PERPUSTAKAAN FTSP UII
TGL. TERIMA :
NO. JUDUL :
NO. INV. : 5120001706001
NO. INDUK :

No: TA/TL/2005/0032

TUGAS AKHIR

PENGGUNAAN ADSORBEN TiO_2 TERPILARISASI DALAM ZEOLIT DENGAN METODE SENTRIFUGAL UNTUK MEREDUKSI CO DAN PARTIKEL DALAM EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR 4 TAK

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Lingkungan

Oleh:
Nama : Gatot Putra Anom
No. Mahasiswa : 99513032
Program Studi : Teknik Lingkungan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGGUNAAN ADSORBEN TiO_2 TERPILARISASI DALAM ZEOLIT DENGAN METODE SENTRIFUGAL UNTUK MEREDUKSI CO DAN PARTIKEL DALAM EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR 4 TAK

Nama : Gatot Putra Anom
No. Mahasiswa : 99513032
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I
Dr.Drs.Ir. Kris Tri Basuki Msc,APU

Tanggal: 25/8-05

Dosen Pembimbing II
Eko Siswoyo, ST

Tanggal: 25-8-05

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGGUNAAN ADSORBEN TiO_2 TERPILARISASI DALAM ZEOLIT DENGAN METODE SENTRIFUGAL UNTUK MEREDUKSI CO DAN PARTIKEL DALAM EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR 4 TAK

Disusun dan dipersiapkan oleh:

Gatot Putra Anom
99.513.032

telah disetujui dan disahkan oleh:
Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Maju
(P3TM-BATAN) Yogjakarta pada tanggal.....
dan dinyatakan telah memenuhi persyaratan.
Mengesahkan

Kepala Bidang Teknofisikokimia

(Dr.Drs.Ir. Kris Tri Basuki Msc,APU)
NIP: 330002043

Pembimbing
P3TM-BATAN

(Dr.Drs.Ir. Kris Tri Basuki Msc,APU)
NIP: 330002043

Yogyakarta,.....2005
Menyetujui
Kepala P3TM-BATAN

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

ABSTRACT

Zeolit has characteristic such is as adsorber or liquid adsorber since zeolit has sponge structure. Usually the cavity consists of water and kation that can be exchanged and has certain pore size. Zeolit can function as adsorber if the independent molecule (water) in the vacuum zeolit crystal is released by heating. With the adsorpsion of TiO_2 in the zeolit therefore the adsorption energy is bigger compared to zeolit without TiO_2.

Adsorber with centrifugal planned for the emission of the Carbon Monoxide (CO) in the adsorber stay longer; therefore the contact period takes longer. While the emission of the Particle is for spin and blow out the particle that can be spanned and blow out.

The result of the research is that the glucose is the best adhesive material in bounding TiO_2 pillar in the zeolit compared to the others material such as cement, starch, and gelatin. The choice of glucose as the adhesive material is based on the visualization test.

From the result of the Carbon Monoxide test using Non Dispersive Infra Red (NDIR) analysis method with "auto check" CO analyzer device and Particle test using gravimeter analysis method with High Volume Sampler (HVS), It is found out that the effective adsorber takes place in the activate temperature 300°C with TiO_2 concentration 10%. In the 300°C adsorber can reduce CO beyond 50.69% up to 59.31% while for adsorber Particle it can reduce Particle up to 64.07%. the establishment of TiO_2 concentration is 10%; it due to in this concentration that the medium structures energy is powerful compared to TiO_2 concentration 5% and 15%.

Keyword: zeolit, TiO_2, adsorber, centrifugal planned, CO and Particle.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamua'alaikum Wr.Wb

Puji syukur kita panjatkan Kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya serta sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, dan para pengikutnya hingga akhir jaman.

Berkat rahmat Allah pula sehingga tugas akhir dengan judul "Penggunaan Adsorben TiO_2 Terpilarisasi Dalam Zeolit Dengan Metode Sentrifugal Untuk Mereduksi CO Dan Partikel Dalam Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor 4 Tak", dapat terselesaikan.

Saya menyadari sepenuhnya atas keberhasilan penyelesaian Laporan ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir.Kasam, MT, selaku ketua jurusan teknik lingkungan-UII.
2. Bapak Drs. Sudjatmoko, SU, APU, selaku Kepala P3TM-BATAN-Yogyakarta.
3. Dr.Drs.Ir. Kris Tri Basuki Msc,APU, selaku dosen pembimbing utama.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku dosen pembimbing pendamping.
5. Bapak Budi, selaku pembimbing lapangan di P3TM-BATAN.

6. Bapak Pieter Lawoasal, Staff ahli KPDL Kota Yogyakarta yang telah memberikan waktu dan bahan acuan untuk menganalisa emisi kendaraan bermotor khususnya parameter karbon monoksida.
7. Karyawan BTKL, tempat sampling dan analisa emisi kendaraan bermotor khususnya parameter partikel.
8. Ayah-bunda serta mas wira dan dik ika, yang selalu memberi semangat dan mendukung setiap rencanaku, terimasih atas doanya.
9. Pak Wid, terima kasih referensinya.
10. Meidy dan Aldy, terima kasih untuk semuanya.
11. Bapak Tugio dan karyawan P3TM-BATAN khususnya bagian Bidang Teknofisikokimia, terimakasih atas sifat khas yogyanya.
12. Teman-teman in the kost-Warsito; agung yang telah merelakan printernya; tommy makasih cartridge warnanya; irham, bardan, kris dan soccer club; dan wahyu untuk motivasinya.
13. Mas Zaky, yang ingin namanya ditulis paling depan pada kata pengantar ini.
14. Konco-99's, *we are the pioneer-man*, So kembangkan sayapmu sobat.
15. sahabat-sahabat sejati, terimakasih dukungannya dan,
16. Semua pihak yang telah membantu pengerjaan tugas akhir ini .

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu penulis mengharapakan saran dan kritik yang

membangun. Dan kiranya juga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai judul tugas akhir ini.

Semoga apa yang telah kita tempuh ini merupakan pengalaman yang dapat memberikan pelajaran untuk menatap masa depan yang pasti akan datang. Kepada semua pihak saya mohon maaf atas segala kesalahan saya, baik dalam bentuk tutur kata maupun perbuatan.

Billahi taufig wal hidayah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 2005

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN I ii

LEMBAR PENGESAHAN II iii

ABSTRAK iv

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara 4

2.1.1. Atmosfer 4

2.1.2. Pengertian Pencemaran Udara 6

2.1.3. Sumber Pencemaran Udara 7

2.1.4. Jenis Pencemaran Udara 8

2.1.5. Dampak Pencemaran Udara 9

2.2. Karbon Monoksida 13

2.2.1. Sumber Karbon Monoksida 13

2.2.2. Pengaruh Karbon Monoksida 14

2.3. Partikel 16

2.3.1. Sumber Partikel 16

2.3.2. Pengaruh Partikel 17

2.4. Pembakaran Kendaraan Bermotor 18

2.4.1. Mekanisme Pembakaran Dalam 18

2.4.2. Reaksi Pembakaran Dalam 20

2.5. Zeolit 21

2.5.1. Pengertian Zeolit 21

2.5.2. Pembentukan Zeolit 21

2.5.3. Srtuktur Zeolit 24

2.5.4. Sifat Zeolit 26

2.5.5. Pengaktifan Zeolit 28

2.6. Katalis 29

2.7. Pilarisasi 30

2.8. Titanium Oksida (TiO_2) 32

2.9. Adsrbsi 33

2.9.1. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorbsi 34

2.9.2. Adsorbsi Oleh Zat Padat 35

2.10. Gaya Sentrifugal 36

2.11. Penyerapan CO dan Partikel Pada Zeolit Terpilat TiO_2 38

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian 40

3.2. Lokasi Penelitian 40

3.3. Objek Penelitian 40

3.4. Teknik Pengumpilan Data 40

3.5. Variasi Penelitian 41

3.6. Tahap Penelitian 41

3.6.1. Tahap Persiapan 41

3.6.2. Tahap Pelaksanaan Analisa 44

3.6.2.1. Karbon Monoksida 44

3.6.2.1.1. Metode Analisa 44

3.6.2.1.2. Prosedur Pengambilan Sampel 44

3.6.2.2. Partikel 47

3.6.2.2.1. Metode Analisa 47

3.6.2.2.2. Prosedur Pengambilan Sampel 47

3.6.2.3. Pelaksanaan Pengambilan Sampel 50

3.6.2.4. Analisa Data 51

3.7. Diagram Alir Penelitian 51

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Hasil Persiapan Penelitian dan Pembahasan 52

4.1.1. Penggunaan Perekat 52

4.1.2. Perencanaan Bentuk Media Adsorben 55

4.1.3. Tulangan Dalam 57

4.2. Hasil Penelitian dan Pembahasan 58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 68

5.2. Saran 69

DAFTAR PUSTAKA xvi

LAMPIRAN xix

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1. Susunan Udara Bersih dan Kering 5

Tabel. 2.2. Pengaruh Konsentrasi COHb didalam darah terhadap kesehatan manusia..... 15

Tabel. 2.3. Sumber Utama Polutan Partikel 16

Tabel. 2.4.. Sifat fisik dan mekanik TiO_2 33

Tabel. 4.1. Uji Tekan Hidrolis Untuk Media Adsorben..... 53

Tabel. 4.2. Uji Visual 54

Tabel. 4.3. Hasil analisa karbon monoksida..... 60

Tabel. 4.4. Efisiensi penurunan gas buang karbon monoksida 61

Tabel. 4.4. Hasil analisa Partikel..... 62

Tabel. 4.5. Efisiensi penurunan gas buang partikel..... 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1. Siklus mesin pembakaran dalam empat langkah 19

Gambar. 2.2. Struktur pembentukan primer zeolit (Barrers, 1978) 25

Gambar. 2.3. Skema pembentukan plar zeolit
(Leonard, 1995; Sumerta, 2002) 31

Gambar. 2.4. Pemilaran antar lapis silikat lempung dengan TiO_2 32

Gambar. 2.5. Gaya sentrifugal 37

Gambar. 2.6. Proses penyerapan CO dan Partikel 38

Gambar. 2.7. Proses sesudah penyerapan CO dan Partikel 39

Gambar. 3.1. Proses Pembuatan Cetakan Adsorben 42

Gambar. 3.2. Reaktor 43

Gambar. 3.3. diagram alir pembuatan adsorben zeolit
terpilarisasi oleh TiO_2 43

Gambar. 3.4. Instruksi kerja alat dan pengoperasian 47

Gambar. 3.5. Diagram Alir Pelaksanaan Percobaan 50

Gambar. 3.7. Diagram alir penelitian 51

Gambar. 4.1. Variasi bentuk cetakan media;
(a) baling-baling segi tiga; (b) segi empat; (c) segi empat siku dan;
(d) segi enam 55

Gambar. 4.2. Cetakan Media adsorben dengan tiga lengkungan
dan 3 lubang angin per baling 55

Gambar. 4.3. Cetakan Media adsorben enam lengkungan
dengan 4 lubang udara tiap baling 56

Gambar. 4.4. Lempengan bentuk baling-baling kipas 57

Gambar. 4.5. Tulangan dalam pada model cetakan 58

Gambar. 4.6. Grafik hasil pemeriksaan karbon monoksida 60

Gambar. 4.7. Grafik hasil pemeriksaan Partikel 64

Gambar. 4.8. Pengikatan CO dan Partikel terhadap

Zeolit terpiar TiO_2 66

DAFTAR LAMPIRAN

Keputusan Gubernur DIY NO 167 Tahun 2003 tentang Baku mutu emisi sumber bergerak kendaraan bermotor xix

Lampiran_05/alat-alat penelitian..... xxiii

Lampiran_06/alat-alat penelitian..... xxiv

Lampiran_07/kegiatan penelitian xxv

Lampiran_08/kegiatan penelitian xxvi

Lampiran_09/kegiatan penelitian xxvii

Lampiran_10/perhitungan xxviii

Lampiran_11/perhitungan xxix

Data hasil sampling Karbon Monoksida xxx

Data hasil sampling Partikel xxxi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia, kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan, seperti timbal/timah hitam (Pb), *suspended particulate matter* (SPM), oksida nitrogen (NOx), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (Ox). Kendaraan bermotor menyumbang hampir 100% timbal, 13-44% suspended particulate matter (SPM), 71-89% hidrokarbon, 34-73% NOx, dan hampir seluruh karbon monoksida (CO) ke udara Jakarta. Sumber utama debu berasal dari pembakaran sampah rumah tangga, di mana mencakup 41% dari sumber debu di Jakarta (anonim,2004).

Sementara itu, pertambahan kendaraan bermotor tiap tahun semakin meningkat dikarenakan bertambahnya jumlah penduduk. Seiring dengan laju pertambahan kendaraan bermotor, maka konsumsi bahan bakar juga akan mengalami peningkatan dan berujung pada bertambahnya jumlah pencemar yang dilepaskan ke udara.

Udara yang tercemar dengan partikel dan gas-gas diatas dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran dan komposisi kimiawinya. Gangguan tersebut terutama terjadi pada

fungsi utama dari organ tubuh seperti paru-paru dan pembuluh darah, atau menyebabkan iritasi pada mata dan kulit.

Mempertimbangan sektor transportasi sebagai kontributor utama pencemaran udara, maka sektor ini harus mendapat perhatian utama. Permasalahan yang terjadi di kota besar ini yang mendorong kami untuk melakukan penelitian dalam upaya penaggulangan masalah pencemaran udara dengan menggunakan adsorben TiO_2 terpilarisasi dalam zeolit pada knalpot kendaraan bermotor untuk menurunkan kadar CO dan partikel dalam emisi gas buang.

1.2. Rumusan Masalah

Mengetahui dapat tidaknya TiO_2 terpilarisasi dalam zeolit dalam mengadsorbsi gas buang dengan gaya sentrifugal yang berasal dari kendaraan bermotor roda dua jenis 4 langkah, berdasarkan pada :

a. Suhu pembuatan adsorben.
b. Persentase kadar TiO_2 yang terpilarisasi dalam zeolit.

1.3. Batasan Masalah

a. Parameter yang diteliti yaitu kadar emisi gas karbon monoksida dan partikel baik sebelum (sebagai kontrol) dan setelah melewati adsorben TiO_2 terpilarisasi dalam zeolit.
b. Jenis kendaraan bermotor roda dua 4 langkah adalah motor honda supra-x tahun 2003 standar.
c. Suhu pembuatan adsorben terdiri dari 200 °C, 300 °C dan 400 °C.
d. Kadar TiO_2 yang terpilarisasi dalam zeolit terdiri dari 5%, 10% dan 15%.

e. Mekanisme sentrifugal yang terjadi, tidak memperhatikan besaran gaya, tekanan, percepatan dan jarak antar adsorben serta massa adsorben itu sendiri.

f. Pembuatan media adsorben tidak memperhatikan sifat bahan-bahan perekat.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Mengetahui tingkat removal/penurunan gas buang CO dan partikel dengan TiO_2 yang terpilarisasi dalam zeolit dalam mengadsorbsi gas buang emisi yang berasal dari kendaraan bermotor.

b. Mengetahui pengaruh suhu (pembuatan adsorben) dalam mengadsorbsi gas buang CO dan partikel yang berasal dari kendaraan bermotor.

c. Mengetahui pengaruh persentase kadar TiO_2 yang terpilarisasi dalam mengadsorbsi gas buang gas buang CO dan partikel yang berasal dari kendaraan bermotor.

1.5. Manfaat Penelitian

a. Sebagai upaya dalam meminimalkan pencemaran udara dari CO dan partikel dalam emisi gas buang, khususnya kendaraan bermotor dua roda 4 tak.

b. Dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan tentang manfaat yang dimiliki oleh zeolit dan TiO_2 sebagai pilar dalam zeolit untuk mereduksi emisi gas buang khususnya CO dan partikel pada kendaraan bermotor roda dua jenis 4 tak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara

2.1.1. Atmosfer

Atmosfer berasal dari kata Yunani yaitu *atmos* berarti uap dan *sphaira* berarti bulatan. Jadi atmosfer adalah lapisan gas yang menyelubungi bumi. Atmosfer penting bagi kehidupan karena tanpa atmosfer manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan tidak dapat hidup, dan merupakan pelindung kehidupan di bumi dari radiasi matahari yang kuat pada siang hari dan mencegah hilangnya panas ke ruang angkasa pada malam hari. Susunan lapisan atmosfer terbentuk karena adanya perbedaan suhu akibat adanya interaksi dengan sinar matahari, gaya gravitasi dan rotasi bumi. Yang terdiri dari troposfer, stratosfer, mesosfer dan termosfer (Tjasyono,1986).

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya dan udara yang kita hirup ini terletak dalam lapisan troposfer setebal 8-12 km dari permukaan bumi.

Selain udara kering, lapisan atmosfer juga mengandung air dalam ketiga fasanya dalam bentuk cair, padat atau es dan gas, dan partikel padat dan cair yang mengapung di atmosfer yang disebut dengan aerosol atmosfer. Karena itu, udara kering yang murni di alam tidak pernah dijumpai, karena dua alasan yaitu adanya

uap air di udara yang jumlahnya berubah-ubah dan adanya pencemaran di udara. Susunan (komposisi) udara bersih dan kering dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1. Susunan Udara Bersih dan Kering

Unsur	Konsentrasi	
	%	ppm
Nitrogen	78,09	780.900
Oksigen	20,94	209.400
Argon	0,39	9.300
Karbondioksida	0,0318	318
Neon	0,0018	18
Helium	0,00052	5,2
Krepton	0,0001	1
Xenon	0,000008	0.008
Nitrogen oksida	0,000025	0,25
Hidrogen	0,00005	0,5
Metana	0,00015	1,5
Nitrogendioksida	0,0000001	0,001
Ozone	0,000002	0,02
Belerangdioksida	0,00000002	0,0002
Karbon monoksida	0,00001	0,1
Amonia	0,000001	0,01

(Sumber : Wardana 1995)

Menurut jenis pemeriksaannya udara dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu udara ambien dan udara emisi. Udara ambien adalah udara yang berada di dalam lapisan atmosfer (troposfer), sedangkan udara emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari sebuah kegiatan yang masuk atau dimasukkan ke udara ambien., misalnya udara emisi cerobong asap, kendaraan bermotor dan lain-lain.

2.1.2. Pengertian Pencemaran Udara

Berdasarkan peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Lingkungan pasal 1, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ketingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Menurut keputusan Menteri Negara Lingkungan Kependudukan dan Lingkungan Hidup NO.02/MENKLH/1988 yang dimaksud dengan polusi atau pencemaran air dan udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam air/udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) air/udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air/udara turun sampai ketingkat tertentu yang menyebabkan air/udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi seperti keperuntukkannya.

Pencemaran udara menurut Wardhana (1995), diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di

dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan menggangu kehidupan manusia, hewan dan binatang.

Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas ddan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara. Masuknya zat pencemar udara dapat secara alami dan atau berbuatan manusia (Soedomo, 2001).

Pada intinya pengertian pencemaran udara adalah masuknya, atau tercampurnya, unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfir yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, gangguan pada kesehatan manusia serta secara umum menurunkan kualitas lingkungan itu sendiri (Anonim,2004).

2.1.3. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami (natural) dan juga kegiatan manusia (antropogenik). Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi atau pembusukan biotik, debu dan lain sebaginya. Pencemaran udara akibat aktivitas manusia (antropogenik), secara kuantitatif sering lebih besar. Untuk kategori ini sumber-sumber pencemaran dibagi dalam pencemaran akibat trasportasi, industri, dari persampahan baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga (Seodomo, 2001).

Di Indonesia kegiatan transportasi memberikan kontribusi terbesar terhadap pencemaran udara di kota-kota besar atau sekitar 70% dari total sumber pencemaran udara. Emisi kendaraan bermotor yang dikeluarkan melalui knalpot

berupa senyawa kimia yang berbahaya bagi atmosfir berasal dari proses pembakaran dengan mengunakan bahan bakar fosil (Anomim,2002).

2.1.4. Jenis Pencemaran Udara

Dilihat dari ciri fisiknya, bahan pencemar atau polutan dapat berupa, partikel (debu, aerosol, timah hitam), gas (CO, NO_x, SO_x, H_2S, Hidrokarbon) dan energi (suhu dan kebisingan).

Berdasarkan komposis kimia, polutan dibedakan menjadi organik dan inorganik. Polutan organik mengandung karbon dan hidrogen, juga beberapa elemen seperti oksigen, nitrogen, sulfur atau fosfor; contohnya hidrokarbon, keton, alkohol, ester dan lain- lain. Polutan anorganik seperti karbon monoksida (CO), karbonat, nitrogen oksida, ozon dan lainnya.

Berdasarkan dari kejadian terbentuknya bahan pencemar terdiri dari pencemar primer, yang diemisikan langsung oleh sumber dan pencemar sekunder, yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat.

Gas di udara dengan reaksi fotokimia dapat membentuk bahan pencemar sekunder, misalnya gas SO_2 beraksi dengan uap air di udara akan membentuk asam sulfit (H_2SO_3) dan nitrogen dioksida berubah menjadi nitrogen monoksida dengan oksigen dan sebagainya.

Partikel dengan ukuran antara 0,01-5 μm merupakan sumber pencemar udara yang utama karena keadaanya tidak terlihat secara nyata dan terus berada di atmosfer untuk waktu yang cukup lama dan kemungkinan besar dengan proses kimia dapat berubah menjadi bahan pencemar sekunder. Dampak negatif dari

bahan-bahan pencemar ini biasanya berupa gangguan pada bahan-bahan bangunan, tanaman dan hewan serta manusia.

2.1.5. Dampak Pencemaran Udara

Berdasarkan studi Bank Dunia tahun 1994, pencemaran udara merupakan pembunuh kedua bagi anak balita di Jakarta, 14% bagi seluruh kematian balita seluruh Indonesia dan 6% bagi seluruh angka kematian penduduk Indonesia. Jakarta sendiri adalah kota dengan kualitas terburuk ketiga di dunia (Anonim,2004).

Dampak terhadap kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara akan terakumulasi dari hari ke hari. Pemaparan dalam jangka waktu lama akan berakibat pada berbagai gangguan kesehatan, seperti *bronchitis*, *emphysema*, dan kanker paru-paru. Dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pencemaran udara berbeda-beda antar individu. Populasi yang paling rentan adalah kelompok individu berusia lanjut dan balita. Menurut penelitian di Amerika Serikat, kelompok balita mempunyai kerentanan enam kali lebih besar dibandingkan orang dewasa. Kelompok balita lebih rentan karena mereka lebih aktif dan dengan demikian menghirup udara lebih banyak, sehingga mereka lebih banyak menghirup zat-zat pencemar (Anonim,2004)

Dampak terhadap lingkungan dari pencemaran udara antara lain adalah pemanasan global. Efek rumah kaca (*green house effect*) merupakan suatu keadaan yang timbul akibat semakin banyaknya gas buang CO_2 ke udara. Karbon dioksida hasil pembakaran bahan bakar fosil (terutama) akan mengumpul pada lapisan tertentu di lapisan atmosfer kita (troposfer) yang membentuk semacam

"perisai". Adanya perisai ini menyebabkan panas yang keluar dari bumi tidak dapat dengan bebas keluar dari lapisan atmosfer, namun akan dikembalikan lagi ke bumi. Lapisan karbon dioksida tersebut seolah-olah berfungsi sebagai reflektor terhadap panas dari bumi. Panas dari bumi yang dikembalikan (dipantulkan) lagi ke bumi ini akan menaikkan suhu bumi (Wardhana, 1995). Karbon dioksida bukan satu-satunya penyebab efek rumah kaca. Metana (CH_4), CFC, Nitros Oksida (N_2O) dan ozon troposfer merupakan zat-zat yang dapat juga menyebabkan efek rumah kaca (Soedomo, 2001).

Ozon di lapisan atas (lapisan stratosfer), terbentuk secara alami, dan melindungi bumi. Namun zat kimia buatan manusia telah merusak lapisan tersebut, sehingga menimbulkan penipisan lapisan ozon. Zat kimia itu dikenal dengan ODS (*ozone-depleting substances*), diantaranya *chlorofluorocarbons* (CFCs), *hydrochlorofluorocarbons* (HCFCs), *halons*, *methyl bromide*, *carbon tetrachloride*, dan *methyl chloroform*. Zat perusak ozon tersebut sebagian masih digunakan sebagai bahan pendingin (*coolants*), *foaming agents*, pemadam kebakaran (*fire extinguishers*), pelarut (*solvents*), pestisida (*pesticides*), dan *aerosol propellants*.

Kloroflorokarbon atau *Chlorofluorocarbon* (CFC) mengandung klorin (*chlorine*), florin (*fluorine*) dan karbon (*carbon*). CFC ini merupakan aktor utama penipisan lapisan ozon. CFCs sangat stabil di troposfer. CFCs yang paling umum adalah CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, dan CFC-115. Potensi merusak ozon dari CFC tersebut secara berurutan adalah 1, 1, 0.8, 1, dan 0.6. Di udara, zat ODS tersebut terdegradasi dengan sangat lambat. Bentuk utuh mereka dapat

bertahan sampai bertahun-tahun dan mereka bergerak melampaui troposfer dan mencapai stratosfer. Di stratosfer, akibat intensitas sinar ultraviolet matahari, mereka pecah, dan melepaskan molekul chlorine dan bromine, yang dapat merusak lapisan ozon. Para peneliti memperkirakan satu atom chlorine dapat merusak 100.000 molekul ozon.

Penipisan lapisan ozon pelindung akan meningkatkan jumlah radiasi matahari ke bumi yang dapat menyebabkan banyak kasus kanker kulit, katarak, dan pelemahan sistem daya tahan tubuh. Terkena UV berlebihan juga dapat menyebabkan peningkatan penyakit melanoma, kanker kulit yang fatal. Menurut US EPA, sejak 1990, resiko terkena melanoma telah berlipat dua kali. Selain kesehatan sinar ultraviolet juga dapat mengakibatkan suhu bumi menjadi naik.

Ultraviolet dapat juga merusak tanaman sensitif, seperti kacang kedelai, dan mengurangi hasil panen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa fitoplankton di laut, yang merupakan basis rantai makanan di laut, telah mengalami tekanan akibat ultraviolet. Tekanan ini dapat berdampak pada manusia berupa terpengaruhinya pasokan makanan dari laut (Anonim,2005).

Hujan asam merupakan istilah umum untuk menggambarkan turunnya asam dari atmosfer ke bumi. Sebenarnya turunnya asam dari atmosfer ke bumi bukan hanya dalam kondisi "basah" tetapi juga "kering". Sehingga dikenal pula dengan istilah deposisi (penurunan/pengendapan) basah dan deposisi kering. Deposisi basah mengacu pada hujan asam, kabut dan salju. Ketika hujan asam ini mengenai tanah, ia dapat berdampak buruk bagi tumbuhan dan hewan, tergantung dari konsentrasi asamnya, kandungan kimia tanah, *buffering capacity* (kemampuan air

atau tanah untuk menahan perubahan pH), dan jenis tumbuhan/hewan yang terkena. Deposisi kering mengacu pada gas dan partikel yang mengandung asam. Sekitar 50% keasaman di atmosfer jatuh kembali ke bumi melalui deposisi kering. Kemudian angin membawa gas dan partikel asam tersebut mengenai bangunan, mobil, rumah an pohon. Ketika hujan turun, partikel asam yang menempel di bangunan atau pohon tersebut akan terbilas, menghasilkan air permukaan (runoff) yang asam. Angin dapat membawa material asam pada deposisi kering dan basah melintasi batas kota dan negara sampai ratusan kilometer.

Menurut para ahli, bahwa SO_x dan NOx merupakan penyebab utama hujan asam. Hujan asam terjadi ketika gas-gas tersebut di atmosfer bereaksi dengan air, oksigen, dan berbagai zat kimia yang mengandung asam. Sinar matahari meningkatkan kecepatan reaksi mereka. Hasilnya adalah larutan Asam Sulfat dan Asam Nitrat (konsentrasi rendah). Untuk mengukur keasaman hujan asam digunakan pH meter. Air murni menunjukkan pH 7,0 air asam memiliki pH kurang dari 7 (dari 0-7), dan air basa menunjukkan ph lebih dari 7 (dari 7-14). Air hujan normal memang agak asam, pH sekitar 5,6 karena karbon dioksida (CO2) dan air bereaksi membentuk carbonic acid (asam lemah). Jika air hujan memiliki pH dibawah 5,6 maka dianggap sudah tercemari oleh gas mengandung asam di atmosfer. Hujan dikatakan hujan asam jika telah memiliki pH dibawah 5,0. Makin rendah pH air hujan tersebut, makin berat dampaknya bagi mahluk hidup (Anonim,2005).

2.2. Karbon Monoksida

2.2.1. Sumber Karbon Monoksida

Menurut Wardhana (1995) karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berbau, tidak berasa dan juga tidak berwarna. Gas CO dapat berbentuk cair pada suhu di bawah -198° C. Gas CO sebagian besar terbentuk dari pembakaran bahan-bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar dengan udara, secara tidak sempurna (kekurangan Oksigen).

Oksidasi tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon terjadi jika jumlah oksigen yang tersedia kurang dari jumlah yang dibutuhkan untuk proses pembakaran sempurna dimana dihasilkan karbon monoksida. Secara umum terbentuknya gas CO adalah melalui proses berikut ini:

1. Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara (oksigen) yang tidak sempurna.
2. Pada suhu yang tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida dengan karbon yang menghasilkan gas CO.
3. Pada suhu yang tinggi, CO_2 dapat terurai kembali menjadi CO dan O_2.

Pada proses pembakaran bahan bakar yang digunakan lebih banyak dari udara, hal ini memungkinkan terjadinya gas CO. Reaksinya adalah sebagi berikut:

$$2\,C + O_2 \longrightarrow 2\,CO \quad \text{.....2.1.}$$

kalau jumlah udara (oksigen) cukup maka akan terjadi reaksi lanjutannya, yaitu:

$$CO + 0{,}5\,O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \text{.....2.2.}$$

Reaksi pembentukan CO lebih cepat dari pada reaksi pembentukan CO_2, sehingga pada hasil akhir pembakaran masih mungkin terdapat gas CO. Apabila

pencampuran bahan bakar dan udara tidak rata, maka masih ada bahan bakar (karbon) yang tidak berhubungan dengan oksigen dan keadaan ini menambah kemungkinan terbentuknya gas CO yang terjadi pada suhu tinggi dengan mengikuti reaksi sebagai berikut ini:

$$CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO \quad \text{.....2.3.}$$

Selain dari pada itu, pada reaksi pembakaran yang menghasilkan panas dan suhu tinggi akan membantu terjadinya penguraian (disosiasi) gas CO_2 menjadi gas CO yang mengikuti reaksi berikut:

$$CO_2 \longrightarrow CO + O \quad \text{.....2.4.}$$

Penyebarannya di udara lebih terpusat pada daerah sumber timbulnya pencemaran tersebut, oleh karena itu CO merupakan masalah di kota-kota besar dimana ruangan udara dibatasi oleh jalan-jalan dan gedung-gedung.

2.2.2. Pengaruh Karbon Monoksida

Sudah sejak lama diketahui bahwa gas CO dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan, bahkan juga dapat menimbulkan kematian. Karbon monoksida apabila terhisap kedalam paru-paru dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan tubuh. Hal ini dapat terjadi karena gas CO bersifat racun metabolis, ikut bereaksi secara metabolis dengan darah.

Didalam darah, gas CO dapat berikatan dengan hemoglobin menghasilkan Karboksi hemoglobin, seperti reaksi dibawah ini :

$$CO + Hb \longrightarrow COHb \quad \text{.....2.5.}$$

Yang menggantikan reaksi oksigen dengan hemoglobin. Hal ini dikarenakan kemampuan hemoglobin dalam darah untuk berikatan dengan CO lebih besar dari

pada dengan O_2 (140 kali). sehingga dihasilkan COHb makin banyak dan hal ini berakibat menggangu fungsi darah untuk mengangkut O_2 sebagai bahan bakar didalam tubuh. Akibat keracunan gas CO ini dapat dilihat dari gejala sesak nafas, peradangan selaput lendir yang akhirnya membuat terganggunya sistem urat syaraf (Polling dan Tjokrodaoerdjo, 1991). Efek yang membahayakan manusia telah diamati pada paparan CO pada konsentrasi 12 sampai 17 mg/m^3 atau 10-15 ppm selama 8 jam. Pengaruh kesehatan ini terdiri atas tekanan fisiologikal, terutama pada penderitaan penyakit jantung, keracunan darah, dst.

Tabel.2.2. Pengaruh Konsentrasi COHb didalam darah terhadap kesehatan manusia.

Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Pengaruh terhadap manusia
< 1,0	Tidak ada pengaruh.
1,0-2,0	Penampilan agak tidak normal.
2,0-5,0	Pengaruh terhadap sistem syaraf sentral, reaksi panca indra tidak normal, benda terlihat kabur.
≥ 5,0	Perubahan fungsi jantung.
10,0-80,0	Kepala pusing, mual berkunang-kunang, kesukaran bernafas, kematian.

* Stoker dan Seager (1972)
(Sumber : Fardiaz, 1992)

Secara normal sebenarnya darah mengandung COHb dalam jumlah sekitar 0,5%. Jumlah ini berasal dari CO yang diproduksi oleh tubuh selama metabolisme pemecahan heme yaitu komponen dari hemoglobin. Persen COHb didalam darah manusia yang mengalami kontak dengan CO pada konsentrasi kurang dari 100 ppm dapat ditentukan mengunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ COHb} = 0{,}16 \times [\text{CO}]_{\text{di udara}} + 0{,}5 \quad \text{.....2.6.}$$

Walaupun demikian, pengaruh CO terhadap tanaman dan material belum terbukti.

2.3. Partikel

2.3.1. Sumber Partikel

Partikel adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun dalam pengertian yang lebih luas, dalam kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemar partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk pencemaran udara.

Secara alamiah partikulat berasal dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau berasal dari muntahan letusan gunung berapi dan juga berasal dari semburan uap air panas. Sumber pencemaran partikel akibat ulah manusia sebagian besar berasal dari pembakaran batu bara, proses industri, kebakaran hutan dan gas buangan transportasi. Sumber utama pencemaran partikel seperti tampak pada tabel 2.2.

Tabel 2.3. Sumber Utama Polutan Partikel

Sumber Polutan	% bagian	% Total
Transportasi		4,3
- mobil bensin	1,8	
- mobil diesel	1,0	
- kereta api	0,7	
- kapal laut	0,4	
- sepeda motor dll	0,4	
Pembakaran stasioner		
- batubara	29,0	
- minyak	1,0	
- gas alam	0,7	
- kayu	0,7	
Proses industri	26,5	26,5
Pembuangan limbah padat	3,9	3.9

Sumber Polutan	% bagian	% Total
Lain-lain		33,9
- kebakaran hutan	23,7	
- pembakaran sisa batu bara	1,4	
- pembakaran limbah pertanian	8,4	
- lain-lain	0,4	

Sumber: Wardhana, 1995

Pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung karbon akan menimbulkan asap yang hampir seluruhnya terdiri dari partikel karbon murni atau bercampur dengan berbagai gas-gas organik.

Polutan partikulat yang berasal dari kendaraan bermotor umumnya merupakan fasa padat yang terdispersi dalam udara dan membentuk asap. Fasa padatan tersebut berasal dari pembakaran tak sempurna bahan bakar minyak yang berkomposisikan senyawa organik hidrokarbon. Selain itu partikulat juga mengandung timbal yang merupakan bahan aditif untuk meningkatkan kinerja pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan.

2.3.2. Pengaruh Partikel

Partikel asap mempunyai diameter berkisar 0.5 – 1 μm. Asap dapat mengurangi jarak pandang karena partikel padatan di dalamnya memencarkan atau menyerap sinar. Intensitas pengurangan jarak pandang ini tergantung kepada ukuran dan bentuk dari partikulat. Menurunnya jarak pandang berdampak negatif terhadap sistem transportasi khususnya pesawat terbang dengan memperlambat operasi bandara udara karena kebutuhan untuk menambah jarak antar pesawat guna menghindari kecelakaan.

Asap juga menyebabkan kotornya pakaian dan bahan tekstil, korosi pada bahan bangunan dari logam (khususnya pada kelembaban 75%) serta merusak cat

bangunan. Partikulat memencarkan dan memantulkan sinar matahari sehingga mengurangi intensitas sinar yang jatuh ke permukaan bumi. Hal ini dapat memperlama periode hujan dan salju.

Selain itu asap juga dapat merusak kesehatan mahluk hidup. Partikulat yang menempel pada permukaan daun dapat merusak jaringan daun jika terserap kedalamnya. Selain itu partikulat akan menutup stomata sehingga mengurangi kemampuan tumbuhan untuk berfotosintesis dan mengganggu pertumbuhannya.

Hewan yang memakan tumbuhan yang terlapisi oleh partikukat dapat mengalami gangguan pencernaan bahkan kematian karena keracunan zat-zat berbahaya yang terdapat pada partikulat tersebut. Efek partikulat pada kesehatan manusia menjadi berbahaya dikarenakan ukuran partikulat yang sangat kecil dapat menembus sistem pernapasan sampai ke bagian paru-paru bagian dalam. Terlebih lagi partikulat dapat mengikat polutan lain yang terdapat di dalam udara (SO_x, NO_x, dll) sehingga tertinggal dalam tubuh untuk waktu yang lebih lama.

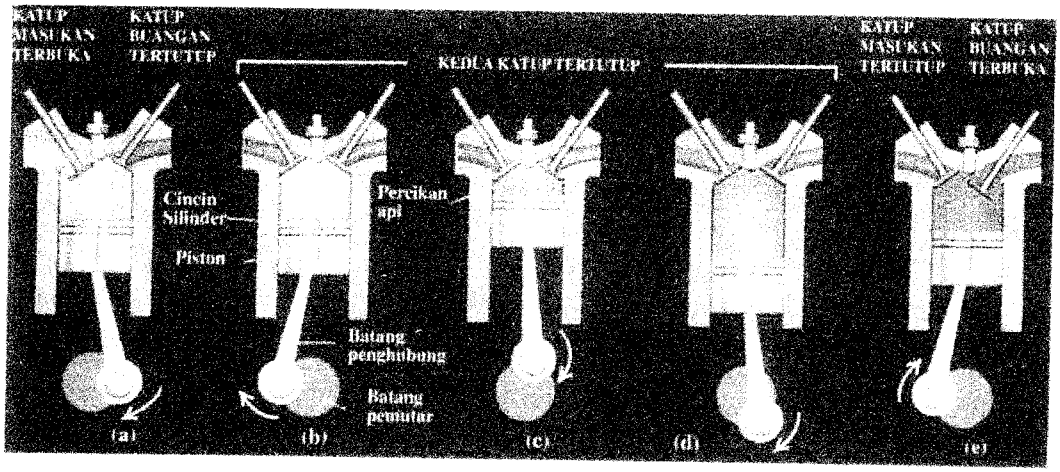
Penelitian intensif telah dilakukan terhadap efek timbal pada manusia karena kerusakan jaringan tubuh yang ditimbulkan lebih hebat, terutama pada sistem pembentukan darah, sistem saraf dan sistem ekskresi. Termasuk juga sistem reproduksi, fungsi hati, jantung serta enzim dalam tubuh.

2.4. Pembakaran Kendaraan Bermotor

2.4.1. Mekanisme Pembakaran Dalam

Mesin bensin, yang dipakai pada mobil dan banyak jenis mesin lainnya, adalah contoh umum sebuah mesin kalor (pembakaran-dalam). Gambar 2.1.

menunjukkan operasi mesin pembakaran-dalam empat langkah. Pertama-tama, campuran udara dan uap bensin mengalir kedalam silinder melalui katup masukan yang terbuka ketika piston turun, pada akhir langkah masukkan ini, katup masukkan menutup dan campuran terkompresi. Campuran ini kemudian dinyalakan oleh percikan api dan gas yang panas berekspansi hampir secara adiabatik mendorong piston dan melakukan kerja. Akhirnya katup pembuangan terbuka dan produk pembakaran terdorong ke luar (selama langkah penutupan) meninggalkan silinder yang siap melakukan langkah masukan selanjutnya.



Gambar.2.1: Siklus mesin pembakaran dalam empat langkah

Dari gambar diatas diketahui bahwa terdapat 4 tahapan, yaitu:

(a) Langkah masukkan: piston turun, menyebabkan vakum sebagian didalam silinder, campuran bensin dan udara mengalir kedalam silinder melalui katup masukan yang terbuka.

(b) Langkah kompresi: katup masukkan menutup, dan campuran terkompresi saat piston naik.

(c) Penyalaan: percikan api menyalakan campuran.

(d) Langkah pembuangan: katup pembuangan membuka dan piston naik, mendorong campuran yang terbakar keluar dari silinder. Sekarang mesin siap lagi untuk langkah masukan berikutnya, dan siklus terus berulang (Young & Freedman, 2001).

2.4.2. Reaksi pembakaran dalam

Reaksi pembakaran adalah reaksi suatu senyawa (dalam hal ini bahan bakar fosil) dengan oksigen. Namun karena oksigen yang terdapat dalam udara juga mengandung nitrogen, maka reaksi pembakaran disini juga melibatkan nitrogen (N_2) dalam. Dalam bensin atau bahan bakar bermotor dalam hal ini merupakan senyawa hidrokarbon (dianggap terdiri atas oktana murni) di dalam silinder mesin terjadi reaksi kimia sebagi berikut:

$$C_8H_{18} + 12{,}5\ O_2 + 12{,}5(3{,}76)\ N_2 \longrightarrow 8\ CO_2 + 9\ H_2O + 47\ N_2 \quad \ldots\ldots 2.7$$

Bila reaksi yang terjadi seperti diatas, maka reaksi pembakarannya disebut proses pembakaran yang *stoikiometris* dimana semua atom oksigen bereaksi sempurna dengan bahan bakar (Wardhana, 1995).

Campuran ini dinamakan campuran ideal. Akan tetapi pada kenyataannya gas buang dari proses pembakaran ini mengandung hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida akibat tidak sempurnanya proses pembakaran, NO_x, SO_x dan partikel-partikel (Basuki, 2004). Disamping itu efisiensi dari mesin bensin itu sendiri berkisar antara 35%, hal ini dikarenakan terjadinya gesekan, turbulensi, panas yang hilang ke dinding silinder dan banyak efek lainnya yang bekombinasi untuk mengurangi efisiensi dari mesin itu sendiri (Young & Freedman, 2001).

2.5. Zeolit

2.5.1. Pengertian Zeolit

Istilah zeolit berasal dari kata "zein" yang diambil dari bahasa Yunani yang berarti membuih dan "lithos" yang berarti dipanaskan, sehingga zeolit adalah mineral yang akan berbuih bila dipanaskan pada suhu 100° C (Rohmanti,2005; Mursi, 1986).

Zeolit atau tanah jenis lempung memiliki kandungan monmorillonit lebih dari 85%. Dimana komposisi montmorilonit pada zeolit berbeda-beda tergantung pada proses pembentukannya di alam dan asal daerah zeolit tersebut. Zeolit sendiri memiliki sifat sangat lunak, ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, mudah menyerap air dan melakukan pertukaran ion. Dalam struktur zeolit terdapat kation-kation logam alkali, dimana memiliki sifat menetralkan muatan dalam struktur alumina silika.

2.5.2. Pembentukan Zeolit

pembentukan zeolit dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu:

1. Zeolit yang terbentuk pada temperatur tinggi, dimana masing-masing temperatur tertentu akan terbentuk jenis zeolit yang tertentu pula. Yang termaksud dalam kelompok ini adalah akibat dari proses magmatik primer, proses methamorphose kontak, proses methamorphose hidroternal, proses penurunan dan pengangkatan lingkungan pembentukkannya dengan disertai methamorphose regional.
2. Zeolit yang terbentuk didekat permukaan lingkungan sedimentasinya dengan perubahan proses kimia merupakan faktor utama. Yang termaksud kelompok

ini adalah sebagai akibat pengaruh pergerakan air tanah, pelapukan ataupun karena sifat alkalin pada *saline lake deposits*.

a. Zeolit yang terbentuk pada suhu rendah pada lingkungan pengendapan laut.
b. Zeolit yang terbentuk sebagai akibat dari terbentuknya craters di lingkungan dasar laut yang menghasilkan *fast hydrothermal zeolitization* dari gelas vulkanik (Sukandarrumidi, 1999).

Menurut proses pembentukkannya zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu zeolit alam dan buatan. Pembentukan zeolit secara alamiah sangat menarik sehingga memunculkan pemikiran tentang pembuatan zeolit dengan proses yang sama. Pada kenyataannya sedimentasi zeolit berlangsung secara berkesinambungan terutama yang terbentuk di dalam dasar lautan.

1. Zeolit alam.

Mineral zeolit ini telah diketahui sejak tahun 1756 oleh seorang minerolog bangsa Swedia yang bernama F.A.F Cronstedt. Di alam banyak ditemukan pada batuan lava, dalam batuan terutama sedimen proklasik berbutiran halus (tuf). Pada terbentuknya endapan zeolit maka mineral klipnoptilolit dan filipsit akan terbentuk dahulu, karena keduan mineral ini adalah mineral pendahulu atau mineral bibit/mineral penurun bagi mineral lainnya yaitu mineral analsim heulandit, sementit dan mordenit (Rohmanti,2005; Mursi, 1986).

Jenis zeolit alam ada dua kelompok yaitu:

a. Zeolit yang terdapat diantaranya dicelah-celah batuan atau diantara lapisan batuan. Pada umumnya zeolit yang terdiri dari mineral zeolit yang bersama-sama dengan mineral lainnya seperti kalsit, kwarsa, renit, flourit, mineral sulfide dan lainya.

b. Zeolit yang berupa batuan, jenis zeolit yang terbentuk batuan antara lain klinoptilolit, anlsim, laumontit, mordenit, erionit, kabasit dan heulandit.

Batuan zeolit dalam proses terbentuknya dapat dibedakan menjadi tujuh kelompok, yaitu:

i. Mineral yang terbentuk di alam dari endapan gunung berapi didalam danau asin tertutup.

ii. Mineral yang terbentuk didalam danau air tawar atau lingkungan air tawar terbuka.

iii. Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut.

iv. Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorfosis berderajat rendah karena pengaruh timbunan.

v. Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktivitas hidrotermal atau air panas.

vi. Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung berapi didalam tanah yang bersifat alkali.

vii. Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan/mineral lain dan tidak ada hubungan langsung dengan kegiatan vulkanik.

2. Zeolit sintetis

Merupakan zeolit yang direkayasa oleh manusia secara kimia. Pembuatan zeolit ini dari gel amino silikat semacam gel yang dibuat dari larutan natrium aluminat, natrium silikat dan natrium hidroksida. Zeolit sintetis dapat dikelompokkan menjadi tiga sesuai dengan perbandingan komposisi Al dan Si, yaitu zeolit Kadar Si rendah, zeolit Kadar Si sedang dan zeolit Kadar Si tinggi.

2.5.3. Struktur Zeolit

kerangka dasar dari struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 san SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di alam struktur terbentuk Si^{4+} dapat diganti Al^{4+}. Zeolit memiliki rumus kimia sebagai berikut;

$(Na_4K_4)\,(Al_8Si_{40}O_{96}).24H_2O.$

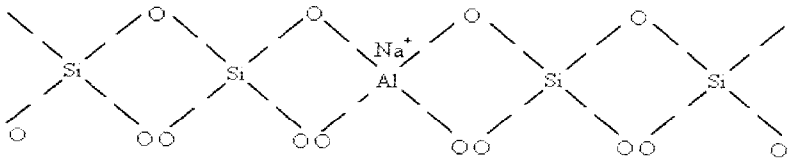
Sehingga zeolit akan terdiri dari tiga komponen, yaitu; kation dipertukarkan, kerangka alumninisilikat dan fase air.

Unit pembentukan utama yang membangun struktur mineral zeolit adalah SiO_2 dan Al_2O_3 yang mempunyai bentuk tetrahedral. Unit pembentuk saling mengikat membentuk *anionic* dalam tiga dimensi. Komponen unit pembentuk yang paling stabil adalah zeolit dengan perbandingan atom Si dan Al adalah 1:1. Struktur zeolit terbuka dengan mengandung rongga berisi ion-ion logam dan molekul-molekul air, rongga tersebut saling berhubungan membentuk sistem saluran ke segala arah. Setiap atom oksigen yang akan terbagi diantara atom silikat dan aluminat, perbandingannya menjadi: (Al + Si) : O = 1 : 2.

Untuk setiap Si^{2+} yang digantikan oleh Al^{3+} dalam kisi kristal akan membentuk muatan negatif, sehingga untuk menetralkan muatan listrik negatif ini dibutuhkan ion-ion alkali yang biasanya terdiri dari atas ion Na, K, Ba dan Mg (Barrer, 1978; Dweyer, 1984).

Unit-unit pembentuk struktur zeolit secara garis besar dibagi dalam dua bagian utama, yaitu:

1. Unit pembentukan primer adalah SiO_4 dan AlO_4^{2+} yang berbentuk tetrahedral. Strukturnya dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur pembentukan primer zeolit (Barrers, 1978)

2. Unit pembentukan sekunder, yaitu gabungan unit-unit pembentukan primer yang dapat membentuk berbagai cincin diantaranya adalah jenis lingkaran 4, 6, 8 atau berbentuk kubus dan cincin ganda lingkaran 4, prisma heksagonal atau gabungan dari cincin lingkar 4.

Zeolit ditemukan pada batuan tufa yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu vulkanik yang telah mengalami proses alterasi. Sebagai produk piroklasik atau aktivitas gunung berapi berupa semburan ke udara kemudian jatuh dalam lingkungan pengendapan, selanjutnya bahan tersebut mengalami rombakkan oleh aktivitas air dan terendapkan kembali ke lingkungan pengendapan yang lain. Karena aktivitas tektonik yang berupa pengangkatan dan diikuti oleh proses eksogenik yang intensif menyebabkan bahan galian tersebut tersingkap seperti

kondisi saat ini. Proses alterasi berlangsung pada lingkungan pengendapan bahan ini, menyebabkan terubahnya sebaginya material gelas vulkanik yang berukuran halus dan menjadi mineral zeolit (Anonim, 1999).

Menurut Mursi (1986) yang dikutip oleh Rohmanti (2005) faktor yang mempengaruhi terbentuknya mineral zeolit dari massa gelas, antara lain: proses terjadinya alterasi dan diagnesis; lingkungan pengendapan; cairan perantara yaitu air, tanah, air laut atau larutan hidrotermal; sifat kimianya berupa asam, basa atau netral; dan komposisi batuan asal.

2.5.4. Sifat Zeolit

Bahan galian ini menunjukan warna segar hijau muda, warna lapuk coklat kehijauan, struktur belapisan/laminasi, tekstur klasik, sortasi busuk, kemas terbuka, agak keras dan agak kompak. Sedangkan dari analisa fisik didapatkan:

a. Berat Jenis : 1,12 g/cm^3
b. Kuat Tekan : 105,20 kg/cm^2
c. Keausan : 6,0749 mm/menit
d. KTK (Kapasitas Penukar Ion) : 72,13 – 97,35 me/100 g

Adapun komposisi yang terdapat dalam zeolit yaitu; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, TiO_4 dan IO.

Bahan galian zeolit pada umumnya mengandung beberapa mineral pengotor antara lain kwarsa, plagioklas, monorilorit, pirit, kaolin dan lain-lain, sehingga diperlukan adanya perlakuan terhadap zeolit.

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh

sebab itu dapat dimanfaatkan sebagi penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorbsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila kristal zeolit tersebut dipanaskan.

b. Adsorbsi

Dalam keadaan normal ruang hampa kristal zeolit terisi oleh molekul bebas yang berada disekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300-400° C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran kepolarannya. Meskipun ada dua molekul atau lebih yang dapat melintas, hanya sebuah saja yang dapat lolos karena adanya pengaruh kutup antara molekul zeolit dengan zat tersebut. Molekul yang tidak jenuh atau mempunyai kutup akan lebih mudah lolos dari pada yang tidak berkutup jenuh.

2.6. Katalis

Sejumlah zat atau materi bila ditambahkan pada suatu reaksi kimia serta dapat mempercepat reaksi itu sendiri disebut katalis. Katalis tidak ikut bereaksi dengan karena zat tersebut terbentuk kembali pada akhir reaksi. Ada dua perbedaan sistem reaksi katalistik yang mengunakan kalalis, yaitu: sistem katalitik homogen dan katalitik heterogen.

Pada sistem homogen, reaktan dan katalis berada pada fasa yang sama dan reaksi terjadi pada seluruh fasa. Sistem heterogen adalah kebalikan dari sistem homogen, dimana reaktan dan katalis berada pada sistem yang berbeda. Reaktan dan produk berada pada fasa gas dan cair, sertakatalis berada pada fasa padat. Padat sistem ini reaksi terjadi pada antar muka atau bidang kontak antar reaktan dan katalis. Pemakaian katalis heterogen lebih menguntungkan karena jenis katalisnya padat, mudah dimodifikasi dan dapat diregensi dengan mudah pada suhu ruangan. Katalis heterogen dapat digunakan untuk mereaksikan senyawa-senyawa yang peka terhadap suasana asam dan tidak merusak warna yang dihasilkan.

Ada lima tahap yang terjadi dalam reaksi katalisis oleh katis heterogen. Kelima tahap tersebut adalah: difusi molekul reaktan kepermukaan katalis; adsorbsi reaktan oleh permukaan katalis; reaksi katalis pada permukaan; pelepasan produk reaksi dari permukaan katalis; dan difusi produk kembali ke sistem reaksi.

Kemampuan katalis tergantung pada permukaan zat padat berpori yang biasanya dikenal sebagai penopang katalis. Beberapa contah penopang katalis

yang sering digunakan diantaranya: silika gel, alumnia, karbon (Xianzhi, 1995). Dari sekian banyak katalis yang diantarnya adalah TiO_2. Dimata para ahli kimia TiO_2 merupakan bagian yang cocok untuk digunakan, karena tidak bersifat racun, selalu stabil dan bekerja pada suhu ruangan serta murah dan banyak kegunaan.

2.7. Pilarisasi

Pilarisasi merupakan interkalasi agen pemilar dalam struktur material berlapis. Interkalasi merupakan suatu proses penyisipan atom-atom atau melekul-molekul secara dapat balik (*reversible*) ke dalam antar lapisan material berlapis dengan tidak merusak struktur lapisan tersebut, menurut Guntoro dkk, 2004 yang dikutip dari Ogawa, 1992.

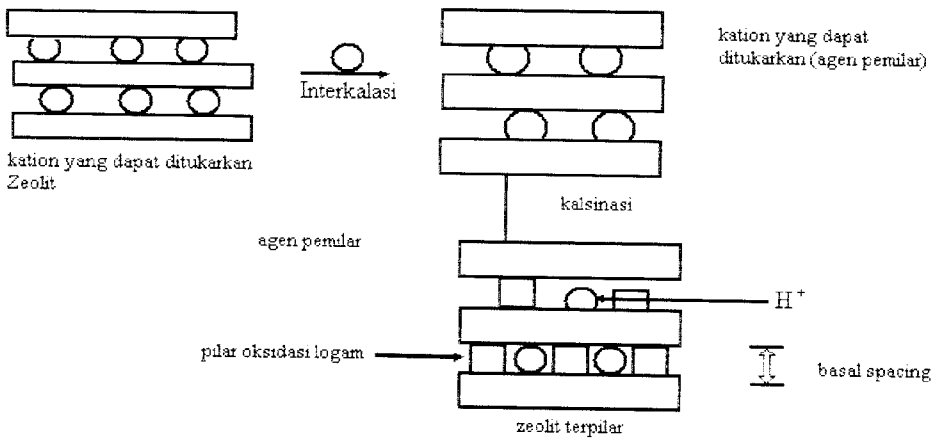
Pilarisasi dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti misalnya menggunakan polimer atau aligomer hidroksi logam yang dapat dihasilkan dari Al, Fe dan Zr, yang dilanjutkan dengan interkalasi pada clay dengan teknik sol gel.

Atom-atom atau molekul-molekul yang disisipkan biasanya disebut dengan interkalat, sedangkan lapisan yang merupakan tempat interkalat yang akan masuk disebut interkalan. Dengan masuknya interkalat kedalam interkalan maka susunan yang dimiliki interkalan mengalami perubahan. Perubahan tersebut terjadi karena disebabkan lapisan terdekat pada interkalan terhalang oleh interkalat karena memiliki ukuran molekul asalnya.

Interkalasi terjadi karena interkalat yang masuk berupa kation menggantikan kation-kation yang ada pada antar lapisan silikat lempung. Kation tersebut

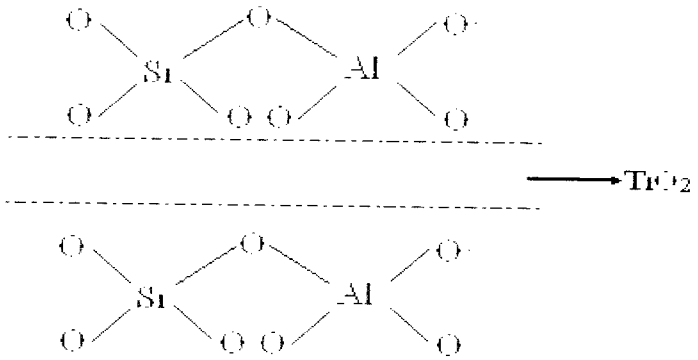
umumnya tidak kuat terikat sehingga sangat mudah digeser atau ditukarkan oleh kation-kation interkalat. Kation logam polihidroksi yang merupakan interlakat masuk kedalam antar lapis silikat lempung selanjutnya dikatalisasi untuk membentuk pilar-pilar oksida logam yang stabil. Pilar-pilar oksida logam yang terbentuk berfungsi sebagai pengikat antar lapisan silikat lempung sehingga struktur yang dimiliki lempung menjadi lebih kuat dan relatif lebih kuat terhadap perlakuan panas dibandingkan lempung tanpa terpilar yang dapat mengalami kerusakan struktur diatas suhu 200°C.

Pemilaran antar lapisan silikat lempung zeolit dengan TiO_2 pada dasarnya merupakan interkalasi agen pemilar senyawa kompleks Ti (kation Ti-polihiroksi) kedalam antar lapisan silikat lempung melalui mekanisme pertukaran kation antara kation Ti-polihiroksi dengan kation-kation Na^+, K^+ dan Ca^+ yang ada pada lempung zeolit.



Gambar 2.3. Skema pembentukan pilar zeolit (Leonard, 1995; Sumerta, 2002)

Terbentuknya pilar atau tiang oleh molekul TiO_2 menjadikan antar lapis silikat akan terekspansi atau terhalang oleh adanya molekul tersebut karena molekul yang terbentuk memiliki ukuran relatif lebih besar dari molekul asalnya. Pemilaran antar lapis silikat lempung zeolit dengan TiO_2 ditunjukkan pada gambar berikut (Cheng dan Yang, 1995).



Gambar 2.4. Pemilaran antar lapis silikat lempung dengan TiO_2

2.8. Titanium Oksida (TiO_2)

Oksida TiO_2 merupakan padatan berwarna putih, tidak larut dalam HCL, HNO_3 dan aquaregia tetapi dapat larut dalam asam sulfat pekat membentuk titanium sulfat ($Ti(SO)_4$). Titanium (Ti) adalah unsur 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 berwarna. Ion titanium (III) dalam air bersifat kurang stabil dan mudah mengalami oksidasi

menjadi titanium (IV). Dibawah ini dapat dilihat sifat sifik dan mekanik TiO_2 yang khas.

Tabel.2.4.. Sifat fisik dan mekanik TiO_2

Densitas	4 gcm^{-3}
Porositas	0 %
Modulus rekah	140 MPa
Kekuatan kemampatan	680 MPa
Titik lebur	1830-1850 °C
Titik didih	2500-3000 °C

Sumber : Guntoro,2004; Anonim, 2004

2.9. Adsorbsi

Adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain menurut Margono, dkk (1991). Adsorbsi adalah suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas atau cair (adsorbat) (Gregg dan Sing, 1967). Sedangkan menurut Bear (1958), adsorbsi adalah suatu perubahan kosentrasi komponen antar lapisan dan bagian dalam dari fasa yang berdekatan.

Fasa yang mengabsorbsi disebut absorben dan fasa yang teradsorbsi disebut adsorbat. Terjadinya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang akan mengakibatkan terjadinya proses adsorbsi. Peristiwa ini cenderung menarik molekul-molekul yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas maupun fasa larutan kedalam permukaan padatan. Mengakibatkan konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dibandingkan dalam fasa gas atau fasa yang terlarut.

Secara umum adsorbsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis :

1. Adsorbsi fisik adalah adsorbsi yang melibatkan gaya antar molekul yang lemah, seperti gaya Van der Waals atau ikatan-ikatan hidrologi. Proses ini sepenuhnya bersifat reversible, sehingga memungkinkan terjadinya desorpsi pada temperatur yang sama.
2. Adsorbsi kimia adalah adsorbsi yang terjadi apabila terdapat ikatan kimia antara molekul zat yang teradsorbsi dengan molekul adsorben. Pada peristiwa ini terjadi ikatan kovalen, sebagai hasil elektron yang disumbangkan secara bersama-sama oleh adsorben dan adsorbat.

Jumlah molekul pendatang yang dapat teradsorbsi oleh zeolit tergantung pada beberapa faktor, antaranya adalah: ukuran dan bentuk saluran masuk kapiler dalam kristal zeolit; ukuran dan bentuk molekul pendatang; jumlah, lokasi dan ukuran kation yang dapat dipertukarkan; ada tidaknya penghambat saluran kapiler dalam kristal zeolit; ada tidaknya kerusakan kristal pada saluran didalam pori-pori zeolit; ada tidaknya molekul pendatang lain yang tertahan pada saluran pori (Fatimah, 1997).

2.9.1. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorbsi

1. Karakteristik fisik dan kimia zat penyerap termaksud didalamnya adalah luas permukaan, ukuran dan komposisi kimia.
2. Karakteristik fisik dan kimia zat penyerap yang meliputi komposisi kimia, ukuran, polaritas molekul, pH dan temperatur.
3. Konsentrasi zat terserap semakintinggi kosentrasi kontaminan semakin mudah untuk diserap karena semakin banyak molekul zat terserap.

4. kecepat 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 diameter dan semakin tinggi kolom semakin besar tingkat efisiensinya (Rohmanati,2005; Reynolds, 1982).

2.9.2. Adsorbsi Gas Oleh Zat Padat

Adsorbsi padat yang baik adalah yang porositasnya tinggi. Permukaan zat ini sangat luas hingga adsorbsi terjadi pada banyak tempat. Namun demikian adsorbsi dapat terjadi pada permukaan yang halus seperti gelas atau platina.

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

1. Adsorbsi terjadi sangat cepat, hanya kecepatan adsorbsinya makin berkurang dengan semakin banyaknya gas yang diserap.
2. Jumlah gas yang tergantung pada temperatur, makin jauh jarak temperatur penyerap dari temperatur kritis makin sedikit jumlah gas yang diserap.
3. Adsorbsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap suatu gas dalam jumlah banyak tetapi tidak menyerap gas-gas tertentu.
4. Adsorbsi tergantung dari luas permukaan adsorben, makin porous adsorben makin besar daya adsorbsinya.
5. Adsorbsi tergantung dari jenis dan pembuatan adsorben. Lempung yang berbeda mempunyai daya serap yang berbeda pula.

6. Adsorbsi merupakan proses yang dapat berbalik (*reversible*), bila tidak terjadi reaksi kimia. Penambahan tekanan menyebabkan penambahan prose adsorbsi dan pengurangan tekanan menyebabkan pelepasan gas yang diserap.
7. Jumlah gas yang teradsorbsi persatuan berat adsorben tergantung tekanan parsial gas, makin besar tekanan makin banyak pula gas yang terserap. Namun demikian bila penyerap telah jenuh tekanan tidak berpengaruh.

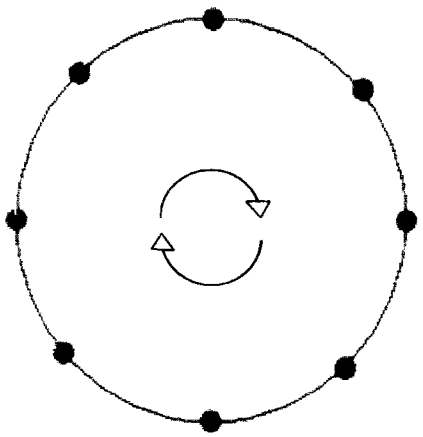
2.10. Gaya Sentrifugal

Gerakan perputar atau disebut dengan rotasi memiliki dua macam bentuk gaya, yaitu gaya sentripental dan gaya sentrifugal. Gaya sentripental sediri adalah gaya berputar yang menuju ke titik pusat sedangkan gaya sentifugal adalah gaya berputar yang meninggalkan pusat.

Sentrifugal berarti "meningalkan pusat" disini bukan gaya untuk menahan benda pada satu titik atau menjaga benda dalam keadaan setimbang. Hal ini karena setimbang berkenaan dengan keadaan diam atau gerak sepanjang garis lurus dengan laju tetap. Disini benda tidak bergerak pada garis lurus, tetapi sebuah lingkaran. Yang berarti benda tidak dalam keadaan setimbang tetapi mempunyai percepatan meninggalkan pusat lingkaran dan haruslah mendapat resultan gaya untuk menghasilkan percepatan ini (Sears, Francis W, dkk, 1987).

Seperti dikutip diatas bahwa gaya sentrifugal haruslah mendapatkan resultan gaya untuk menghasilkan percepatan meninggalkan pusat. Resultan gaya dapat dihasilkan oleh aliran fluida ataupun mesin untuk dapat menghasilkan

percepatan-percepatan yang menimbulkan gaya-gaya dinamis (gaya oleh adanya percepatan-percepatan/gaya sentrifugal). Dalam pemperoleh percepatan-percepatan atau gaya dinamis tersebut, hal yang paling penting adalah titik pusat dan bentuk benda putar. Titik pusat pertujuan untuk keseimbangan massa putar dan bentuk benda putar bertujuan untuk besaran percepatan-percepatan yang dihasilkan (Suharto,1991).



Gambar.2.5. Gaya sentrifugal

Dengan adanya gaya sentrifugal pada adsorben diharapkan dapat memusingkan partikel-partikel dalam reaktor yang datang sehingga menggangu laju kestabilan dari pada partikel tersebut dan menyebabkan partikel tersebut jatuh karena kehilangan gaya karena adanya gaya gravitasi.

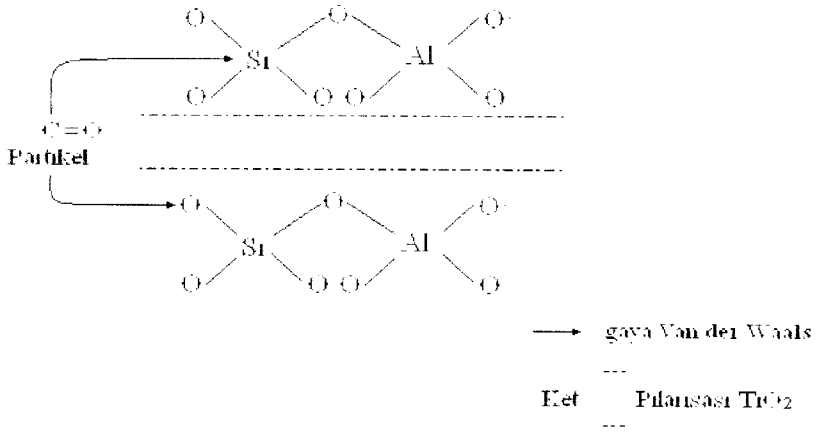
Percepatan partikel-partikel yang mengalami gaya sentrifugal dapat diketahui berdasarkan pada nilai jari-jari partikel dan jumlah putaran tiap detiknya, atau dapat dirumuskan sebagai berikut;

$$a = 4\pi . f^2 . R \quad \text{.....} \quad 2.8$$

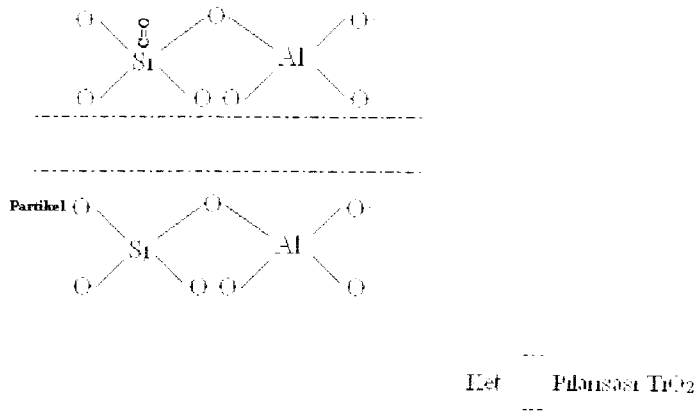
2.11. Penyerapan CO dan Partikel pada Zeolit terpilar TiO_2

Proses adsorbsi CO dan patrikel dalam emisi gas buang kendaraan bermotor merupakan proses adsorbsi jenis fisik. Adsorbsi fisik adalah adsorbsi yang melibatkan gaya antar molekul yang lemah, seperti gaya Van der Waals atau ikatan-ikatan hidrologi. Proses ini sepenuhnya bersifat *reversible*, sehingga memungkinkan terjadinya desorpsi pada temperatur yang sama.

Untuk karbon monoksida yang memiliki muatan negatif akan terikat pada Si dalam adsorben dan partikel yang memiliki muatan positif akan terikat oleh O dalam adsorben yang bermuatan positif. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6. Proses penyerapan CO dan Partikel



Gambar 2.7. Proses sesudah penyerapan CO dan Partikel

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian eksperimen.

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di dua tempat, yaitu :

a. BATAN, sebagi tempat pembuatan media adsorben dan reaktor.

b. BTKL dan KPDL Kota Yogyakarta, sebagi tempat analisa emisi gas buang.

3.3. Objek Penelitian

Penggunaan Zeolit terpilarisasi oleh TiO_2 dengan gaya sentrifugal dalam mengabsorbsi kadar emisi karbon monoksida dan partikel kendaraan bermotor 4 tak jenis Honda-supra x tahun 2003.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

a. Data primer : merupakan data yang didapat pada saat pelaksanaan penelitian.

b. Data sekunder : merupakan data yang diperoleh dari literatur pustaka.

3.5. Variabel Penelitian

a. Terdiri dari variabel bebas yaitu temperatur pembuatan adsorben dari 200°C, 300°C dan 400°C serta kosentrasi TiO_2 yang terpilarisasi dalam zeolit dari 5%, 10% dan 15%.

b. Variabel terikat : Kadar emisi CO dan partikulat setelah melewati adsorben.

3.6. Tahapan Penelitian

3.6.1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan adalah tahap proses pembuatan media adsorben, yang terdiri dari :

1. Pemilihan bahan perekat.

   Jenis-jenis perekat yang digunakan adalah semen, gula, kanji dan glatin. Dan metode pemilihan jenis bahan perekat yang digunakan adalah uji tekan dan uji visual.

   Cara kerja untuk pemilihan bahan perekat adalah sebagai berikut;

   a. Pembuatan adsorben dengan komposisi bahan adsorben dan perekat (99%:1%). Komposisi bahan adsorben sendiri terdiri dari dua jenis yaitu zeolit murni dan zeolit terpilar TiO_2 10%. Proses pembuatan adsorben adalah dengan mencampurkan bahan perekat yang ditambah air secukupnya dengan zeolit murni ataupun zeolit terpilar TiO_2.

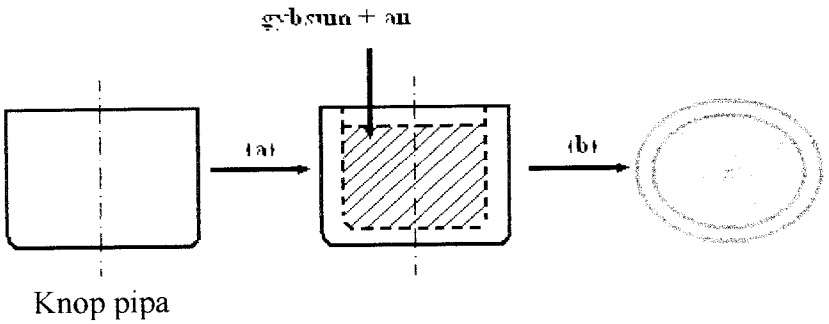
   b. Proses selanjutnya adalah mencetak adsorben tersebut dengan bentuk tabung yang berdiameter ¾ inchi dengan tinggi 1cm.

c. Setelah proses cetakan selesai kemudian diamkan selama 1 hari, laulu dipanaskan dengan suhu 200°C dan 400°C.

d. Dan kemudian dilakukan uji tekan dan uji visual.

2. Pembuatan cetakan media adsorben.

Bentuk atau model cetakan media adsorben dilakukan dengan cara *tray and error*. Bentuk media adsorben adalah lingkaran dengan menggunakan knop pipa berdiameter 1,5 inchi sebagai cetakan. Bentuk baling-baling pada media adsorben dibentuk dengan menggunakan

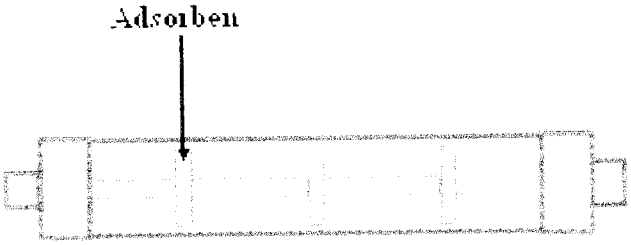


Gbr. 3.1. Proses Pembuatan Cetakan Adsorben

Proses dari pembuatan cetakan adsorben seperti gambar diatas, terdiri dari dua tahap yaitu: tahap pembuatan gybsum padat dan tahap pengukiran gybsum. Pembuatan gybsum padat adalah dengan mencampurkan bubuk gybsum dengan air secukupnya hingga rata kemudian dimasukkan kedalam knop pipa. Tahap pengukiran gybsum dapat dilakukan setelah gybsum yang tedapat dalam knop pipa benar-benar kering lalu dilakukan pengukiran dengan berbagai model.

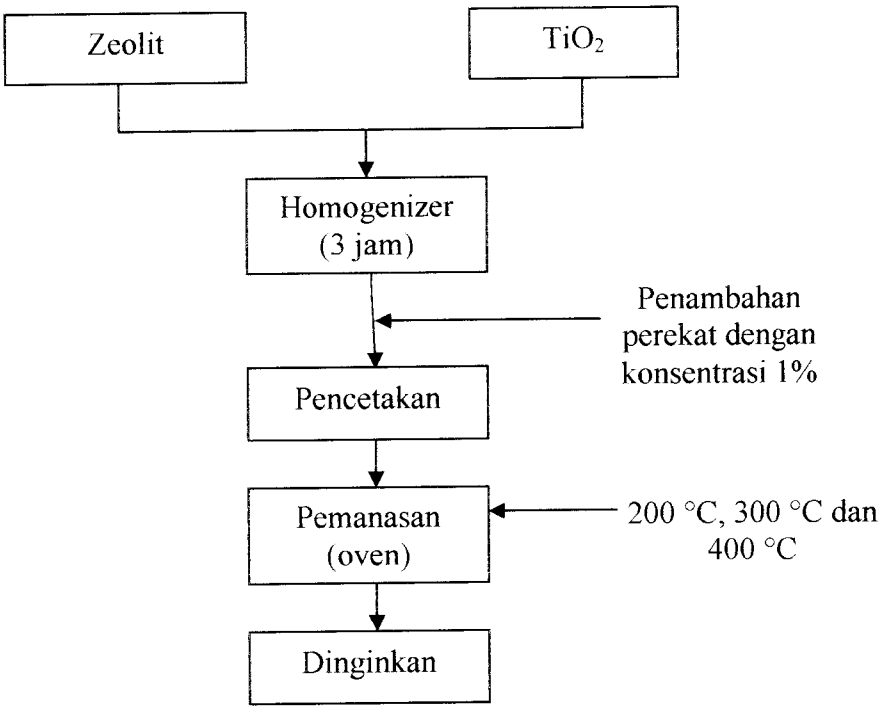
3. Perencanaan reaktor, dimensi reaktor disesuaikan dengan dimensi knalpot motor yang akan diteliti. Panjang reaktor 20 cm dengan diameter 5 cm,

jarak antar adsorben 5 cm dan 5 cm untuk jarak antara adsorben dengan ujung reaktor .



Gambar. 3.2. Reaktor

4. Pembuatan adsorben TiO_2 terpilarisasi dalam zeolit dengan perbandingan konsentrasi zeolit dan TiO_2 adalah 94%:5%, 89%:10% dan 84%:15%.



Gambar. 3.3. diagram alir pembuatan adsorben zeolit terpilarisasi oleh TiO_2.

3.6.2. Tahap pelaksanaan analisa

3.6.2.1. Karbon Monoksida

3.6.2.1.1. Metode Analisa

Metoda analisa untuk karbon monoksida adalah *Non dispersive infra red* (NDIR) dengan alat CO Analyzer "autochek gas and smoke". Prinsip dari metode ini adalah penyerapan molekul gas CO oleh sinar *infrared.* Keuntungan dari metode ini otomatis, dapat dipakai secara kontinyu tidak terlalu peka pada perubahan kecepatan aliran udara, tidak membutuhkan bahan kimia basah dan cepat responnya.

Cara kerja metode NDIR didasarkan pada absorbasi dari radiasi infra merah oleh CO. Energi dari suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi diteruskan langsung melalui sel acuan dan sel sampel. Sinar tersebut kemudian dilewatkan kedalam 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.

3.6.2.1.2. Prosedur Pengambilan Sampel

Peralatan: CO Analyzer (autochek gas and smoke)

Prosedur persiapan dalam pengujian :

1. Kondisi tempat uji

   Kondisi sekitar (luar) : suhu udara luar untuk pengujian kendaraan dan peralatan uji berada sekitar 0 samapai 40 °C.

a. Alat uji gas analyzer ditempatkan diatas stand/kabinet dan letakkan pada tempat yang rata.

b. Jarak antara bagian belakang analyzer dan dinding atau penghalang lain minimal 30 cm, agar sistem pendingin tidak terganggu.

c. Gas analyzer ditempatkan jauh dari pada sumber polusi/debu, sinar matahari langsung. Seperti : bakaran sampah, oven, kompor, pengujian ditengah lapangan tanpa aada penghalang (atap).

2. Kondisi motor dan kendaaraan

a. Kendaraan yang diuji berada tempat yang datar.

b. Segel pada mesin harus sesuai dengan spesifik pabrik.

c. Sistem gas buang tidak boleh ada yang bocor jika bocor terlebih dahulu diperbaiki.

d. Semua alat tambahan kecuali perlengkapan operasi standar mesin harus dimatikan dan posisi tanpa beban.

e. Kendaraan dengan transmisi biasa, posisi gigi harus pada posisi netral N dan kopling pada posisi bebas.

f. Motor penggerak terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu kerja normal (80 °C).

g. Choke (jika ada) keadaan tidak bekerja.

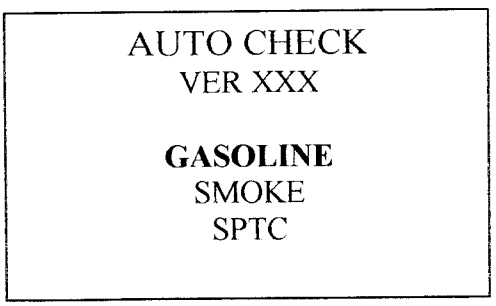
h. Putaran idling motor penggerak harus stabil.

i. Bahan bakar yang digunakan harus memenuhi persyaratan pemerintah.

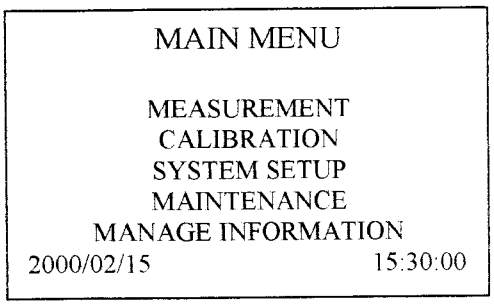


Instruksi kerja alat dan pengoperasian

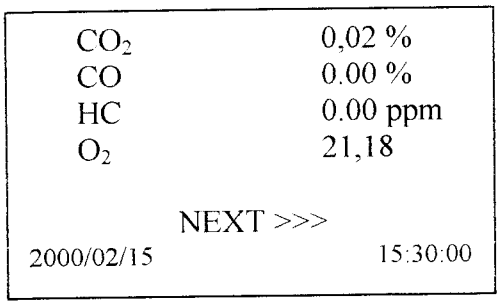
1. Nyalakan tombol ON pada alat uji tunggu pemanasan alat selama 15 menit.
2. Setelah masa pemanasan usai, tekan tanda tombol Petrol (bensin) untuk pengujian pengambilan sampel.
3. Pilih tombol pengujian Official Measurement (OM) untuk memasukkan nomer kendaraan dan spesifikasi kendaraan.
4. Tekan tanda panah >>> untuk melanjut ke proses penyimpanan data pilih tombol (SAVE).
5. Tunggu selama 30 detik proses Tester is Stabilizing.
6. Masukkan probe kedalam knalpot (saluran buang) kendaraan, tunggu selama +/- 30 detik (ketika bacaan WAIT berganti menjadi NEXT pada monitor).



Pilih GASOLINE untuk pegukuran berbahan bakar bensin.
Tekan enter tunggu proses warm up



Pilih Measurement untuk memulai pengukuran dalam pengambilan sampel kendaraan yang akan di uji.



Jika ingin pengukuran gas Gasoline maka tekan tanda panah ke kanan. Lalu akan menampilkan seperti yang terlampil ini.
Setelah selesai tekan Esc untuk kembali ke menu.

Gambar 3.4. Instruksi kerja alat dan pengoperasian

3.6.2.1. Partikel

3.6.2.1.1. Metode Analisa

Metode analisa untuk partikel adalah gravimetri dimana kadar partikulat pada emisi gas buang setelah melewati adsorben ditangkap memakai alat *High Volume Sampler* (HVS). Prinsip kerja metode ini dengan cara melewatkan udara dalam volume tertentu melalui saringan serta gelas (*glass fiber filter*). Saringan serta gelas ini ditimbang sebelum dan sesudah pengambilan contoh untuk mengetahui jumlah partikel emisi kendarran bermotor (gravimetri).

Selama pengambilan contoh partikel, kecepatan aliran udara yang dilewatkan melalui filter dijaga agar tetap konstan yaitu dengan menggunakan suatu alat yang disebut "flow Controller". Untuk menentukan waktu sampling dipergunakan alat pengatur waktu sampling sehingga jumlah volume udara dapat dihitung dengan memperhatikan kecepatan alir dan waktu sampling.

3.6.2.1.2. Prosedur Pengambilan Sampel

1. Peralatan
   a. High volume sampler yang terdiri dari fase plate, gasket, tempat saringan (*filter holder*), alat pengontrol aliran udara, alat pencatat waktu sampling, motor dan perlindungan sampler (*shelter*).

b. kertas saring serat gelas, kertas saring serat gelas ini harus mempunyai efisiensi pengumpulan minimum 99% untuk partikel dengan ukuran 0,3 um dan dapat dilalui udara dengan kecepatan alir minimum 1,0 m^3/menit selama waktu sampling. Kertas saring ini juga harus bebas dari lubang kecil (*pin hole*) dan pengaruh lainnya.

c. meja dengan lampu, untuk menguji kertas saring.

d. neraca analitik, untuk menimbang kertas saring tanpa merusak (melipat) dengan ketelitian 0,1 mg

2. cara kerja

A. Persiapan kertas saring serat gelas.

a. kertas saring yang akan dipakai diperiksa dahulu dari kemungkinan adanya lubang/kerusakan dan diberi nomor/kode. Sebelum dipergunakan, kertas saring diseimbangkan dengan menyimpannya dalam desikator selama 24 jam.. filter ditimbang sampai ukuran miligram dan jangan dilipat sebelum digunakan.

b. Setiap filter disimpan secara terpisah dalam kontainer yang bebas debu.

B. Pengambilan contoh

a. Peralatan sampler disiapkan dengan mengikuti tata cara yang ditentukan oleh pabrik.

b. Filter serat gelas dipasang pada tempat yang ditentukan (*filter holder*) dengan bagian yang kasar menghadap ke luar. Kencangkan secara hati-hati agar filter tidak rusak.

c. Sampler dijalankan untuk kemudian dilakukan penyetelan kecepatan aliran 10 l/men di flow meter.

d. Sampler dijalankan selama 2 menit.

e. Setelah pengambilan contoh dilakukan pencatatan waktu sampling, kecepatan udara serta keterangan lainnya.

f. Kertas saring yang telah dipakai diangkat secara hati-hati (jangan menyentuh bagian yang berisi contoh udara), kemudian disimpan ditempat yang telah disiapkan kertas box.

C. Cara analisa

Untuk analisa gravimetri, kertas saring yang telah dipakai terlebih dahulu disimpan dalam desikator selama 24 jam kemudian ditimbang.

a. perhitungan volume udara, untuk mengetahui volume udara selama sampling dapat dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{(Q1 + Q2)}{2} t \times \frac{273}{T} \times \frac{P1}{103,3} \quad \text{.....3.1}$$

V = volume udara m^3 (0 °C, 101,3 Kpa)

Q1 = Kecepatan aliran udara awal (m^3/menit)

Q2 = Kecepatan aliran udara akhir (m^3/menit)

t = waktu sampling (menit)

T = temperatur sampling °K

P1 = tekanan udara sampling, Kpa

b. Perhitungan total partikel debu (SPM)

$$SPM = \frac{(Wf - Wi)}{Vt} x10^3 \quad \text{.....3.2}$$

SPM = berat total partikel debu, mg/m^3

Wf = berat akhir kertas filter (g)

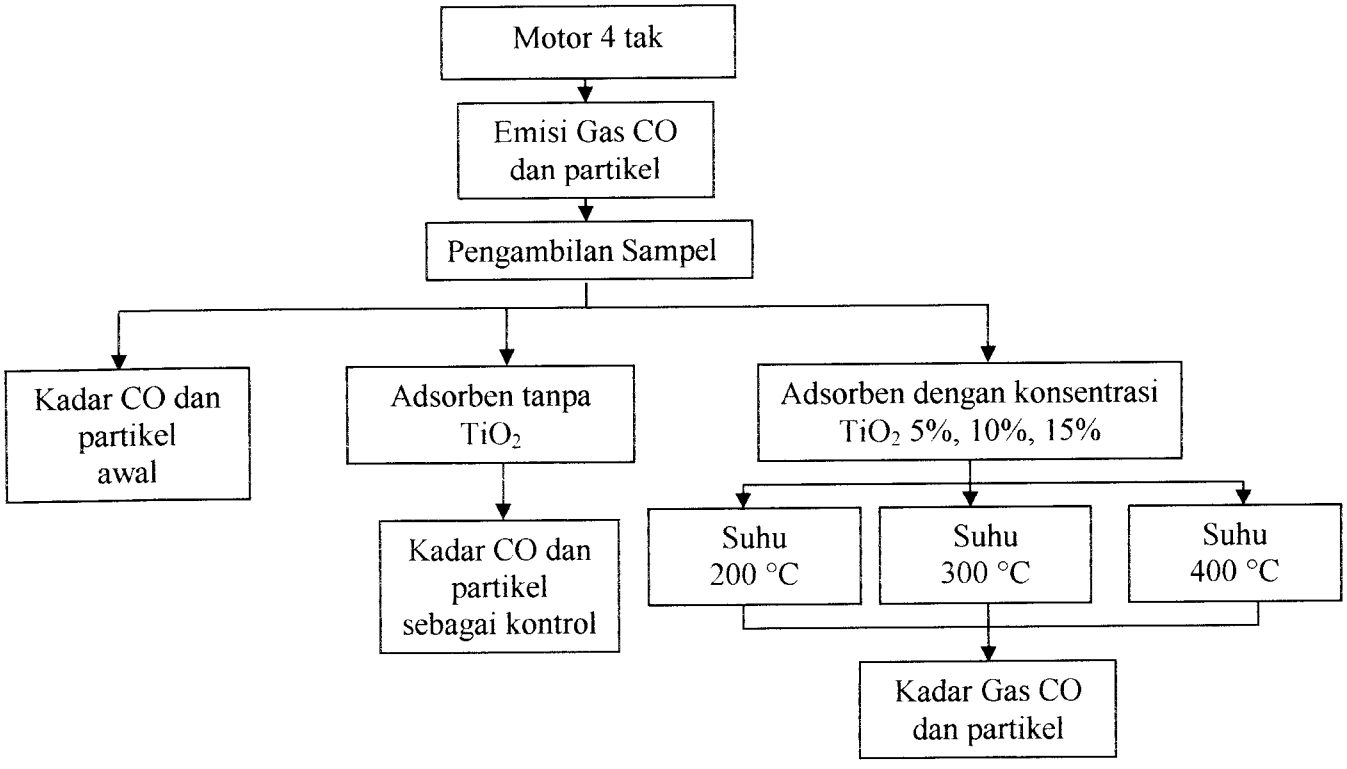
Wi = berat awal kertas filter (g)

Vt = volume udara contoh (m^3)

10^3 = faktor konversi dari gram ke mg

3.6.2.3. Pelaksanaan Pengambilan Sampel

Dalam pengambilan sampel karbon moniksida dan partikel dilakukan secara terpisah dikarenakan alat yang digunakan tidak sama dan tidak dapat digabungkan. Pengulangan dalam pengambilan sampel adalah sebanyak tiga kali. Adapun sampel yang akan diambil terdiri dari emisi kendaraan bermotor, emisi gas buang setelah melewati adsorben zeolit dan emisi gas buang setelah melewati adsorben zeolit yang terpilarisasi oleh TiO_2 dengan kosentrasi 5%, 10% dan 15%.



Gbr. 3.5. Diagram Alir Pelaksanaan Percobaan

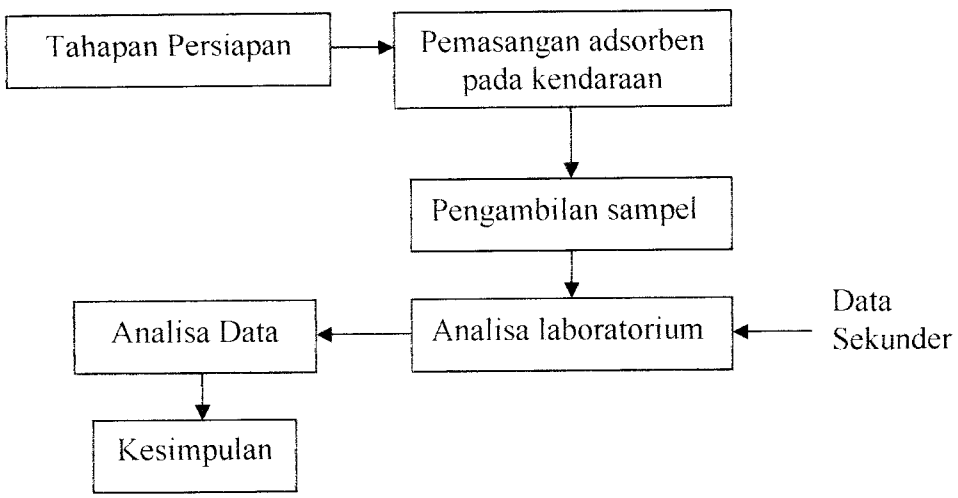
3.6.2.2. Analisa Data

Dalam analisa data yang dilakukan adalah mencari persentase removal adsorben TiO_2 terpilarisasi dalam zeolit dengan menggunakan adsoeben zeolit tanpa TiO_2 sebagai nilai perbandingan, dengan rumus dibawah ini.

$$\%\,CO = \frac{CO_{\text{tanpa adsorben}} - CO_{\text{setelah melewati adsorben}}}{CO_{\text{tanpa adsorben}}} \quad \ldots\ldots 3.3.$$

$$\%\,\text{Partikel} = \frac{\text{Partikel}_{\text{tanpa adsorben}} - \text{Partikel}_{\text{setelah melewati adsorben}}}{\text{Partikel}_{\text{tanpa adsorben}}} \quad \ldots\ldots 3.4.$$

3.7. Diagram alir penelitian



Gbr. 3.7. Diagram alir penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Hasil Persiapan Penelitian dan Pembahasan

4.1.1. Penggunaan Perekat

Zeolit yang terpilarisasi dengan TiO_2 dapat terjadi jika terdapat perekat untuk kedua bahan tersebut. Hal ini dimaksudkan agar pilar yang terbentuk memiliki konstuksi yang kokoh. Pemilihan perekat dalam penelitian ini antara lain; semen, kanji, gula dan glatin. Adapun penelitian yang dilakukan adalah dengan zeolit tanpa terpilar dan zeolit terpilar.

Pemilihan suhu pemanasan 200°C dan 400°C, berdasarkan pada nilai variasi terendah dan tertinggi. Dikarenakan pada suhu 200°C pembentukan pilar belum sempurna maka pemilihan suhu tersebut untuk mengetahui pengaruh bahan perekat terhadap kekuatan struktur pilar yang belum sempurna. Untuk suhu 400°C, hal ini didasarkan pada suhu diatas 400°C terjadi kerapuhan pilar akibat besarnya suhu yang diterima maka pemilihan suhu 400°C tersebut juga untuk mengetahui pengaruh bahan perekat terhadap kekuatan struktur pilar yang mengalami kerusakan. Sedangkan penggunaan kosentrasi 10% TiO_2 untuk pilarisasi zeolit dikarenakan kosentrasi tersebut mewakili variasi nilai kosentrasi TiO_2 lainnya.

Dari hasil uji tekan dalam pemilihan perekat, diketahui bahwa semua sampel tidak dapat dibaca atau dibawah angka 5 KN. Hal ini menunjukkan bahwa semua

sampel mengalami kerusakan struktur akibat adanya tekanan dari alat uji tekan hidrolis dibawah nilai 5 KN.

Untuk mengetahui nilai besaran tekanan sesungguhnya yang menyebabkan kerusakan struktur pada media zeolit dengan berbagai macam perekat diperlukan alat yang memiliki kekuatan tekan dibawah 5 KN. Dan dari sepengetahuan kami alat uji tekan hidrolis ini merupakan alat terkecil dalam nilai uji tekanannya (5-400 KN). Untuk data uji tekan selengkapnya dapat dilihat dibawah ini.

Tabel. 4.1. Uji Tekan Hidrolis Untuk Media Adsorben

No	Jenis Media	Keterangan (5-400 KN)
1.	Zeolit murni 200° C	0
	- gula	0
	- semen	0
	- glatin	0
	- kanji	0
2.	Zeolit murni 400° C	0
	- gula	0
	- semen	0
	- glatin	0
	- kanji	0
3.	Zeolit terpilar 200° C	0
	- gula	0
	- semen	0
	- glatin	0
	- kanji	0
4.	Zeolit terpilar 400° C	0
	- gula	0
	- semen	0
	- glatin	0
	- kanji	0

Ket: nilai 0, menunjukkan besaran dibawah 5 KN
Sumber: Data primer, 2005

Disebabkan oleh permasalah diatas, yaitu bahwa kekuatan struktur media adsorben tidak diketahui dikarenakan tidak adanya alat yang dapat menunjukkan nilai tekanan lebih kecil dari 5 KN, maka dilakukan pengujian dengan cara visual.

Pengujian secara visual ini didasarkan pada fungsi tangan manusia dalam merasakan kekuatan struktur media yang ada. Dalam merasakan kekuatan struktur media ini dibagi menjadi 4 golongan, yaitu; sangat kurang baik/sangat rapuh, kurang baik/rapuh, baik/sedikit rapuh, dan sangat baik/tidak rapuh. Untuk data hasil pengujian visual dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel.4.2. Uji Visual

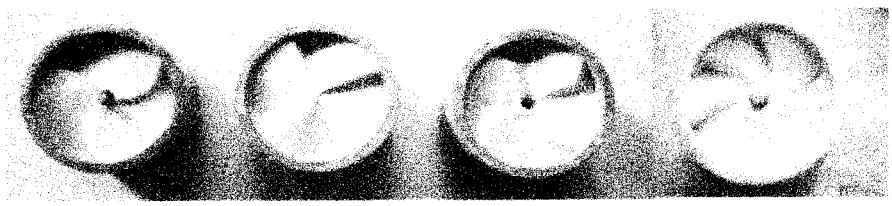
No	Jenis Media	Keterangan			
		Sangat kurang baik	Kurang baik	Baik	Baik sekali
1.	Zeolit murni 200° C			√	
	- gula				√
	- semen	√			
	- glatin	√			
	- kanji		√		
2.	Zeolit murni 400° C			√	
	- gula				√
	- semen	√			
	- glatin	√			
	- kanji		√		
3.	Zeolit terpilar 200° C			√	
	- gula				√
	- semen	√			
	- glatin	√			
	- kanji		√		
4.	Zeolit terpilar 400° C			√	
	- gula				√
	- semen	√			
	- glatin	√			
	- kanji		√		

Sumber: Data primer, 2005

Dari hasil uji visual ini diketahui bahwa penggunakan gula sebagai bahan perekat merupakan bahan yang paling baik diantara bahan-bahan perekat lainnya. Bahan perekat gula ini dari data diatas juga diketahui bahwa sangat baik pada suhu 200°C dan 400°C juga pada zeolit tanpa pilar maupun zeoilt terpilisasi TiO_2.

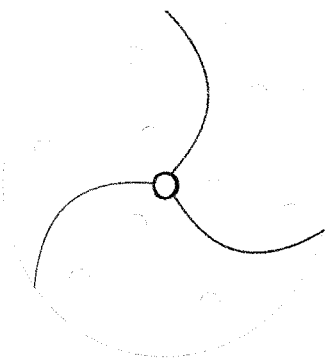
4.1.2. Perencanaan Bentuk Media Adsorben

Bentuk media adsorben yang diinginkan adalah agar media adsorben tersebut dapat mengalami gaya sentrifugal. Adapun pemilihan bentuk media adsorben dilakukan dengan cara *tray and error*. Berbagai bentuk cetakan media yang dihasilkan dari percobaan ini adalah baling-baling segi tiga, segi empat, segi empat siku dan segi enam dengan berbagai macam variasi lubang udara. Jenis-jenis model ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1. Variasi bentuk cetakan media; (a) baling-baling segi tiga; (b) segi empat; (c) segi empat siku dan; (d) segi enam

Bentuk cetakan pertama yang dibuat adalah dengan memakai tiga lengkungan atau baling-baling. Untuk memperoleh putaran yang diinginkan pada model cetakan ini, maka dibuat lubang pada tiap baling. Adapun jumlah lubang tiap baling adalah dua, tiga, empat dan lima buah. Dibawah ini dapat dilihat model cetakan tiga baling-baling dengan tiga lubang.

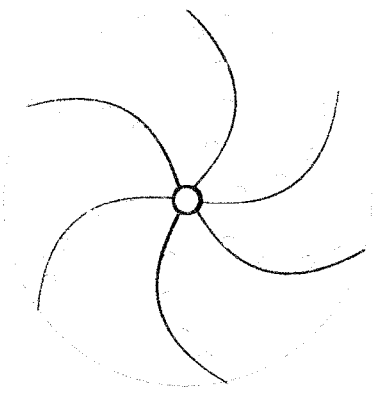


Gambar 4.2. Cetakan Media adsorben dengan tiga lengkungan dan 3 lubang angin per baling

Dari hasil percobaan untuk semua variasi lubang dengan model cetakan tiga baling-baling diketahui bahwa model ini tidak mengalami perputaran yang diinginkan.

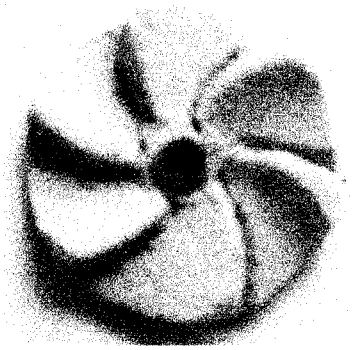
Perubahan selanjutnya dengan mencoba bentuk model lainnya, yaitu dengan memakai empat baling-baling yang simetris, empat baling-baling bentuk sudut/siku dan enam baling-baling berbentuk huruf S. Hal sama yaitu variasi lubang udara juga dilakukan untuk model cetakan empat baling-baling simetris dan empat baling-baling siku, yaitu berupa dua, tiga, empat dan lima lubang untuk tiap baling. Hasil percoban untuk kedua model ini juga sama untuk model baling-baling segi tiga, yaitu hasil cetakan tidak mengalami perputaran.

Untuk baling-baling dengan enam lengkungan dicoba juga dengan membuat beberapa variasi lubang disetiap bagian lengkungan seperti yang telah dilakukan pada model yang lain dengan tiga lengkungan, dan dilakukan variasi lubang dengan membuat beberapa lubang di bagian lengkungannya dengan tujuan udara dapat masuk ke lubang tersebut dan mendorong lempengan untuk berputar.



Gambar 4.3. Cetakan Media adsorben enam lengkungan dengan 4 lubang udara tiap baling

Untuk lima lubang udara untuk model ini tidaklah dapat dilakukan dikarenakan luasan baling-baling yang tidak memenuhi hal ini, maka perubahan terjadi secara signifikan dikarena jarak antara lubang udara satu dengan yang lainnya sangat sempit untuk tiap baling-baling yang merusak bentuk lubang udara tersebut sehingga dilakukan pengikisan disepanjang lintasan lubang udara, sehingga menyerupai bentuk baling-baling kipas seperti tampak pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Lempengan bentuk baling-baling kipas

Akhirnya setelah melakukan beberapa kali *tray and error*, maka dengan bentuk baling-baling kipas dapat mengalami perputaran memenuhi gaya yang dibutuhkan yaitu gaya sentrifugal, hal ini dapat dilihat dengan berputarnya lempengan didalam reaktor knalpot akibat adanya tekanan udara yang dihasilkan oleh proses pembakaran mesin.

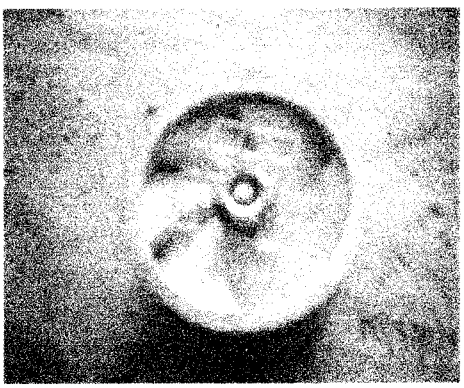
4.1.3. Tulangan Dalam

Dalam pelaksanaan percobaan untuk memperoleh model adsorben diatas ini, ternyata media adsorben mudah rusak, karena struktur media yang kurang kuat.

Berdasarkan dari kejadian ini peneliti menggunakan tulangan dalam agar konstruksi dari media ini lebih kuat. Adapun tulangan dalam yang digunakan adalah kawat berjala dengan ukuran jala 0.5 cm^2.

Bentuk tulangan dalam yang digunakan diperoleh dengan cara *tray and error.* Adapun model-model dari tulangan dalam yang diperoleh berupa bentuk; salip, segi empat dan salip lebar.

Dari berbagai model tulangan yang ada dipilih model yang berbentuk salip lebar. Kelebihan dari model itu adalah dapat menyangga adsorben dengan baik dan pada tulangan ini tidak menggangu saat pencetakan/pengikisan adsorben.



Gambar 4.5. Tulangan dalam pada model cetakan

4.2. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan pada sebuah kendaraan bermotor roda dua jenis 4 langkah merek Honda-Supra tahun 2003 untuk mengetahui ada tidaknya penurunan kadar emisi gas buang pada parameter karbon monoksida dan partikel, dengan menggunakan adsorben media zeolit terpilarisasi TiO_2 dengan gaya sentrifugal.

Untuk variasi adsorben yang digunakan adalah zeolit murni (0% TiO_2) sebagai kontrol untuk mengetahui perbandingan penurunan antara tanpa adanya pilar TiO_2 maupun adanya pilar TiO_2. Variasi kosentrasi pilar TiO_2, diambil berdasarkan nilai ekonomis dan terbentuknya pilar dalam media zeolit, dengan zeolit terpilar 5% TiO_2 zeolit terpilar 10% TiO_2 dan zeolit terpilar 15% TiO_2. Untuk variasi suhu pengaktifan adsorben sebesar 200°C, 300°C dan 400°C. Hal ini didasarkan pada suhu 200°C pembentukan pilar belum terjadi secara sempurna, untuk suhu diatas 400°C pembentukan pilar dalam zeolit mengalami kerusakan struktur karena tingginya panas yang diterima dan untuk suhu 300°C adalah suhu ideal terjadinya pilar dalam zeolit.

Sebelum mencari besaran penurunan yang terjadi oleh adsorben zeolit terpilarisasi TiO_2 dilakukan pemeriksaan kadar buangan gas dalam hal ini karbon monoksida dan partikel tanpa adanya adsorben, hal ini bertujuan sebagai kontrol dalam mencari dan membandingkan besaran nilai gas buang yang dihasilkan setelah melewati media adsorben dengan gaya sentrifugal.

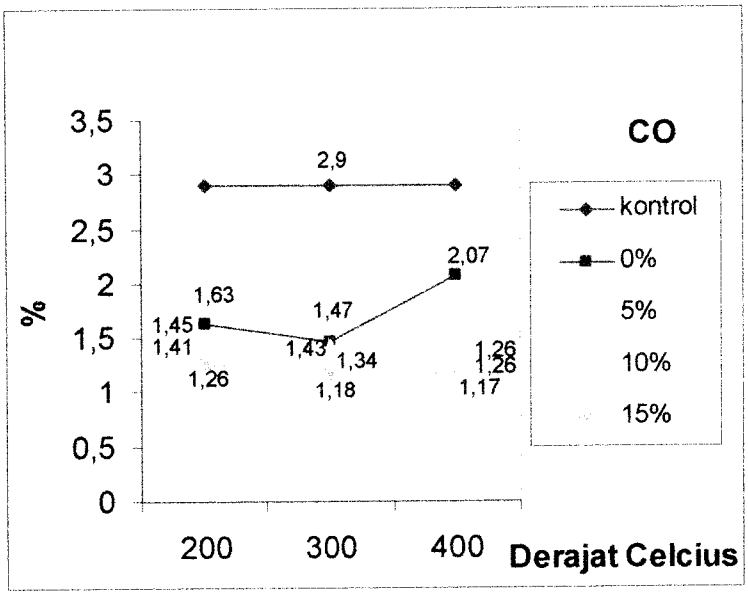
Hasil analisa untuk karbon monoksida dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel. 4.3. Hasil analisa karbon monoksida

No	Keterangan	Sampel (%)			rata-rata (%)
		1	2	3	
1	Kontrol	2,91	2,74	3,04	2,90
2	0% TiO2				
	200°C	1,48	1,6	1,82	1,63
	300°C	1,47	1,51	1,49	1,49
	400°C	2,05	2,07	2,08	2,07
3	5% TiO2				
	200°C	1,72	1,25	1,38	1,45
	300°C	1,3	1,37	1,62	1,43
	400°C	1,26	1,30	1,22	1,26
4	10% TiO2				
	200°C	1,43	1,39	1,41	1,41
	300°C	1,34	1,26	1,41	1,34
	400°C	1,22	1,16	1,27	1,22
5	15% TiO2				
	200°C	1,29	1,2	1,29	1,26
	300°C	1,27	1,07	1,20	1,18
	400°C	1,32	1,02	1,17	1,17

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;



Gambar 4.6. Grafik hasil pemeriksaan karbon monoksida

Dari hasil data dan grafik diatas dapat dicari besaran penurunan yang dihasilkan oleh adsorben zeolit tanpa pilar TiO_2 dan zeolit tanpa pilar TiO_2. Besaran efisenisi penurunan dapat dihitung dengan menggunakan nilai kontrol konsentrasi CO tanpa adanya adsorben. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel. 4.4. Efisiensi penurunan gas buang karbon monoksida

No	Jenis Adsorben	Removal (%)
1.	Zeolit murni	
	- 200 °C	43,79
	- 300 °C	49,31
	- 400 °C	28,62
2.	Zeolit 5%	
	- 200 °C	50,00
	- 300 °C	50,69
	- 400 °C	56,55
3.	Zeolit 10%	
	- 200 °C	51,38
	- 300 °C	53,79
	- 400 °C	56,55
4.	Zeolit 15%	
	- 200 °C	56,55
	- 300 °C	59,31
	- 400 °C	**59,66**

Sumber: Data primer, 2005

Dari tabel efisiensi penurunan gas buang CO diatas diketahui bahwa zeolit murni dan zeolit terpilar dapat menurunkan kandungan karbon monoksida dalam emisi gas buang. Ini dikarenakan ruang hampa kristal zeolit terisi oleh molekul bebas yang berada disekitar kation, bila kristal zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Dalam arti luas terjadi pengisian oleh zat yang dapat terserap oleh zeolit menggantikan tempat yang ditinggalkan oleh molekul bebas atau H_2O.

Nilai removal terbesar ada pada adsorben zeolit terpilarisasi TiO_2 15% dan terjadi pada suhu pengaktifan 400°C sebesar 59,66 %. Hal ini menunjukan semakin banyaknya pilar atau rongga pada media zeolit, maka semakin besar daya

serap yang terjadi dan suhu pengaktifan adsorben zeolit dari ketiga variasi suhu tersebut ternyata untuk menurunkan kadar CO yang baik adalah pada suhu 400°C.

Gaya sentrifugal yang tejadi berfungsi untuk menahan laju gas yang keluar dari buangan kendaraan bermotor sehingga waktu kontak antara gas dan adsorben zeolit lebih lama dibandingkan adsorben dalam keadaan diam.

Sedangkan untuk hasil data analisa kandungan partikel dalam emisi gas buangan kendaraan bermotor roda dua jenis 4 tak yang dilakukan di BTKL Yogyakarta, Hasil analisa untuk karbon monoksida dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel. 4.4. Hasil analisa Partikel

No	Keterangan	Sampel (ppm)			rata-rata
		1	2	3	(pmm)
1	Kontrol	12,00	10,50	13,00	11,83
2	0% TiO2				
	200°C	8,00	6,00	5,50	6,50
	300°C	8,50	4,50	3,00	5,33
	400°C	11,00	**98,50**	5,50	38,33
3	5% TiO2				
	200°C	89,00	77,00	83,00	83,00
	300°C	68,00	27,50	47,75	47,75
	400°C	245,50	144,75	**44,00**	144,75
4	10% TiO2				
	200°C	1,00	3,50	13,50	6,00
	300°C	2,50	6,00	4,25	4,25
	400°C	6,00	14,00	16,50	12,17
5	15% TiO2				
	200°C	2,50	1,50	**295,50**	99,83
	300°C	21,50	29,50	35,50	28,83
	400°C	**62,00**	9,50	14,00	28,50

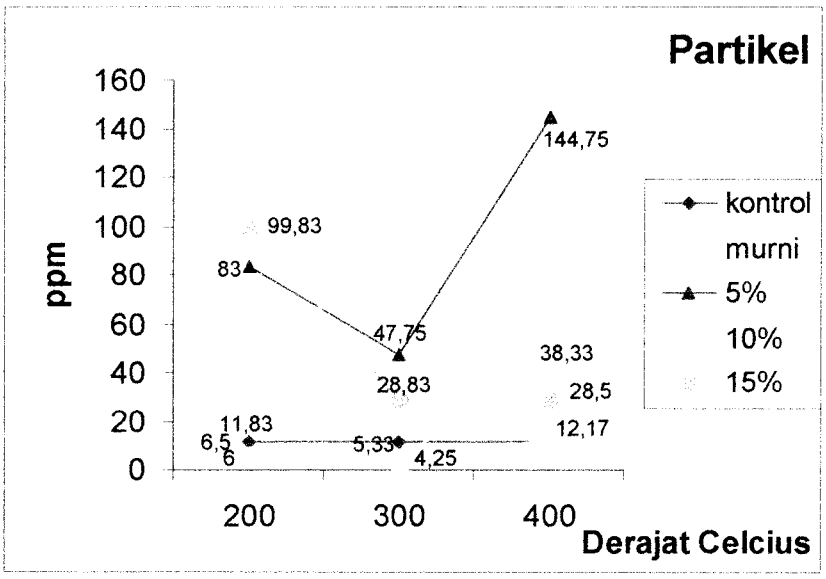
Sumber: Data primer,2005

Dari tabel diatas terdapat perbedaan nilai konsentasi yang sangat jauh dalam hal pengulangan pengujian variasi parameter. Perbedaan nilai konsentrasi partikel pada pengulangan pengujian analisa terjadi pada variasi TiO_2 0% pada suhu 400 °C; TiO_2 5% dengan suhu pengaktifan 200°C dan 400°C; serta pada TiO_2 15%

dengan suhu pengaktifan 200°C dan 400°C. Perbedaan nilai yang siknifikan pada data hasil pengulangan diatas disebabkan oleh hasil kumulasi partikel yang telah tertangkap oleh media adsorben karena gaya sentrifugal yang terjadi. Partikel yang telah berhasil dilemparkan ke dinding reaktor akibat gaya sentrifugal tidak tertampung dikarenakan pada reaktor tidak terdapat tempat penampungan partikel, sehingga partikel yang telah terlempar ke dinding reaktor akan keluar karena adanya gaya atau tekanan dari masukan gas buang kendaraan bermotor.

Penyebab terjadinya nilai konsetrasi partikel yang berbeda jauh untuk hasil pengulangan diatas juga disebabkan oleh *human error*. Dinding reaktor yang berisikan partikel-partikel dari emisi kendaraan bermotor (akibat gaya sentrifugal) maupun partikel hasil dari penggerusan media adsorben (akibat kerapuhan media adsorben). Setelah setiap kali selesai pengambilan sample, reaktor tidak diberihkan dengan benar. Sehingga terdapat sisa-sisa partikel pada dinding reaktor yang terbawa keluar dan tertangkap oleh media filter analisa (kertas saring) akibat adanya tekanan dari dalam knalpot pada saat pada pengambilan sample berikutnya.

Dari data diatas dapat diturunkan kedalam bentuk grafik untuk mengetahui besaran penurunan kosentrasi partikel terhadap suhu pengaktifan adsorben pada grafik dibawah ini;



Gambar. 4.7. Grafik hasil pemeriksaan Partikel

Selain itu nilai konsentrasi yang tidak teratur dapat juga disebabkan oleh berbedaan kekuatan struktur media pada setiap pengulangan sampel. Perbedaan kekuatan struktur media ini dikarenakan proses pencetakan media adsorben dilakukan secara manual sehingga kerapatan satu media dengan media yang lain tidaklah sama dan menyebabkan kerapuhan media adsorben yang tidak sama pula.

Perbedaan nilai konsentrasi pada suhu 200°C dan suhu 400°C disebabkan karena pada suhu 200°C kekuatan struktur yang terdapat pada adsorben belumlah sempurna sehingga menyebabkan kerapuhan media adsorben begitu pula pada suhu 400°C struktur pada media mengalami kerusakan. Hal ini juga terjadi pada konsentrasi TiO_2 5% dan 15% dikarenakan karena pada konsentrasi TiO_2 5% pilar dalam media zeolit masih teramat sedikit sehingga menggangu kestabilan struktur zeolit, sedangkan pada konsentrasi TiO_2 15% pilar yang terbentuk dalam zeolit sangatlah banyak sehingga menggangu keseluruhan ikatan struktur dalam zeolit.

Dari hasil data dan grafik diatas dapat dicari besaran penurunan yang dihasilkan oleh adsorben zeolit tanpa pilar TiO_2 dan zeolit tanpa pilar TiO_2. Besaran efisenisi penurunan dapat dihitung dengan menggunakan nilai kontrol kosentrasi partikel tanpa adanya adsorben. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel. 4.5. Efisiensi penurunan gas buang partikel

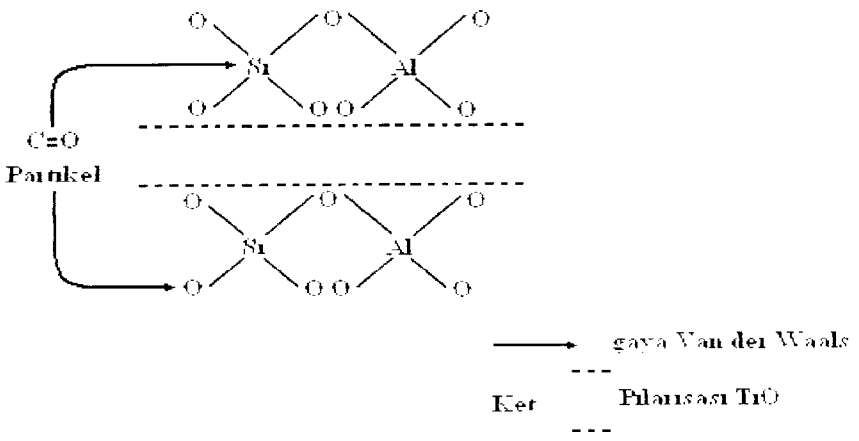
No	Jenis Adsorben	Removal (%)
1.	Zeolit murni	
	- 200 °C	45,05
	- 300 °C	54,95
	- 400 °C	0
2.	Zeolit 5%	
	- 200 °C	0
	- 300 °C	0
	- 400 °C	0
3.	Zeolit 10%	
	- 200 °C	49,28
	- 300 °C	64,07
	- 400 °C	0
4.	Zeolit 15%	
	- 200 °C	0
	- 300 °C	0
	- 400 °C	0

Ket: Nilai 0, menunjukan tidak terjadinya penurunan kosentrasi partikel

Sumber: Data primer, 2005

Untuk konsentasi penurunan partikel dalam gas buang, diketahui bahwa zeolit murni dan zeolit terpilar dapat menurunkan konsentrasi partikel dan bahkan dapat menaikkan konsentrasi partikel. Penurunan konsentarsi partikel terjadi pada suhu pengakifan 200°C dan 300°C dan pada konsentrasi pilar 15% TiO_2 dalam zeolit. Sedangkan penambahan konsentrasi buangan partikel terjadi pada suhu 200°C dan 400°C dengan konsentasi TiO_2 5% dan 15%.

Terjadinya penurunan konsentrasi partikel dalam gas buang disebabkan oleh tertangkapnya partikel oleh media adsorben zeolit dalam hal ini O. Penangkapan partikel karena adanya ikatan Van der Waals ini disebabkan partikel yang bermuatan berpositif terikat oleh O yang bermuatan negatif. Dibawah ini dapat dilihat gambar terjadinya ikatan antara partikel, CO dengan adsorben zeolit terpilarisasi TiO_2.



Gambar. 4.8. Pengikatan CO dan Partikel terhadap Zeolit terpiar TiO_2

Sedangkan penaikan nilai kosentrasi partikel disebabkan oleh kerapuhan media zeolit terpilar yang terjadi karena proses pemanasan adsorben dan kosentrasi pilar yang belum sempurna terdapat dalam zeolit. Kenaikan kosentrasi partikel ini terjadi pada suhu 200°C dan suhu 400° dan pada konsentrasi TiO_2 5% dan 15%.

Sedangkan gaya sentrifugal yang terjadi pada partikel selain menahan gas yang keluar dari buangan kendaraan bermotor sehingga waktu kontak antara gas dan adsorben zeolit lebih lama dibandingkan adsorben dalam keadaan diam. Juga mengakibatkan penambahan konsentrasi partikel akibat partikel yang telah

terlempar menuju dinding reaktor dan jatuh karena adanya gaya gravitasi tidak tertangkap karena tidak terdapatnya tempat penampung partikel akibat gaya tersebut, sehingga partikel yang telah terlempar kedinding reaktor akhirnya keluar karena terdapat gaya yang ditimbulkan oleh gas buangan kendaraan.

Baik zeolit terpilarisasi oleh TiO_2 dan zeolit murni diketahui dari data diatas dapat berfungsi sebagai penyerap gas buang karbon monoksida dan partikel tidak terlalu jauh perbedaan removal penurunan konsentrasinya. Hal ini dikarenakan TiO_2 hanya bersifat sebagai katalis. Katalis adalah ejumlah zat atau materi bila ditambahkan pada suatu reaksi kimia serta dapat mempercepat reaksi itu sendiri. Katalis tidak ikut bereaksi dengan karena zat tersebut terbentuk kembali pada akhir reaksi.

Sehingga pemilihan adsorben zeolit terpilar TiO_2 dari kedua konsentrasi gas buang yaitu CO dan partikel dapat dikatakan bahwa adsorben yang efektif terjadi pada suhu pengaktifan 300°C dengan konsentrasi TiO_2 10%. Pada suhu 300°C adsorben dapat mereduksi gas CO diatas nilai 50,69% hingga 59,31% begitu pula untuk partikel adsorben dapat mereduksi partikel hingga 64,07%. Sedangkan pemilihan nilai konsentrasi TiO_2 10% dikarenakan pada konsentrasi ini kekuatan struktur media sangatlah kokoh dibandingkan dengan kosentrasi TiO_2 5% dan 15%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil pembahasan diketahui bahwa adsorben zeolit terpilarisasi oleh TiO_2 lebih mampu menurunkan konsentrasi karbon monoksida dan partikel dalam gas buang kendaraan bermotor roda dua jenik 4 tak dibandingkan adsorben tanpa pilar TiO_2.
2. Baik zeolit terpilarisasi oleh TiO_2 dan zeolit murni diketahui dari data diatas dapat berfungsi sebagai penyerap gas buang karbon monoksida dan partikel tidak terlalu jauh perbedaan removal penurunan konsentrasinya. Hal ini dikarenakan TiO_2 hanya bersifat sebagai katalis.
3. Suhu pengaktifan atau pemanasan media adsorben zeolit terpilarisasi TiO_2 efektif pada kisaran nilai 300°C.
4. Untuk konsentrasi pilar TiO_2 diketahui bahwa nilai 10% TiO_2 merupakan nilai yang efektif dalam mereduksi gas buang CO dan partikel.
5. Nilai penurunan konsentasi CO adalah sebesar 50,69% hingga 59,31% dan konsentrasi partikel paka kisaran nilai 64,07%.
6. Dari keenam parameter emisi kendaraan bermotor; NOx dan PB (Aldy. H.K); Sox dan HC (Meidy. P); serta CO dan partikel diketahui bahwa konsentrasi TiO_2 10% terpilarisasi dalam zeolit dengan suhu pengaktifan 300 °C adalah nilai terbaik dibandingan dengan 5%, 15% TiO_2 dan suhu 200 °C dan 400 °C pengaktifan.

7. Bahan perekat yang paling baik untuk zeolit terpilar TiO_2 dari hasil uji visual adalah bahan perekat gula.
8. Kekuatan struktur media adsorben pada penelitian kali ini sangat dipengaruhi oleh ada tidaknya tulangan dalam. Sehingga peneliti memakai tulangan dalam untuk menghindari kerapuhan/kerusakan pada struktur adsorben.
9. Dari hasil perhitungan titik jenuh teoritis diketahui bahwa zeolit terpilarisasi oleh TiO_2 pada konsentrasi 10% dengan suhu pemansan 300°C, adsorben tersebut mampu menyerap emisi gas buang (CO, HC, SOx, NOx, Pb dan partikel) hingga 14 hari. Dengan biaya operasi pembuatan adsorben tersebut adalah sekitar Rp 442,425,- per 14 harinya.

5.2. Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mencari keefektifan antara adsorben terpilar dengan adsorben tidak terpilar.
2. Bagi peneliti lain untuk melanjutkan pencarian bahan perekat untuk zeolit terpilar oleh TiO_2. Hal ini didasarkan pada perbedaan penggunaan bahan perekat antara peneliti sebelumnya dengan bahan perekat yang kami gunakan.
3. Untuk juga mencari nilai ekonomis dalam penggunaan adsorben zeolit terpilar oleh TiO_2.
4. Dan juga bentuk atau model adsorben yang mengalami perputaran (gaya sentrifugal) perlu dilakukan pencarian model yang lebih bagus dari model

yang telah ada. Hal ini dikarenakan model yang ada tidak dapat berputar pada kondisi stasioner normal (perlu peningkatan rpm agar dapat berputar).

5. Dalam pencetakan atau pembuatan media adsorben perlu dilakukan secara mekanik ("proses press" media adsorben) agar diperoleh kerapatan struktur media adsorben yang relatif sama.

DAFTAR PUSTAKA

Alonso dan Finn, 1992, *Dasar-Dasar Fisika Universitas*, Erlangga, Jakarta.

Anonim, 1997, Zeolit, Departemen Pertambangan, Yogyakarta.

Anonim, 1998, Keputusan Menteri Negara Lingkungan kependudukan dan Lingkungan NO. 2/MENKLH.

Anonim, 1999, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia NO. 41/PPRI.

Anonim, 1999, Zeolit, Departemen Pertambangan, Yogyakarta.

Anonim, 2001, Cara Kerja Alat Auto Chek, KPDL Kota Yogyakarta, Yogyakarta.

Anonim, 2002, Bahan Bakar Cair, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok.

Barres R M FRS, 1978, *Zeolit and Clay Mineral Adsorben and Molekular Sieves*, Academi Press, London, New York, San Fransisco.

Cheng. L S, dan Yang.R T, 1995, A New Class of Non Zeolit Serbent for Air Separation Lithium Ion Changed Pillared, Ind Eng. Chem. Res, 34.2021.2028.

Fardiaz Srikandi, 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.

Fatimah Is, 1997, Ringkasan Skripsi, Aktivasi Zeolit Alami Limbah Cipatujah Sebagai Adsorben Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.

Guntoro, dkk,2004, Penggunaan Lempung Bentonit Terpilar TiO_2 Sebagai Bahan Material Multiguna, Karya Tulis, Jurusan Kimia MIPA UII, Yogjakarta.

Hugh. D. Young dan Roger. A. Freedman, 2000, *Fisika Universitas*, Erlangga, Jakarta.

Kurniawan. Aldy H, 2005, Reduksi NOx Dan Pb Dalam Gas Buang Dengan Metode sentrifugal Adsorben TiO_2 Terpilarisasi Dalam Zeolit, Tugas Akhir S1, Teknik Lingkungan-UII, Yogyakarta.

Margono, dkk, 1991, Buku Pedoman Pengajar Mata Ajaran Kimia Lingkungan, Departemen Kesehatan R.I, Jakarta.

Ogawa, M., 1992, Preparation of Clay-Organic intercalation Compounds by Solid Reaction and Their Application to Photofuction Material, Disertation, Waseda University, Tokyo.

Polling dan Tjokrodaoerdjo, 1991, *Ilmu Kimia*, Erlangga, Jakarta.

Rohmanti. I, 2005, Rekayasa Zeolit Dengan Katalis TiO_2 Terhadap Penurunan Gas Buang SOx Pada Knalpot Kendaraan Bermotor Mesin 2 Tak, Tugas Akhir S1, Teknik Lingkungan-STTL, Yogyakarta.

Prasetya. M, 2005, Reduksi Kadar Sulfur Oksida (SOx) Dan Hidrokarbon (HC) Pada Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Metode Sentrifugal TiO_2 Terpilarisasi Dalam Zeolit, Tugas Akhir S1, Teknik Lingkungan-UII, Yogyakarta.

Sears, Francis W, dkk, 1987, *Fisika Universitas Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.

Soedomo, M., 2001, *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*, Penerbit ITB, Bandung.

Suharto, 1991, *Dinamika dan Mekanika Untuk Perguruan Tinggi*, Rineka Cipta, Jakarta.

Sukandarrumidi, 1998, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Tjasyono Bayong, 1987, *Iklim dan Lingkungan*, Cendekia Jaya Utama, Bandung.

Wardhana.Wisnu Arya, 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, ANDI, Yogyakarta.

Weny Satriasty, F., 2004, Kajian Emisi CO dan HC Pada Kendaraan Bermotor Roda Empat, Tugas Akhir S1, Teknik Lingkungan-STTL, Yogyakarta.

www.BPLHD provinsi DKI Jakarta/pengendalian pencemaaran udara/ 1.htm/2004.

www.gatra.com/2005-05-11/versi cetak.php?id=53487/2005.

www.lab-sst.fisika.ui.ac.id/ISPU/211020032016.htm/2003.

www.menlh.go.id/usaha-kecil/top/dampak.htm/2001.

www.pelangi.or.id/news.php?hid=26/2001.

www.pencemaran lingkungan online/pencemaran udara/2005.

www.usembassyjakarta.org/ptp/udarat.3.html/2004.

www.walhi.or.id/kampanye/cemar/udara/penc_udara_info_020604/2004.

Xianzhi. F, et all, 1995, The Gas-Phase Photocatistic Minerlization of Benzena on Porous Titania Based Aplied Catalys B. Environmental.

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 jo Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 1950 sebagaimana telah diubah dan ditambah terakhir dengan Undang-undang Nomor 26 Tahun 1959;
2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 1992 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan;
3. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan;
4. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup;
5. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah;
6. Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 1993 tentang Pemeriksaan Kendaraan Bermotor di Jalan;
7. Peraturan Pemerintah Nomor 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi;
8. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara;
9. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Propinsi sebagai Daerah Otonom;
10. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep 35/MENLH/10/1993 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor;
11. Peraturan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 4 Tahun 2001 tentang Pembentukan dan Organisasi Lembaga Teknis Daerah di Lingkungan Pemerintah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta jo Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 89 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 Penyelenggaraan 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

GUBERNUR
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA,

HAMENGKU BUWONO X

Diundangkan di Yogyakarta
pada tanggal 23 Desember 2003

SEKRETARIS DAERAH
PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

SETDA

BAMBANG PRIYOHADI
NIP. 110021674

LEMBARAN DAERAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
TAHUN 2003 NOMOR 41 SERI E

LAMPIRAN
KEPUTUSAN GUBERNUR
DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA
NOMOR 167 TAHUN 2003
TANGGAL 23 DESEMBER 2003

BAKU MUTU EMISI SUMBER BERGERAK KENDARAAN BERMOTOR DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Jenis Sumber Emisi	CO (%)	Hidrokarbon (ppm)	NO_2 (ppm)	Pb (ppb)	Opasitas
1	3	4	5	7	8
Kendaraan Bermotor					
A. Sepeda Motor					
a. 2 langkah	4,5	3.000	850	10	30 % (D= 102 mm)
b. 4 langkah	4,5	2.400	700	10	-
B. Kendaraan Bermotor selain Sepeda Motor					
Berbahan Bakar Bensin					
a. Kendaraan 2 langkah					
- Mobil penumpang	4,5	3.000	850	10	30 % (D= 102 mm)
- Mobil barang	4,5	3.000	850	10	30 % (D= 102 mm)
b. Kendaraan 4 langkah					
1. Sistem Carburator					
- Mobil penumpang	4,5	1.200	350	10	-
- Mobil bus	4,5	1.200	350	10	-
- Mobil barang	4,5	1.200	350	10	-
- Kendaraan khusus	4,5	1.200	350	10	-
2. Sistem Injeksi					
- Mobil penumpang	3,5	800	221	10	-
- Mobil bus	3,5	800	221	10	-
- Mobil barang	3,5	800	221	10	-
- Kendaraan khusus	3,5	800	221	10	-
C. Kendaraan 4 langkah Berbahan Bakar Solar					
- Mobil penumpang	-	-	830	-	25 % (D = 102 mm) (50 % Bosch)
- Mobil bus	-	-	830	-	25 % (D = 102 mm) (50 % Bosch)
- Mobil barang	-	-	830	-	25 % (D = 102 mm) (50 % Bosch)
- Kendaraan khusus	-	-	830	-	25 % (D = 102 mm) (50 % Bosch)

GUBERNUR
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA,

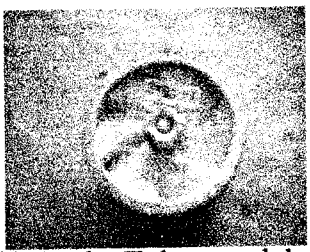
HAMENGKU BUWONO X

Lampiran_04/Alat-alat penelitian.

Proses Mencetak Adsorben



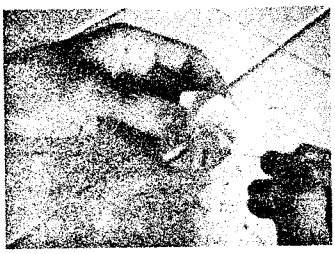
(a) Model Cetakan



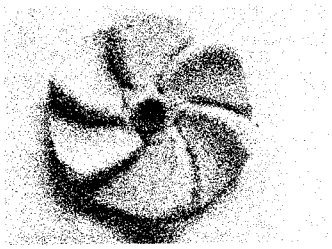
(b) As danTulangan dalam



(c) Adsorben

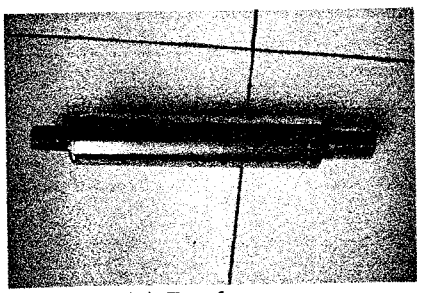


(d) Pengikisan Adsorben

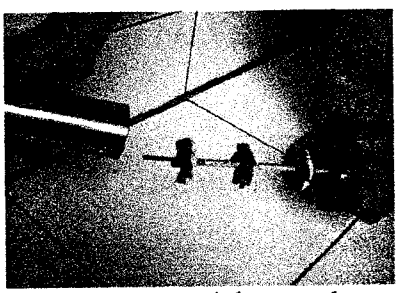


(e) Adsrben yang telah diaktifan

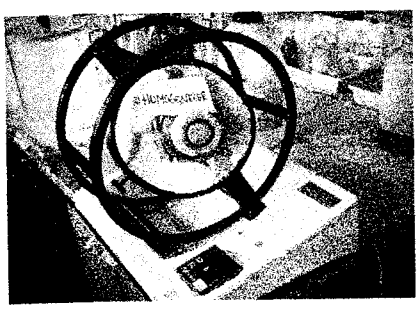
Reaktor dan Alat Penunjang



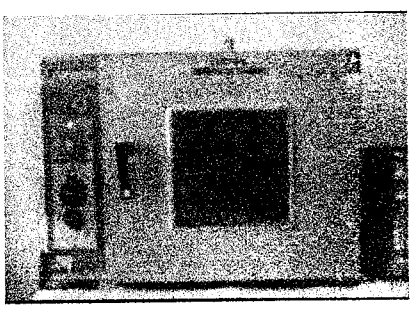
(a) Reaktor



(b) Susunan dalam reaktor



(c) Homogenezer



(d) Furnies

Lampiran_06/kegiatan penelitian

Kegiatan Pembuatan Adsorben



Proses pencetakan adsorben hingga proses pengikisan media adsorben

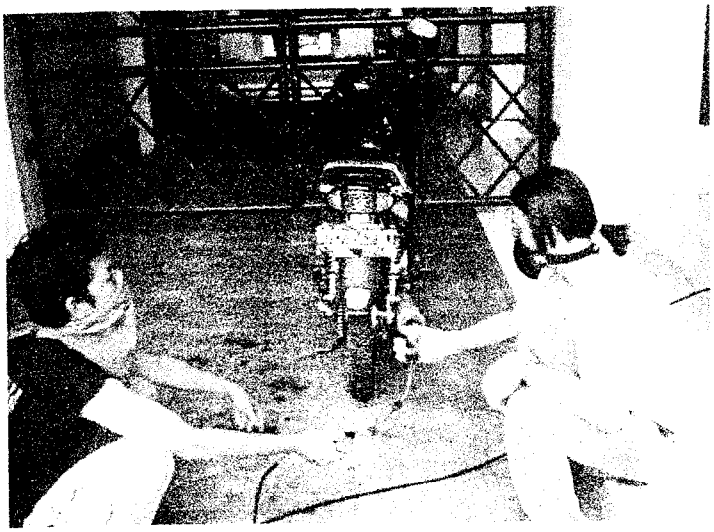
Analisa Uji Tekan



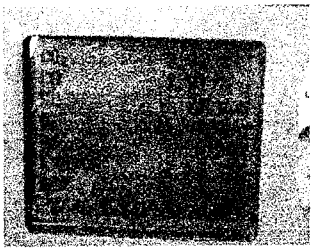
Kegiatan uji tekan bahan-bahan perekat dengan
menggunakan alat uji tekan hidrolis

Lampiran_07/kegiatan penelitian

Analisa Karbon Monoksida



Kegiatan pengambilan sampel untuk konsentrasi CO dan HC dengan alat Autochek



Monitor penujukan nilai konsentrasi

Analisa Partikel



Kegiatan pengambilan sampel untuk konsentrasi Partikel Dengan alat Hi-vol

Lampiran_10/perhitungan

Perhitungan titik jenuh teoritis

Dari keenam parameter yang diteliti oleh :

- Aldy H K (NOx dan Pb)
- Meidy P (SOx dan HC)
- Gatot P A (CO dan Partikel)

diketahui zeolit dengan konsentrasi TiO_2 10% pada suhu 300°C merupakan nilai yang terbaik dibandingkan dengan konsentrasi TiO_2 5% dan 15% serta suhu pengaktifan 200°C dan 400°C.

Diket :

Nilai konsentrasi pada suhu 300°C dan 10% TiO_2

Parameter	Kontrol(ppm)	outlet(ppm)	Selisih (ppm)
CO	29.000	13.400	15.600
HC	65,67	37,00	28,67
NOx	13,06	11,42	1,64
SOx	2,55	0,07	2,48
Pb	0,006	0,0017	0,0043
Partikel	11,85	4,25	7,6
		jumlah	15.640,3943

Q knalpot : 1 l/men (asumsi)
Pemakaian motor per hari : 2jam/hr (asumsi)
Daya serap zeolit (berat equivalen efektif) : 67,79%
Berat lempeng adsorben : @ 13,25 gram x 3 = 39,75 gram

$$\text{Nilai titik jenuh teoritis} = \frac{X}{Y}$$

X = Jumlah berat lempeng x berat equivalen efektif
X = 39,75 gram x 67,79%
X = 26,947 gram

Y = Q knalpot x Pemakaian motor perhari x $\sum$ selisih konsentrasi emisi

$$Y = 1\ \cancel{l/men} \times 120\ \cancel{men}/hr \times 15.640,3943\ \cancel{mg/m^3} \times \frac{1000\ \mu g}{1\ \cancel{mg}} \times \frac{1\ \cancel{m^3}}{1000\ \cancel{l}}$$

Y = 1.876.847,316 µg/hr
Y = 1,877 gram/hr

$$\therefore \text{ nilai titik jenuh teoritis} = \frac{X}{Y} = \frac{26,947\ gram}{1,877\ gram/hr} = 14,358\ hr \approx 14\ hari$$

LEMBAR ANALIS

HARI : Jum'at
TANGGAL : 08 - 04 - 2005
PARAMETER : CO (%)

No	Keterangan	Sampel		
		1	2	3
1	Kontrol			
		2,91	2,74	3,04
2	O% TiO2			
	200°C	1,48	1,60	1,82
	300°C	1,47	1,51	1,49
	400°C	2,05	2,07	2,08
3	5% TiO2			
	200°C	1,72	1,25	1,38
	300°C	1,30	1,37	1,62
	400°C	1,26	1,30	1,22
4	10% TiO2			
	200°C	1,43	1,39	1,41
	300°C	1,34	1,26	1,41
	400°C	1,22	1,16	1,27
5	15% TiO2			
	200°C	1,29	1,20	1,29
	300°C	1,27	1,07	1,20
	400°C	1,32	1,02	1,17

Petugas Analisa

PEMERINTAH KOTA YOGYAKARTA
KANTOR PENGENDALIAN DAMPAK LINGKUNGAN

Lawasal

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN & PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA
Jalan Wiyoro Lor, Telp. & Fax. (0274) 371588, 7496424, 7496168 Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197

INDONESIA SEHAT 2010

Nomor : PM.07.04.7. 673
Lamp. : 1 (satu) bendel
Perihal : Hasil pengujian spesimen kesehatan lingkungan

18 MAY 2005

0000661

Kepada Yth,
Sdr. Gatot Putra Anom
Mhs. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Jurusan Teknik Lingkungan
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Bersama ini kami sampaikan hasil pengujian spesimen kesehatan lingkungan yang kami ambil pada tanggal 12 dan 13 April 2005

Hasil pengujian :
FK Gas No. Contoh uji : 2015 G s.d 2053 G, terlampir

Beaya pengujian : Rp.663.000,-

Sudah diselesaikan dengan Bendaharawan Khusus Penerima Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Dan Pemberantasan Penyakit Menular Yogyakarta.

Demikian harap menjadikan maklum dan atas perhatian Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

a.n. Kepala/ Manajer Eksekutif,
Ka.Bid. Analisis Dampak Kes.Ling./
Manajer Administrasi dan Pelayanan

DEPARTEMEN KESEHATAN RI * BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA *
BALAI BESAR

Ir. Widjajanti
NIP.140162895

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA
Jalan Wiyoro Lor, Telp. & Fax. (0274) 371588, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197

INDONESIA SEHAT 2010

Rek/BBTKL PPM/12-G/R.2

SERTIFIKAT HASIL UJI
BBTKL PPM / G / V / 2005

F/BBTKL PPM/ 12-G

0000661

Pengujian Fisika Kimia Gas.
Nomor contoh uji : 2015 G – 2053 G
Asal contoh uji : Gatot Putra Anom
Mhs. UII Yogyakarta,
Jurusan Teknik Lingkungan
F. T.Sipil dan Perencanaan

Jenis contoh uji : Emisi
Pengambil contoh uji : Ishak Dj, AMKL (BBTKL PPM)
Tgl. Diambil/diterima : 12 April 2005/13 April 2005
Tgl. Pengujian : 12 April 2005 s.d 13 April 2005

Uraian 2015 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (tanpa adsorben Zeolit secara sentrifugal) kode I
2016 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (tanpa adsorben Zeolit secara sentrifugal) kode II
2017 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (tanpa adsorben Zeolit secara sentrifugal) kode III

No urut	No. Contoh Uji	Jam Pengukuran	Hasil Uji Partikel Debu (mg/m^3)
1	2015 G	9.47	12,00
2	2016 G	9.50	10,50
3	2017 G	9.53	13,00

Catatan :
1.Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2.Sertifikat hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manajer Eksekutif Laboratorium BBTKL PPM Yogyakarta, kecuali secara lengkap

Yogyakarta, 17 Mei 2005
Manajer Teknik Fisika Kimia Gas

DEPARTEMEN KESEHATAN ... BALAI BESAR ... KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA

Ir. Sigit Hernowo, M.Kes.
Nip. 140 129 859

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA
Jalan Wiyoro Lor, Telp. & Fax. (0274) 371588, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197

INDONESIA SEHAT 2010

Rek/BBTKL PPM/12-G/R.2

SERTIFIKAT HASIL UJI
BBTKL PPM / G / V / 2005

F/BBTKL PPM/ 12-G

0000661

Pengujian Fisika Kimia Gas.
Nomor contoh uji : 2015 G- 2053 G
Asal contoh uji : Gatot Putra Anom
Mhs. UII Yogyakarta,
Jurusan Teknik Lingkungan
F. T.Sipil dan Perencanaan

Jenis contoh uji : Emisi
Pengambil contoh uji : Ishak Dj, AMKL (BBTKL PPM)
Tgl. Diambil/diterima : 12 April 2005/13 April 2005
Tgl. Pengujian : 12 April 2005 s.d 13 April 2005

Uraian 2018 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode I
2019 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode II
2020 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode III
2021 G Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode I
2022 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode II
2023 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode III
2024 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode I
2025 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode II
2026 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit murni secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode III

No urut	No. Contoh Uji	Jam Pengukuran	Hasil Uji Partikel Debu (mg/m^3)
4	2018 G	10.05	8,00
5	2019 G	10.13	6,00
6	2020 G	10.19	5,50
7	2021G	10.26	8,50
8	2022G	10.34	4,50
9	2023G	10.39	3,00
10	2024 G	10.50	11,00
11	2025 G	10.54	98,50
12	2026 G	10.58	5,50

Catatan :
1.Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2.Sertifikat hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manajer Eksekutif Laboratorium BBTKL PPM Yogyakarta, kecuali secara lengkap

Yogyakarta, 17 Mei 2005
Manajer Teknik Fisika Kimia Gas

BALAI BESAR

Ir. Yuli Hernowo, M.Kes.
Nip. 140 129 859

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA
Jalan Wiyoro Lor, Telp. & Fax. (0274) 371588, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197

INDONESIA SEHAT 2010

Rek/BBTKL PPM/12-G/R.2

SERTIFIKAT HASIL UJI
BBTKL PPM / G / V / 2005

F/BBTKL PPM/ 12-G
0000661

Pengujian Fisika Kimia Gas.
Nomor contoh uji : 2015 G – 2053 G
Asal contoh uji : Gatot Putra Anom
Mhs. UII Yogyakarta ,
Jurusan Teknik Lingkungan
F. T.Sipil dan Perencanaan

Jenis contoh uji : Emisi
Pengambil contoh uji : Ishak Dj, AMKL (BBTKL PPM)
Tgl. Diambil/diterima : 12 April 2005/13 April 2005
Tgl. Pengujian : 12 April 2005 s.d 13 April 2005

Uraian 2027 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode I
2028 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode II
2029 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode III
2030 G Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode I
2031 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode II
2032 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode III
2033 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode I
2034 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode II
2035 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 5 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode III

No urut	No. Contoh Uji	Jam Pengukuran	Hasil Uji Partikel debu (mg/m^3)
13	2027 G	11.05	89,00
14	2028 G	11.09	77,00
15	2029 G	11.13	83,00
16	2030 G	11.29	68,00
17	2031 G	11.33	27,50
18	2032 G	11.37	47,75
19	2033 G	11.42	245,50
20	2034 G	11.47	144,75
21	2035 G	11.53	44,00

Catatan :
1.Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2.Sertifikat hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manajer Eksekutif Laboratorium BBTKL PPM Yogyakarta, kecuali secara lengkap

Yogyakarta, 17 Mei 2005
Manajer Teknik Fisika Kimia Gas

BALAI BESAR

Ir. Sigit Hernowo, M.Kes.
Nip. 140 129 859

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA
Jalan Wiyoro Lor, Telp. & Fax. (0274) 371588, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197

INDONESIA SEHAT 2010

Rek/BBTKL PPM/12-G/R.2

SERTIFIKAT HASIL UJI
BBTKL PPM / G / V / 2005

F/BBTKL PPM/ 12-G

0000661

Pengujian Fisika Kimia Gas.

Nomor contoh uji : 2015 G – 2053 G
Asal contoh uji : Gatot Putra Anom
Mhs. UII Yogyakarta ,
Jurusan Teknik Lingkungan
F. T.Sipil dan Perencanaan

Jenis contoh uji : Emisi
Pengambil contoh uji : Ishak Dj, AMKL (BBTKL PPM)
Tgl. Diambil/diterima : 13 April 2005/13 April 2005
Tgl. Pengujian : 13 April 2005 s.d 14 April 2005

Uraian . 2036 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode I
2037 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode II
2038 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode III
2039 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode I
2040 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode II
2041 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode III
2042 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode I
2043 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode II
2044 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 10 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode III

No urut	No. Contoh Uji	Jam Pengukuran	Hasil Uji Partikel Debu (mg/m^3)
22	2036 G	9.21	1,00
23	2037 G	9.25	3,50
24	2038 G	9.30	13,50
25	2039 G	9.38	2,60
26	2040 G	9.43	6,00
27	2041 G	9.47	4,25
28	2042 G	9.52	6,00
29	2043 G	9.57	14,00
30	2044 G	10.02	16,50

atatan :
Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
Sertifikat hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manajer Eksekutif Laboratorium BBTKL PPM Yogyakarta, kecuali secara lengkap

Yogyakarta, 17 Mei 2005
Manajer Teknik Fisika Kimia Gas

BALAI BESAR

Ir. Sigit Hernowo, M.Kes.
NIP. 140 129 859

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR YOGYAKARTA
Jalan Wiyoro Lor, Telp. & Fax. (0274) 371588, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197

INDONESIA SEHAT 2010

Rek/BBTKL PPM/12-G/R.2

SERTIFIKAT HASIL UJI
BBTKL PPM / G / V / 2005

F/BBTKL PPM/ 12-G

0000661

Pengujian Fisika Kimia Gas.

Nomor contoh uji : 2015 G – 2053 G
Asal contoh uji : Gatot Putra Anom
Mhs. UII Yogyakarta ,
Jurusan Teknik Lingkungan
F. T.Sipil dan Perencanaan

Jenis contoh uji : Emisi
Pengambil contoh uji : Ishak Dj, AMKL (BBTKL PPM)
Tgl. Diambil/diterima : 13 April 2005/13 April 2005
Tgl. Pengujian : 13 April 2005 s.d 14 April 2005

Uraian 2045 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode I
2046 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode II
2047 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 200°C) kode III
2048 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode I
2049 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode II
2050 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 300°C) kode III
2051 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode I
2052 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode II
2053 G. Contoh Uji Emisi kendaraan Supra X Honda tahun 2003,4 langkah (dengan adsorben Zeolit + TiO_2 konsentrasi 15 % secara sentrifugal pada suhu 400°C) kode III

No urut	No. Contoh Uji	Jam Pengukuran	Hasil Uji Partikel debu (mg/m^3)
31	2045 G	10.10	2,50
32	2046 G	10.15	1,50
33	2047 G	10.19	296,50
34	2048 G	10.23	21,50
35	2049 G	10.28	29,50
36	2050 G	10.32	35,50
37	2051 G	10.38	62,00
38	2052 G	10.44	9,50
39	2053 G	10.50	14,00

Catatan :
1.Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2.Sertifikat hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manager Eksekutif Laboratorium BBTKL PPM Yogyakarta, kecuali secara lengkap

Yogyakarta, 17 Mei 2005
Manager Teknik Fisika Kimia Gas

BALAI BESAR

Ir. Sigit Hernowo, M.Kes.
Nip. 140 129 859