

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat penelitian

- a. Motor diesel 4 langkah satu silinder

Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan untuk pengujian adalah Motor diesel 4 langkah satu silinder. Adapun spesifikasi mesin uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

Merk/Type	Robin – Fuji DY23D
Jenis	Motor Diesel 1 silinder
Posisi Katup	Di atas
Valve rocker clearance	0,10 mm
Volume Langkah Torak	230 cm ³
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 3600revs/min
Putaran Maksimum	3600 revs/min
Waktu Injeksi Bahan Bakar	23° BTDC
Berat	26 kg



Gambar 5. Robin – Fuji DY23D

b. Instrumen Penguji

Instrumen penguji pada penelitian ini adalah sebuah dinamometer hidraulik yang digunakan 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 bahan pembakaran



Gambar 6. Unit Instrumentasi TD 114

c. *Tachometer*

Tachometer yang dipakai dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui putaran mesin (rpm).



Gambar 7. *Tachometer*

d. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pada saat pengujian.



Gambar 8. *Stopwatch*

e. Gelas ukur 100 ml

Gelas ukur 100 ml yang digunakan untuk mengukur volume aquades yang digunakan dalam proses pembuatan pelet.



Gambar 9. Gelas ukur 100 ml

f. Termometer air raksa

Termometer air raksa ini digunakan untuk mengetahui temperatur ruangan saat pengujian.



Gambar 10. Termometer Air Raksa

g. Buffer

Buffer adalah larutan yang dapat menjaga (mempertahankan) pH dari penambahan asam atau basa. pH larutan buffer tidak berubah (konstan) setelah penambahan sejumlah asam, basa, maupun air. Larutan buffer mampu menetralkan penambahan asam maupun basa dari luar. Buffer berfungsi sebagai media kalibrasi pHmeter sebelum digunakan.



Gambar 11. Buffer

h. Cetakan

Cetakan digunakan sebagai alat untuk mencetak hasil campuran *fly ash*, aquades dan tapioka yang sebelumnya diaduk dan dibuat adonan kemudian dihaluskan permukaannya dengan ampia dengan diameter 1cm (10 mm).



Gambar 12. Cetakan

i. *Oven*

Digunakan untuk mengeringkan *fly ash* yang telah dicuci dengan air rendaman zeolit dan mengaktivasi fisik *fly ash* yang telah dibentuk pelet.



Gambar 13. *Oven*

j. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat *fly ash* sebelum dilakukan pencampuran dalam pembuatan *fly ash* pelet dan menimbang NaOH dalam proses pembuatan larutan untuk aktivasi kimia.



Gambar 14. Timbangan Digital

k. Kompor Listrik

Digunakan untuk memasak atau memanaskan campuran tepung tapioka dan aquades.



Gambar 15. Kompor Listrik

l. Bor Tangan

Digunakan untuk mencampur *fly ash* dengan larutan NaOH dalam proses aktivasi kimia agar pencampurannya merata sempurna.



Gambar 16. Bor (pengaduk)

m. Ayakan 100 Mesh

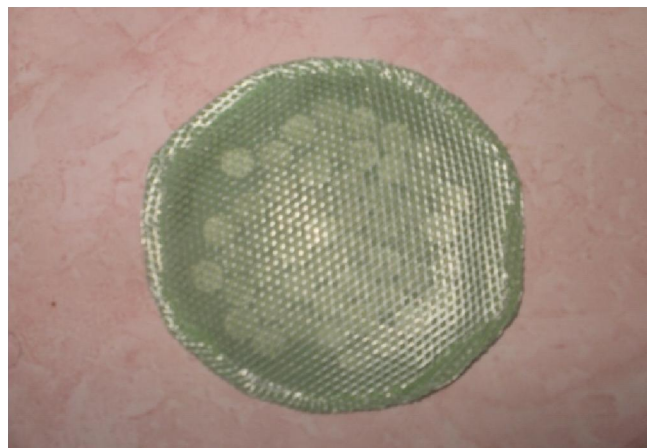
Ayakan digunakan untuk menyaring *fly ash* menjadi lebih halus dengan ukuran 100 mesh.



Gambar 17. Ayakan *Mesh* 100

n. *Filter* Udara *fly ash*

Filter udara ini digunakan sebagai tempat meletakkan *fly ash* pelet yang digunakan sebagai penyaring udara pada mesin. Berikut adalah gambar *frame* bentuk *filter* udara yang digunakan.



Gambar 18. *Filter* udara *Fly ash*

2. Bahan penelitian

➤ *Fly ash*

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Tarahan yang mengandung komposisi kimia SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO dan Fe_2O_3 .

➤ Air

Air ini dipakai untuk mencampur *fly ash* agar mudah dibentuk menjadi *fly ash* pelet. Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis air, yaitu air biasa dengan penyaringan zeolit dan air aquades.

➤ Tepung Tapioka

Tepung tapioka yang digunakan adalah tepung tapioka yang dijual di pasaran Bandar Lampung yang berfungsi sebagai bahan perekat.

➤ Larutan basa NaOH

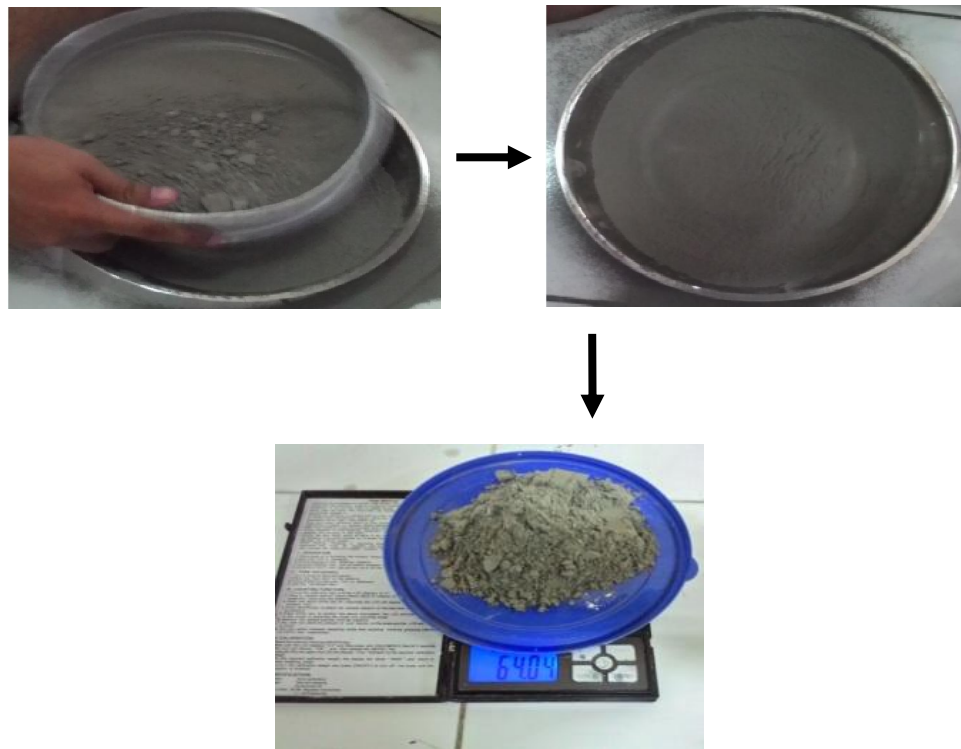
Larutan NaOH ini digunakan untuk mengaktivasi *fly ash* secara kimia pada persiapan bahan. Setiap 1 gram *fly ash* diaktivasi dengan 1 ml larutan NaOH (1 : 1)

B. Persiapan Penelitian

a) Pengayakan *fly ash*

Fly ash diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh yang bertujuan untuk menyaring partikel yang lebih besar agar tidak tercampur dengan yang lebih kecil sehingga didapatkan ukuran partikel yang seragam yaitu 100 mesh.

Semakin kecil ukuran partikel *fly ash* maka akan semakin kuat daya rekatnya (Rilham, 2012). Pada penelitian ini menggunakan pelet *fly ash* seberat 64 gram. Berikut ini (Gambar 19) *fly ash* sebelum dan sesudah di ayak dengan ayakan 100 mesh.



Gambar 19. Proses Pengayakan *Fly ash*

b) Perendaman air dengan Zeolit

Pada proses ini, diberikan perlakuan perendaman zeolit terhadap air sumur yang biasanya pH lebih dari 6 dengan tujuan untuk menyerap kandungan mineral yang terdapat dalam air sehingga kadar H_2O meningkat. Sebelum direndam zeolit dicuci hingga bersih dengan air sumur biasa hingga air sisa cucian zeolit tersebut bersih atau tidak keruh lagi. Kemudian zeolit yang sudah dibersihkan ditimbang dan direndam dengan air dengan perbandingan 20% zeolit : 80% air selama 12 jam. Setelah itu dilakukan

pengukuran dengan menggunakan pH meter untuk mendapatkan pH air yang netral atau mendekati 7. Air hasil rendaman yang memiliki pH mendekati 7 lalu di simpan didalam galon atau ember penyimpanan dan ditutup rapat. Berikut ini gambar 20 proses pembuatan air rendaman zeolit:



Gambar 20. Proses perendaman air dengan Zeolit

c) Pembuatan Pelet *Fly ash* Aktivasi Fisik

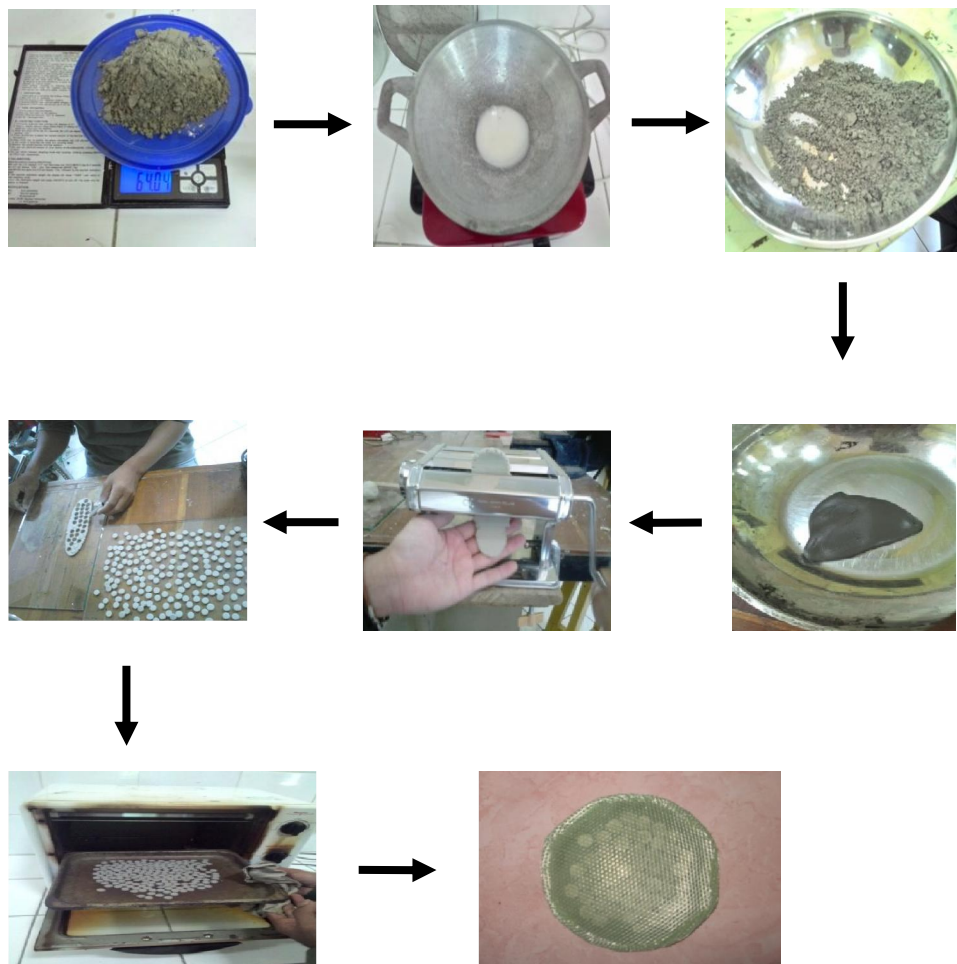
Pertama-tama *fly ash* harus diayak dahulu dengan ayakan ukuran 100 mesh agar *fly ash* terpisah dengan partikel kotoran dan didapatkan ukuran yang seragam. Kemudian timbang *fly ash* dengan berat 64 gram dan tuang ke dalam wadah untuk membuat adonan. Kemudian masak air aquades dengan tapioka menggunakan kompor listrik kurang lebih 5 menit dengan perbandingan komposisi air aquades 32 ml dan tapioka 4 gram hingga

campuran tersebut berbentuk seperti lem. Kemudian pindahkan campuran tapioka dan aquades yang telah berbentuk lem tersebut ke wadah yang telah berisi *fly ash*. Campuran tersebut diaduk hingga merata sampai terjadi sebuah campuran adonan yang kalis. Kemudian campuran tersebut diratakan dengan menggunakan ampia hingga mendapatkan permukaan campuran yang sama rata. Setelah merata bisa dilakukan pencetakan *fly ash* pelet dengan ukuran diameter lebar 10 mm dan tebal 3 mm.

Proses pencetakan dilakukan secara manual dengan ukuran yang sama oleh karena itu tekanan yang diberikan diabaikan. Hasil cetakan *fly ash* yang telah berbentuk pelet tersebut didiamkan pada temperatur ruangan (secara alami) hingga pelet *fly ash* kering selama kurang lebih 24 jam, setelah itu baru dilakukan aktivasi fisik dengan *oven* pada temperatur 150°C selama 1 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pelet *fly ash*.

Langkah-langkahnya adalah *oven* dipanaskan dari temperatur ruangan sekitar 28°C sampai mencapai temperatur 150°C selama 10 menit. Saat tercapai temperatur yang diinginkan, *oven* dibuka dan memasukkan tablet *fly ash* yang telah ditempatkan ke dalam wadah *oven* berbahan aluminium secara merata. Waktu yang dibutuhkan dalam pemasukan pelet *fly ash* ini diusahakan singkat, sehingga temperatur di dalam *oven* tidak turun secara signifikan. Setelah 1 (satu) jam berlalu, *oven* dibuka kembali, pelet *fly ash* yang telah dipanaskan dikeluarkan yang kemudian diletakkan pada

temperatur ruangan (pendinginan secara alami). Pelet *fly ash* yang sudah dingin tadi dimasukkan ke dalam plastik kedap udara agar tidak terkontaminasi oleh udara luar. Setelah diaktivasi fisik pelet *fly ash* tersebut ditimbang dengan timbangan digital kemudian diletakkan didalam kawat strimin untuk dibentuk sesuai dengan filter udara motor yang diuji dengan menggunakan variasi massa yaitu 25 gram, 50 gram, dan 75 gram. Selanjutnya pelet *fly ash* siap digunakan untuk pengujian. Proses pembuatan pelet *fly ash* aktivasi fisik dapat dilihat pada Gambar 21 berikut



Gambar 21. Proses Pembuatan Pelet *Fly ash* Aktivasi Fisik.

d) Pembuatan Pelet *Fly ash* Aktivasi NaOH-Fisik

Untuk pelet *fly ash* yang diaktivasi kimia akan menggunakan 3 variasi normalitas yaitu 0,25 N; 0,5 N; 0,75 N, dan 3 variasi massa yaitu 25, 50, 75 gram. Karena 1 mol NaOH memiliki 1 ion OH^- maka nilai normalitas = nilai molaritas, dengan kata lain NaOH 0,25 N = NaOH 0,25 M. Langkah pertama adalah membuat larutan basa NaOH dengan variasi normalitas tersebut dengan cara menghitung molaritas senyawa NaOH untuk mendapatkan nilai gram NaOH per satuan liter larutan. Berikut kebutuhan massa NaOH untuk tiap normalitas NaOH.

- Untuk NaOH 0,25 N dibutuhkan 0,25 mol NaOH atau sebanyak $0,25 \times 40$ gram NaOH = 10 gram NaOH. Sehingga untuk membuat larutan NaOH 0,25 mol dibutuhkan 10 gram NaOH dalam 1 liter larutan.
- Dengan cara yang sama untuk membuat NaOH 0,50N dibutuhkan 20 gram NaOH dan 0,75N dibutuhkan 30 gram NaOH. Sehingga untuk membuat larutan NaOH 0,50 mol dibutuhkan 20 gram NaOH dalam 1 liter larutan, dan untuk membuat larutan NaOH 0,75 mol dibutuhkan 30 gram NaOH dalam 1 liter larutan.

Adapun prosedur pembuatan larutan NaOH 0,25N adalah sebagai berikut :

- Pertama tuang air sebanyak 1000 ml ke dalam gelas ukur menjadi 2 bagian. Bagian pertama sebanyak 800 ml dan bagian kedua sebanyak 200 ml. Selanjutnya tuangkan 800 ml air tersebut kedalam wadah tabung, kemudian masukkan 10 gram NaOH kedalamnya, lalu diaduk hingga homogen (semua NaOH telah terlarut).

- Kemudian tambahkan air 200 ml tersebut secara perlahan ke dalam wadah tabung hingga volumenya menjadi 1 liter, selanjutnya aduk kembali hingga homogen. Sehingga didapat sisa air dalam gelas ukur sebanyak massa NaOH yang dicampurkan.

Lebih jelasnya, kebutuhan NaOH dan air untuk pembuatan larutan NaOH ini dengan variasi normalitas ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

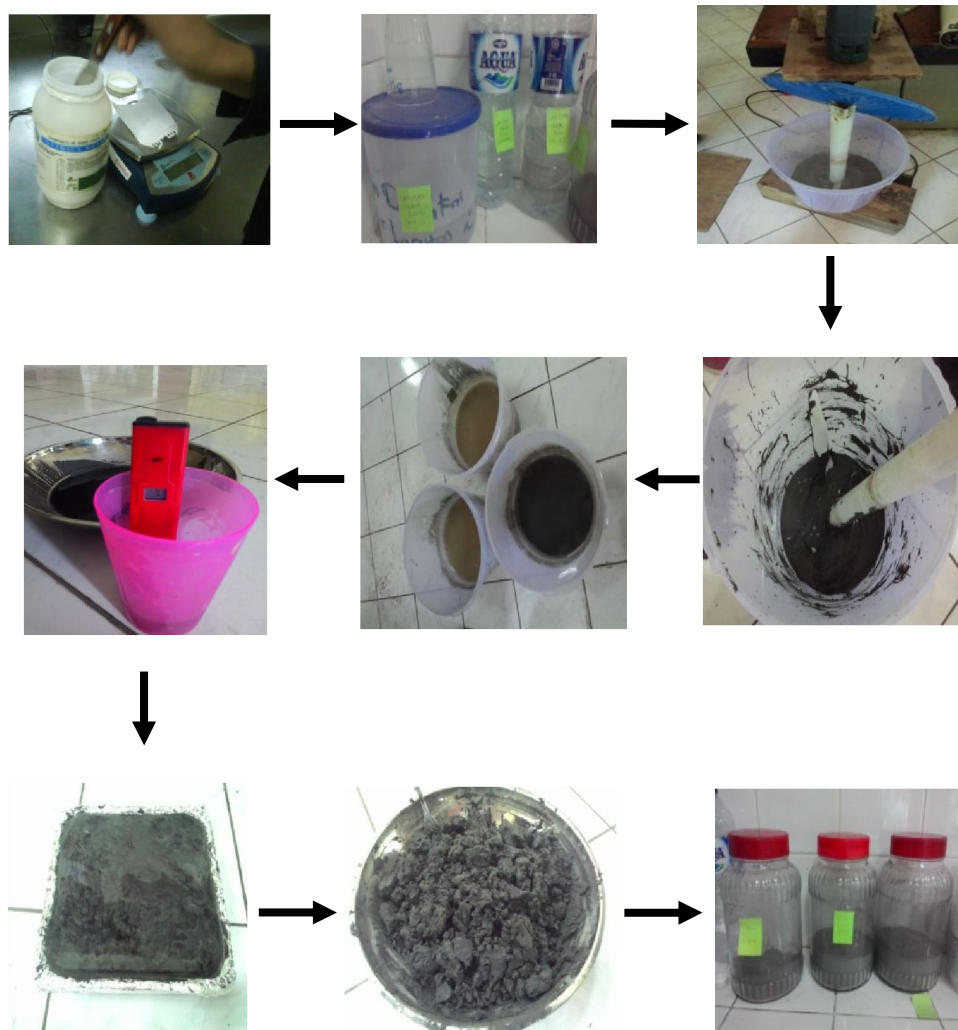
Tabel 2. Variasi normalitas larutan NaOH

No	Normalitas	Jumlah Larutan NaOH(mL)	Jumlah NaOH (gram)	Jumlah air (mL)
1	0,25 N	1000	10	997
2	0,50 N	1000	20	993
3	0,75 N	1000	30	988

Setelah larutan dibuat, *fly ash* dicampurkan dengan larutan tersebut dengan perbandingan rasio *fly ash* larutan NaOH 1:1 (1 gram *fly ash* berbanding 1 ml larutan NaOH). Dalam proses ini larutan kimia NaOH dan *fly ash* dicampur dan kemudian diaduk menggunakan mixer selama 45 menit agar pencampuran keduanya merata. *Fly ash* yang telah selesai diaktivasi ini dicuci terlebih dahulu dengan tujuan untuk menetralkan kembali pH *fly ash* dengan menggunakan air penyaringan rendaman zeolit granular atau air aquades hingga air cucian *fly ash* netral atau mendekati 7 ketika diukur dengan pH meter.

Setelah itu *fly ash* tersebut dikeringkan menggunakan panas matahari selama 3 jam atau dipanaskan didalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. *Fly ash* yang telah dikeringkan kemudian diayak kembali untuk

mendapatkan partikel yang seragam, selanjutnya dibentuk menjadi pelet sebagaimana proses yang dilakukan pada *fly ash* aktivasi fisik. Pelet *fly ash* diletakkan di kawat strimin dengan variasi massa yang telah ditentukan dan dibentuk sesuai dengan filter motor internal yang akan diuji. Jadi, perbedaan proses pembuatan *fly ash* aktivasi NaOH-fisik dengan *fly ash* aktivasi fisik adalah *fly ash* aktivasi NaOH-fisik pertama-tama diaktivasi menggunakan NaOH, lalu dipanaskan, sedangkan *fly ash* aktivasi fisik langsung dipanaskan. Berikut ini gambar 22 proses pembuatan *fly ash* aktifasi NaOH-fisik.



Gambar 22. Proses Pembuatan Pelet *Fly ash* NaOH-Fisik.

e) Persiapan Untuk Pengujian

Penelitian menggunakan filter *fly ash* yang telah dimodifikasi (sesuai dengan bentuk filter). Penelitian ini menggunakan 2 jenis aktivasi (Fisik dan NaOH-Fisik) dengan 3 variasi normalitas (0,25N, 0,50N, dan 0,75N) dan 3 variasi massa (25 gram, 50 gram dan 75 gram). Berikut adalah persiapan dari penelitian ini.

1. Membuat dimensi dari masing-masing variasi filter dengan menyesuaikan variasi massa yaitu, 25 gram, 50 gram dan 75 gram.
2. Memotong kawat strimin dan kain sesuai ukuran yang diperlukan. Fungsi dari kawat strimin yaitu sebagai rangka pada *frame*. Frame yang sudah terbentuk sesuai filter kemudian ditempatkan di depan filter udara motor diesel.

C. Prosedur Pengujian

Prosedur percobaan yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Pengkalibrasian Torsimeter TD 114

Sebelum melakukan uji mesin, Torsimeter harus di-Nol-kan dan dikalibrasi terlebih dahulu. Adapun caranya adalah sebagai berikut:

- a. Menghubungkan Unit Instrumentasi TD114 ini dengan arus listrik, dan hidupkan unit instrumentasi TD114 ini.
- b. Memutar *span control* hingga posisi maksimum (searah jarum jam).
- c. Mengguncangkan dinamometernya untuk mengatasi kekakuan seal bantalannya. *Vibrasi* terjadi secara otomatis bila mesin berputar.
- d. Memutar *zero control* hingga torsimeter terbaca nol.

- e. Mengguncangkan dinamometer lagi untuk memeriksa keakuratan posisi nol tersebut.
- f. Menggantungkan beban sebesar 3,5kg pada lengan dynamometer itu.
- g. Memutar *span control* hingga torsimeter TD114 menunjukkan bacaan 8,6 Nm.
- h. Mengguncangkan dinamometer lagi hingga pembacaan Torsimeter stabil.
- i. Menyingkirkan beban 3,5kg tadi, dan ulangi langkah 4 hingga langkah 8 sebanyak 3 kali agar penyetelan zero dan span controlnya benar-benar akurat.

2. Pengambilan Data

Setelah melakukan proses kalibrasi torsimeter TD 114, mesin dihidupkan selama kurang lebih 15 menit untuk proses pemanasan mesin hingga keadaan stabil. Pengambilan data dimulai dengan meletakkan beban 3kg pada dinamometer. Variasi putaran mesin yang digunakan pada pengujian ini adalah 1500, 2500, dan 3500 rpm. *Fly ash* teraktivasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah aktivasi fisik dan NaOH-fisik dengan normalitas 0,25N; 0,50N; dan 0,75N. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak tiga tahap dalam putaran yang sama, tahap pertama merupakan pengambilan data tanpa menggunakan *fly ash*, tahap kedua adalah pengambilan data menggunakan *fly ash* yang diaktivasi secara fisik yaitu dipanaskan dalam oven dengan suhu 150°C dan tahap ketiga adalah pengambilan data menggunakan *fly ash* yang diaktivasi dengan natrium

hidroksida (NaOH), dilakukan pengulangan pengambilan data sebanyak tiga kali. Dalam hal ini filter udara *fly ash* diletakkan di saluran udara masuk sehingga udara yang masuk ke ruang bakar melewati *fly ash* pelet dan mengalami proses adsorpsi yang dilakukan oleh *fly ash*, dengan menggunakan laju pemakaian bahan bakar sebesar 8 ml. Setelah torsi stabil, maka data dicatat dan pengambilan data dilakukan untuk setiap putaran mesin.

Contoh pengambilan data *fly ash* pelet pada putaran 1500 rpm. Proses pengambilan data adalah sebagai berikut, setelah mesin dihidupkan selama kurang lebih 15 menit, beban digantungkan seberat 3 kg, tunggu sampai torsi dan putaran stabil. Pertama data yang diambil adalah data tanpa menggunakan *fly ash*, kemudian menggunakan *fly ash* aktivasi fisik, saat torsi dan putaran stabil pada putaran 1500 rpm, lalu memulai proses pengambilan data.

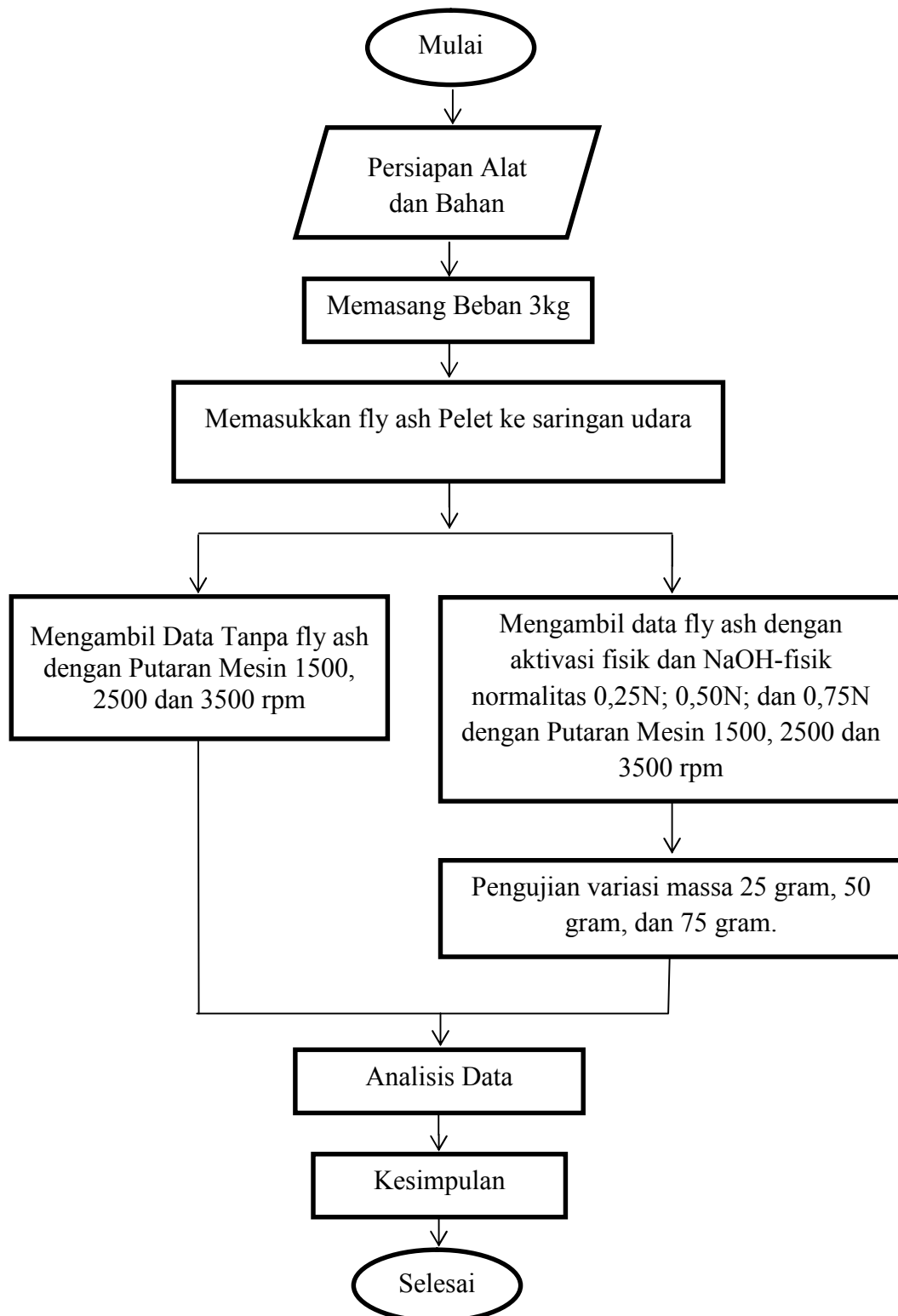
Untuk data yang pertama kali dicatat adalah data variabel operasi mesin tanpa *fly ash*, lalu dilanjutkan data menggunakan *fly ash* aktivasi fisik dengan massa 25 gram, 50 gram dan 75 gram. Kemudian dilakukan pengulangan dari massa 75 gram, 50 gram, 25 gram dan tanpa menggunakan filter *fly ash*, selanjutnya diulang kembali dari tanpa filter *fly ash*, massa 25 gram, 50 gram dan 75 gram. Sehingga diperoleh pengambilan data sebanyak 3 kali. Langkah pengujian selanjutnya yaitu melakukan pengujian dengan cara yang sama pada filter *fly ash* yang

diaktivasi NaOH-fisik dengan normalitas 0,25N sebanyak 3 kali dan dilanjutkan normalitas 0,50N sebanyak 3 kali dan yang terakhir normalitas 0,75N sebanyak 3 kali. Proses pengujian selanjutnya yaitu pada putaran 2500 rpm dengan prosedur dan tahapan yang sama dengan putaran 1500 rpm, dan yang terakhir pada putaran 3500 rpm dengan prosedur dan tahapan yang sama juga.

Adapun data yang diambil untuk menentukan parameter prestasi mesin diesel 4 langkah pada saat melakukan pengujian ini adalah :

1. Pembacaan temperatur udara ruangan pada termometer air raksa.
2. Pembacaan kecepatan putaran mesin (rpm) pada Tachometer.
3. Pembacaan Torsimeter pada instrumen TD114.
4. Pembacaan Exhaust temperatur meter (temperatur gas buang) pada instrumen TD114.
5. Pembacaan Air flow manometer (laju pemakaian udara) pada instrumen TD114.
6. Pembacaan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 8 ml bahan bakar solar pada stop watch.

Prosedur pengambilan data dan analisa dapat dijelaskan menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 23 berikut ini.



Gambar 23. Diagram Alir Persiapan dan Pengujian *Fly ash*

