tabung impinger untuk dianalisa di laboratorium. Tabung impinger tersebut kemudian dianalisa di laboratorium dengan tahap sebagai berikut :

1. Pembuatan kurva kalibrasi

Alat dan bahan :

- a. Labu takar 25 ml 8 buah
- b. Pipet ukur
- c. Karet hisap
- d. Spectrofotometer
- e. Aquadest
- f. Larutan baku sulfit
- g. Larutan penyerap (TCM)
- h. Asam sulfanit 0,06 %
- i. Formaldehide
- j. Larutan sediaan pararosanilin (PRA)
- k. Wadah roll filbekas

2. Pereaksi

a. Larutan penyerap NO_x

5 gram asam sulfanilat anhidrat atau 5,52 gram asam sulfanilat monohidrat dilarutkan ke dalam aquadest 150 ml yang mengandung 140 ml asam asetat glacial. Tambahkan 20 ml larutan NEDA 0,1 % (N - (- 1-Naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride), selanjutnya diencerkan menjadi 1 lt dengan aquadest.

b. Larutan sediaan 0,1 % NEDA

larutkan 0,1 gram NEDA dalam 100 ml Aquadest.

c. Larutan pengoksidasi KmnO₄

2,5 gr KmnO₄ dimasukkan kedalam 100 ml larutan (59 ml H₃PO₄ dan 1 ml aquadest + H₂SO₄)

d. Larutan standar nitrit NaNO₂

2,03 gram NaNO₂ dilarutkan dengan aquadest menjadi 1 liter.

e. Pereaksi larutan sisipan nitrit

10 ml larutan standar nitrit diencerkan menjadi 100 ml dengan aquadest.

3. Cara pembuatan kurva kalibrasi

- a. Menyiapkan labu takar 25 ml sebanyak 8 buah. Masukkan larutan siapan nitrit ke masing-masing labu takar dengan volume secara bertingkat di mulai dari 0.

- b. Dimampatkan dengan larutan penyerap sampai tanda batas.
- c. Diamkan selama 15 menit.
- d. Mengukur serapan (sebagai Y)
- e. Membuat regresi linier

Persamaan Regresi Linier $Y = a + bx$

Y = absorbansi

X = konsentrasi NOx

$$a = \frac{(\sum x^2) \cdot (\sum y) - (\sum x) \cdot (\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots 3.1$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots 3.2$$

4. Pengambilan contoh udara

- a. 10 ml penyerap dimasukkan kedalam tabung impinger sebanyak 2 buah (I dan III).
- b. Pada tabung II diisi dengan larutan pengoksidasi (KMnO_4 4 N) sebanyak 10 ml.
- c. Tabung impinger dipasang pada peralatan pengukur kualitas udara sesuai dengan tabung impingernya, pastikan tidak ada kebocoran.
- d. Hubungkan selang penghubung antara pipa dengan tabung impingernya, pastikan tidak ada kebocoran.

- e. Masukkan rangkaian kedalam kotak pompa penghisap dan hubungkan selang dengan knalpot.
- f. Pompa penghisap dihidupkan dan dibiarkan selama 5 menit.
- g. Setelah selesai pompa dimatikan, ambil tabung impinger, tutup dengan penutup yang tersedia roll film (*halic*), kemudian analisa di laboratorium.

5. Tahapan analisa NOx

- a. Spectrofotometer yang telah dipanaskan selama 15 menit.
- b. Memilih panjang gelombang 550 nm.
- c. Memindahkan larutan contoh ke tabung kuvet.
- d. Memasukkan kuvet ke kompartemen.
- e. Skala ini sebagai absorben (Y).

Perhitungan :

$$V_{\text{udara}} = C.t \left[\frac{P}{760} \times \frac{298}{(T + 273)} \right] \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana :

V_{udara} = volume udara, lt/mnt

C = kecepatan aliran udara, menit

P = tekanan udara, mm Hg

760 = tekanan udara standar, mm Hg

T = temperatur udara, °C

273 = konversi dari °C menjadi °K

298 = suhu udara baku

6. Kadar NOx impinger

$Y = a + bx$ X = kadar NOx dari impinger $\mu\text{gr/ml}$

Y = Serapan contoh udara

7. Kadar NOx udara

$$K = \frac{(X \cdot \text{impinger})}{V_{\text{udara}}} \times 1000 \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana :

K = kadar NOx udara, $\mu\text{g/ml}$

X = kadar NOx impinger, $\mu\text{g/ml}$

V_{impinger} = volume penyerap dari impinger, ml

V_{udara} = volume udara, lt

1000 = faktor konversi dari lt ke m^3

$1 \mu\text{g/m}^3 \text{ NOx}$ = $0,53 \cdot 10^{-3} \text{ ppm}$.

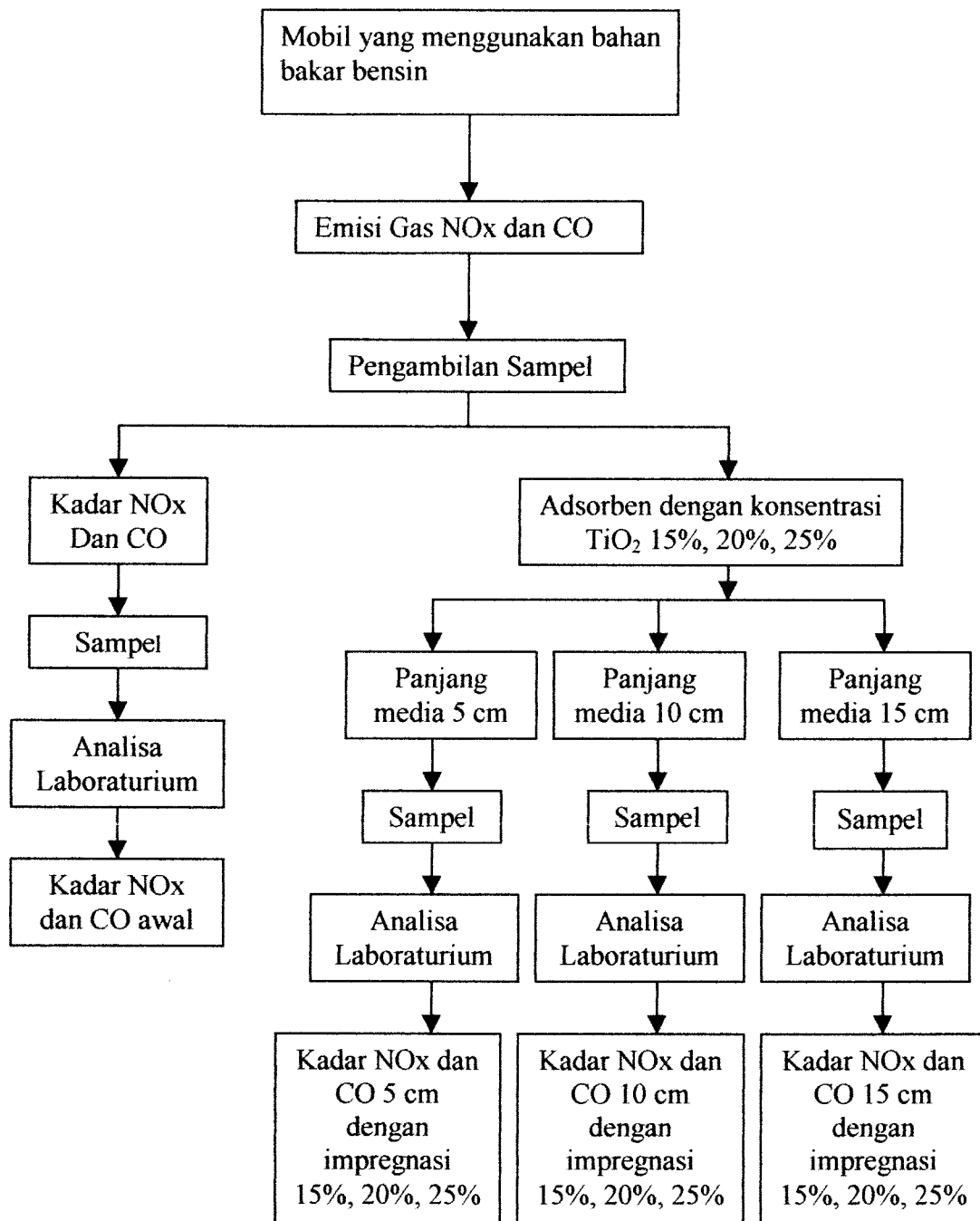
3.9.2 Karbon Monoksida (CO)

3.9.2.1 Metoda Analisa

Dalam melakukan metoda analisa untuk karbon monoksida yaitu dengan cara Non dispersive infra red (NDIR) dengan alat CO Analyzer “ autochek gas and smoke”. Prinsip dari metoda ini adalah penyerapan molekul gas CO oleh sinar infrared. Keuntungan dari metoda ini adalah otomatis, dapat dipakai secara kontinue, tidak terlalu peka pada perubahan kecepatan aliran udara, tidak membutuhkan bahan kimia basah dan cepat responnya.

Cara kerja metoda NDIR didasarkan pada absorbansi dari radiasi infra merah oleh CO. energi dari suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi diteruskan langsung melalui sel acuan dan selsampel. Sinar tersebut kemudian dilewatkan ke dalam sel-sel yang berlawanan, yang masing-masing mengandung suatu detektor yang selektif dari CO. Gas CO dalam sel akan menyerap radiasi infrared hanya pada frekwensi tertentu, demikian juga detektor, yang kemudian menggeser diafragma. Pergeseran ini dideteksi secara elektronik, dan dibesarkan untuk dapat dibaca pada suatu signal.

3.10 Diagram Alir Pelaksanaan Percobaan



Gambar 3.6 Diagram Alir Pelaksanaan percobaan

3.11 Analisa Data

- a. menghitung penyerapan parameter NO_x dan CO pada masing-masing variabel.
- b. Membandingkan dari hasil variabel sehingga didapat komposisi yang terbaik.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan, yang dimulai dari proses pembentukan adsorben, pencetakan, hingga penggunaannya dalam mereduksi kandungan zat pencemar yang dalam hal ini khusus pencemar NO_x dan CO maka dapat diketahui bahwa konsentrasi gas buang (emisi) dari kendaraan bermotor merupakan sesuatu yang fluktuatif, beragam dan tidak dapat dideteksi. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor yang berperan besar dalam pembentukan parameter gas buang (NO_x dan CO) diantaranya kandungan bahan bakar yang digunakan, dan suhu pembakaran (T pada mesin).

Dari hasil uji perekat yang telah dilakukan antara lain menggunakan bahan Kanji, gula, semen, tarpitch, Aquadest dan semen, didapatkan hasil perekat yang baik untuk penelitian ini kami menggunakan Semen karena dari uji tekan yang telah dilakukan semen mempunyai sifat yang sangat baik, keras dan homogen.

Penelitian yang dilakukan pada kendaraan bermotor roda empat jenis Toyota kijang tahun 1998 untuk mengetahui ada tidaknya penurunan kadar emisi gas buang pada parameter karbon monoksida dan nitrogen oksida, dengan menggunakan adsorben media bentonit terpoliarisasi TiO₂.

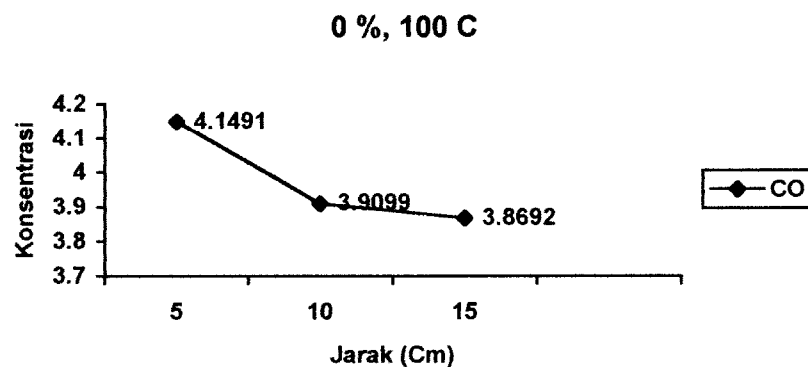
Dari hasil penelitian didapatkan hasil data karbon monoksida dan nitrogen oksida sebagai berikut :

4.1.1 Analisa Karbon monoksida (CO)

Dari hasil penelitian pada karbon monoksida didapatkan hasil sebagai berikut :

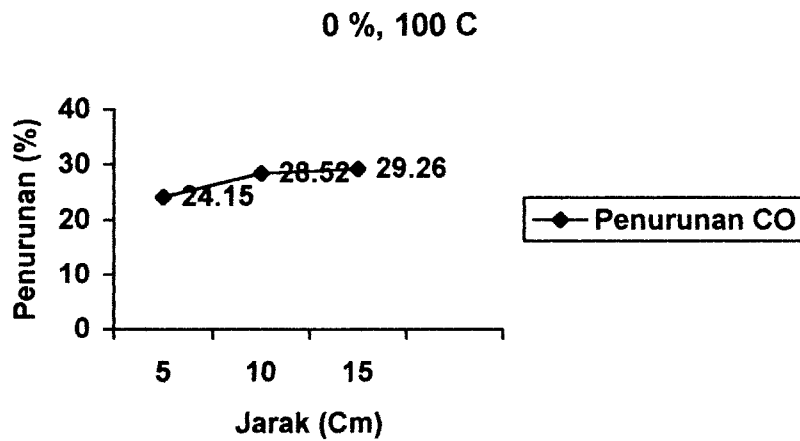
Tabel 4.1 Kadar CO dengan media bentonit TiO₂ 0%, 100C %

| No | Keterangan CO (%) | Jarak Media (cm) | | |
|----|-------------------------------|------------------|-------|-------|
| | | 5 | 10 | 15 |
| 1 | Kontrol Awal | 5.47 | 5.47 | 5.47 |
| 2 | 0 % TiO ₂ , 100 •C | 4.149 | 3.909 | 3.869 |



Grafik 4.1 Konsentrasi CO dengan jarak media 5,10,dan 15 (Cm)

Berdasarkan Pada grafik diatas dapat dilihat dari ketiga panjang media yang digunakan yaitu 5, 10,15 cm, yang menghasilkan kadar konsentrasi CO paling tinggi yaitu pada panjang media 5 cm dengan kadar CO 4.1491 %, sedangkan konsentrasi paling rendah yaitu pada panjang media 15 cm dengan kadar CO 3.869. Ini membuktikan semakin panjang jarak suatu media semakin baik juga penyerapan gasnya.



Grafik 4.2 Persen penurunan CO 0 % 100 •C dan jarak 5, 10, 15 (cm)

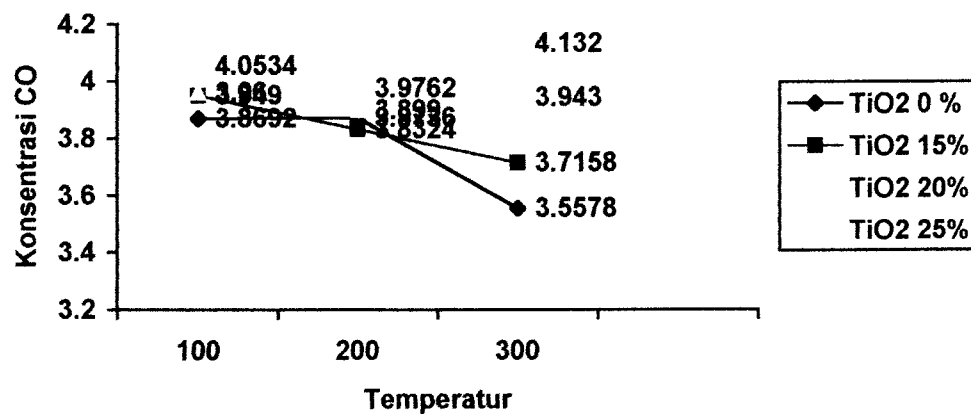
Pada grafik 4.2 dapat dilihat prosen penurunan kadar CO dengan media 0% mengalami kenaikan yaitu pada jarak 15 cm dengan prosen penurunan 29,26 %. Ini membuktikan pada jarak 15 cm terjadi penurunan konsentrasi CO sangat tinggi. Dan ini merupakan hasil yang baik untuk penurunan kadar CO dengan jarak 15 cm dengan variasi temperatur yang berbeda yaitu 100 •C, 200 •C, 300 •C.

Tabel 4.2 Hasil analisa karbon monoksida

| No | % TiO ₂ | Suhu (°C) | Konsentrasi CO |
|----|--------------------|-------------|----------------|
| 1 | 0 % | 100 | 3.869 |
| | | 200 | 3.874 |
| | | 300 | 3.558 |
| 2 | 15 % | 100 | 3.949 |
| | | 200 | 3.832 |
| | | 300 | 3.715 |
| 3 | 20% | 100 | 3.96 |
| | | 200 | 3.899 |
| | | 300 | 4.132 |
| 4 | 25 % | 100 | 4.053 |
| | | 200 | 3.976 |
| | | 300 | 3.943 |

Sumber : Data Primer, 2005

Dari data diatas dapat diturunkan kedalam bentuk grafik untuk mengetahui besaran penurunan konsentrasi karbon monoksida terhadap suhu pengaktifan adsorben pada grafik dibawah ini :



Grafik 4.3 Grafik Konsentrasi Karbon monoksida

Pada grafik 4.3 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan konsentrasi CO yang signifikan, diantara variasi konsentrasi TiO₂ yang digunakan didapatkan hasil yang terbaik yaitu pada konsentrasi TiO₂ 15 % dan pada suhu pengaktifan 300 °C.

Pada grafik dapat terlihat bahwa pada TiO₂ 0 % , 15 %, dan 25 % kadar konsentrasi karbon monoksidanya mengalami penurunan ini membuktikan bahwa terjadinya penyerapan adsorben yang baik terhadap pilarisasi. Sedangkan kenaikan pada konsentrasi TiO₂ 20 % semakin tinggi suhu pengaktifan konsentrasinya semakin naik, ini disebabkan oleh kerapuhan media bentonit yang terpillar karena proses pemanasan adsorben dan konsentrasi pilar yang terdapat dalam bentonit. Kenaikan konsentrasi karbon monoksida ini terjadi pada suhu 300 °C dengan kadar konsentrasi 4.1321 %.

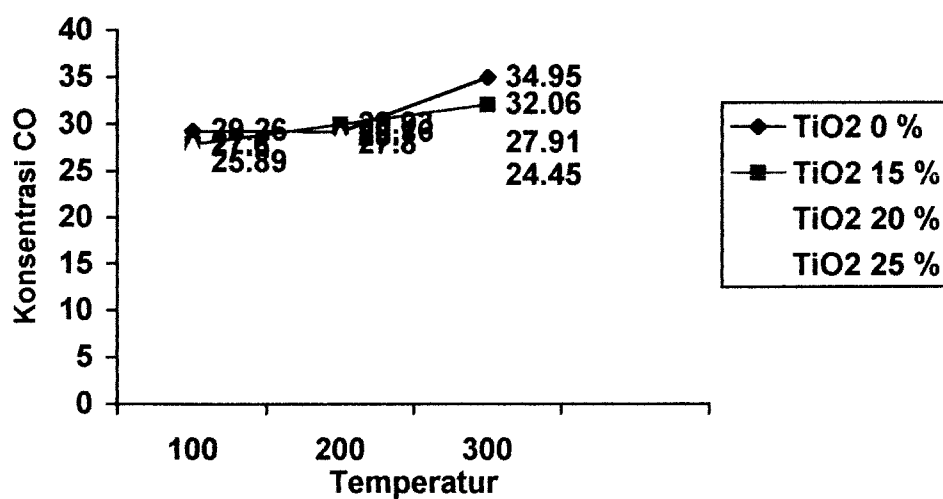
Dari semua data yang didapatkan dan dilihat pada grafik didapatkan nilai removal terbaik pada adsorben bentonit terpillarisasi TiO₂ 15 % dan terjadi pada suhu pengaktifan 300 °C sebesar 32,06 %.

Nilai efisiensi removal penurunan konsentrasi karbon monoksida dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Efisiensi penurunan gas buang karbon monoksida

| No | % TiO ₂ | Suhu (°C) | Persen Penurunan |
|----|--------------------|-------------|------------------|
| 1 | 0 % | 100 | 29.26 |
| | | 200 | 29.18 |
| | | 300 | 34.95 |
| 2 | 15 % | 100 | 27.8 |
| | | 200 | 29.93 |
| | | 300 | 32.06 |
| 3 | 20% | 100 | 27.6 |
| | | 200 | 28.7 |
| | | 300 | 24.45 |
| 4 | 25 % | 100 | 25.89 |
| | | 200 | 27.8 |
| | | 300 | 27.91 |

Sumber: Data Primer, 2005



Grafik 4.4 Prosen penurunan kadar CO

Berdasarkan dari tabel efisiensi penurunan gas buang CO diketahui bahwa bentonit murni dan bentonit terpillar dapat menurunkan kandungan karbon monoksida

dalam emisi gas buang. Dari hasil yang didapatkan bahwa nilai removal yang terbesar ada pada adsorben bentonit terpillarisasi TiO_2 15% dan terjadi pada suhu pengaktifan 300°C sebesar 32,06 %. Hal ini menunjukkan semakin banyaknya pilar atau rongga pada media bentonit, semakin besar daya serap yang terjadi dan suhu pengaktifan adsorben bentonit dari ketiga variasi suhu tersebut ternyata untuk menurunkan kadar CO yang baik adalah pada suhu 300°C . Kenaikan konsentrasi CO 20 % pada suhu 300°C kadar COnya semakin besar yaitu 4.1321%. ini disebabkan oleh kerapuhan media bentonit yang terpillar karena proses pemanasan adsorben dan konsentrasi pilar yang terdapat dalam bentonit. Karena pada suhu 200°C kekuatan struktur yang terdapat pada adsorben belumlah sempurna sehingga menyebabkan kerapuhan media adsorben.

4.1.2 Analisa Nitrogen Dioksida

Dari hasil penelitian di dapatkan konsentrasi nitrogen oksida sebagai berikut :

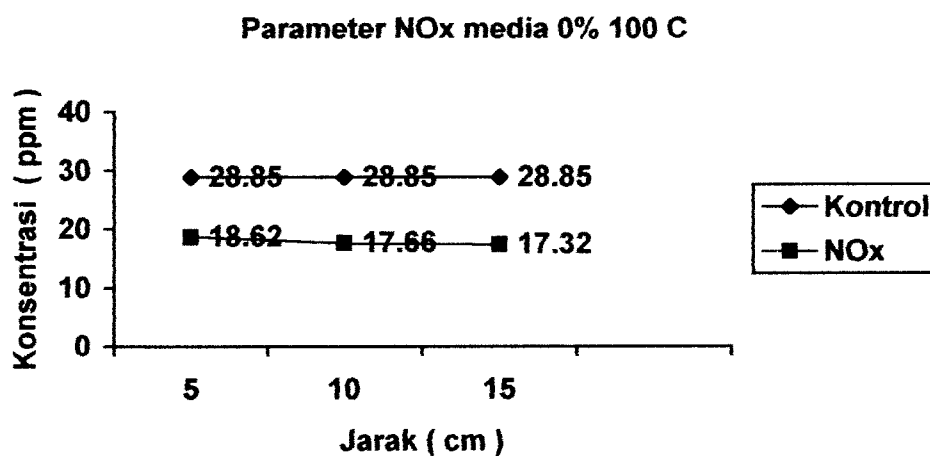
Tabel 4.4 Hasil analisis parameter NO_x variasi panjang media

| No | Jarak (cm) | Keterangan | Sampel NO_x (ppm) | | | Rata-rata | Persen penurunan |
|----|-----------------|--------------------|------------------------------|-------|-------|-----------|---------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 0 | Kontrol | 28.85 | 28.85 | 28.85 | 28.85 | - |
| 2 | 5 | 0 % TiO_2 | 26.93 | 17.67 | 11.26 | 11.62 | 35.47 |
| 3 | 10 | 0 % TiO_2 | 19.66 | 14.09 | 19.25 | 17.66 | 38.77 |
| 4 | 15 | 0 % TiO_2 | 17.54 | 17.14 | 17.29 | 17.32 | 39.97 |

Sumber : Data primer, 2005

Tal

Dari data diatas dapat dilihat dalam bentuk grafik untuk mengetahui besaran penurunan konsentrasi nitrogen oksida



terj

olei

tera

oks

mer

lapa

kon

ken.

Sepa

peng

mak

udar

Grafik 4.5 penyerapan konsentrasi NOx media 0 %

Pada grafik 4.11 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar NOx pada jarak 15 (cm), ini membuktikan terjadi penyerapan terhadap kadar NOx dengan baik. Pada jarak 5 cm konsentrasi NOx 18.62 (ppm) sedangkan pada jarak 15 cm konsentrasi NOx 17.32 (ppm).

meningkatkan suhu pembakaran yang memicu produksi NO_x lebih banyak. Hal ini yang terjadi pada adsorben variasi 15%, 20% dan 25%. NO_x yang terbentuk berasal dari senyawa nitrogen yang terkandung dalam bahan bakar dan berasal dari gas N₂ yang terdapat dalam udara kemudian terdisosiasi pada temperatur tinggi akibat pembakaran. Faktor lain yang berperan dalam terbentuknya oksida-oksida nitrogen dalam penyamplangan ini adalah kondisi dari pengoksidan (KMnO₄) yang kemungkinan telah jenuh pada saat pengambilan sampel.

Tabel 4.6 Hasil analisis parameter NO_x suhu 200 °C

| No | Keterangan | Sampel NO _x (ppm) | | | Rata-rata | Persen penurunan |
|----|-----------------------|--------------------------------|-------|-------|-----------|------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | Kontrol | 28.85 | 28.85 | 28.85 | 28.85 | - |
| 2 | 0 % TiO ₂ | 19.55 | 13.30 | 21.57 | 18.14 | 37.12 |
| 3 | 15 % TiO ₂ | 26.64 | 10.78 | 36.06 | 24.48 | 15.15 |
| 4 | 20 % TiO ₂ | 5.29 | 12.15 | 8.76 | 8.73 | 69.74 |
| 5 | 25 % TiO ₂ | 26.50 | 21.15 | 29.92 | 23.52 | 18.47 |

(Sumber, Data Primer, 2005)

Pada suhu pemanasan adsorben 200 °C dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 15 % menjadi 24.48 % dan pada konsentersasi 20 % turun menjadi 8.73 % diharapkan bahwa pilarisasi yang terbentuk dalam keadaan optimal dimana pilar-pilar tersebut dapat membentuk struktur lapisan yang kuat dan tahan terhadap perlakuan panas sehingga meningkatkan efektifitas adsorbsi. Terlihat pada grafik bahwa efisiensi

penyerapan pada konsentrasi 15% terjadi kenaikan konsentrasi dan diturunkan kembali pada konsentrasi 20%.

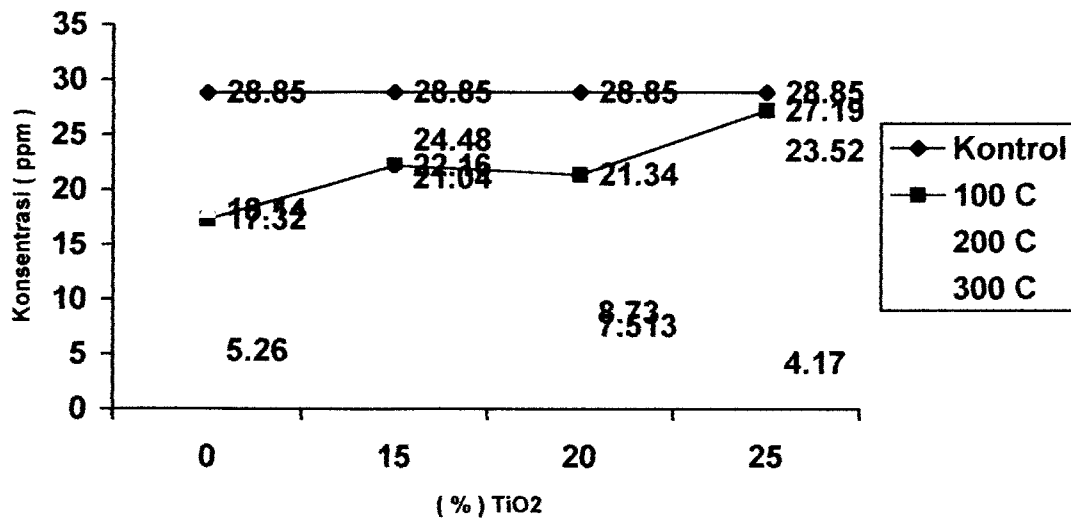
Tabel 4.7 Hasil analisis parameter NOx suhu 300 °C

| No | Keterangan | Sampel NOx (ppm) | | | Rata-rata | Persen penurunan |
|----|-----------------------|--------------------|-------|-------|-----------|------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | Kontrol | 28.85 | 28.85 | 28.85 | 28.85 | - |
| 2 | 0 % TiO ₂ | 5.35 | 4.91 | 5.35 | 5.26 | 81.76 |
| 3 | 15 % TiO ₂ | 14.64 | 20.68 | 27.79 | 21.04 | 27.07 |
| 4 | 20 % TiO ₂ | 8.75 | 2.16 | 11.63 | 7.513 | 73.96 |
| 5 | 25 % TiO ₂ | 5.53 | 3.94 | 3.05 | 4.17 | 85.55 |

(Sumber, Data Primer, 2005)

Pada suhu pemanasan adsorben 300 °C dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 15 % menjadi 21.04 % dan pada konsentersasi 20 % turun menjadi 7.513 % dan pada konsentrasi 25 % diturunkan lagi menjadi 4.17 %. Pada variasi TiO₂ 25 % lebih mampu menyerap dengan lebih baik.

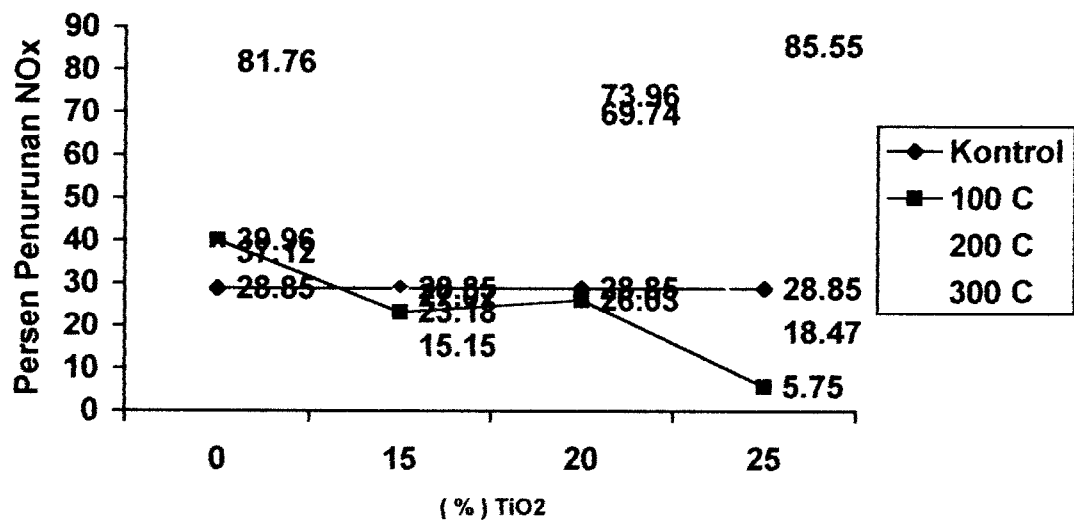
Dari semua data –data tabel diatas dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Grafik 4.6 Penyerapan konsentrasi NO_x

Sedangkan untuk hasil data analisa kandungan Nitrogen oksida dalam emisi gas buangan kendaraan bermotor didapatkan hasil yang terbaik pada adsorben bentonit terpoliarisasi TiO₂ 25 % dan terjadi pada suhu pengaktifan 300 °C yaitu sebesar 4.17 ppm dengan removal efisiensi 85.55 % . hal ini menunjukkan semakin semakin banyaknya pilar atau rongga pada media bentonit, maka semakin besar juga daya serap yang terjadi.

Persen penurunan dari data Nitrogen oksida dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



Grafik 4.7 Persen Penurunan Penyerapan konsentrasi NOx

Dari semua data yang dihasilkan dari penelitian penurunan kadar nitrogen oksida dan karbon monoksida terbukti bahwa bentonit terpillarisasi TiO₂ dapat menurunkan kadar emisi gas buang tersebut.

Dari tabel efisiensi penurunan gas buang CO diketahui bahwa bentonit murni dan bentonit terpillar dapat menurunkan kandungan karbon monoksida dalam emisi gas buang. Ini dikarenakan ruang hampa kristal bentonit terisi oleh molekul bebas yang

berada disekitar kation, bila kristal bentonit dipanaskan maka air tersebut akan keluar sehingga bentonit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

Bentonit sebagai pilarisasi merupakan penyisipan atom-atom atau molekul-molekul kedalam antar lapis struktur clay tanpa merusak struktur lapisan. Berdasarkan perubahan strukturnya, lempung bentonit terpillar memiliki potensial sebagai adsorben.

Pilar-pilar oksida logam yang terbentuk berfungsi sebagai pengikat antar lapis silikat lempung sehingga struktur yang dimiliki lempung menjadi lebih kuat dan relatif lebih kuat terhadap perlakuan panas dibandingkan dengan lempung tanpa terpillar yang dapat mengalami kerusakan.

Terjadinya penurunan konsentrasi karbon monoksida dan nitrogen oksida dalam emisi gas buang disebabkan oleh tertangkapnya gas buang tersebut oleh media adsorben bentonit dalam hal ini O. Penangkapan karbon monoksida dan nitrogen oksida karena adanya ikatan Van der Waals ini disebabkan karbon monoksida dan nitrogen oksida yang bermuatan positif terikat oleh O yang bermuatan negatif.

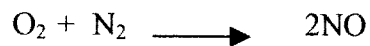
Berdasarkan hasil penelitian terdapat perbedaan penurunan konsentrasi antara CO dan NOx, pada konsentrasi CO persen penurunan yang lebih baik didapatkan pada TiO₂ 15% dan suhu 300 °C yaitu 32,06% ini disebabkan penyerapan CO tidak mengalami perubahan yang signifikan pada perubahan persentasi TiO₂, sedangkan pada konsentrasi NOx persen penurunan yang paling tinggi pada TiO₂ 25% pada suhu 300 °C yaitu 85,55% ini disebabkan NOx akan mengalami penyerapan yang lebih banyak pada kondisi 25% suhu 300 °C. Perbedaan ini disebabkan karena NOx dari bentuk strukturnya yang lebih sederhana akan mengalami peningkatan penyerapan seiring

kenaikan TiO_2 . Jari-jari atom NO_x lebih besar dari pada CO yaitu NO_x 1,5 Å sedangkan CO 1,35 Å . Sehingga NO_x dapat menyerap lebih baik dari CO.

struktur molekul Nitrogen Oksida



Nitrogen Monoksida (NO) merupakan pencemar udara. Terbentuk pada pembakaran bahan bakar seperti batu bara, dan minyak bumi dengan udara (mengandung O_2 dan N_2) . Saat pembakaran, oksigen bereaksi dengan bahan bakar menghasilkan energi dan sebagian bereaksi dengan nitrogen.



Di atmosfer NO akan merusak lapisan ozon (pelindung bumi dari UV). Bahkan ada beberapa tumbuhan yang tidak tumbuh dengan baik karena keberadaan NO_2 . Bagi hewan dan manusia NO_2 merusak sistem pernapasan, mempengaruhi daya tahan tubuh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pembahasan diketahui bahwa adsorben bentonit terpillarisasi oleh TiO_2 lebih mampu menurunkan konsentrasi karbon monoksida dan nitrogen oksida dalam gas buang kendaraan bermotor roda empat.
2. Dalam variasi temperatur 100 °C, 200 °C, 300 °C. suhu pengaktifan atau pemanasan media adsorben bentonit terpillarisasi TiO_2 efektif pada suhu 300 °C.
3. Bahan perekat yang paling baik dari uji coba yang telah dilakukan di laboratorium adalah bahan perekat semen.
4. Pada analisa parameter karbon monoksida didapatkan hasil yang terbaik pada 15 % dengan suhu 300 °C, dengan konsentrasi 3.7158 % dan persen penurunannya 32,06 %.sedangkan pada parameter Nitrogen Oksida hasil yang terbaik pada 25 % dengan suhu 300 °C, dengan konsentrasi 4,17 ppm dan persen penurunan 85,55 %.
5. Berdasarkan data analisa menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi TiO_2 tidak menjamin akan terjadinya adsorbsi yang baik. Dapat dikatakan pilar dalam konsentrasi tinggi semakin tidak stabil dalam pembentukan struktur pilarisasi.

5.2 Saran

1. Adanya bentuk lain dalam pembuatan dan pencetakan media adsorben.
2. Adanya peneliti lain yang dapat melanjutkan percobaan ini, dengan menggunakan variasi jarak media yang lebih besar.
3. Adanya lagi penelitian tentang keefektifan antara adsorben terpillar dengan adsorben tidak terpillar.
4. Pemilihan alternatif perekat baru agar menemukan struktur yang lebih kuat dalam pembentukan pilar-pilar pada adsorben.
5. Bagi peneliti lain untuk melanjutkan percobaan ini dengan menggunakan bahan lain yang terpillar oleh TiO_2 .
6. Hendaknya pemerintah lebih memperhatikan masalah polusi udara khususnya sumber pencemar emisi kendaraan bermotor, seperti kota-kota besar layaknya yogyakarta yang cukup tinggi polusi udaranya melalui pendekatan-pendekatan teknologi baru seperti metode adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1991, *Jalan dan Transportasi, Himpunan Jalan Indonesia (HPJI)*, Jakarta.
- Anonim, 1997, *Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, Kantor Menteri Lingkungan Hidup, Jakarta.*
- Anonim, 2003, *Keputusan Gubernur Daerah Istimewah Yogyakarta tentang Baku Mutu Emisi Sumber Kendaraan Bermotor di Propinsi Daerah Istimewah Yogyakarta.*
- Basuki, Kris Tri, 1992, *Diktat Kuliah Pengelolaan Kualitas Lingkungan, STTL., Yogyakarta.*
- Babcock, I.R.Jr. 1970. *A combined Pollution Index for Measurement of Total Air Pollution. J. Air Pol. Contr. Assoc.* 20: 653-659.
- Baksh, M.S., Kikkidea, E.D, dan Yang, R. T, 1992, *Characterization by Physisorption of a New class of Microporous Adsorbent s. Pillared Clays, Ind. Eng. Chem Res., 31, 2181-2189.*
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C>A dan Bochmann, M., 1999, *Advanced Inorganik Chemistry, 6th ed., John Willey & Sons Inc., Kanada.*
- Fardiaz, Srikandi., 1992. *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fathurrahmi, 2003, *Karakterisasi, Aktivasi dan Pemanfaatan Bentonit Sebagai Adsorben Cu (II)*, Skripsi Jurusan Kimia FMIPA UII. Yogyakarta.

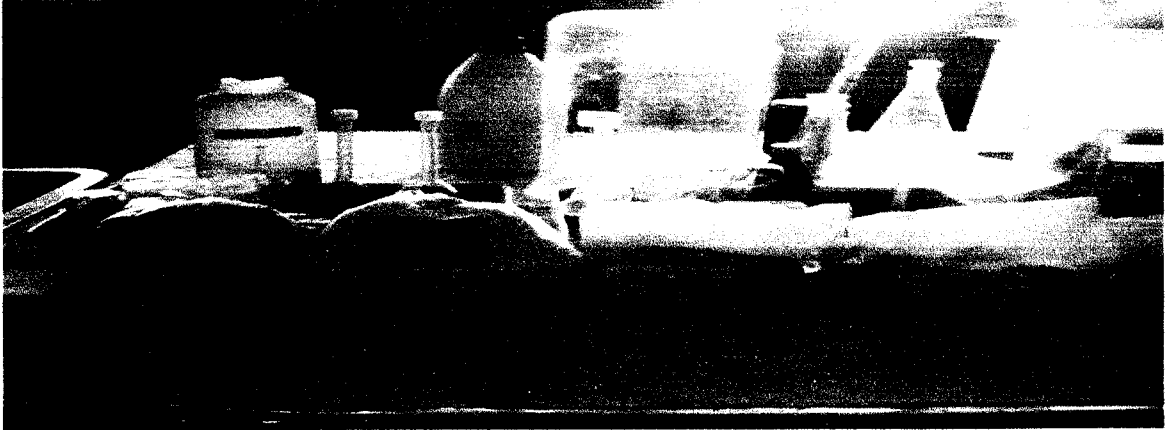
- Fatimah Is, 1997, Ringkasan *Skripsi Aktivasi Zeolit alam Asal Cipatujah Sebagai Adsorben Dalam Pengelolaan Limbah Cair Industri Pattoka*, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Jogjakarta.
- Hoffmann, M.R., Martin, S., T., Choi, W. Dan Bahnemann, D.W., 1995, *Environmental Application of Semikonduktor Photocatalysis*, *Chem. Rev.*, 95, 69-96.
- Supriyantomo, 1996. *Penggunaan Zeolit Lempung yang diimpregnasi $TiCl_4$ Sebagai Katalis Reaksi Oksidasi Asam Maleat dengan Oksigen Peroksida*. Skripsi Jurusan FMIPA UNILA, Bandar Lampung.
- Stoker, H.S. dan Seager S.L. 1972. *Environmental Chemistry : Air and Water Pollution*. Scott, Foresman and Co., London.
- Moestakahadi, 1999, *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara* ITB, Bandung.
- Wardhana, Wisnu A ., 1994, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Wijaya, K., 2003, *Lempung Terpillar (Pillared Clay) Sebagai Material Multi guna*, Eksata, 1,2, 1-10.
- Litch, W., 1998, *Air Pollution Control Engineering*, Marcell Dekker Inc, Newyork.



LAMPIRAN



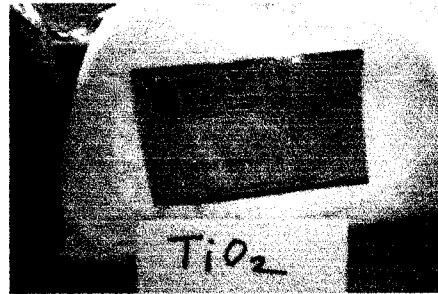
Bahan – Bahan Penelitian



Gambar a. Bahan – Bahan Pembuatan Media



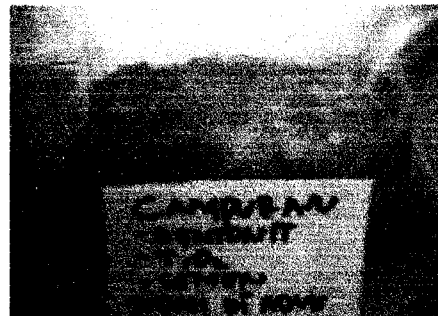
Gambar b. Bentonit



Gambar c. TiO₂



Gambar d. Semen



Gambar e. Bahan yang sudah dicampur

Adsorben Bentonit Terpilar TiO₂



a. Media sebelum di panaskan



b. Media setelah di panaskan



c. Media sebelum melewati gas buang

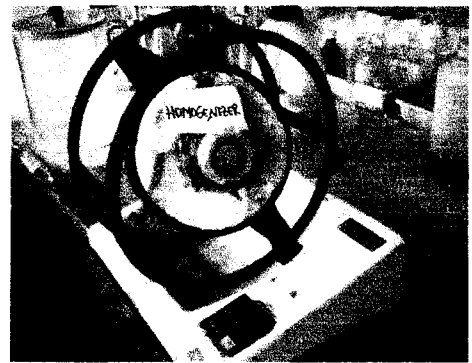


d. Media setelah melewati gas buang

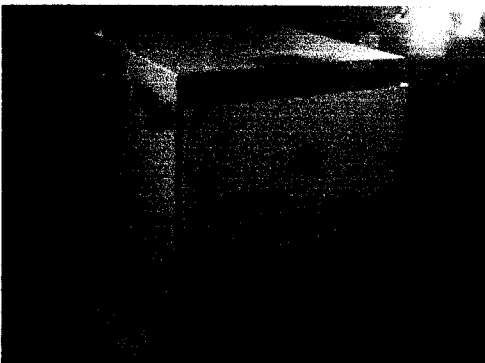
Reaktor dan Alat - Alat Penelitian



a. Reaktor



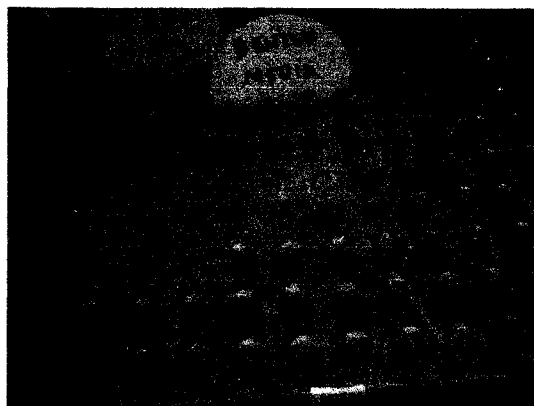
b. Homogenez



c. Furnies



d. cetakan media

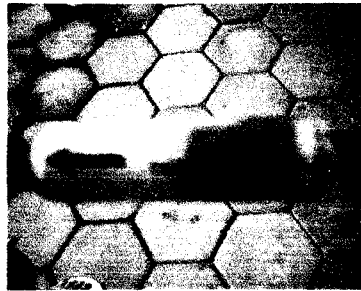


e. Bentuk Media

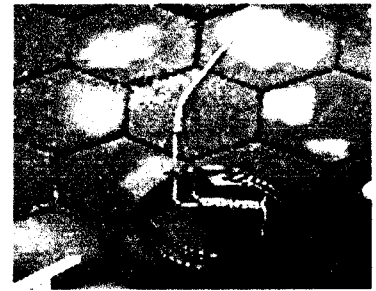
Alat Analisa Karbon monoksida



a. AutoChek

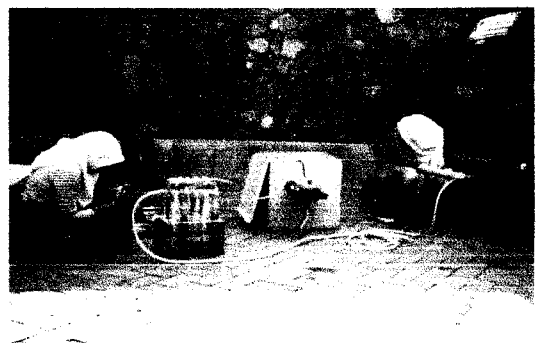
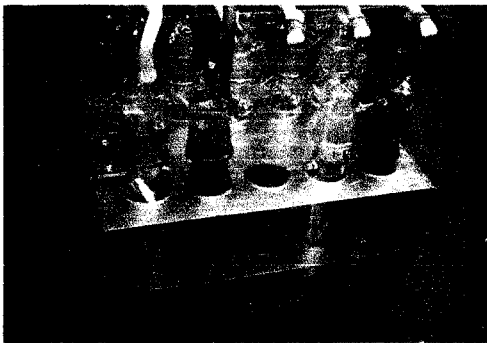


b. Filter



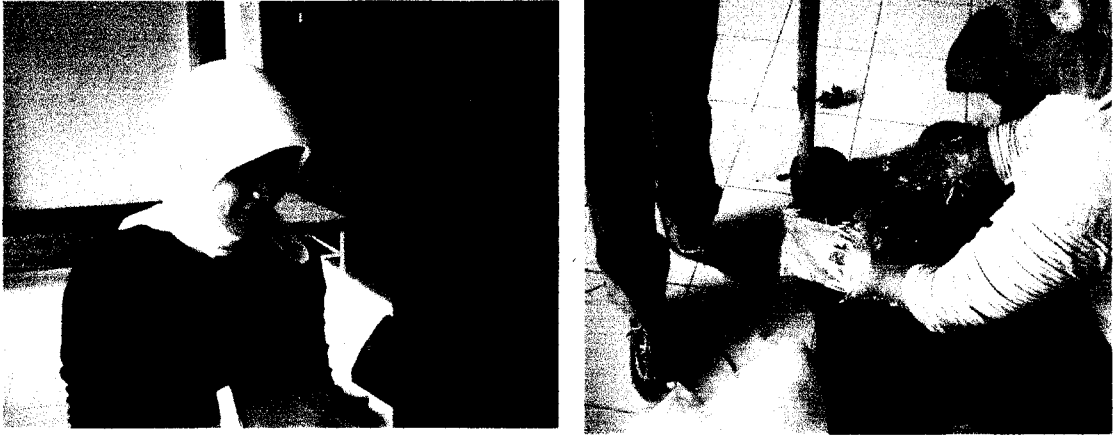
c. Selang Inlet

Alat Analisa Nitrogen Oksida



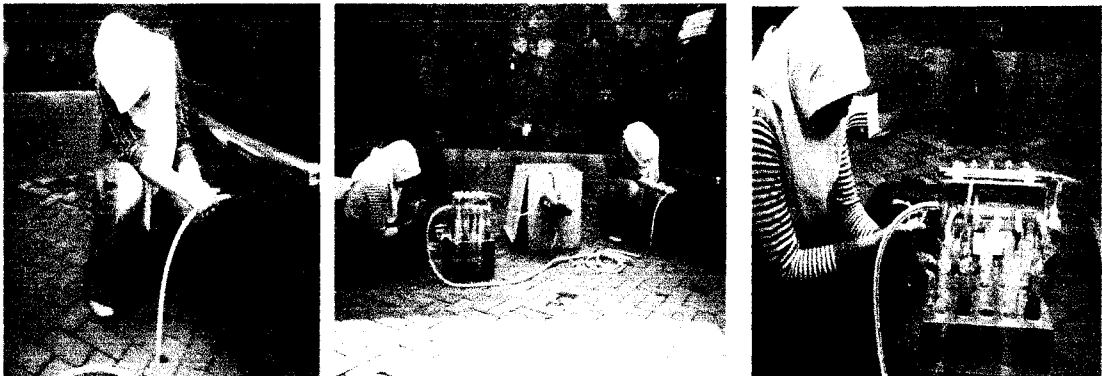
a. Impinger

Analisa Karbon Monoksida

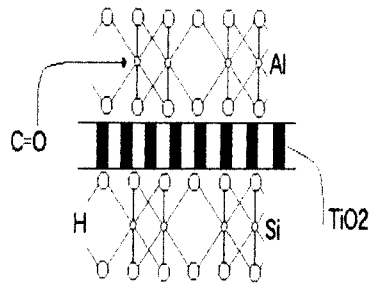


Kegiatan memasukan media penyerap ke dalam Reaktor untuk pengambilan sampel untuk konsentrasi CO dan HC

Analisa Nitrogen Oksida



Kegiatan pengambilan sampel untuk konsentrasi SO_x dan NO_x



Gambar Pilarisasi

DATA REGRESI NOx

| y | x | | |
|-------|-------|------------|----------|
| 0.107 | 0.026 | | |
| 0.16 | 0.052 | int (a) | 0.077585 |
| 0.229 | 0.078 | slope (b) | 1.967846 |
| 0.311 | 0.104 | R | 0.990809 |
| 0.399 | 0.156 | | |
| 0.522 | 0.208 | y = a + bx | |
| 0.657 | 0.312 | | |

0%

| | | Absorbansi | | | |
|------------|----------------|------------|-------|-------|-------|
| | | 1 | | 2 | |
| | Kontrol | 0.592 | 0.434 | 0.491 | 0.936 |
| 0%, 100 C. | 5 cm | | | | |
| | a | 0.561 | 0.594 | 0.561 | 0.594 |
| | b | 0.603 | 0.362 | 0.603 | 0.363 |
| | c | 0.382 | 0.261 | 0.38 | 0.261 |
| 0%, 100 C. | 10 cm | | | | |
| | a | 0.625 | 0.264 | 0.62 | 0.261 |
| | b | 0.444 | 0.23 | 0.444 | 0.239 |
| | c | 0.674 | 0.196 | 0.675 | 0.195 |
| 0%, 100 C. | 15 cm | | | | |
| | a | 0.541 | 0.265 | 0.541 | 0.266 |
| | b | 0.55 | 0.242 | 0.55 | 0.241 |
| | c | 0.57 | 0.227 | 0.57 | 0.227 |
| 0%, 200 C. | 15 cm | | | | |
| | a | 0.643 | 0.238 | 0.643 | 0.238 |
| | b | 0.153 | 0.249 | 0.153 | 0.249 |
| | c | 0.67 | 0.286 | 0.67 | 0.286 |
| | Kontrol | | | | |
| | | 0.473 | 0.556 | 0.473 | 0.554 |
| | | 0.377 | 0.564 | 0.377 | 0.563 |

konsentrasi impenger

| | | 1 | | 2 | |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| Kontrol | | 0.261 | 0.181 | 0.21 | 0.436 |
| 0%, 100 C. 5 cm | | | | | |
| | a | 0.246 | 0.262 | 0.246 | 0.262 |
| | b | 0.267 | 0.145 | 0.267 | 0.145 |
| | c | 0.155 | 0.093 | 0.154 | 0.093 |
| 0%, 100 C. 10 cm | | | | | |
| | a | 0.278 | 0.095 | 0.276 | 0.093 |
| | b | 0.186 | 0.077 | 0.186 | 0.082 |
| | c | 0.303 | 0.06 | 0.304 | 0.06 |
| 0%, 100 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.235 | 0.095 | 0.235 | 0.096 |
| | b | 0.24 | 0.084 | 0.24 | 0.083 |
| | c | 0.25 | 0.076 | 0.25 | 0.076 |
| 0%, 200 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.287 | 0.082 | 0.287 | 0.082 |
| | b | 0.077 | 0.174 | 0.077 | 0.174 |
| | c | 0.301 | 0.106 | 0.301 | 0.106 |
| Kontrol | | 0.402 | 0.486 | 0.402 | 0.484 |
| | | 0.152 | 0.247 | 0.152 | 0.247 |

Konsentrasi NOx

| | | 1 | | 2 | |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| Kontrol | | 1.385 | 0.96 | 1.113 | 2.312 |
| 0%, 100 C. 5 cm | | | | | |
| | a | 1.302 | 1.391 | 1.302 | 1.391 |
| | b | 1.415 | 0.766 | 1.415 | 0.769 |
| | c | 0.82 | 0.494 | 0.614 | 0.494 |
| 0%, 100 C. 10 cm | | | | | |
| | a | 1.474 | 0.502 | 1.461 | 0.494 |
| | b | 0.987 | 0.41 | 0.987 | 0.435 |
| | c | 1.606 | 0.319 | 1.609 | 0.316 |
| 0%, 100 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 1.248 | 0.505 | 1.248 | 0.507 |
| | b | 1.272 | 0.443 | 1.272 | 0.44 |
| | c | 1.326 | 0.402 | 1.326 | 0.402 |
| 0%, 200 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 1.523 | 0.432 | 1.523 | 0.432 |
| | b | 0.406 | 0.923 | 0.406 | 0.923 |
| | c | 1.596 | 0.561 | 1.596 | 0.561 |
| Kontrol | | 2.13 | 2.577 | 2.13 | 2.566 |
| | | 0.806 | 1.31 | 0.806 | 1.307 |

Kadar NOx Total

| | | | Rerata |
|------------------|-------|-------|---------------|
| Kontrol | 2.345 | 3.425 | 2.885 |
| 0%, 100 C. 5 cm | | | |
| a | 2.693 | 2.693 | 2.693 |
| b | 1.35 | 2.184 | 1.767 |
| c | 0.944 | 1.308 | 1.126 |
| 0%, 100 C. 10 cm | | | |
| a | 1.976 | 1.955 | 1.966 |
| b | 1.397 | 1.422 | 1.409 |
| c | 1.925 | 1.925 | 1.925 |
| 0%, 100 C. 15 cm | | | |
| a | 1.753 | 1.756 | 1.754 |
| b | 1.715 | 1.712 | 1.714 |
| c | 1.729 | 1.729 | 1.729 |
| 0%, 200 C. 15 cm | | | |
| a | 1.955 | 1.955 | 1.955 |
| b | 1.33 | 1.33 | 1.33 |
| c | 2.157 | 2.157 | 2.157 |
| Kontrol | 4.707 | 4.696 | 4.702 |
| | 2.116 | 2.114 | 2.115 |

15%

| | | | | | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Kontrol | 0.515 | 0.168 | 0.515 | 0.171 | 0.515 |
| | | 0.483 | 0.579 | 0.483 | 0.579 | 0.483 |
| 0% | 300 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.668 | 0.552 | 0.668 | 0.552 | |
| | b | 0.676 | 0.492 | 0.674 | 0.491 | |
| | c | 0.651 | 0.535 | 0.65 | 0.535 | |
| 15% | 100 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.486 | 0.645 | 0.486 | 0.645 | |
| | b | 0.559 | 0.523 | 0.56 | 0.522 | |
| | c | 0.17 | 0.458 | 0.171 | 0.458 | |
| | Kontrol | 0.082 | 0.196 | 0.08 | 0.196 | |
| | | 0.568 | 0.178 | 0.568 | 0.178 | |
| 15% | 200 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.217 | 0.788 | 0.217 | 0.788 | |
| | b | 0.214 | 0.2 | 0.214 | 0.21 | |
| | c | 0.814 | 0.68 | 0.813 | 0.679 | |
| | Kontrol | 0.246 | 0.296 | 0.246 | 0.298 | |
| | | 0.214 | 0.129 | 0.296 | 0.128 | |
| 15% | 300 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.137 | 0.29 | 0.136 | 0.291 | |
| | b | 0.18 | 0.641 | 0.18 | 0.64 | |
| | c | 0.593 | 0.594 | 0.593 | 0.594 | |
| | Kontrol | 0.229 | 0.156 | 0.227 | 0.155 | |
| | | 0.201 | 0.483 | 0.202 | 0.484 | |

| | | konsentrasi impenger | | | | |
|---------|--------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | | 2 | | |
| 0% | Kontrol | 0.222 | 0.046 | 0.222 | 0.047 | |
| | 300 C 15 cm | | | | | |
| | a | 0.3 | 0.241 | 0.3 | 0.241 | |
| | b | 0.304 | 0.211 | 0.303 | 0.21 | |
| 15% | 100 C, 15 cm | c | 0.291 | 0.232 | 0.291 | 0.232 |
| | | a | 0.208 | 0.288 | 0.208 | 0.288 |
| | | b | 0.245 | 0.226 | 0.245 | 0.226 |
| | | c | 0.094 | 0.193 | 0.095 | 0.193 |
| Kontrol | | 0.004 | 0.12 | 0.002 | 0.12 | |
| | | 0.498 | 0.051 | 0.498 | 0.051 | |
| 15% | 200 C, 15 cm | a | 0.142 | 0.361 | 0.142 | 0.361 |
| | | b | 0.139 | 0.062 | 0.139 | 0.067 |
| | | c | 0.374 | 0.306 | 0.374 | 0.306 |
| | | Kontrol | 0.171 | 0.222 | 0.171 | 0.224 |
| | | 0.139 | 0.052 | 0.222 | 0.051 | |
| 15% | 300 C, 15 cm | a | 0.06 | 0.216 | 0.059 | 0.217 |
| | | b | 0.104 | 0.286 | 0.104 | 0.286 |
| | | c | 0.262 | 0.262 | 0.262 | 0.262 |
| | | Kontrol | 0.154 | 0.08 | 0.152 | 0.079 |
| | | 0.125 | 0.206 | 0.126 | 0.207 | |

Konsentrasi NOx

| | | 1 | | | 2 |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 0% | Kontrol | 1.178 | 0.244 | 1.178 | 0.252 |
| | 15 cm | | | | |
| | a | 1.59 | 1.278 | 1.59 | 1.278 |
| | b | 1.612 | 1.116 | 1.606 | 1.113 |
| 15% | c | 1.544 | 1.232 | 1.542 | 1.232 |
| | 100 C | | | | |
| | 15 cm | | | | |
| a | 1.1 | 1.528 | 1.1 | 1.528 | |
| b | 1.297 | 1.2 | 1.299 | 1.197 | |
| c | 0.498 | 1.025 | 0.503 | 1.025 | |
| Kontrol | | 0.024 | 0.638 | 0.013 | 0.638 |
| | | 2.642 | 0.27 | 2.642 | 0.27 |
| | | | | | |
| 15% | 200 C | | | | |
| | 15 cm | | | | |
| | a | 0.751 | 1.913 | 0.751 | 1.913 |
| | b | 0.735 | 0.33 | 0.735 | 0.357 |
| c | 1.983 | 1.622 | 1.981 | 1.62 | |
| Kontrol | | 0.907 | 1.177 | 0.907 | 1.187 |
| | | 0.735 | 0.277 | 1.177 | 0.272 |
| | | | | | |
| 15% | 300 C | | | | |
| | 15 cm | | | | |
| | a | 0.32 | 1.144 | 0.315 | 1.15 |
| | b | 0.552 | 1.517 | 0.552 | 1.515 |
| c | 1.388 | 1.391 | 1.388 | 1.391 | |
| Kontrol | | 0.816 | 0.422 | 0.805 | 0.417 |
| | | 0.665 | 1.092 | 0.67 | 1.095 |

| | | | | | Rerata |
|-------------------|----------------|-------|--|-------|---------------|
| 0%, 300 C, 15 cm | Kontrol | 1.422 | | 1.43 | 1.426 |
| | a | 2.868 | | 2.868 | 2.868 |
| | b | 1.35 | | 2.72 | 2.035 |
| | c | 0.944 | | 2.774 | 1.859 |
| 15%, 100 C, 15 cm | a | 2.628 | | 2.628 | 2.628 |
| | b | 2.496 | | 2.496 | 2.496 |
| | c | 1.522 | | 1.528 | 1.525 |
| | Kontrol | 0.662 | | 0.651 | 0.656 |
| | | 2.912 | | 2.912 | 2.912 |
| 15%, 200 C, 15 cm | a | 2.664 | | 2.664 | 2.664 |
| | b | 1.065 | | 1.091 | 1.078 |
| | c | 3.606 | | 3.6 | 3.603 |
| | Kontrol | 2.084 | | 2.094 | 2.089 |
| | | 1.012 | | 1.448 | 1.23 |
| 15%, 300 C, 15 cm | a | 1.464 | | 1.464 | 1.464 |
| | b | 2.069 | | 2.066 | 2.068 |
| | c | 2.779 | | 2.779 | 2.779 |
| | Kontrol | | | | |
| | | 1.238 | | 1.222 | 1.23 |
| | | 1.757 | | 1.765 | 1.761 |

20 %

| | | | | | |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| 20%. 100 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.275 | 0.543 | 0.276 | 0.544 |
| | b | 0.187 | 0.324 | 0.188 | 0.323 |
| | c | 0.557 | 0.477 | 0.557 | 0.477 |
| Kontrol | | 0.422 | 0.196 | 0.421 | 0.195 |
| | | 0.259 | 0.317 | 0.258 | 0.316 |
| 20%. 200 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.231 | 0.046 | 0.229 | 0.046 |
| | b | 0.394 | 0.055 | 0.393 | 0.055 |
| | c | 0.405 | 0.075 | 0.405 | 0.076 |
| Kontrol | | 0.582 | 0.903 | 0.582 | 0.903 |
| | | 0.093 | 0.101 | 0.098 | 0.101 |
| 20%. 300 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.408 | 0.054 | 0.468 | 0.054 |
| | b | 0.114 | 0.085 | 0.114 | 0.085 |
| | c | 0.511 | 0.076 | 0.511 | 0.076 |
| Kontrol | | | | | |
| | | 0.63 | 0.014 | 0.628 | 0.014 |
| | | 0.092 | 0.579 | 0.092 | 0.579 |

konsentrasi impenger

| | | 1 | | 2 | |
|-------------------|---|-------|--------|-------|--------|
| 20%. 100 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.1 | 0.237 | 0.101 | 0.237 |
| | b | 0.056 | 0.125 | 0.056 | 0.125 |
| | c | 0.487 | 0.203 | 0.487 | 0.203 |
| Kontrol | | 0.175 | 0.06 | 0.175 | 0.06 |
| | | 0.092 | 0.122 | 0.092 | 0.121 |
| 20%. 200 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.078 | -0.016 | 0.154 | -0.016 |
| | b | 0.161 | -0.011 | 0.321 | -0.011 |
| | c | 0.166 | -0.001 | 0.166 | -0.001 |
| Kontrol | | 0.513 | 0.419 | 0.513 | 0.419 |
| | | 0.016 | 0.024 | 0.021 | 0.024 |
| 20%. 300 C. 15 cm | | | | | |
| | a | 0.168 | -0.012 | 0.198 | -0.024 |
| | b | 0.037 | 0.004 | 0.037 | 0.004 |
| | c | 0.22 | -0.001 | 0.22 | -0.001 |
| Kontrol | | | | | |
| | | 0.561 | -0.065 | 0.559 | -0.065 |
| | | 0.015 | 0.255 | 0.015 | 0.255 |

Konsentrasi NOx

| | | 1 | 2 | | |
|--------------------------|-------|--------|-------|--------|--|
| 20%, 100 C, 15 cm | | | | | |
| a | 0.532 | 1.254 | 0.534 | 1.256 | |
| b | 0.295 | 0.664 | 0.297 | 0.661 | |
| c | 2.582 | 1.076 | 2.582 | 1.076 | |
| Kontrol | 0.928 | 0.319 | 0.925 | 0.316 | |
| | 0.489 | 0.645 | 0.486 | 0.642 | |
| 20%, 200 C, 15 cm | | | | | |
| a | 0.413 | -0.085 | 0.816 | -0.085 | |
| b | 0.852 | -0.061 | 1.699 | -0.061 | |
| c | 0.882 | -0.007 | 0.882 | -0.004 | |
| Kontrol | 2.717 | 2.223 | 2.717 | 2.223 | |
| | 0.083 | 0.126 | 0.11 | 0.126 | |
| 20%, 300 C, 15 cm | | | | | |
| a | 0.89 | -0.064 | 1.052 | -0.127 | |
| b | 0.196 | 0.02 | 0.196 | 0.02 | |
| c | 1.167 | -0.004 | 1.167 | -0.004 | |
| Kontrol | 2.976 | -0.343 | 2.965 | -0.343 | |
| | 0.078 | 1.35 | 0.078 | 1.35 | |

Rerata

| | | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|
| 20% 100 C, 15 cm | | | | |
| | a | 1.785 | 1.791 | 1.788 |
| | b | 0.958 | 0.958 | 0.958 |
| | c | 3.658 | 3.658 | 3.658 |
| Kontrol | | 1.247 | 1.241 | 1.244 |
| | | 1.133 | 1.128 | 1.131 |
| 20% 200 C, 15 cm | | | | |
| | a | 0.328 | 0.731 | 0.529 |
| | b | 0.791 | 1.638 | 1.215 |
| | c | 0.875 | 0.878 | 0.876 |
| Kontrol | | 4.94 | 4.94 | 4.94 |
| | | 0.209 | 0.236 | 0.223 |
| 20% 300 C, 15 cm | | | | |
| | a | 0.826 | 0.924 | 0.875 |
| | b | 0.216 | 0.216 | 0.216 |
| | c | 1.163 | 1.163 | 1.163 |
| Kontrol | | 2.633 | 2.622 | 2.628 |
| | | 1.428 | 1.428 | 1.428 |

25%

| | | | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| 25% 100 C, 15 cm | | | | | |
| | a | 0.524 | 0.583 | 0.524 | 0.583 |
| | b | 0.489 | 0.658 | 0.49 | 0.658 |
| | c | 0.442 | 0.616 | 0.441 | 0.616 |
| Kontrol | | 0.457 | 0.47 | 0.457 | 0.47 |
| | | 0.609 | 0.425 | 0.609 | 0.425 |
| 25% 200 C, 15 cm | | | | | |
| | a | 0.45 | 0.689 | 0.45 | 0.689 |
| | b | 0.38 | 0.561 | 0.38 | 0.56 |
| | c | 0.342 | 0.664 | 0.342 | 0.664 |
| Kontrol | | 0.336 | 0.243 | 0.336 | 0.243 |
| | | 0.393 | 0.403 | 0.393 | 0.402 |
| 25% 300 C, 15 cm | | | | | |
| | a | 0.155 | 0.206 | 0.154 | 0.206 |
| | b | 0.129 | 0.173 | 0.129 | 0.172 |
| | c | 0.144 | 0.125 | 0.143 | 0.125 |
| Kontrol | | 0.261 | 0.402 | 0.259 | 0.4 |
| | | 0.194 | 0.151 | 0.194 | 0.152 |

konsentrasi impenger

| | | 1 | | 2 | |
|--------------------------|---|----------|-------|----------|-------|
| 25%, 100 C, 15 cm | | | | | |
| | a | 0.227 | 0.257 | 0.227 | 0.257 |
| | b | 0.209 | 0.295 | 0.21 | 0.295 |
| | c | 0.185 | 0.274 | 0.369 | 0.274 |
| Kontrol | | 0.193 | 0.199 | 0.193 | 0.199 |
| | | 0.27 | 0.177 | 0.27 | 0.177 |
| 25%, 200 C, 15 cm | | | | | |
| | a | 0.189 | 0.311 | 0.189 | 0.311 |
| | b | 0.154 | 0.246 | 0.154 | 0.245 |
| | c | 0.134 | 0.298 | 0.134 | 0.298 |
| Kontrol | | 0.131 | 0.084 | 0.131 | 0.084 |
| | | 0.16 | 0.165 | 0.16 | 0.165 |
| 25%, 300 C, 15 cm | | | | | |
| | a | 0.039 | 0.065 | 0.039 | 0.065 |
| | b | 0.026 | 0.048 | 0.026 | 0.048 |
| | c | 0.034 | 0.024 | 0.033 | 0.024 |
| Kontrol | | 0.093 | 0.165 | 0.092 | 0.328 |
| | | 0.059 | 0.037 | 0.059 | 0.038 |

Konsentrasi NOx

| | 1 | 2 | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 25% 100 C, 15 cm | | | | |
| a | 1.202 | 1.361 | 1.202 | 1.361 |
| b | 1.108 | 1.563 | 1.111 | 1.563 |
| c | 0.981 | 1.45 | 1.958 | 1.45 |
| Kontrol | 1.022 | 1.057 | 1.022 | 1.057 |
| | 1.431 | 0.936 | 1.431 | 0.936 |
| 25% 200 C, 15 cm | | | | |
| a | 1.003 | 1.647 | 1.003 | 1.647 |
| b | 0.814 | 1.302 | 0.814 | 1.299 |
| c | 0.712 | 1.579 | 0.712 | 1.579 |
| Kontrol | 0.696 | 0.446 | 0.696 | 0.446 |
| | 0.85 | 0.876 | 0.85 | 0.874 |
| 25% 300 C, 15 cm | | | | |
| a | 0.209 | 0.346 | 0.206 | 0.346 |
| b | 0.138 | 0.257 | 0.138 | 0.254 |
| c | 0.179 | 0.128 | 0.176 | 0.128 |
| Kontrol | 0.494 | 0.874 | 0.489 | 1.737 |
| | 0.314 | 0.198 | 0.314 | 0.2 |

Rerata

| | | | |
|------------------|-------|-------|-------|
| 25% 100 C, 15 cm | | | |
| a | 2.564 | 2.564 | 2.564 |
| b | 2.671 | 2.674 | 2.673 |
| c | 2.432 | 3.408 | 2.92 |
| Kontrol | 2.079 | 2.079 | 2.079 |
| | 2.367 | 2.367 | 2.367 |
| 25% 200 C, 15 cm | | | |
| a | 2.65 | 2.65 | 2.65 |
| b | 2.116 | 2.114 | 2.115 |
| c | 2.292 | 2.292 | 2.292 |
| Kontrol | 1.142 | 1.142 | 1.142 |
| | 1.726 | 1.723 | 1.725 |
| 25% 300 C, 15 cm | | | |
| a | 0.554 | 0.552 | 0.553 |
| b | 0.395 | 0.393 | 0.394 |
| c | 0.307 | 0.304 | 0.305 |
| Kontrol | 1.368 | 2.225 | 1.797 |
| | 0.511 | 0.514 | 0.513 |

UJI KOMPOSISI CAMPURAN MEDIA PENYERAP

| No | Media Penyerap | Pengadukan (Jam) | Hasil Percobaan | | Sifat |
|----|---|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------|
| | | | Dijemur (Hari) | Dioven (Jam) | |
| 1 | TiO ₂ 7,5 Gram Bentonit 42 Gram Kanji 0,5 Gram Aquadest 100 cc | 3 | 1 | 3 | Kurang keras |
| 2 | TiO ₂ 7,5 Gram Bentonit 42 Gram Aquadest 100 cc | 3 | 1 | 3 | Kurang keras |
| 3 | TiO ₂ 7,5 Gram Bentonit 42 Gram Gelatin 0,5 Gram Aquadest 100 cc | 3 | 1 | 3 | Kurang keras |
| 4 | TiO ₂ 7,5 Gram Bentonit 42 Gram Semen 0,5 Gram Aquadest 100 cc | 3 | 1 | 3 | Keras |
| 5 | TiO ₂ 7,5 Gram Bentonit 42 Gram Gula 0,5 Gram Aquadest 100 cc | 3 | 1 | 3 | Kurang keras |
| 6 | TiO ₂ 7,5 Gram Bentonit 42 Gram Tarpitch 0,5 Gram Aquadest 100 cc | 3 | 1 | | Kurang keras |

Dari hasil pengujian didapatkan komposisi bahan (media penyerap) yang terbaik yaitu pada tabel no 4. yang kemudian hasil terbaik inilah yang digunakan dalam penelitian ini.

Langkah-langkah pembuatan media penyerap sebagai berikut :

- ★ Menimbang komposisi media penyerap yang terdiri dari : Bentonit 84 gr, TiO₂ 15 gr, dan perekat (kanji) 1 gr
- ★ Mencampur Bentonit dan TiO₂ hingga homogen selama 3 jam menggunakan homogenizer.

- ★ Melarutkan perekat (Semen) dengan aquadest 100 cc disertai pengadukan
- ★ Memasukkan larutan semen dalam campuran bentonit dan TiO_2 hingga homogen.
- ★ Menyiapkan alat cetak bentuk kotak, lapisan bagian dalam diolesi dengan minyak paraffin.
- ★ Memasukkan bahan ke dalam alat cetak bentuk kotak dengan ukuran 1 cm.
- ★ Mengeluarkan media dari alat cetak, kemudian dijemur dan di keringkan dalam oven dengan suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam.

Perhitungan Titik jenuh teoritis

Dari empat parameter yang di teliti oleh:

- Novitria Siskawati (HC dan SOx)
- Siska Iryani (CO dan NOx)

Diketahui Bentonit dengan konsentrasi TiO₂ 15% pada suhu 300 °C merupakan nilai yang terbaik.

Diketahui :

| Parameter | Kontrol (ppm) | Outlet (ppm) | Selisih (ppm) |
|-----------|---------------|--------------|-------------------------------|
| CO | 54700 | 33580 | 21120 |
| HC | 570 | 393.92 | 176.08 |
| NOx | 28.85 | 4.17 | 24.68 |
| SOx | 1.053 | 0.278 | 0.7775 |
| | | Jumlah | 21,321.5375 mg/m ³ |

Q knalpot : 1L/mnt (asumsi)

Pemakaian mobil perhari = 3 jam/hari (asumsi)

Daya serap bentonit = 74.59 % = 75 %

Berat bentonit = @ 1.5 gram x 700 butir = 1.050 gram

Nilai titik jenuh teoritis : X/Y

X : jumlah bentonit x Daya serap bentonit

: 1.050 gram x 75 % = 0.7875 gram

Y : Q knalpot x Pemakaian mobil x jumlah selisih konsentrasi

: 1 L/mnt x 180 mnt/hari x 21,321.5375 mg/m³ x 1000ug/1 mg x 1m³/1000 L

: 3,837.87675 ug/hr

: 0.00385 gram/hari

Jadi nilai titik jenuh = X/Y = 0.7875 gram/0.00385 gram/hari

= 204.545 hari = 205 hari.

Perhitungan biaya operasi penggunaan adsorben bentonit terpoliarisasi TiO_2

- Bentonit dengan konsentrasi TiO_2 15 %

Bentonit 1 kg = Rp 3000

TiO_2 1 Kg = Rp 32.000

1 butir terdiri dari :

Bentonit = $1,5 \text{ gram} \times 1 \text{ kg}/1000\text{gram} \times \text{Rp } 3000$

= Rp 4.5

TiO_2 = $1,5 \text{ gram} \times 1\text{kg}/1000 \text{ gram} \times \text{Rp } 32.000$

= Rp 48

Jadi biaya operasi penggunaan adsorben bentonit terpoliarisasi TiO_2 /205 hari

= $700 \text{ butir} \times (\text{Rp } 4.5 + \text{Rp } 48) /\text{butir}$

= Rp 36.750/205 hari



**GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
KEPUTUSAN GUBERNUR
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR 167 TAHUN 2003**

**TENTANG
BAKU MUTU EMISI SUMBER BERGERAK
KENDARAAN BERMOTOR
DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA,**

- Menimbang :
- a. bahwa pencemaran udara yang diakibatkan oleh meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dapat berakibat pada penurunan kualitas udara;
 - b. bahwa Baku Mutu Lingkungan Daerah untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya Sumber Bergerak Baku Mutu Emisi Gas dan Partikel Buang sebagaimana ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 214/KPTS/1991 sudah tidak sesuai lagi dengan perkembangan saat ini sehingga perlu ditinjau;
 - c. bahwa berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan b di atas perlu menetapkan Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta tentang Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta;
- Mengingat :
1. Undang-undang Nomor 3 Tahun 1950 tentang Pembentukan Daerah Istimewa Yogyakarta
 2. Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 1950 sebagaimana telah diubah dan ditambah terakhir dengan Undang-undang Nomor 26 Tahun 1959;
 3. Undang-undang Nomor 14 Tahun 1992 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan;
 4. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan;
 5. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup;
 6. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah;
 7. Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 1993 tentang Pemeriksaan Kendaraan Bermotor di Jalan;
 8. Peraturan Pemerintah Nomor 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi;
 9. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara;
 10. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Propinsi sebagai Daerah Otonom;
 11. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep 35/MENLH/10/1993 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor;
 12. Peraturan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 4 Tahun 2001 tentang Pembentukan dan Organisasi Lembaga Teknis Daerah di Lingkungan Pemerintah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 59 Tahun 2001 tentang Uraian Tugas dan Tata Kerja Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta;

12. Peraturan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2001 tentang Penggunaan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta;
13. Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : **KEPUTUSAN GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA TENTANG BAKU MUTU EMISI SUMBER BERGERAK KENDARAAN BERMOTOR DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

**BAB I
KETENTUAN UMUM**

Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan :

1. Gubernur adalah Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Emisi Sumber Bergerak adalah gas buang dari sumber kendaraan bermotor sebagai hasil proses pembakaran di ruang mesin.
3. Baku Mutu Emisi adalah ukuran batas atau kadar zat, dan/atau komponen yang ditenggang keberadaannya dalam emisi.
4. Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu.
5. Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor.
6. Sepeda motor adalah kendaraan bermotor beroda dua, atau tiga tanpa rumah-rumah baik dengan atau tanpa kereta samping.
7. Mobil penumpang adalah setiap kendaraan bermotor yang dilengkapi sebanyak-banyaknya 8 (delapan) tempat duduk tidak termasuk tempat duduk pengemudi, baik dengan maupun tanpa perlengkapan pengangkutan bagasi.
8. Mobil bus adalah setiap kendaraan bermotor yang dilengkapi lebih dari 8 (delapan) tempat duduk tidak termasuk tempat duduk pengemudi, baik dengan maupun tanpa perlengkapan pengangkutan bagasi.
9. Mobil barang adalah setiap kendaraan bermotor selain dari yang termasuk dalam sepeda motor, mobil penumpang dan mobil bus.
10. Kendaraan khusus adalah kendaraan bermotor selain dari pada kendaraan bermotor untuk penumpang dan kendaraan bermotor untuk barang yang penggunaannya untuk keperluan khusus atau mengangkut barang-barang khusus.

**BAB II
MAKSUD DAN TUJUAN**

Pasal 2

- (1) Maksud ditetapkannya Keputusan ini adalah untuk menentukan Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor.
- (2) Tujuan ditetapkannya Keputusan ini adalah untuk memberikan batasan Mutu Emisi yang boleh dibuang ke lingkungan akibat Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor.

**BAB III
BAKU MUTU EMISI SUMBER BERGERAK
KENDARAAN BERMOTOR**

Pasal 3

Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagaimana tercantum dalam Lampiran Keputusan ini.

Pasal 4

Setiap jenis kendaraan bermotor yang beroperasi di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta wajib memenuhi Baku Mutu Emisi sebagaimana dimaksud pada pasal 3 Keputusan ini.

Pasal 5

Pelanggaran terhadap Keputusan ini akan dikenakan sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

BAB IV METODE PENGUKURAN

Pasal 6

- (1) Metode pengukuran untuk emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar bensin diukur dalam kondisi idle.
- (2) Metode untuk mengukur emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar solar diukur pada percepatan bebas.

BAB V PENUTUP

Pasal 7

Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 Keputusan ini dapat ditinjau kembali dalam jangka waktu 5 (lima) tahun.

Pasal 8

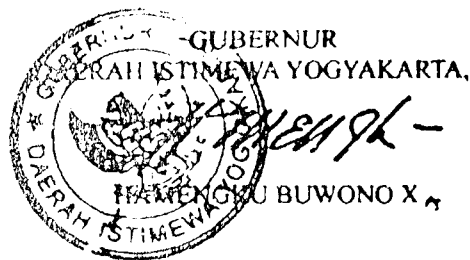
Dengan berlakunya Keputusan ini, maka Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 214/KPTS/1991 tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah untuk wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dinyatakan tidak berlaku, sepanjang berkaitan dengan Baku Mutu Emisi Gas dan Partikel buang khususnya Sumber Bergerak.

Pasal 9

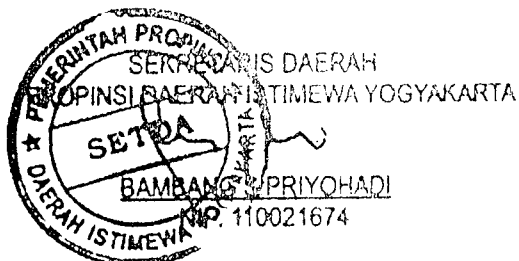
Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang dapat mengetahuinya memerintahkan pengundangan Keputusan ini dengan penempatannya dalam Lembaran Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Ditetapkan di Yogyakarta
pada tanggal 23 Desember 2003



Diundangkan di Yogyakarta
pada tanggal 23 Desember 2003



LEMBARAN DAERAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
TAHUN 2003 NOMOR 41 SERIE