

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipergunakan adalah metode penelitian eksperimental semu, dimana mesin diuji dalam kondisi tidak berpindah tempat (statis). Hal ini dipergunakan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran mesin dan pengaruh sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* terhadap unjuk kerja dan emisi gas CO motor Otto empat langkah.

### 3.2 Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, yaitu :

#### 1. Variabel bebas

Yaitu variabel yang bebas ditentukan nilainya. Variabel ini meliputi:

- Putaran poros motor Otto 1300, 1800, 2300, 2800 dan 3300 rpm.
- Sudut *swirl* ( $\alpha$ ) pada *divergent swirling grid* yaitu  $15^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$  dan  $25^{\circ}$ .

#### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini memiliki variabel terikat yang meliputi :

- Torsi
- Daya bahan bakar
- Daya indikasi
- Daya efektif
- Konsumsi bahan bakar spesifik efektif
- Efisiensi termal efektif
- Emisi gas CO

#### 3. Variabel kontrol

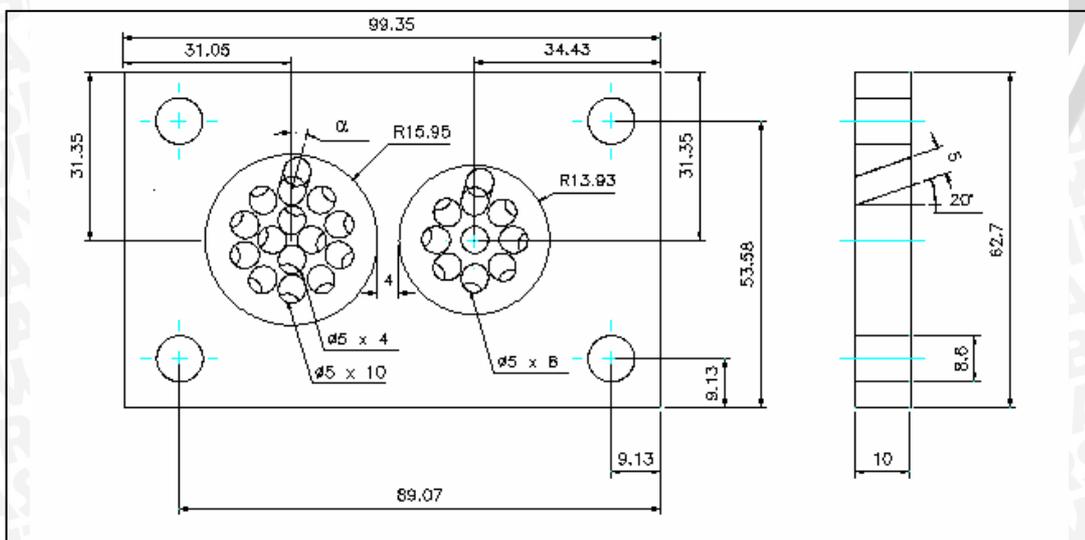
Variabel kontrol adalah variabel yang ditetapkan (dikonstankan), yaitu :

- Posisi peletakan *grid* pada instalasi pengujian, yaitu setelah karburator dan sebelum *intake manifold*.
- Diameter lubang *grid* adalah 5 mm
- Sudut lubang *divergent swirling grid* adalah  $20^{\circ}$
- Buka *throttle* yang digunakan 34 %



Keterangan gambar :

1. Tangki air
2. Tangki bahan bakar
3. *Fuel Consumption meter*
4. Indikator temperatur udara
5. Filter udara
6. Manometer
7. Indikator temperatur air pendingin masuk
8. Karburator
9. *Divergent Swirling Grid*
10. *Intake manifold*
11. *Dynamometer*
12. *Prony brake*
13. *Tachometer*
14. *Water flow meter*
15. *Engine*
16. Katup pipa air pendingin
17. *Exhaust manifold*
18. Indikator temperatur air pendingin keluar
19. *Gas analyzer*
20. Indikator temperatur gas buang
21. Knalpot



Gambar 3.2. *Divergent swirling grid*

Penelitian ini menggunakan empat macam variasi *divergent swirling grid* dengan sudut *swirl* ( $\alpha$ ), yaitu :  $\alpha_1 = 15^\circ$ ,  $\alpha_2 = 20^\circ$ , dan  $\alpha_3 = 25^\circ$ .

### 3.3.2 Peralatan bantu

1. *Flow meter* (meter alir)

Berupa tabung pengukur berisi sejumlah bahan bakar dengan volume tertentu. Digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar yang dipakai selama pengujian.

2. *Tachometer*

Digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros mesin. Satuan yang digunakan adalah rpm (*rotation per minute*).

4. *Dynamometer*

Digunakan untuk mengukur gaya pengereman pada poros *output*.

5. *Stop watch*

Digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan motor Otto untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu.

6. *Barometer*

Digunakan untuk mengukur tekanan udara ruangan selama penelitian berlangsung.

7. *Termometer*

Digunakan untuk mengukur temperatur ruangan selama penelitian.

8. *Hidrometer*

Digunakan untuk mengukur massa jenis bahan bakar yang digunakan untuk pengujian (bensin).

### 3.4 Tempat Penelitian

Penelitian tentang pengaruh *divergent swirling grid* terhadap unjuk kerja dan emisi gas CO motor Otto empat langkah ini dilakukan di laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian

Untuk mendapatkan tingkat keakuratan yang baik pada penelitian ini, sebelum penelitian dilaksanakan dilakukan persiapan penyusunan alat-alat penelitian. Mempersiapkan instalasi utama (gambar 3.1.) yang dirangkai menjadi satu kesatuan. Kemudian dilakukan persiapan peralatan pengujian serta penyetingan mesin dalam kondisi baik.

#### 3.5.2 Prosedur Penelitian

Langkah- langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pengambilan data dengan tahapan:

- Tahap pertama:

Pengambilan data dilakukan pada peralatan utama yang telah dilengkapi dengan peralatan bantu tanpa dipasang *divergent swirling grid* pada *intake manifold*. Pengambilan data dimulai dari putaran 1300 rpm sampai dengan 3300 rpm dengan interval kenaikan sebesar 500 rpm dan bukaan *throttle* 34 %. Untuk memperoleh data yang lebih teliti dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk setiap putaran.

- Tahap kedua:

Analog dengan tahap pertama, akan tetapi dipasang *divergent swirling grid* pada *intake manifold* ke ruang bakar dengan sudut lubang *divergent swirling grid* 20<sup>0</sup>C dan sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* mulai dari sudut 15<sup>0</sup>.

2. Data yang dicatat meliputi:

- Besarnya putaran (rpm)
- Gaya pengereman (kg)
- Konsumsi bahan bakar (lt/jam)
- Temperatur air pendingin masuk mesin (°C)
- Temperatur air pendingin keluar mesin (°C)
- Temperatur udara masuk karburator (°C)
- Temperatur gas buang (°C)
- Perbedaan tekanan antara tekanan udara luar dengan tekanan udara masuk karburator (mmH<sub>2</sub>O)
- Debit air pendingin masuk mesin (lt/jam)
- Kadar gas CO dalam gas buang (%)

### 3.6 Analisis Statistika

Untuk mengolah data yang telah diperoleh, dipergunakan analisis varian dua arah. Dengan analisis varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros motor Otto dan pengaruh variasi sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* serta pengaruh interaksi keduanya terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, efisiensi termal efektif dan emisi gas CO.

Putaran poros motor Otto mempunyai level  $A_1, A_2, \dots, A_r$  dan variasi sudut *swirl* mempunyai level  $B_1, B_2, \dots, B_c$ . Jumlah pengamatan tiap sel adalah  $t$  kali dari rancangan dua kategori A dan B serta masing-masing kategori terdiri atas  $r$  dan  $c$  level. Bila pengaruh interaksi antar putaran poros motor Otto pada level ke  $i$  dan pengaruh sudut *swirl* pada level ke  $j$  dinyatakan dengan  $(\alpha\beta)_{ij}$ . Maka nilai setiap pengamatan ditulis dengan model matematika sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dimana

$Y_{ijk}$  : nilai setiap pengamatan

$\mu$  : nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

$\alpha_i$  : pengaruh putaran poros motor Otto ke  $i$

$\beta_j$  : pengaruh sudut *swirl* ke  $j$

$(\alpha\beta)_{ij}$  : pengaruh interaksi putaran poros motor Otto ke  $i$  dan sudut *swirl* ke  $j$

$\varepsilon_{ijk}$  : simpangan pengamatan

Yang akan kita uji dari pengamatan ini adalah:

1.  $\alpha$  : pengaruh (efek) dari putaran poros motor Otto
2.  $\beta$  : pengaruh (efek) dari sudut *swirl*
3.  $\alpha\beta$  : pengaruh interaksi dari putaran poros motor Otto dan sudut *swirl*

Adapun hipotesis yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

I  $H_0^1$  :  $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$  (tidak ada pengaruh variasi putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif).

$H_1^1$  : paling sedikit satu  $\alpha_1 \neq 0$  (ada pengaruh variasi putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif).

II  $H_0^2: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$  (tidak ada pengaruh variasi sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* ke ruang silinder terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif).

$H_1^2$ : paling sedikit satu  $\beta_j \neq 0$  (ada pengaruh variasi sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* ke ruang silinder terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif).

III  $H_0^3: (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$  (tidak ada pengaruh variasi putaran mesin dan variasi sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* ke ruang silinder terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif).

$H_1^3$ : paling sedikit satu  $(\alpha\beta) \neq 0$  (ada pengaruh variasi putaran mesin dan variasi sudut *swirl* dari *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* ke ruang silinder terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif).

Tabel 3.1. Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan

Faktor		VARIASI SUDUT					$\Sigma$ Baris	Rata-rata
		B <sub>1</sub>	...	B <sub>j</sub>	...	B <sub>c</sub>		
P U T A R A N	A <sub>1</sub>	X <sub>111</sub>		X <sub>1j1</sub>		X <sub>1c1</sub>	T <sub>1..</sub>	$\bar{X}_{1..}$
		X <sub>112</sub>		X <sub>1j2</sub>		X <sub>1c2</sub>		
		...		...		...		
		X <sub>11t</sub>		X <sub>1jt</sub>		X <sub>1ct</sub>		
		T <sub>11.</sub>		T <sub>1j.</sub>		T <sub>1c.</sub>		
	A <sub>i</sub>	X <sub>i11</sub>		X <sub>ij1</sub>		X <sub>ic1</sub>	T <sub>i..</sub>	$\bar{X}_{i..}$
		X <sub>i12</sub>		X <sub>ij2</sub>		X <sub>ic2</sub>		
		...		...		...		
		X <sub>i1t</sub>		X <sub>ijt</sub>		X <sub>ict</sub>		
		T <sub>i1.</sub>		T <sub>ij.</sub>		T <sub>ic.</sub>		
	A <sub>r</sub>	X <sub>r11</sub>		X <sub>rj1</sub>		X <sub>rc1</sub>	T <sub>r..</sub>	$\bar{X}_{r..}$
		X <sub>r12</sub>		X <sub>rj2</sub>		X <sub>rc2</sub>		
		...		...		...		
		X <sub>r1t</sub>		X <sub>rjt</sub>		X <sub>rc t</sub>		
		T <sub>r1.</sub>		T <sub>rj.</sub>		T <sub>rc.</sub>		
$\Sigma$ kolom		T <sub>.j.</sub>		T <sub>.j.</sub>		T <sub>.c.</sub>	T <sub>...</sub>	
Rata-rata		$\bar{X}_{.1.}$		$\bar{X}_{.j.}$		$\bar{X}_{.c.}$		$\bar{X}_{...}$

Sumber : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., 96, 2006

Didalam perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

1. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk}^2 - \frac{(T_{...})^2}{rct}$$

2. Jumlah kuadrat putaran poros motor Otto (JKA)

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_{i..}^2}{ct} - \frac{(T_{...})^2}{rct}$$

3. Jumlah kuadrat variasi sudut *swirl* (JKB)

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j.}^2}{rt} - \frac{(T_{...})^2}{rct}$$

4. Jumlah pengaruh interaksi perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij.}^2}{t} - \frac{(T_{...})^2}{rct} \rightarrow JKAB = JKP - JKA - JKB$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP = JKT - JKA - JKAB$$

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT. Nilai varian tersebut adalah:

1. Kuadrat tengah putaran poros motor Otto (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah variasi sudut *swirl* (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah interaksi putaran poros motor Otto dan variasi sudut *swirl* (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{rc(t-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga  $F_{hitung}$  masing-masing sumber keragaman (putaran poros motor Otto, variasi sudut *swirl* dan interaksi faktor putaran poros motor Otto - variasi sudut *swirl*) kemudian hasilnya dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  pada derajat bebas yang sesuai dengan nilai  $\alpha$  tertentu. Nilai  $F_{hitung}$  dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut:

1.  $F_{hitung}$  dari putaran poros motor Otto

$$F_1 = \frac{KTA}{KTG}$$

2.  $F_{hitung}$  dari variasi sudut *swirl*

$$F_2 = \frac{KTB}{KTG}$$

3.  $F_{hitung}$  dari interaksi putaran poros motor Otto dan variasi sudut *swirl*

$$F_3 = \frac{KTAB}{KTG}$$

Tabel 3.2. Analisis varian

Sumber Varian	JK	Db	KT	$F_{hitung}$	$F_{\alpha}$
Antar A	JKA	$db_1=r - 1$	KTA	$F_1$	
Antar B	JKB	$db_2=c - 1$	KTB	$F_2$	
Interaksi AB	JKAB	$db_3=db_1 \cdot db_2$	KTAB	$F_3$	
Galat	JKG	$db_4=rc(t - 1)$	KTG		
Total	JKT	$rct - 1$			

Sumber : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., 98, 2006

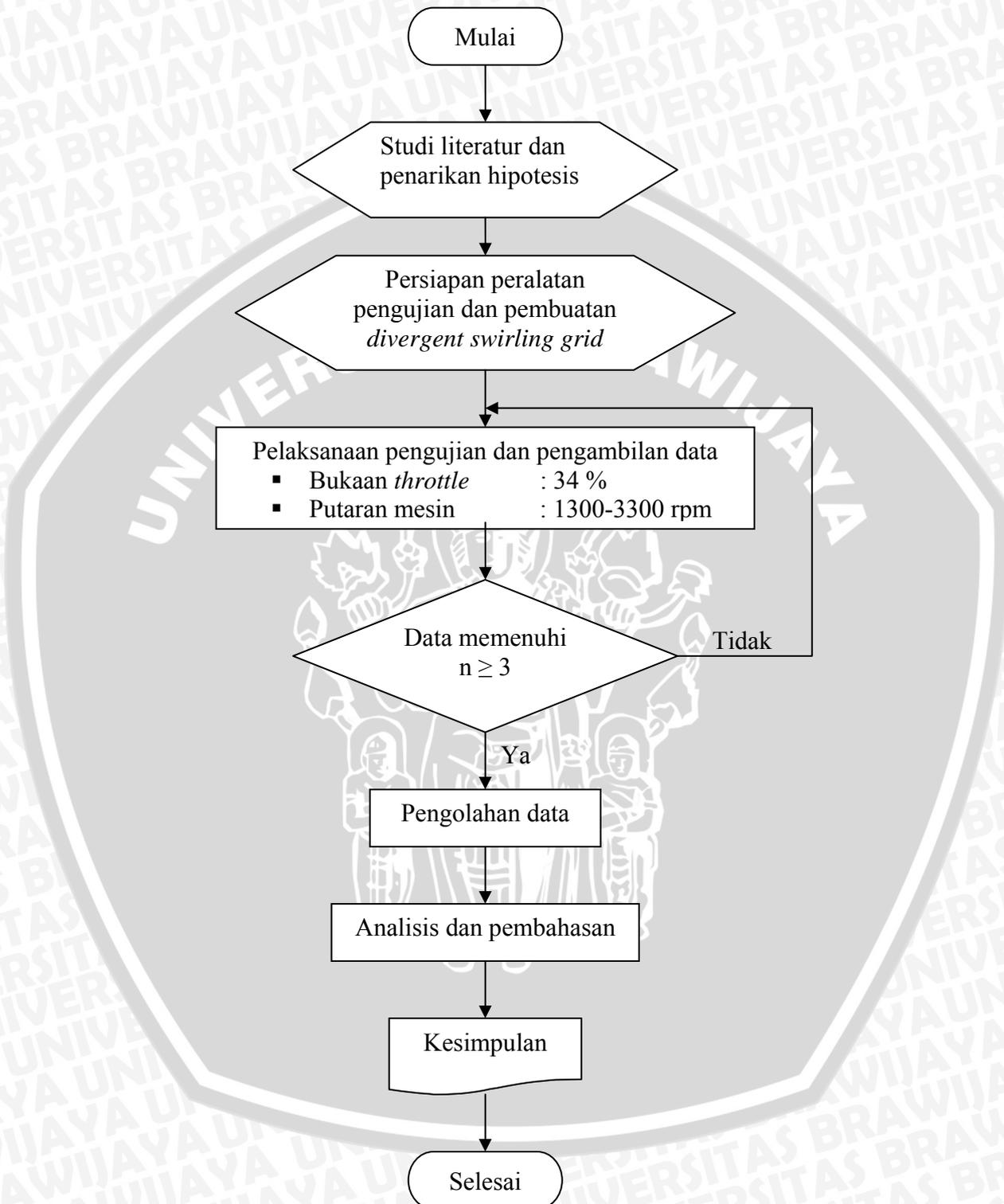
Kesimpulan yang diperoleh:

1. Bila  $F_1_{hitung} > F_1_{tabel}$ , maka  $H_0^1$  ditolak dan  $H_1^1$  diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran mesin berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif.
2. Bila  $F_2_{hitung} > F_2_{tabel}$ , maka  $H_0^2$  ditolak dan  $H_1^2$  diterima, ini menyatakan bahwa variasi sudut *swirl* pada *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif.

3. Bila  $F_3 \text{ hitung} > F_3 \text{ tabel}$ , maka  $H_0^3$  ditolak dan  $H_1^3$  diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran mesin dan variasi sudut *swirl* pada *divergent swirling grid* yang dipasang pada *intake manifold* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya bahan bakar, daya indikasi, daya efektif, emisi gas CO, dan efisiensi termal efektif.



3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir pelaksanaan penelitian