

**PERANCANGAN BED REACTOR ZEOLIT ALAM  
SEBAGAI ALAT PENYERAP EMISI GAS ASAP  
PADA MOTOR BAKAR BENSIN**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**RUDY SULAIMAN HARAHAHAP**

**NPM : 138130016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN BED REACTOR ZEOLIT ALAM  
SEBAGAI ALAT PENYERAP EMISI GAS ASAP  
PADA MOTOR BAKAR BENSIN**

**TUGAS AKHIR**

**RUDY SULAIMAN HRP**

**13. 813. 0016**

**Disetujui Oleh :**

**Pembimbing I**

**( Ir.Amru Siregar,MT )**

**Pembimbing II**

**( Ir.H.Amirsyam Nst.MT)**

**Mengetahui :**

**Dekan**



**(Prof.Dr.Ir.Armansyah Ginting,M.Eng )**

**Ka Prodi Studi**



**(Bobby Umroh,ST.MT)**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 19 Oktober 2018



RUDY SULAIMAN HARAHAP

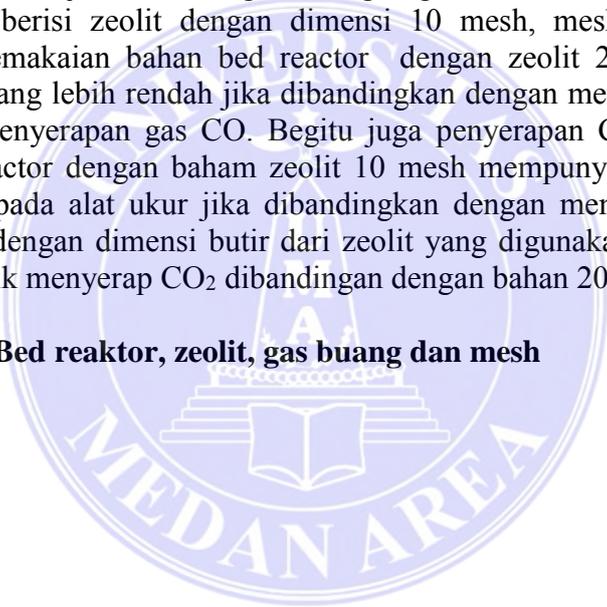
13.813.0016

## ABSTRAK

Gas yang terserap oleh batu zeolit yang terdapat pada bed reaktor untuk menghambat gas buang tidak langsung keluar hal ini diakibatkan gas masuk ke celah-celah antara batu zeolit. Kemampuan Zeolit mempunyai beberapa sifat yaitu sifat dehidrasi, sifat absorben, sifat penukar ion dan sifat katalisator. Sifat-sifat yang dimiliki batu zeolit sesuai untuk mereduksi gas yang dihasilkan kendaraan sepeda motor. Dimensi batu zeolit mempengaruhi penyerapan gas buang dengan 10 mesh dan 20 mesh. Hasil pengujian emission Analyzer gas CO (Karbon Monoksida) dapat direduksi oleh zeolit dengan 10 mesh mempunyai nilai penyerapan gas CO yang lebih tinggi baik pada aliran gas turbulen ataupun linier.

Untuk aliran linier gas buang lebih tinggi penyerapan gas CO-nya pada gas aliran turbulen jika dibandingkan dengan gas aliran linear menggunakan bed reaktor yang berisi zeolit dengan dimensi 10 mesh, meskipun hanya sedikit perbedaan. Pemakaian bahan bed reaktor dengan zeolit 20 mesh mempunyai angka emisi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan menggunakan bahan 10 mesh untuk penyerapan gas CO. Begitu juga penyerapan CO<sub>2</sub> yang digunakan dalam bed reaktor dengan bahan zeolit 10 mesh mempunyai angka emisi yang lebih rendah pada alat ukur jika dibandingkan dengan menggunakan bahan 20 mesh, sesuai dengan dimensi butir dari zeolit yang digunakan, bahan dengan 10 mesh lebih baik menyerap CO<sub>2</sub> dibandingkan dengan bahan 20 mesh.

**Kata Kunci:** Bed reaktor, zeolit, gas buang dan mesh

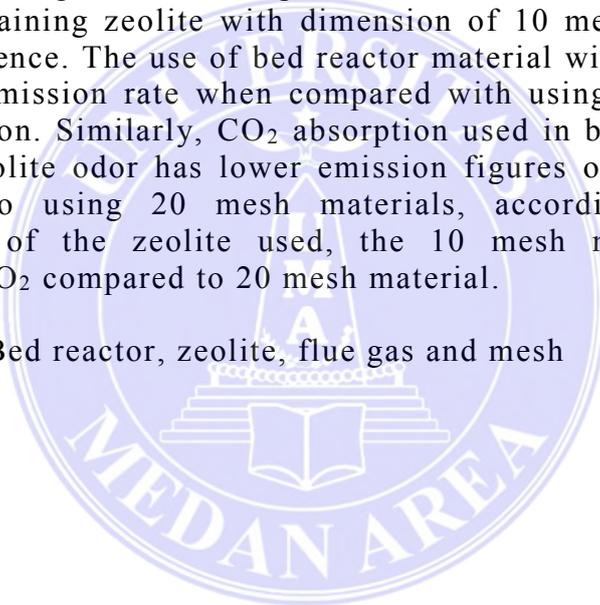


## ABSTRACT

The gas absorbed by the zeolite rocks found in the reactor bed to inhibit the exhaust gas does not come directly out of this gas due to the entry into the gaps between the zeolite rocks. Zeolite ability has several properties that are dehydration, absorbent properties, ion exchange properties and catalytic properties. The properties of zeolite are suitable for reducing the gas produced by motor vehicles. The zeolite stone dimension affects the absorption of exhaust gases by 10 mesh and 20 mesh. The result of emission test of CO gas analyzer (Carbon Monoxide) can be reduced by zeolite with 10 mesh has higher CO gas absorption value either on turbulent or linear gas flow.

For linear flow of exhaust gas higher absorption of CO gas on turbulent flow gas when compared with linear flow gas using bed reactor containing zeolite with dimension of 10 mesh, although only slight difference. The use of bed reactor material with 20 mesh zeolite has lower emission rate when compared with using 10 mesh for CO gas absorption. Similarly, CO<sub>2</sub> absorption used in bed reactors with a 10 mesh zeolite odor has lower emission figures on the gauge when compared to using 20 mesh materials, according to the grain dimensions of the zeolite used, the 10 mesh material is better absorbing CO<sub>2</sub> compared to 20 mesh material.

Keywords: Bed reactor, zeolite, flue gas and mesh



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada Universitas Medan Area Jurusan Teknik Mesin dengan judul **“PERANCANGAN BED REACTOR ZEOLIT ALAM SEBAGAI ALAT PENYERAP EMISI GAS ASAP PADA MOTOR BAKAR BENSIN”**

Penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan guna menyelesaikan program sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area Jurusan Teknik Mesin.

Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir Amru Siregar MT selaku pembimbing satu.
2. Bapak Ir Amirsyam Nasution MT selaku pembimbing dua.
3. Bapak Prof. Dr Ir. Armansyah Ginting M.Eng sebagai dekan fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Bobby Umroh ST. MT sebagai ketua jurusan mesin fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Serta terima kasih kepada rekan dan semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan selama penulisan laporan ini .

Penulis sangat mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini. Dan

penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun kepada pembaca.

Medan, 19 Oktober 2018

Penulis,

Rudy Sulaiman Harahap



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1 Latar Belakang .....	1
2 Tujuan Penelitian.....	4
3 Manfaat Penelitian .....	4
4 Perumusan Masalah .....	5
5 Batasan Masalah .....	5
6 Sistematika Penulisan .....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Motor bakar.....	7
2.1.1 Jenis Motor Bakar.....	7
2.1.2 Motor Bensin.....	8
2.1.3 Proses Pembakaran.....	8
2.1.4 Parameter Prestasi Motor Bensin 4 Langkah.....	9
2.1.5 Gas Buang Motor Bensin.....	10
2.1.5 Material Zeolit .....	13
2.2. Pembakaran Hidrokarbon.....	19
2.3. Kerangka Konsep.....	21
BAB 3 METODE PERANCANGAN .....	25

3.1 Tempat dan jadwal Perancangan .....	25
3.2 Alatan dan Bahan .....	25
3.3 Prosedur Penelitian .....	26
3.4 .1 Pelaksanaan .....	26
3.4.2 Prosedur perancangan.....	26
3.4.3 Perancangan bed reactor .....	27
3.5 Diagram Alir Perancangan .....	29
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	30
4.1 Untuk gas CO dengan besar butir zeolit 10 mesh.....	30
4.2 Untuk gas CO dengan besar butir zeolit 20 mesh.....	31
4.3 Untuk gas CO <sub>2</sub> dengan besar butir zeolit untuk bahan 10 mesh.....	32
4.4 Untuk gas CO <sub>2</sub> dengan besar butir zeolit 20 mesh .....	35
4.5 Pengujian HC untuk bahan 10 mesh .....	37
4.6 Pengujian HC untuk bahan 20 mesh .....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	40
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA	42

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komposisi gas buang motor bensin (Winarno, 2014).....	11
Gambar 2.2 Batu Alam Zeolitiv .....	13
Gambar 2.3. Tetrahedral alumina dan silika pada struktur zeolit .....	14
Gambar 2.4. Skematika pembentukan struktur zeolit tiga dimensi .....	15
Gambar 2.5 Kerangka konsep penelitian .....	21
Gambar 3.1 Bahan Zeolit Dengan Ukuran Butir Yang Berbeda .....	23
Gambar 3.2 Gelas Ukur Kapasitas 500 ml .....	23
Gambar 3.3 Tachometer Digital .....	24
Gambar 3.4 Hygrometer Merek Eltech .....	24
Gambar 3.5 Hotwire Anemometer Merek Krisbow .....	24
Gambar 3.6 Timbangan Digital .....	25
Gambar 3.7 <i>Auto chek Gas And Smoke</i> .....	25
Gambar 3.8 Jangka Sorong.....	25
Gambar 3.9 Dimensi Bangun Bed Reactor .....	26
Gambar 3.10 Assembling Gambar Sampel.....	27
Gambar 3.11 Set Up Peralatan .....	28
Gambar 3.12 Diagram Alir .....	29
Gambar 4.1 Grafik pengujian CO untuk bahan 10 mesh .....	31
Gambar 4.2 Grafik pengujian CO untuk bahan 20 mesh .....	33
Gambar 4.3 Grafik pengujian CO <sub>2</sub> untuk bahan 10 mesh .....	33
Gambar 4.4 Grafik pengujian CO <sub>2</sub> untuk bahan 20 mesh .....	36
Gambar 4.5 Grafik pengujian HC untuk bahan 10 mesh .....	38
Gambar 4.6 Grafik pengujian HC untuk bahan 20 mesh .....	38

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam bidang teknik, terutama di teknik sepeda motor sangat penting mempelajari secara baik tentang bahan-bahan karena bahan tersebut digunakan untuk berbagai keperluan, salah satunya seperti sifat aliran udara yang melalui saluran gas buang pada sepeda motor. Hasil penyaringan udara gas buang ini sangat menentukan performance suatu mesin. Maka dapat didefinisikan bahwa hasil dari penyaringan udara sebagai kemampuan suatu material untuk memfilter penetrasi (penekanan) aliran udara.

Mineral zeolit merupakan salah satu jenis mineral yang ditemukan di alam. Mineral zeolit alam terdiri dari oksida-oksida,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$  dan  $MgO$ . Sebagian dari penyusun mineral zeolit ini terdapat dalam batuan-batuan sedimen, terutama kristal- kristal dari kelompok alumina dan silikat. Pemanfaatan zeolit alam telah banyak digunakandalam bidang-bidang, industri,pertanian, peternakan maupun lingkungan hidup, misalnya pada pemanfaatan zeolit dan fly ash dilakukan aktivasi dengan  $NaOH$  untuk membersihkan zat pengotor [Ajito, 2017]. Zeolit alam juga dan gypsum digunakan sebagai penyaring emisi gas buang. [Hatta, 2016].

Oleh karena banyaknya kegunaan zeolit ini, maka pada tahun 1949 Milton membuat zeolit sintetis sebagai pengganti zeolit alam. Pembuatan zeolit ini sangat berkembang dan bervariasi terutama dalam hal perbandingan komposisi antara  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$ . Penggunaan zeolit sintetis dibidang industri umumnya meliputi

pengolahan petroleum, petrokimia, sintesa kimia dan kontrol polusi. Begitu pula halnya zeolit alam, dengan kemurnian yang tinggi dan jumlah deposit yang banyak mempunyai nilai komersial dan potensial. Keuntungan pemanfaatan zeolit alam ini adalah biaya yang murah karena dijumpainya deposit zeolit alam yang mudah. Di Indonesia menurut ahli geologi terdapat 46 lokasi endapan zeolit alam, salah satunya terdapat di desa Sarula, Kabupaten Tapanuli Utara, Propinsi Sumatera Utara.

Salah satu sumber polusi udara yang terbesar adalah akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna didalam motor bakar, sehingga menghasilkan gas asap yang mengandung karbon monoksida, dan hidrokarbon, terutama mesin motor bakar otto. Mesin kendaraan roda empat yang dipergunakan dikota-kota besar, umumnya menggunakan motor bakar Otto, dimana semakin lama usia pemakaian mesin tersebut semakin besar kemungkinan polutan udara yang dihasilkan mesin tersebut. Baik manusia maupun hewan akan menyerap gas karbon monoksida (CO) melalui paru-paru, dimana gas CO ini jika bereaksi dengan haemoglobin dalam darah akan membentuk karbon monoksida haemoglobin (COHb). Haemoglobin mempunyai affinitas mengikat CO 200 kali lebih kuat daripada oksigen ( $O_2$ ), sehingga mencegah pembawaan oksigen oleh darah dari tubuh dan keseluruhan tubuh.

Pembuatan material filter gas emisi dari bahan Ceramic Matrix Composite (CMC) telah berhasil dibuat dengan (80 % volume Clay + 10 % volume  $TiO_2$  + 10 % volume Karbon Aktif) + 10 % volume PVA dengan aditif 10% volume Serbuk Kayu yang dimixer dengan kecepatan putar 64 rpm selama 30 menit dan dicetak dengan tekanan press 25 MPa dan suhu sintering  $950^\circ C$  memiliki

performa dalam penurunan kadar gas emisi CO terbanyak yaitu 99,267 % volume pada putaran mesin 200 rpm.(Amin, 2016). Penggunaan zeolit alam yang termodifikasi TiO<sub>2</sub>-20% sebagai absorben pada kendaraan bermotor mampu mengurangi emisi gas NO<sub>2</sub> sekitar 45-49 %. Filter pelet *fly ash* batubara mampu menghemat konsumsi bahan bakar hingga 28,8% pada *road test*, dan sebesar 25,5% pada pengujian stasioner. Akselerasi meningkat sebesar 7,3%. Disamping itu filter pelet *fly ash* batubara mampu mengurangi kadar CO(Bagus, 2014)

Gas asap mesin otomotif akan bergerak dengan cepat ke berbagai tempat, sehingga akan mengakibatkan polusi udara. Polusi udara merupakan salah satu masalah lingkungan hidup secara global saat ini. Oleh karena itu diperlukan bahan yang dapat mengurangi polusi gas asap mesin otomotif. Bahan yang dapat menyerap polutan gas asap mesin motor bakar adalah zeolit alam. penyerapan gas-gas polutan dari gas asap dapat dilakukan dengan alat yang diletakkan pada ujung knalpot mesin motor bakar..

Pada skripsi ini akan dirancang kemampuan zeolit alam untuk menyerap emisi gas asap mesin motor bakar bensin pada aplikasi sepeda motor merek Honda.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Pada penjelasan di atas bahwa emisi gas asap motor bakar merupakan persoalan yang sangat perlu dilakukan untuk mengurangi polusi udara akibat gas asap mesin sepeda motor. Oleh karena itu penelitian ini memiliki tujuan yaitu :

1. Merancang bentuk geometris bed reaktor zeolit alam yang memiliki kemampuan menyerap emisi gas asap mesin motor bakar merek Honda tipe Supra.
2. Merencanakan ukuran butiran zeolit alam yang memiliki kemampuan menyerap emisi gas asap paling baik pada bed reactor tersebut jenis aliran Laminar.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini akan memberikan manfaat kepada beberapa hal :

1. Membantu mengurangi penyelesaian persoalan polusi saat ini, khususnya polusi udara yang dihasilkan oleh sepeda motor.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan pada penelitian berikutnya yang berhubungan dengan polusi akibat gas asap sepeda motor.
3. Hasil penelitian ini merupakan kontribusi terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi khususnya dibidang sumber daya alam.

Oleh karena itu diperlukan adanya pengujian material yang akan digunakan sebelum diputuskan layak tidaknya material tersebut di pakai. Secara teknis pengujian yang di pakai harus dapat melihat sifat laju dan filterisasi material tersebut. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah pengujian penyaringan udara untuk gas buang pembakaran mesin sepeda motor.

Pengujian aliran udara adalah pengujian filterisasi udara untuk kebutuhan pembakaran pada mesin sepeda motor, merupakan metode yang paling umum digunakan karena simple dan tidak menghendaki keahlian khusus. Digunakan kombinasi variasi laju aliran udara terhadap material yang dipergunakan.

#### **1.4 Perumusan Masalah**

Pada umumnya pemakaian material filter udara untuk gas buang sepeda motor masing jarang digunakan. Sehingga proses pembuangan gas buang sepeda motor dapat mengganggu polusi udara, mahasiswa coba merancang material filter gas buang sepeda motor merek honda tipe Supra dengan cara menggunakan zeolit sebagai bahan baku.

#### **1.5 Batasan Masalah**

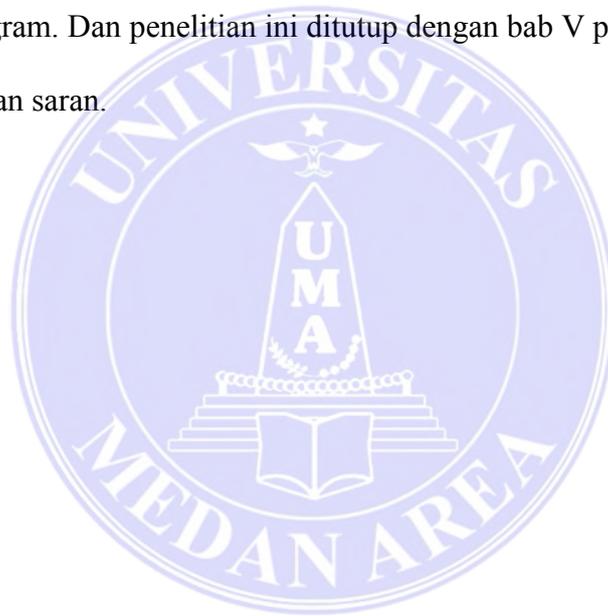
Adapun batasan masalah dari tugas sarjana ini adalah mengkaji bahan filter untuk gas buang sepeda motor. Untuk menghindari ketidak teraturan pembahasan dan mengingat luasnya pembahasan dan disertai dengan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis, maka pada tugas sarjana ini penulis membatasi masalah hanya sebatas aplikasi pada sepeda motor berbahan bakar bensin untuk merek Honda tipe Supra:

1. Merancang filterisasi material gas buang sepeda motor menggunakan zeolit sebagai bahan baku.
2. Material direncanakan diuji dengan sepeda motor merek Honda tipe Supra.
3. Material zeolit direncanakan bebrbentuk butiran dengan mesh 10 dan 20.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut: Bagian pendahuluan berisi tentang halaman judul, halaman pengesahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, dan daftar lampiran. Bagian isi laporan penelitian terdiri dari: bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan

masalah, tujuan dan manfaat, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan laporan. Bab II Tinjauan pustaka, berisi tentang gambaran umum bahan alam Zeolit, jenis laju aliran udara, pengujian aliran udara karena penyaringan material. Bab III Metodologi penelitian, merupakan rangkaian pelaksanaan dengan menguraikan desain penelitian, bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian, pengukuran alat uji, diagram alir, teknik pengambilan data, analisa data dan tempat penelitian. Bab IV Analisa hasil dan pembahasan penelitian, berisi tentang data hasil penelitian, analisa dan pembahasan yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan diagram. Dan penelitian ini ditutup dengan bab V penutup Berisi tentang kesimpulan dan saran.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Selama ini pembuatan filter gas buang dibuat dari bahan-bahan logam murni yang memiliki kelimpahan rendah sehingga harganya relative mahal, seperti Platinum (Pt), Palladium (Pd) dan Rhodium (Rh). Oleh karena itu penelitian diarahkan pada mencari bahan alternatif dengan harga yang murah untuk membuat filter tersebut. Tren penelitian material alternatif pembuat filter gas buang di Indonesia banyak digunakan dari bahan-bahan logam transisi, seperti: Tembaga, Nikel dan Seng. Selain itu juga dikembangkan penelitian material filter gas buang dari bahan keramik dengan prinsip adsorpsi dalam penurunan kadar gas emisi kendaraan tersebut. Antara penelitian material filter gas buang kendaraan bermotor dari jenis logam dan keramik selama ini dilakukan secara terpisah tanpa menggabungkan antara keduanya. Oleh karena itu perlu dilakukan penggabungan antara keduanya agar dapat memperbaiki sifat-sifatnya. Pada penelitian ini akan dilakukan penggabungan antara bahan logam dan keramik dalam bentuk komposit (*Ceramic Matrix Composite / CMC*). Hasil yang diperoleh diharapkan dapat diperoleh material filter yang bersifat ganda yaitu sebagai katalis dan adsorben sehingga dapat meningkatkan kemampuan penurunan kadar gas Carbon Monoksida (CO) pada kendaraan bermotor.

Polusi udara akibat pengaruh hasil pembakaran bahan bakar pada mesin-mesin kendaraan bermotor terus mengalami peningkatan. Bahan polutan tersebut biasanya berupa Gas Carbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), Sulfir Oksida (SO<sub>2</sub>) dan Timbai (Pb). Pengaruh buruk akibat

bahan polutan yang tidak terkendali adalah pemicu terhadap pemanasan global dan penyebab penyebaran berbagai macam penyakit. Usaha untuk menanggulangi bertambahnya bahan polutan yaitu dengan menggunakan filter gas buang pada semua kendaraan bermotor.

Penggunaan filter gas buang kendaraan bermotor di Indonesia belum begitu banyak karena masih terbatas pada mobil-mobil tertentu saja. Hal ini disebabkan biaya pembuatan filter gas buang yang cukup mahal. Saat ini, Indonesia masih mengadopsi filter gas emisi (katalitik) dari Negara-negara yang sudah menggunakan bahan bakar tanpa Timbal dengan menggunakan bahan-bahan dari logam murni, seperti: *Platinum (Pt)*, *Palladium (Pd)* dan *Rhodium (Rh)*. Kelemahan dari filter gas emisi ini yaitu biaya yang cukup mahal dalam pembuatannya karena memiliki kelimpahan yang rendah. Selain itu, logam-logam murni yang digunakan pada katalitik ini adalah sangat sensitif terhadap timbal yang terkandung dalam bahan bakar (terutama BBM di Indonesia) [Ellyanie, 2011]. Sehingga jenis katalitik ini tidak mampu menurunkan kadar Timbal dari hasil pembakaran bahan bakar mesin kendaraan bermotor. Sehingga penelitian tentang filter gas emisi kendaraan di Indonesia adalah sangat dibutuhkan.

Bahan-bahan dengan kelimpahan tinggi sudah terbukti dapat menurunkan kadar CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan HC dengan cukup baik meskipun belum dapat menyamai dari bahan-bahan logam murni. Sedangkan apabila filter gas emisi ini diterapkan untuk kendaraan-kendaraan di Indonesia yang kebanyakan masih menggunakan bahan bakar dengan Timbal, maka jenis filter ini kurang

relevan karena tidak mampu menurunkan kadar Timbal. Oleh karena itu, kedepan penelitian ini diarahkan pada filter dengan kemampuan menurunkan kadar Timbal disamping gas-gas yang berbahaya lainnya.

Penelitian mengenai penurunan kadar Timbal pada gas emisi kendaraan bermotor juga telah dilakukan dalam skala lab. Penggunaan Karbon Aktif, Zeolit, TiO<sub>2</sub> telah banyak dipergunakan oleh para peneliti untuk menurunkan kadar Timbal karena Timbal hanya dapat direduksi dengan cara adsorpsi. Penggunaan Karbon Aktif dalam menurunkan Timbal telah dilakukan oleh [Murhadi, 2013]. Karbon Aktif dengan merk dagang “MERCK” dengan seri 1.02186 K 23361386 yang diuji dengan *Atomic Absorbance Spectrophotometer (AAS)* LOD 0,001 mg/m<sup>3</sup> diperoleh hasil 100% dalam penurunan kadar Timbal.

## **2.1 Motor Bakar**

Motor bakar adalah salah satu dari mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversi energi termal hasil dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis. Terjadinya energi panas karena adanya proses pembakaran bahan bakar dengan udara dalam sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak.

### **2.1.1 Jenis Motor Bakar**

Adapun jenis-jenis motor bakar sebagai berikut :

a. Motor pembakaran luar (*External Combustion Engine*)

Motor pembakaran luar adalah suatu motor dimana proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan di luar dari konstruksi mesin. Dari ruang pembakaran energi panas tersebut dialirkan ke konstruksi mesin melalui media penghubung lagi. Contoh motor pembakaran luar adalah mesin uap atau turbin uap dan pembangkit listrik tenaga matahari.

b. Motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*)

Pada motor pembakaran dalam, proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan di dalam konstruksi mesin itu sendiri dan tempat terjadinya proses pembakaran itu disebut ruang bakar. Contohnya adalah motor diesel dan motor bensin.

### 2.1.2 Motor Bensin

Motor bensin mempunyai ciri utama yaitu proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang silinder pada volume tetap. Proses pembakaran pada volume tetap ini disebabkan pada waktu terjadi kompresi, dimana campuran bahan bakar dan udara mengalami proses kompresi di dalam silinder, dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap terbakar dan busi memercikan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat menyebabkan campuran tersebut terbakar habis seketika dan menimbulkan kenaikan suhu dalam ruang bakar.

Adapun prinsip kerja motor bensin dibedakan menjadi dua, yaitu motor bensin 2 langkah dan 4 langkah.

### 1. Motor bensin 2 langkah

Motor bensin 2-langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol atau dalam dua kali gerakan piston.

### 2.1.3 Proses Pembakaran

**Bensin** atau **gasoline** (Amerika) atau **petrol** (Inggris) adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, dan empat. Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C7 (heptana) sampai dengan C11. Dengan kata lain, bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai.

Jika bensin dibakar pada kondisi ideal dengan oksigen berlimpah, maka akan dihasilkan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan energi panas. Setiap kg bensin mengandung 42.4 MJ. Bensin dibuat dari minyak mentah, cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut dengan *petroleum*. Cairan ini mengandung hidrokarbon; atom-atom karbon dalam minyak mentah ini berhubungan satu dengan yang lainnya dengan cara membentuk rantai yang panjangnya yang berbeda-beda. Molekul hidrokarbon dengan panjang yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda pula. CH<sub>4</sub> (metana) merupakan molekul paling “ringan”; bertambahnya atom C dalam rantai tersebut akan membuatnya semakin “berat”. Empat molekul pertama hidrokarbon adalah metana, etana, propana, dan butana. Dalam temperatur dan tekanan kamar, keempatnya berwujud gas, dengan titik

dididih masing-masing -107, -67,-43 dan -18 derajat C. Berikutnya, dari C5 sampai dengan C18 berwujud cair, dan mulai dari C19 ke atas berwujud padat.

Dengan bertambah panjangnya rantai hidrokarbon akan menaikkan titik dididihnya, sehingga pemisahan hidrokarbon ini dilakukan dengan cara distilasi. Prinsip inilah yang diterapkan di pengilangan minyak untuk memisahkan berbagai fraksi hidrokarbon dari minyak mentah. Karena merupakan campuran berbagai bahan, daya bakar bensin berbeda-beda menurut komposisinya. Ukuran daya bakar ini dapat dilihat dari bilangan oktan setiap campuran.

Bilangan oktan (octane number) merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk mengatasi ketukan sewaktu terbakar dalam bensin. Nilai bilangan 0 ditetapkan untuk n-heptana yang mudah terbakar, dan nilai 100 untuk isooktana yang tidak mudah terbakar. Suatu campuran 30 n-heptana dan 70 isooktana akan mempunyai bilangan oktan :

$$=(30/100 \times 0) + (70/100 \times 10) = 70$$

Bilangan oktan bensin dapat ditentukan melalui uji pembakaran sampel bensin untuk memperoleh karakteristik pembakarannya. Karakteristik tersebut kemudian dibandingkan dengan karakteristik pembakaran dari berbagai campuran n-heptana dan isooktana. Jika ada karakteristik yang sesuai, maka kadar isooktana dalam campuran n-heptana dan isooktana tersebut digunakan untuk menyatakan nilai bilangan oktan dari bensin yang diuji.

Angka oktan beberapa bahan bakar:

- Senyawa Angka Senyawa Angka oktan
- n-heptana 0

- metilsikloheksana 104
- 2-metil heksana 41
- benzena 108
- 3-metil heksana 56
- metilbenzena 124
- 2,2-dimetil pentana 89
- 1-heptena 68
- 2,3-dimetil pentana 87
- 5-metil-1-heksena 96
- 2,4-dimetil pentana 77 \*
- 2-metil-2-heksana 129
- 3,3-dimetil pentana 95
- 2,4-dimetil-1-pentena 142
- 3-etil pentana 64
- 4,4-dimetil-1-1pentena 144
- 2,2,3-trimetil butana 113
- 2,3-dimetil-2-pentena 165
- n-heksana 26
- 2,4-dimetil-2-pentena 135
- sikloheksana 77
- 2,2,3-trimetil-1-butena 145

Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh

percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Bilangan oktan suatu bensin memberikan informasi tentang seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin tersebut terbakar secara spontan. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi knocking atau ketukan di dalam mesin. Knocking ini akan menyebabkan mesin cepat rusak.

Nama oktan berasal dari oktana (C<sub>8</sub>), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus; oktana dapat dikompres sampai volume kecil tanpa mengalami pembakaran spontan, tidak seperti yang terjadi pada heptana, misalnya, yang dapat terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit.

Bensin dengan bilangan oktan 87, berarti bensin tersebut terdiri dari campuran setara dengan campuran 87% oktana dan 13% heptana. Bensin ini akan terbakar secara spontan pada angka tingkat kompresi tertentu yang diberikan, sehingga hanya diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang memiliki ratio kompresi yang tidak melebihi angka tersebut.

Pembakaran adalah reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran. Elemen utama proses pembakaran adalah karbon dan oksigen. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen akan

bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Kalau tidak cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon, akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut :



Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen (O) dengan molekulmolekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon (C) dan hidrogen (H) untuk membentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O) pada kondisi pembakaran sempurna. Disini proses pembentukan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari percikan bunga api busi telah mampu memutuskan ikatan antar partikel oksigen (O=O) menjadi partikel 'O' dan 'O', dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan bakar (C-H dan C-C) menjadi partikel 'C' dan 'H' yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel 'O' dapat beroksidasi dengan partikel 'C' dan 'H' untuk membentuk CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Jadi dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu.

#### **2.1.4 Parameter Prestasi Motor Bensin 4 Langkah**

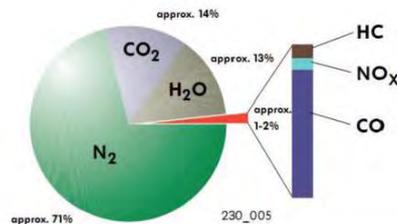
Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi, besar kecilnya harga parameter operasi akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan. Untuk mengukur prestasi kendaraan motor bensin 4 langkah dalam aplikasinya diperlukan parameter sebagai berikut:

- Konsumsi bahan bakar, semakin sedikit konsumsi bahan bakar kendaraan motor bensin 4 langkah, maka semakin tinggi prestasinya.
- Kadar gas buang, semakin sedikit kadar gas CO dan HC pada gas buang kendaraan, maka semakin tinggi prestasinya.
- Waktu tempuh, semakin singkat waktu tempuh akselerasi yang diperlukan pada kendaraan bermotor 4 langkah untuk mencapai jarak tertentu, maka semakin tinggi prestasinya.
- Putaran mesin, putaran mesin pada kondisi stasioner dapat menggambarkan normal atau tidaknya kondisi mesin. Perbedaan putaran mesin juga menggambarkan besarnya torsi yang dihasilkan

### **2.1.5 Gas Buang Motor Bensin**

Gas buang motor bensin adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Dalam kenyataannya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC) dan nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ).

Secara umum komposisi gas buang motor bensin dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposisi gas buang motor bensin (Winarno, 2014)

Adapun beberapa penjelasan dari gambar 3 adalah sebagai berikut :

- Karbon dioksida ( $CO_2$ ) Gas  $CO_2$  merupakan gas hasil proses pembakaran sempurna dari bensin atau hidro karbon (HC) dengan oksigen ( $O_2$ ) semakin tinggi konsentrasi  $CO_2$  maka proses pembakaran semakin baik, hal ini menunjukkan secara langsung kondisi proses pembakaran di ruang bakar pada mesin kendaraan.
- Uap air ( $H_2O$ )  
 $H_2O$  merupakan hasil pembakaran sempurna dari bensin atau hidro karbon (HC) yang bereaksi dengan oksigen ( $O_2$ ). Tidak terbuangnya  $H_2O$  pada gas hasil pembakaran dapat menyebabkan mesin tidak dapat menyala atau yang sering disebut dengan mesin banjir.
- Nitrogen ( $N_2$ )  
 Gas  $N_2$  merupakan gas yang terkandung di dalam udara lingkungan dan pada proses pembakaran gas ini diharapkan tidak bereaksi dengan gas lain di dalam ruang bakar, karena jika gas ini bereaksi maka akan

menurunkan prestasi mesin dan juga dapat membuat senyawa berbahaya seperti halnya nitrogenoksida (NO<sub>x</sub>).

- Karbon monoksida (CO) Gas CO merupakan hasil penggabungan antara gas karbon (C) dan oksigen (O<sub>2</sub>), di mana gabungan tersebut tidak mencukupi untuk membentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Terjadinya senyawa CO karena pembakaran tidak sempurna yang diakibatkan oleh kurangnya oksigen pada proses pembakaran. Banyaknya CO dari gas buang itu tergantung dari perbandingan bahan bakar dan udara. Hanya pada pembakaran yang sempurna dari bahan bakar maka nilai CO bisa tidak terbentuk.
- Hidro karbon (HC)  
Hidro karbon adalah bahan bakar mentah yang tidak terbakar selama proses pembakaran di dalam ruang bakar. Gas ini berasal dari bahan bakar mentah yang tersisa dekat dengan dinding silinder setelah terjadinya pembakaran dan dikeluarkan saat langkah buang, Adapun kemungkinan penyebab HC tinggi salah satunya adalah AFR (*Air Fuel Ratio*) yaitu rasio perbandingan antara udara dan bahan bakar yang tidak tepat sehingga menyebabkan bensin yang tidak terbakar sempurna di ruang bakar. Karena HC merupakan sebagian bensin yang tidak terbakar, makin tinggi emisi HC berarti tenaga mesin makin berkurang dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat.
- Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)

Senyawa nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah ikatan kimia antara nitrogen dan oksigen. Senyawa ini dihasilkan karena terlalu tingginya suhu di ruang bakar, di dalam kondisi normal atmosfer. Nitrogen adalah gas yang sangat stabil yang tidak akan berikatan dengan unsur lain, akan tetapi di dalam kondisi suhu yang terlalu tinggi dan tekanan yang tinggi di dalam ruang bakar mampu memutuskan ikatan nitrogen dan bereaksi dengan oksigen. Emisi gas NO<sub>x</sub> ini sangat tidak stabil dan jika terlepas ke udara bebas akan berikatan dengan oksigen dan membentuk NO<sub>2</sub> yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia karena beracun (Wasis, 2015).

#### 2.1.6 Material Zeolit

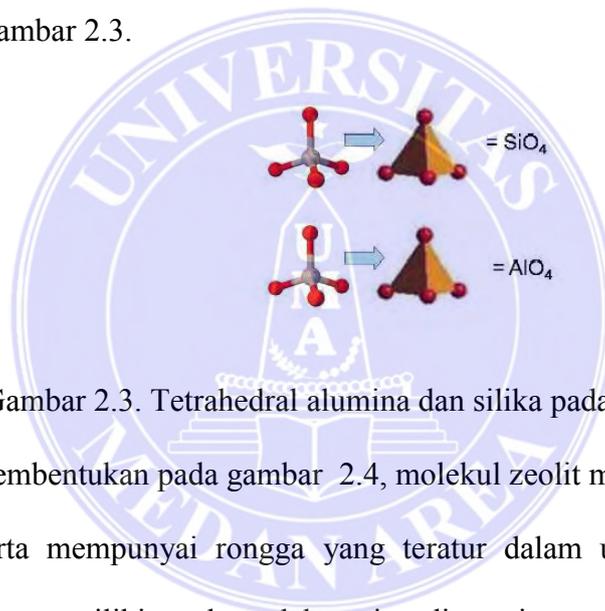


Gambar 2.2 Batu Alam Zeolit

Mineral zeolit diketahui pertama kali pada tahun 1756 oleh seorang ahli mineralogi Swedia bernama Freiherr Axer Frederick Cronstedt. Nama zeolit berasal dari bahasa Yunani, dari kata *Zein* (mendidih) dan *Lithos* (batuan) yang artinya batu mendidih, disebut demikian karena mineral ini mempunyai sifat mendidih atau mengembang bila dipanaskan. Mineral zeolit biasa disebut dengan

bahan alam dan pada umumnya berbentuk batuan *clinoptilolite*, *mordenite*, *barrerite*, sedangkan *offerite*, *paulingite* dan *mazzite* hanya sedikit dan jarang dijumpai. Salah satu contoh jenis zeolit dapat dilihat pada gambar 2.3.

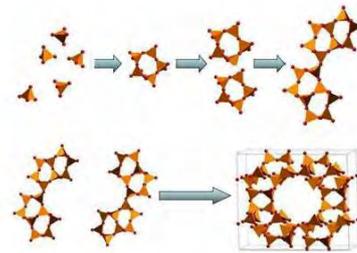
Zeolit merupakan senyawa jaringan alumina silika (Al/Si) terbentuk tetrahedral tiga dimensi dan mempunyai struktur yang relatif teratur dengan rongga terisi oleh logam alkali tanah sebagai muatan penyeimbang sehingga mempunyai sifat adsorpsi yang tinggi. Gambar struktur pembentuk zeolit dapat dilihat pada gambar 2.3.



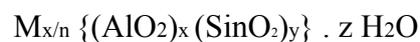
Gambar 2.3. Tetrahedral alumina dan silika pada struktur zeolit

Dari skema pembentukan pada gambar 2.4, molekul zeolit membentuk susunan melingkar serta mempunyai rongga yang teratur dalam ukuran tertentu yang bersambungan, memiliki struktur dalam tiga dimensi yang tidak terbatas dalam bentuk-bentuk rongga yang dapat dilihat pada gambar 2.5.

Struktur yang dimiliki zeolit menyebabkan mineral zeolit mempunyai karakter yang spesifik. Struktur kristalnya terbuka dengan volume ruang hampa cukup besar dengan garis tengah antara 2-8 Å tergantung dari tipe atau jenis mineral zeolit. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal inilah yang menjadi dasar sebagai penyaring molekul dalam penggunaan mineral zeolit. Berikut adalah formula zeolit :



Gambar 2.4. Skematika pembentukan struktur zeolit tiga dimensi



Dimana 'M' adalah kation alkali atau alkali tanah dan 'n' merupakan valensi logam alkali, sedangkan '{ }' merupakan kerangka alumina dan 'z' merupakan jumlah molekul air yang terhidrat, variabel x dan y merupakan jumlah tetrahedron per unit sel

Karakteristik zeolit antara lain :

- Zeolit sangat berpori, karena kristal kerangka zeolit terbentuk dari jarring tetrahedral  $SiO_4$  dan  $AlO_4$ .
- Pori-pori zeolit berukuran molekul, karena pori zeolit terbentuk dari tumpukan cincin beranggotakan 6, 8, 10 atau 12 tetrahedral.
- Dapat menukarkan kation, karena perbedaan muatan  $Al^{3+}$  dan  $Si^{4+}$  menjadikan Al dapat kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian dari kerangka ini dapat diganti dengan kation lainnya.
- Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedral dapat dikontakan dengan bahan-bahan pemodifikasi.

### **Kemampuan zeolit dalam menangkap nitrogen (N<sub>2</sub>) :**

Pada prinsipnya zeolit memiliki kemampuan dalam menangkap gas nitrogen dalam udara, hal ini didasarkan atas sifat-sifat mineralogi, fisik dan kimia yang dimiliki zeolit yang dijelaskan berikut ini :

a. Berdasarkan pertukaran kation

Pada struktur zeolit, kation yang bukan inti dari zeolit dapat diganti dengan kation lainnya. Apabila zeolit diaktivasi dengan bermuatan H<sup>+</sup> dan Na<sup>+</sup> penarikan terhadap nitrogen akan lebih kuat daripada zeolit tanpa aktivasi.

b. Berdasarkan ukuran molekul

Apabila ukuran molekul *adsorbate* lebih besar daripada ukuran pori-pori zeolit maka *adsorbate* tersebut tidak bisa melewati pori-pori zeolit. Sebagai contoh zeolit *clinoptilolite* memiliki ukuran diameter pori 4 Å sedangkan di dalam udara nitrogen yang berbentuk elips memiliki panjang sumbu mayor 4,1 Å dan sumbu minor 3 Å. Pada oksigen yang berbentuk elips memiliki panjang sumbu mayor 3,9 Å dan minor 2,8 Å sehingga nitrogen yang berdiameter mayor akan terikat dan tidak dapat melewati pori-pori zeolit sedangkan nitrogen yang berdiameter minor dan oksigen dapat melewati pori-pori zeolit.

c. Berdasarkan selektifitas permukaan

Zeolit memiliki kecenderungan dalam menarik polaritas dan juga menarik atom 4 kutub sehingga uap air dan nitrogen yang memiliki empat kutub ke dalam pori-pori zeolit (antonius, 2013).

Dari ketiga sifat zeolit tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan zeolit terhadap udara luar dapat menarik nitrogen dan uap air sehingga oksigen yang tidak ditarik oleh zeolit dapat digunakan untuk proses pembakaran pada motor bakar yang lebih sempurna.

Aktivasi zeolit alam dengan asam HCl yang konsentrasinya bervariasi berpengaruh daya absorpsinya terhadap  $\text{Ca}^{2+}$ . Hasil penelitian menunjukkan tingkat kristalinitas relatif mengalami penurunan. Penurunan kristalinitas zeolit ini cenderung mengakibatkan kemampuan absorpsi zeolit terhadap ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  mengalami peningkatan.

Gas karbondioksida yang terdapat di dalam kandungan biogas berpengaruh terhadap menurunnya nilai kalor pada saat proses pembakaran, sehingga diperlukan proses lanjutan untuk memisahkan kandungan gas tersebut. Salah satu bahan *adsorbent* yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan gas karbondioksida adalah *zeolite*. Perbedaan ukuran *zeolite* dapat mempengaruhi hasil persentase penyerapan kandungan gas karbondioksida pada biogas. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata penurunan kandungan  $\text{CO}_2$  yang terbesar terjadi pada *zeolite* berpartikel ukuran 60 mesh yaitu sebesar 3.80 %, pada partikel 16 mesh sebesar 2.28 %, sedangkan berpartikel 5 mesh yaitu sebesar 2.02 %. (Yamliha, A., dkk. 2013).

Rangkaian pengukuran dibuat dalam bentuk rangkaian seri. Pada pengukuran tanpa alat FBR, *smoke test meter* dipasang diujung knalpot mesin otomotif, sehingga gas asap mesin langsung masuk ke dalam *smoke test meter* dan selanjutnya dapat dibaca besaran gas CO,  $\text{CO}_2$ , dan HC. Sedangkan pada

pengukuran yang memakai alat FBR, pertama-tama alat FBR dipasang diujung knalpot mesin dan selanjutnya dipasangkan *smoke test meter* diujung FBR (susunan seri).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan kandungan gas CO yang menggunakan alat FBR zeolityaitu 8% volume pada FBR jenis aliran laminar, dan penurunan gas CO sekitar 17% volume untuk jenis aliran turbulen. Sedangkan untuk gas CO<sub>2</sub> dan HC menunjukkan adanya penurunan kandungan gas CO<sub>2</sub> dan HC yang menggunakan alat FBR zeolit yaitu < 10% volume pada FBR jenis aliran laminar, dan penurunan gas CO<sub>2</sub> dan HC (15 ÷ 20)% volume untuk jenis aliran turbulen.

Dalam penelitian ini, variabel yang menjadi fokus pengujian adalah daya absorpsi dari zeolit alam yang telah diaktifkan, sedangkan alat BR-nya tersebut hanya terdiri dari dua buah saja. Oleh karena itu variasi bentuk BR dalam penelitian ini belum memadai, sehingga masih diperlukan pengujian dengan variasi bentuk BR yang lain dengan jumlah yang lebih banyak.

Mineral zeolit merupakan sekelompok mineral yang terdiri dari beberapa species mineral. Secara umum rumus kimia mineral zeolit adalah :

$M_{x/n} (AlO_2)_x (SiO_2)_y \cdot wH_2O$  dalam hal ini :

n = valensi dari kation logam

w = bilangan molekul air per unit cell zeolit

x dan y bilangan total tetrahedral perunit cell

Berdasarkan hasil analisa kimia total kandungan mineral-mineral zeolit dinyatakan sebagai oksida rangkap, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Akan tetapi di alam tergantung pada komponen bahan induk dan keadaan lingkungannya, sehingga perbandingan Si/Al dapat bervariasi. Unsur-unsur Na, Al, dan Si sebahagian dapat disubstitusi oleh unsur lain. Perbandingan Si/Al berpengaruh terhadap ketahanan zeolit terhadap pemanasan dan asam.

Bentuk kristal zeolit dapat berbentuk kubus, fibronis dan lamela, susunannya persis serta mempunyai banyak rongga dan saluran yang teratur dalam ukuran yang tertentu yang berkesinambungan. Rongga dan saluran ini berisi ion-ion logam dan molekul air yang dapat bergerak bebas (dikeluarkan), sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion dan dapat bertungsi sebagai penyerap. Bila kristal tersebut dipanaskan sampai pada temperatur 280-300°C selama beberapa jam, maka molekul-molekul air pada rongga-rongga tersebut akan keluar, sehingga zeolit yang bersangkutan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

Pengaktipan zeolit dimaksudkan sebagai suatu usaha untuk memodifikasi keadaan pada struktur kerangka atau struktur non kerangka zeolit sehingga diperoleh sifat-sifat fisika dan kimia zeolit yang diinginkan. Pada zeolit alam pengaktipan memberikan efek pencucian atau penghilangan komponen pengotor. Pemanasan bertujuan untuk mengeluarkan air atau garam pengotor dari rongga kristal zeolit.

Menurut Hegedus(1987), logam-logam yang diembankan kedalam zeolit akan menyebabkan luas permukaan relative besar, yang pada akhirnya akan memperbesar luas kontak antara katalis dengan reaktan, sehingga reaksi berjalan cepat. Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara dealuminasi maupun dengan menambahkan logam atau oksida tertentu. Pengembanan logam ke bahan

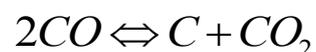
pendukung untuk menghasilkan katalis dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah disperse. Dispersi yaitu memasukkan katalis logam secara paksa ke dalam rongga-rongga pengemban, pertukaran ion, kopresitasi dan deposisi.

## 2.2. Pembakaran Hidrokarbon

Baik motor otto maupun motor diesel menggunakan bahan bakar hidrokarbon berupa bensin dan solar. Senyawa hidrokarbon ini jika dibakar sempurna akan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O akan tetapi jika tidak sempurna maka sebagian terbentuk CO. Zeolit dapat berfungsi sebagai absorbent maupun katalis. Zeolit dengan adanya sedikit logam mulia akan mengoksidasi CO menjadi CO<sub>2</sub>.



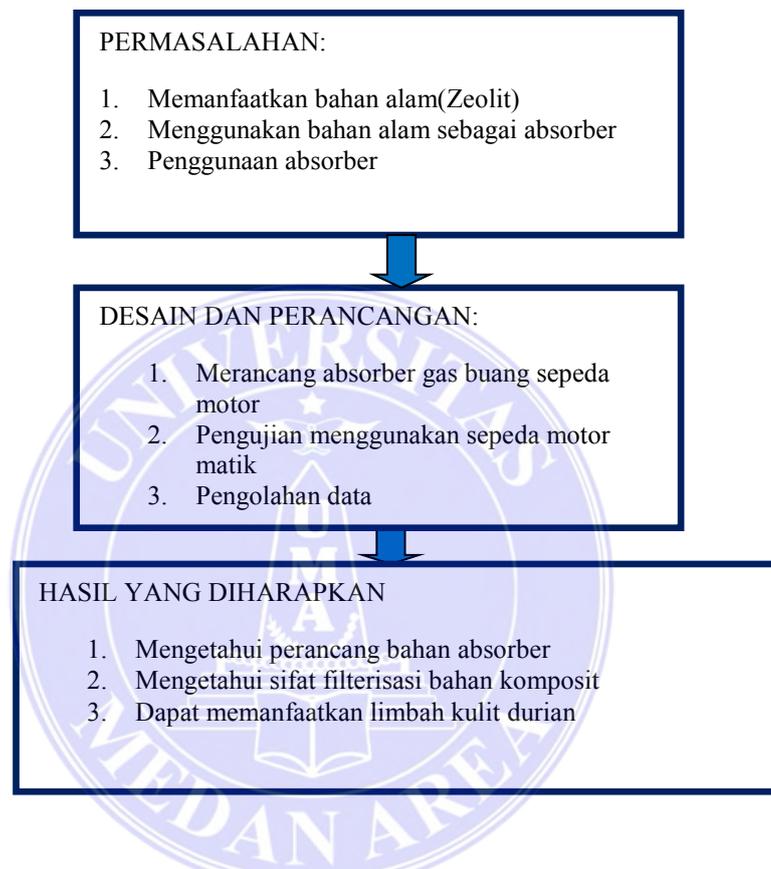
Aktifitas katalis ini bertambah besar pada temperatur (200 ÷ 300)<sup>0</sup>C dan dengan penambahan karbon untuk menambah luas permukaan. Selain oksidasi dapat juga terjadi disosiasi oleh katalis dari CO sebagai berikut :



Kadar CO, CO<sub>2</sub>, dan HCl yang dikandung gas asap mesin otomotif diukur dengan menggunakan *portabel smoke tester meter*. Kadar CO, CO<sub>2</sub>, dan HCl yang diukur dengan menggunakan portabel smoke tester meter yaitu gas asap yang keluar dari knalpot mesin otomotif tanpa menggunakan alat FBR, dan gas asap yang keluar dengan menggunakan alat FBR. Sehingga pengukuran dari

kedua gas ini dapat dibandingkan.

### 2.3 Kerangka konsep



Gambar 2.5 Kerangka konsep penelitian

## BAB III

### METODE PERANCANGAN

#### 3.1 Tempat dan Jadwal Perancangan

Perancangan ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama  $\pm$  7 Minggu. Tempat pelaksanaan perancangan adalah di Laboratorium Universitas Medan Area.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Minggu)						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
1	Penelusuran literature dan alat	■						
2	Pembuatan dan Pengajuan proposal		■					
3	Persiapan desain gambar sampel		■	■				
4	Persiapan/perancangan Sampel			■	■			
5	Pengujian sampel				■	■		
6	Pengolahan dan analisis data					■	■	
7	Penyusunan Laporan						■	■
8	Sidang sarjana							■

#### 3.2 Bahan dan Alat Perancangan

##### 3.2.1 Bahan-bahan perancangan

Bahan Zeolit diperoleh dari batu alam untuk dijadikan absorber gas buang sepeda motor. Bahan-bahan kimia beserta peralatannya. Bahan-bahan dan peralatan ini digunakan pada proses pengaktifan zeolit (Laboratorium Kimia).



**Gambar 3.1 Bahan Zeolit Dengan Ukuran Butir Yang Berbeda**

### 3.2.2 Alat-alat Perancangan

Alat-alat perancangan digunakan untuk kebutuhan alat-alat dalam pembuatan bed reaktor dan pengukuran variable penelitian. Alat-alat yang diperlukan antara lain:

1. Cetakan plat rangka butiran zeolit

Untuk membentuk wadah butiran zeolit.

2. Gelas ukur

Untuk mengukur volume air



**Gambar 3.2 Gelas Ukur Kapasitas 500 ml dan saringan**

3. Tachometer

Untuk mengukur putaran mesin



**Gambar 3.3 Tachometer Digital**

4. Hygrometer

Untuk mengukur kelembaban udara ruangan



**Gambar 3.4 Hygrometer Merek Eltech**

5. *Hot wire*

Untuk mengetahui besar volume udara



**Gambar 3.5 Hotwire Anemometer Merek Krisbow**

6. Timbangan digital

Untuk menimbang batu zeolit



**Gambar 3.6 Timbangan Digital**

7. *Auto chek Gas And Smoke*. Alat ini berfungsi untuk mengukur komposisi gas asap yang keluar dari corong asap (knalpot) motor bakar yang telah dipasangkan alat bed reaktor.



**Gambar 3.7 Auto chek Gas And Smoke.**

8. Jangka Sorong

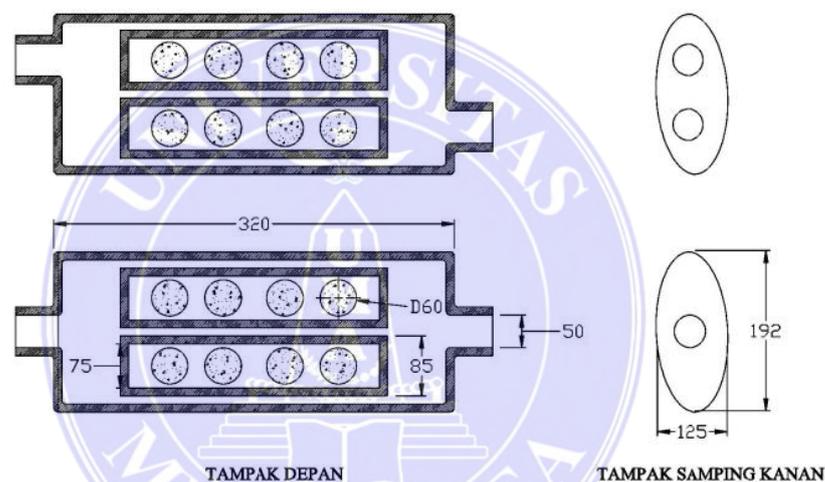
Untuk mengukur diameter zeolit



**Gambar 3.8 Jangka Sorong**

### 3.3. Prosedur Perancangan

- 1) Penyediaan bahan penelitian zeolit alam. Zeolit alam ini akan diperoleh di desa Suka Maju, Kabupaten Tapanuli Utara Propinsi Sumatera Utara.
- 2) Pengolahan zeolit alam. Pengolahan zeolit terdiri dari proses fisika dan proses kimia.
- 3) Perancangan dan pembuatan Bed Reactor. Pada tahap awal adalah perancangan bentuk geometris dari bed reactor zeolit. Pada tahapan ini akan dihasilkan sejumlah bed reactor dengan variasi bentuk geometris.



**Gambar 3.9 Dimensi Bangun Bed Reactor**

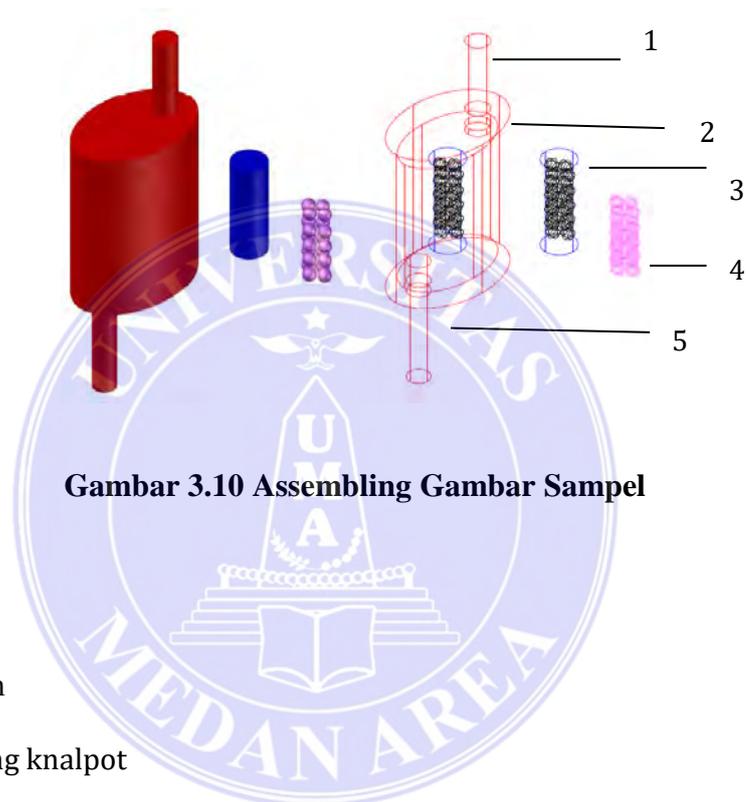
- 4) Masing-masing bed reaktor akan ini akan diuji daya absorbsinya terhadap gas-gas CO, CO<sub>2</sub>, dan HC.
- 5) Sebagai variabel pada pengujian ini adalah bentuk geometris bed reaktor.

### 3.3 Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian mempunyai urutan pekerjaan yang harus dikerjakan agar penelitian dapat berjalan dengan baik, terdiri dari:

#### 3.4.1 Pembacaan gambar

Sebelum melakukan penelitian ini dengan membuat gambar sampel uji dengan menggunakan gambar teknik menggunakan software autocad agar pekerjaan pembuatan tidak terjadi kesalahan. Gambar teknik diperlukan sebagai acuan dalam pengerjaan di lapangan untuk menghindari kesalahan.



**Gambar 3.10 Assembling Gambar Sampel**

Keterangan:

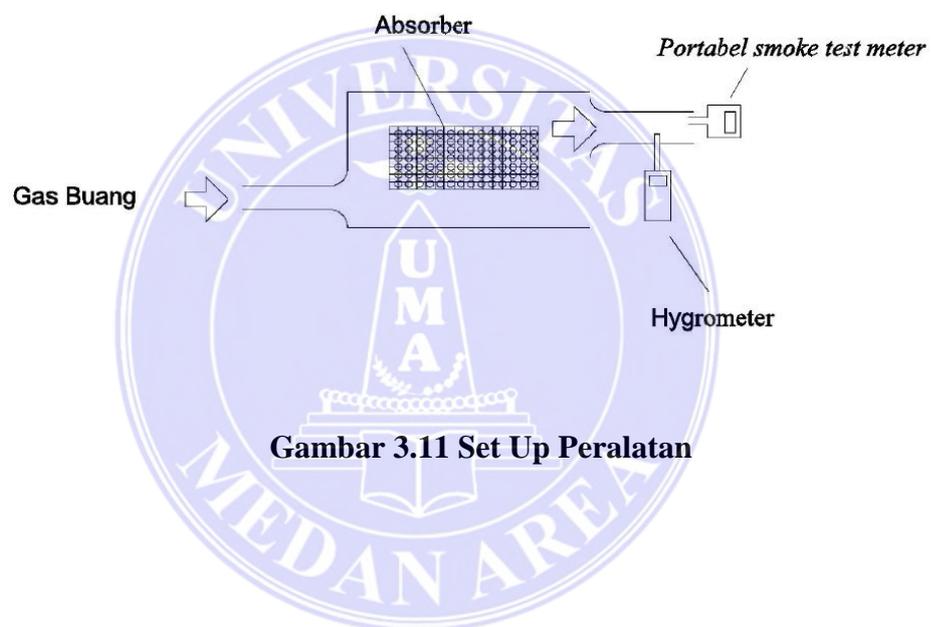
1. Insuch
2. Tabung knalpot
3. Jaring kawat
4. Zeolit
5. Outsuch

### 3.4.2 Pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

1. Memasang alat ukur seperti pada gambar 3.11.

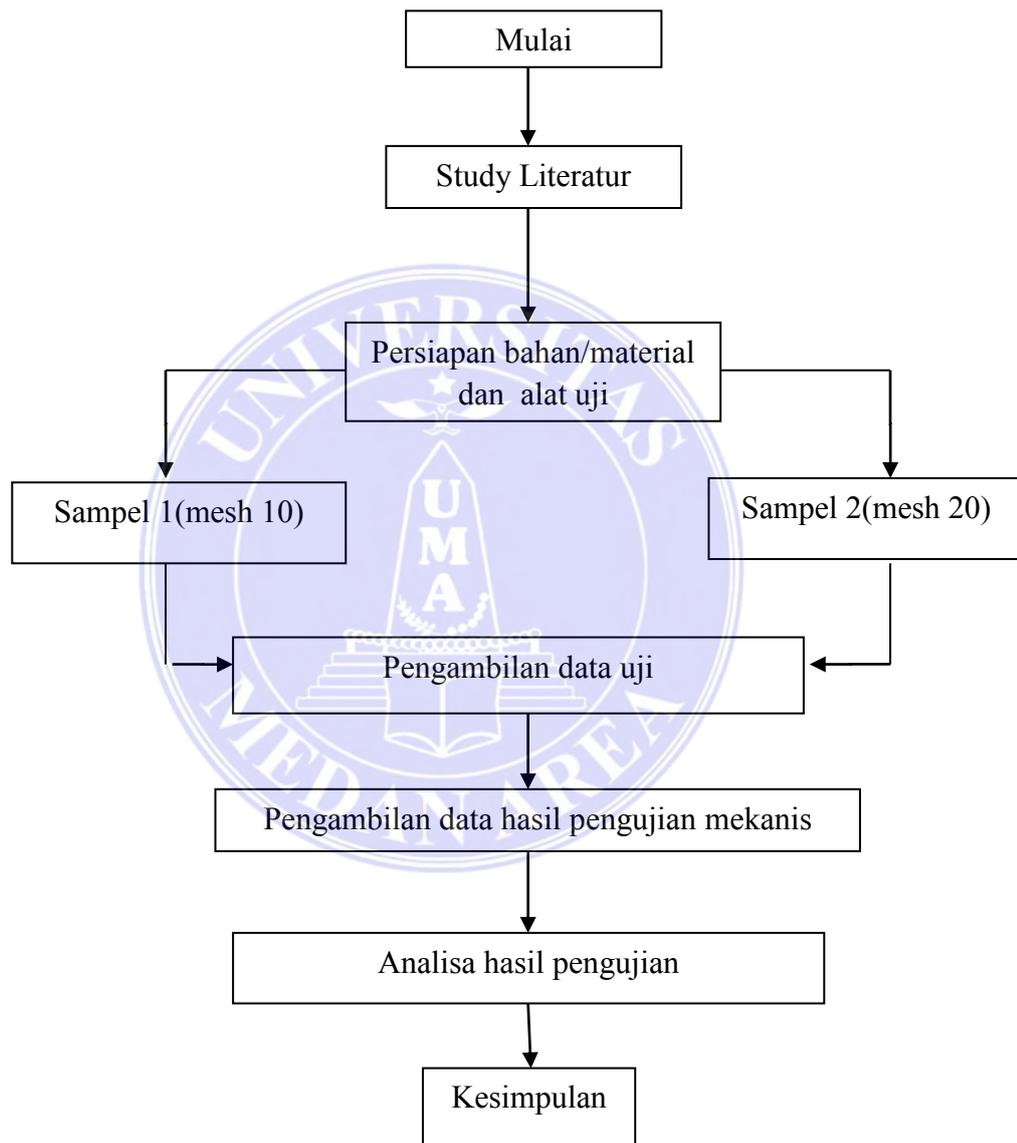
2. Mengisi bola saringan dengan butiran zeolit dengan ukuran mesh yang telah direncanakan(10 dan 20).
3. Memasang filter bed reactor pada knalpot yang akan diuji
4. Menjalankan sepeda motor pada putaran 1000 Rpm, 2000 Rpm dan 3000 Rpm.
5. Mencatat nilai variabel ukur



**Gambar 3.11 Set Up Peralatan**

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dibutuhkan sebagai sketsa langkah-langkah yang diperlukan dalam penelitian gambar 3.12.



Gambar 3.12 Diagram Alir

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ajito Surancoyo, Pengaruh Filter Udara Berbahan Zeolit Dan Fly Ash(Batubara) Aktivasi NaOH-Fisik Terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motos 4 Langkah, Universitas Lampung, 2017.
2. Amelia, Anggita Rezki.. *Cadangan Minyak Habis 12 Tahun Lagi, Pemerintah Fokus Energi Baru*. Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi , 2016.
3. Anthonius L, Fendy.. *Optimasi Aktivasi Zeolit Alam untuk Dehumidifikasi*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2013
4. Bagus dkk, Pengaruh Jenis Air Dan Temperatur Aktivasi Dalam Campuran FlyAsh Bentuk Pelet Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4 Langkah, Jurnal Fema, Volume 2, Nomor 1, Januari 2014.
5. Ellyanie, 2011, *Pengaruh Penggunaan Three-Way Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Kijang Innova*, Prosiding Seminar Nasional Avoer Ke-3 Palembang, 26-27 Oktober 2011 *Isbn : 979- 587-395-4*
6. M. Amin , Uji Performa Filter Gas Emisi Kendaraan Bermotor Berbasis Keramik Porous Dengan Aditif Tembaga, TiO<sub>2</sub> Dan Karbon Aktif Dalam Penurunan Kadar Gas Karbon Monoksida, Mekanika, Volume 15 Nomor 2, September 2016.
7. Murhadi, Suyitno, Vistha. F. M, Khasanah. F dan Murtinah. S, 2013, *PS Teknik Otomotif* Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
8. M. Hatta dkk, Pengaruh Penggunaan Membran Keramik Bereolit Dan Gypsum Terhadap Emisi Gas CO, NoX Kendaraan Bermotor, Jurnal Teknik Kimia No. 2 Vol 22, 2016.
9. Yamliha, A., Argo, D., B., dan Nugroho, A., W., 2013, “ Pengaruh Ukuran Zeolit Terhadap Penyerapan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) pada aliran biogas, Jurnal Bioproses Komoditas Tropis, Vol.1, No. 2.
10. Wasis, S.. *Perbandingan Pemanfaatan Fly Ash Batubara yang diaktivasi Secara Fisik dan NaOH-Fisik Dengan Variasi Normalitas Terhadap Prestasi Mesin Motor Diesel 4-Langkah*. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung, 2015.

11. Winarno, Joko, *Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra. Yogyakarta, 2014.



Lampiran 2: Foto Penelitian



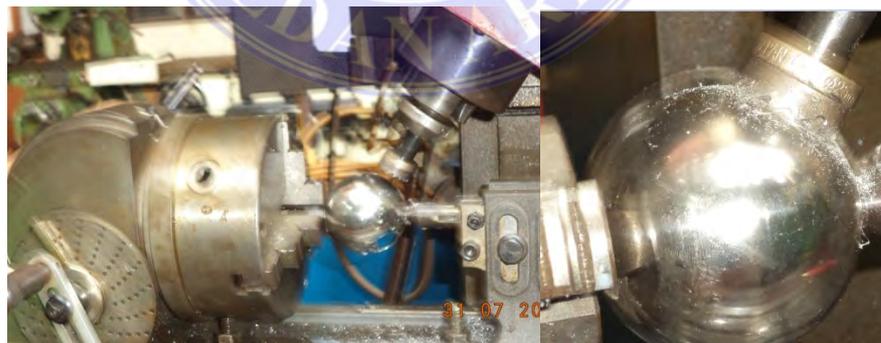
Gambar 1. Set up peralatan bahan dan alat



Gambar 2. Pengambilan data pada alat ukur



Gambar 3 Bagian dalam Knalpot



Gambar 4 Proses pembauatan bagian dalam knalpot



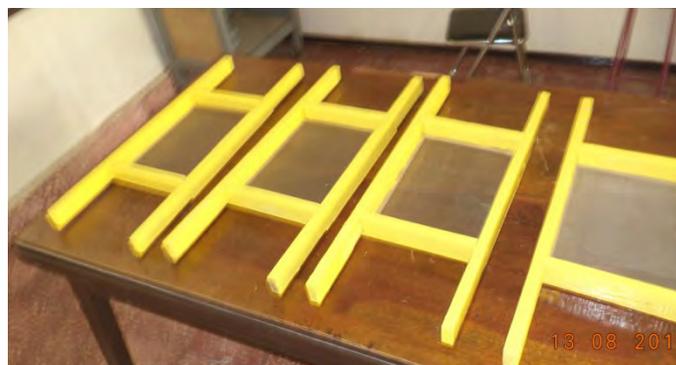
Gambar 5. Hasil pembuatan bagian dalam knalpot



Gambar 6. Proses pelapisan bagian dalam knalpot



Gambar 7 Proses penghancuran dan penyaringan bahan baku



Gambar 8. Beberapa jenis ayakan