## III. METODOLOGI PENELITIAN

# A. Alat dan Bahan Pengujian

### 1. Motor Diesel 4-Langkah Satu Silinder

Pengujian dengan memanfaatkan zeolit alam Lampung berbentuk pelet pada motor bakar menggunakan beberapa alat dan bahan. Dalam Pengambilan data ini menggunakan motor diesel 4-langkah satu silinder dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Data Spesifikasi Motor Diesel

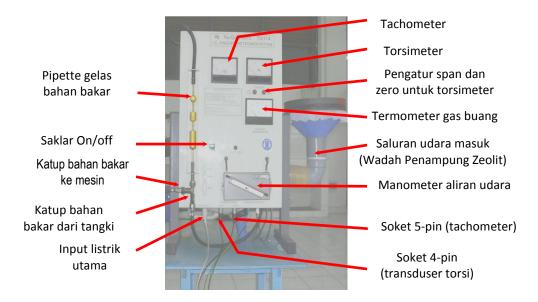
Jenis	Motor Diesel, 1 silinder		
Posisi katup	Diatas		
Valve rocker clearance	0,10 mm (Dingin)		
Volume Langkah Torak	230 cm <sup>3</sup>		
Langkah Torak	60 mm		
Diameter Silinder	70 mm		
Perbandingan Kompresi	21		
Torsi Maksimum	10,5 Nm pada 2200 revs/min		
Daya Engkol Maksimum	3,5 kW pada 3600 revs/min		
Putaran Maksimum	3600 revs/min		
Waktu Injeksi Bahan-Bakar	23° BTDC		
Berat	26 kg		



Gambar 7. Motor Diesel ROBIN - FUJI DY23D

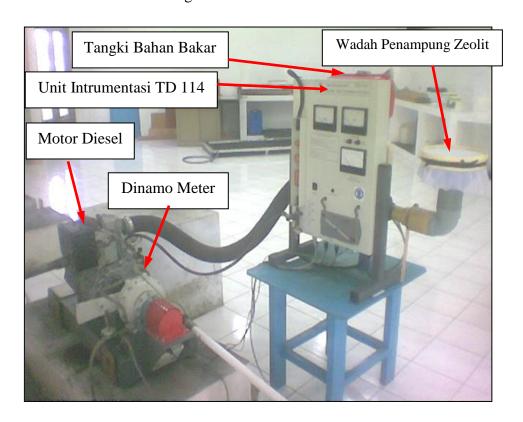
## 2. Instrumentasi Penguji

Instrumentasi penguji pada penelitian ini yaitu sebuah dinamometer hidraulik untuk mengukur torsi, dan unit instrumentasi TD 114 yang merupakan panel hasil pengukuran putaran mesin, torsi, temperatur gas buang, laju pemakaian bahan bakar dan laju pemakaian udara pembakaran. Digunakan juga sebuah wadah tempat zeolit yang ditempatkan pada saluran udara masuk bagian luar. Susunan instalasi peralatan dan instrumentasi penguji tersebut ditunjukkan pada gambar 8 :



Gambar 8. Unit Instrumentasi TD 114

Adapun rangkaian dari motor diesel fuji DY23D dan Unit Instrumentasi TD 114 adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Rangkaian Alat Uji dan Unit Instrumentasi

### 3. Alat Yang Digunakan

Berikut adalah alat-alat yang digunakan selama penelitian beserta keterangannya:

## a. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pemakaian bahan bakar saat pengujian.

### b. Tachometer

Tachometer yang dipakai dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui putaran mesin. Tachometer yang dipakai adalah tachometer digital (Gambar 10).



Gambar 10. Tachometer Digital

### c. Termometer Air Raksa

Termometer air raksa ini digunakan untuk mengetahui temperatur ruangan saat pengujian



Gambar 11. Termometer Air Raksa

# d. Gelas Ukur Dengan Ukuran 500 ml

Gelas ukur 500 ml yang digunakan mempunyai ketelitian 10 ml. Alat ini digunakan untuk mengukur volume aquades yang digunakan dalam proses pembuatan pelet.



Gambar 12. Gelas Ukur

## e. Ampia

Sebagai alat untuk memperhalus permukaan dan memadatkan campuran zeolit dan tepung tapioka dengan menggunakan ukuran tebal 5 mm.



Gambar 13. Ampia

#### f. Mixer

*Mixer* digunakan sebagai alat untuk mencampur tepung tapioka, zeolit dengan aquades.



Gambar 14. Mixer

### g. Cetakan

Cetakan yang digunakan merupakan pipa aluminium dengan diameter 10 mm dan 15 mm, digunakan untuk mencetak hasil campuran tepung tapioka dengan zeolit yang sebelumnya telah dihaluskan permukaannya dengan ampia.





Gambar 15. Cetakan

## h. Timbangan digital

Digunakan untuk menimbang zeolit dan tepung tapioka sebelum diolah menjadi adonan.



Gambar 16. Timbangan digital

# i. Oven

Digunakan untuk melakukan aktivasi fisik zeolit pelet tekan. Oven yang digunakan dapat dilihat pada gambar 17 dan data spesifikasinya pada tabel 2.



Gambar 17. Oven

Tabel 2. Data Spesifikasi Oven

Nama / Model	Maspion Electric Oven MOT-600		
Sumber tenaga	AC 220 V		
Daya	850 W		
Waktu	60 menit dengan bel		
Tingkat pengatur derajat	100 °C − 250 °C		
Elemen Pemanas	Upper: Pemanas yang dibuat dari keramik campuran dengan kaca Lower: Pemanas yang dibuat dari Steel Pipe		
Accessories	Drip tray, Baking grill, Tray handle		
Berat	8,3 kg		

## 4. Alat Uji Udara Bertekanan (Kompresor)

Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan dari zeolit pelet yang dibentuk terhadap hembusan angin, karena dalam prakteknya zeolit pelet ini akan diaplikasikan pada mesin-mesin industri yang keadaan lingkungan sekitarnya dimungkinkan adanya udara bertekanan tinggi. Dimana pada uji ini udara bertekanan dari kompresor dihembuskan secara langsung terhadap zeolit pellet yang telah dibentuk dengan kecepatan aliran udara yang dapat diatur, seperti pada gambar 18.



Gambar 18. Kompresor Elektrik

Adapun spesifikasi dari kompresor udara yang digunakan dalam pengujian kali ini adalah seperti pada tabel 3 :

Tabel 3. Data Spesifikasi Kompresor

Nama	PRO-QUIP Air Compressor
Model	QXA24
Tahun Pembuatan	2008
Jenis	Electrical Air Compressor
Tegangan Kerja	230 V/50 H
Kecepatan Udara Masuk	118 L/min
Daya Tampung Tangki	24 L
Daya Motor	1100 W/1,5 hP
Tekanan Udara Maksimal	8 Bar
Putaran Motor	2850 rpm

## 5. Alat Uji Micro Vickers

Untuk mengetahui nilai kekerasan dari zeolit pelet maka dilakukan pengujian menggunakan metode *Micro Vickers Hardness Test* yang dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Metalurgi LIPI Serpong. Adapun alat yang digunakan adalah *Micro Vickers Hardness Tester HV*1000, dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Micro Vickers Hardness Tester HV1000.

Spesifikasi alat uji kekerasan yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 4. Data spesifikasi alat uji kekerasan

Nama	Micro Vickers Hardness Tester HV1000	
Tahun Pembuatan	1997	
Negara Produsen	Jepang	
Dimensi	380(W)x527(D)x542(H)mm	
Beban max.	1 kg	
Beban min.	5 gr	
Max specimen height	90 mm	
Max specimen depth	100 mm	
Minimum Reading	0,03 μm	
Material Indentor	Diamond	
Hardness test block	700 HVN, 25 mm dia x 5mm thick	
Power Supply	AC 100/120/220/240 V, 50 Hz	

#### 6. Bahan Utama

#### a. Zeolit Alami

Zeolit alami yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini adalah jenis klinoptilolit dalam bentuk tepung 200 mesh, dengan komposisi kimia 64,37 % SiO<sub>2</sub>, 10,93 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,29 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,16 % TiO<sub>2</sub>, 18,61 % L.O.I, 1,31 % CaO, 0,68 % MgO, 1,54 % K<sub>2</sub>O, 0,75 % Na<sub>2</sub>O (sumber: CV. Minamata Lampung).

## b. Air Aquades

Air ini dipakai untuk mencuci zeolit baik yang alami maupun yang telah diaktivasi. Pada zeolit yang telah diaktivasi bertujuan untuk menetralkan kembali zeolit agar pHnya menjadi seimbang (pH 7).

### c. Tepung Tapioka

Tepung tapioka yang digunakan adalah tepung tapioka yang dijual di pasaran Bandar Lampung.

### B. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dari bulan Agustus 2009 sampai dengan Februari 2010. Kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan hingga pengambilan data uji kekerasan, uji penghembusan udara bertekanan dan uji prestasi mesin diesel 4-langkah. Adapun deskripsi kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini secara umum dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Deskripsi kegiatan penelitian

Kegiatan	Waktu Tempat		
Pesiapan alat dan bahan		Laboratorium Motor	
	Agustus 2009	Bakar dan Propulsi	
	Agustus 2007	Teknik Mesin Universitas	
		Lampung	
Pembuatan Zeolit Pelet		Laboratorium Motor	
	September 2009	Bakar dan Propulsi	
	September 2009	Teknik Mesin Universitas	
		Lampung	
Pengujian Penghembusan Udara Bertekanan		Laboratorium Motor	
	Desember 2009	Bakar dan Propulsi	
	Desember 2009	Teknik Mesin Universitas	
		Lampung	
		Laboratorium Motor	
Pengujian Prestasi Mesin	Desember 2009 s/d	Bakar dan Propulsi	
Diesel 4-langkah	Januari 2010	Teknik Mesin Universitas	
		Lampung	
		Laboratorium Pusat	
Pengujian Kekerasan	Februari 2010	Penelitian Metalurgi LIPI	
		Serpong	

### C. Persiapan Alat dan Bahan

Setelah alat dan bahan dipersiapkan, maka terlebih dahulu tapioka dan tepung zeolit ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai komposisi dari konesntrasi yang diinginkan untuk tiap spesimen. Komposisi yang digunakan dapat dilihat pada tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 6. Jumlah Konsentrasi pada Zeolit Pelet

Konsentrasi Tapioka	Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi
pada Zeolit Pelet	Zeolit, gr	Tapioka, gr	Aquades, ml
2 %	294	6	90
4 %	288	12	90
6 %	282	18	90
8 %	276	24	90
10 %	270	30	90

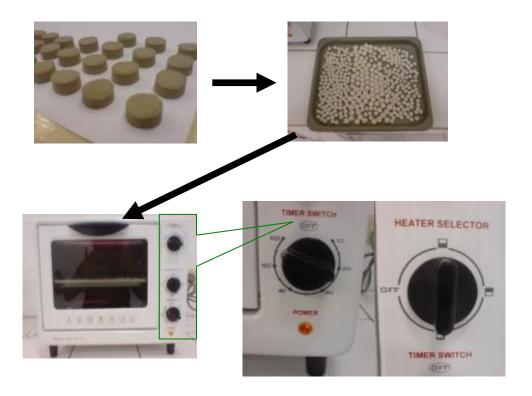
Setelah ditimbang sesuai dengan komposisi seperti pada tabel diatas maka zeolit dan tapioka terlebih dahulu dimasukkan kedalam wadah dan diaduk hingga merata dengan *mixer* kemudian tuangkan aquades agar campuran mengental.

Selanjutnya campuran tersebut digiling dengan menggunakan ampia hingga permukaannya rata dan selanjutnya dicetak menggunakan cetakan seperti pada gambar 15 hingga dihasilkan tablet zeolit dengan dengan diameter masingmasing geometri 15 dan 10 mm.

#### D. Prosedur Pengaktivasian Zeolit

Tablet zeolit yang telah selesai dicetak kemudian dibiarkan mengering dahulu sebelum diaktivasi fisik. Setelah zeolit pelet yang sudah tampak mengering yang ditandai dengan warna permukaan yang memutih maka selanjutnya disiapkan untuk pengaktivasian dengan pemanasan pada temperatur 225°C selama 2 jam pada oven pemanas. Langkah-langkahnya adalah *oven* dipanaskan dari temperatur ruangan sekitar 29°C sampai 225°C selama 20 menit. Saat tercapai temperatur yang diinginkan, *oven* dibuka dan memasukkan tablet zeolit yang telah ditempatkan ke dalam wadah *oven* berbahan aluminium secara merata. Waktu yang dibutuhkan dalam pemasukan

tablet zeolit ini diusahakan singkat, sehingga temperatur di dalam *oven* tidak turun secara signifkan. Setelah dua (2) jam berlalu, *oven* dibuka kembali, tablet zeolit yang telah dipanaskan dikeluarkan yang kemudian diletakkan di temperatur ruangan (pendinginan secara alami). *Oven* dan wadah *oven* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 20. Tablet zeolit yang sudah dingin tadi dimasukkan ke dalam stoples agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Untuk lebih jelasnya tentang prosedur persiapan dan pengaktivasian zeolit *pelet* tekan dapat dilihat pada Gambar 20



Gambar 20. Pengaktivasian Zeolit



Gambar 21. Diagram Alir Persiapan dan Pengaktivasian Zeolit

## E. Prosedur Pengujian

### 1. Prosedur Pengujian Micro Vickers Hardness Test

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat Micro Vickers Hardness Tester *HV*1000 di laboratorium Pusat Penelitian Metalurgi LIPI Serpong dengan skala mikro Vickers. Sebelum diuji sampel dibersihkan permukaannya terlebih dahulu dengan proses pengamplasan. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam pengambilan data. Uji kekerasan

Vickers menggunakan indentor piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Pengujian kekerasan ini dilakukan sebanyak 3 titik untuk masing-masing sampel dengan beban indentor 10 gram dan lama indentasi selama 15 detik.

## 2. Prosedur Pengujian Penghembusan Udara Bertekanan

Pengujian udara bertekanan ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa kuat zeolit pelet yang dibentuk tahan terhadap pengikisan akibat adanya udara yang mengalir melalui saringan. Pengujian udara bertekanan dilakukan dengan menggunakan Kompresor Elektrik PRO-QUIP *Air Compressor* yang terdapat di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Unila dengan tekanan udara maksimal 8 bar.

Berikut ini prosedur pengujian penghembusan udara bertekanan dengan PRO-QUIP *Air Compressor*:

#### a. Menyiapkan Zeolit

Menyiapkan zeolit yang akan diuji, memilih zeolit dengan bentuk fisik yang baik dan seragam.

#### b. Menimbang Penampang Zeolit

Menimbang dan mengatur zeolit beserta penampangnya sebagai *zero* point.

### c. Menimbang Penampang beserta Zeolitnya

Menimbang zeolit dan penampang kemudian mencatat sebagai berat awal.

#### d. Meletakkan penampang pada wadah

Meletakkan penampang yang berisi zeolit pada wadah yang telah disiapkan terlebih dahulu.

### e. Mengatur ulang Kompresor

Menyiapkan kompresor dengan menyalakan tombol ON. Mengisi tabung kompresor hingga tekanan pada *pressure gauge* menunjukkan angka 7,5 bar.

## f. Mengukur Jarak Hembusan

Mengukur jarak hembusan antara zeolit dengan *noozle* menggunakan mistar.

## g. Melakukan Penghembusan Udara Kompresor

Udara bertekanan dihembuskan kearah kompresor hingga udara dalam tabung kompresor habis. Selanjutnya melakukan kembali penghembusan dengan tekanan 7,5 bar selama 5 menit. Cara penghembusan udara bertekanan dapat dilihat seperti pada gambar 22.

#### h. Menggunakan Stopwatch untuk menghitung waktu

Menghitung waktu hembusan selama 5 menit dengan menggunakan stopwatch.

#### i. Menimbang Berat Akhir zeolit

Setalah dilakukan tahap-tahap diatas maka pada tahap akhir diperoleh hasil dengan menimbang zeolit.



Gambar 22. Pengujian Udara Bertekanan.

## 3. Pengkalibrasian Torsimeter TD114

Sebelum melakukan pengujian mesin, torsimeter harus dinolkan dan dikalibrasi terlebih dahulu. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

- a. Menghubungkan unit instrumentasi TD114 ini dengan arus listrik dan menghidupkan unit instrumentasi TD114 tersebut.
- b. Memutar *span control* hingga posisi maksimum (searah putaran jarum jam).
- c. Dinamometer diguncangkan untuk mengatasi kekakuan *seal* bantalannya. Vibrasi terjadi secara otomatis bila mesin berputar.
- d. Memutar zero control hingga torsimeter terbaca nol.
- e. Dinamometer diguncangkan lagi untuk memeriksa keakuratan posisi nol tersebut.
- f. Menggantungkan beban sebesar 3,5 kg pada lengan dinamometer tersebut.
- g. Dinamometer diguncangkan lagi hingga pembacaan torsimeter stabil.
- h. Memutar *span control* hingga torsimeter TD114 menunjukkan bacaan 8,6 Nm.

i. Beban 3,5 kg tadi disingkirkan dan mengulangi langkah-2 hingga langkah-8 agar penyetelan *zero control* dan *span control* benar-benar akurat.

#### 4. Variabel-variabel Operasi

Untuk berbagai kondisi, nilai parameter prestasi motor bakar akan bervariasi sehingga dapat menggambarkan karakteristik motor bakar tersebut. Variabel-variabel operasi yang dapat diukur dalam pengujian ini adalah:

- a. Putaran mesin, rpm
- b. Torsi, Nm
- c. Pemakaian bahan bakar, kg/jam
- d. Pemakaian udara, kg/jam
- e. Temperatur gas buang, °C
- f. Temperatur udara masuk, °C
- g. Tekanan udara masuk, Pa

## 5. Pengambilan Data

Setelah proses pengujian udara bertekanan, kalibrasi torsimeter TD 114 selesai, maka mesin dihidupkan selama kurang lebih 15 menit untuk proses pemanasan mesin hingga keadaan stabil. Pengambilan data dimulai dengan meletakkan beban pada dinamometer, beban yang digunakan adalah sebesar 2 kg. Dan variasi putaran mesin yang digunakan adalah 2000, 2500, 3000 dan 3500 rpm. Variasi zeolit yang digunakan dalam

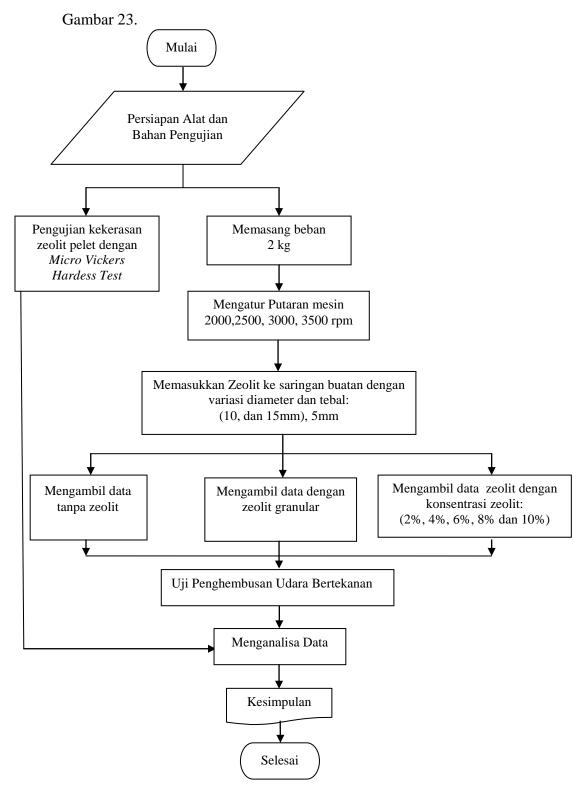
pengujian adalah komposisi tepung tapioka 2%, 4%, 6%, 8%, 10% serta berdasarkan variasi dari geometri zeolit.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak tiga tahap dalam putaran yang sama, tahap pertama merupakan pengambilan data tanpa menggunakan zeolit, tahap kedua adalah pengambilan data menggunakan zeolit alami dan tahap ketiga adalah pengambilan data menggunakan zeolit perekat yang berbentuk tablet. Pengambilan data dilakukan untuk setiap putaran mesin dengan menggunakan berat zeolit 25 gram, 50 gram dan 100 gram. Dalam hal ini zeolit diletakkan di wadah penampungan (kawat parabola) sebelum saluran udara masuk sehingga udara yang masuk ke ruang bakar melewati zeolit dan mengalami proses adsorpsi yang dilakukan oleh zeolit, setelah torsi stabil dan putaran mesin stabil maka data diambil.

#### Contoh:

Pengambilan data zeolit dengan komposisi tepung tapioka 2% pada putaran 2000 rpm, setelah mesin dipanaskan selama 15 menit, kemudian digantungkan beban seberat 2 kg, tunggu sampai torsi dan putaran stabil, pertama data yang diambil adalah data kosong (tanpa zeolit), kemudian di masukkan zeolit alami dengan berat 100 gram dan yang terakhir di masukkan zeolit berbentuk tablet dengan komposisi tepung tapioka 2% dengan berat 100 gram, setelah torsi dan putaran stabil, baru data diambil dan selanjutnya dimasukkan zeolit komposisi lain, yaitu zeolit dengan komposisi tepung tapioka 4%, 6%, 8% dan 10% dengan berat 100 gram. Semua data dicatat, pengujian dilanjutkan dengan putaran 2000, 2500,

3000 dan 3500 rpm. Prosedur pengujian pengambilan data dan analisa dapat juga dijelaskan menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada



Gambar 23. Diagram Alir Pengambilan Data