BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu dengan melakukan pengamatan kejadian secara langsung sehingga dapat mengetahui pengaruh *air fuel ratio* pada performa motor bensin 4 langkah dengan sistem injeksi berbahan bakar CNG. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya pada bulan April 2015 sampai dengan Juli 2015.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

   Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya dapat diubah-ubah untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari obyek penelitian,sehingga dapat diperoleh hubungan antara keduanya. Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

   - Massa Alir Udara. Massa alir udara pada penelitian ini dikontrol menggunakan *throttle butterfly valve* sehingga didapatkan variasi massa alir udara sebagai berikut : 1251.85, 1537.96, 1779.16, 1991.66, dan 2183.78 mg/s.
   - Putaran. Besarnya diatur dengan memberikan gaya pengereman pada roda belakang dengan variasi putaran sebesar : 5250, 4813, 4375, 3938, 3500, dan 3063 putaran/menit.

2. Variabel terikat (*Dependent Variable)*

   Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah beban pengereman, torsi, daya, *specific fuel consumption* efektif, dan efisiensi termal efektif.

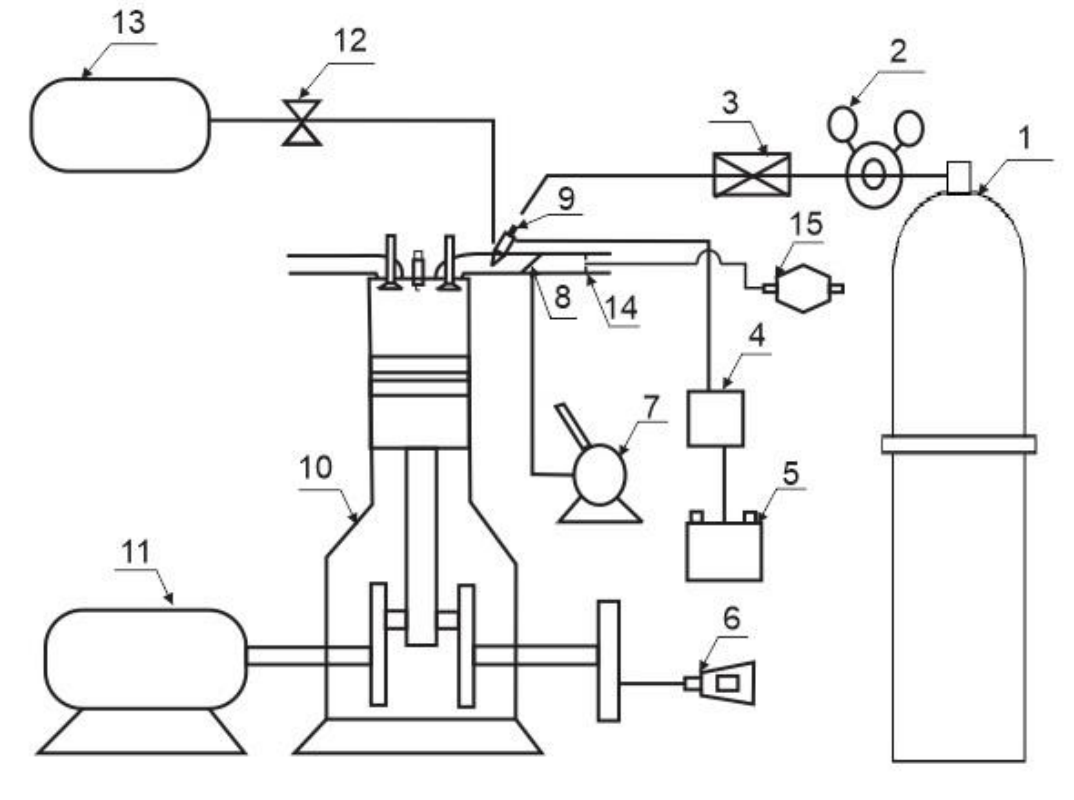
3. Variabel terkontrol (*Controlled Variable)*

   Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan peneliti dan dikondisikan konstan. Pada penelitian ini variabel terkontrolnya adalah sebagai berikut:

- Tekanan bahan bakar dijaga konstan 3 bar menggunakan *regulator valve*.
- Debit bahan bakar dijaga konstan 6 liter/menit
- Transmisi mesin dikondisikan pada *gear* 1.
- Bahan bakar yang digunakan adalah *Compressed Natural Gas*.

3.3 Skema Instalasi Penelitian

Instalasi alat pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Skema Instalasi Penelitian

Keterangan :

1. Tabung Gas CNG
2. *Pressure Gauge Regulator*
3. *Flowmeter*
4. *ECM*
5. *Battery*
6. Tachometer
7. *Throttle*
8. *Butterfly valve*
9. Injektor
10. Alat uji
11. *Dynamometer*
12. Pompa Bahan Bakar
13. Tangki Bahan Bakar
14. *Orifice*
15. Manometer

Instalasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan motor *otto* 4 langkah satu silinder bervolume 124.8 cc. Bahan bakar CNG dari tabung dimasukkan ke dalam injektor pada alat uji dengan menggunakan selang pneumatik dengan tekanan 3 bar menggunakan *Pressure Gauge Regulator* dan debit sebesar 6 liter/menit menggunakan *flowmeter*. Sedangkan debit udara masuk yang divariasikan diatur oleh *throttle* sebelum masuk pada *intake manifold* dengan melihat perbedaan tekanan pada manometer yang terhubung pada *orifice*. Untuk pembacaan nilai putaran digunakan *tachometer* sedangkan untuk pembacaan besar pembebanan digunakan neraca pegas.

3.4 Metode Pengambilan Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengambilan data dalam penelitian ini yaitu:

1. Menyiapkan alat-alat dan bahan penelitian seperti skema instalasi.
2. Membuka regulator dari tabung gas CNG pada tekanan 3 bar dan volume alir sebesar 6 liter/menit.
3. Menyalakan alat uji dan mengkondisikannya sehingga mencapai putaran yang stasioner.
4. Memasukkan *gear 1*.
5. Mengatur debit udara masuk lewat *intake manifold* dengan membuka *throttle* sesuai variasi variabel bebas.
6. Setelah sesuai dengan variasi variabel bebas, mengukur besarnya gaya pengereman pada 5250, 4813, 4375, 3938, 3500, dan 3063 putaran/menit.
7. Melakukan pengambilan data seperti pada langkah 5 dengan 3 kali pengulangan,
8. Menaikkan debit udara masuk yang mengalir sesuai dengan variabel bebas dan mengulangi langkah 5 dan 6.
9. Setelah pengambilan data selesai, mengembalikan mesin ke gear Netral dan mematikan alat uji.
10. Menutup regulator tabung bahan bakar

3.5 Analisa Statistik

Dengan analisa varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari putaran (faktor A) dan pengaruh variasi *air fuel ratio* (faktor B) serta pengaruh interaksi antara keduanya (faktor AB) terhadap performa motor bensin 4 langkah dengan sistem injeksi berbahan bakar CNG.

Faktor A mempunyai level A_1, A_2, …, A_r dan faktor B mempunyai level B_1, B_2, …, B_c. Jika jumlah pengamatan tiap sel adalah t kali dari rancangan dua kategori A dan B dengan masing-masing kategori terdiri dari r dan c level, sedangkan interaksi antara faktor A dan faktor B dinyatakan dengan $(\alpha\beta)_{ij}$ dimana α_i merupakan pengaruh faktor A pada level ke i dan β_j merupakan faktor B pada level ke j, maka nilai pengamatan dapat ditulis dalam metode matematis sebagai berikut:

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

dengan μ = nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

α_i = pengaruh faktor A ke i

β_j = pengaruh faktor B ke j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi faktor A ke i dan faktor B ke j

E_{ijk} = simpangan pengamatan dari nilai Y_{ijk}

Hipotesis penulisan bisa ditulis sebagai berikut:

H_{01}: $A_1 = A_2 = \ldots = A_i$

H_{11}: $A_1 \neq A_2 \neq \ldots \neq A_j$

(H_{02}: $B_1 = B_2 = \ldots = B_j$

H_{12}: $B_1 \neq B_2 \neq \ldots \neq B_j$

H_{03}: $(AB)_{11} = (AB)_{12} = \ldots = (AB)_{ij}$

H_{13}: $(AB)_{11} \neq (AB)_{12} \neq \ldots \neq (AB)_{jj}$

Tabel 3.1 Hasil pengujian dengan lebih dari 1 kali pengamatan tiap sel

Faktor	B						Σ baris	Rata-rata
	Level	B1	…	Bj	…	Bc		
A	A_1	Y_{111} Y_{112} Y_{11t}		Y_{1j1} Y_{1j2} Y_{1jt}		Y_{1c1} Y_{1c2} Y_{1ct}	$T_{1..}$	$Y_{1..}$
	…							
	A_i	Y_{i11} Y_{i12} Y_{i1t}		Y_{ij1} Y_{ij2} Y_{ijt}		Y_{ic1} Y_{ic2} Y_{ict}	$T_{i..}$	$Y_{i..}$
	…							
	A_r	Y_{r11} Y_{r12} Y_{r1t}		Y_{rj1} Y_{rj2} Y_{rjt}		Y_{rc1} Y_{rc2} Y_{rct}	$T_{r..}$	$Y_{r..}$
Σ kolom		$T_{.1.}$		$T_{.j.}$		$T_{.c.}$	$T\ldots$	
Rata-rata		$Y_{.1.}$		$Y_{.j.}$		$Y_{.c.}$		$Y\ldots$

Rumus perhitungan yang dipakai antara lain:

Jumlah seluruh perlakuan $= \Sigma_{i=1}^{r}.\Sigma_{j=1}^{c}.\Sigma_{k=1}^{t}.Y_{ijk}$

Jumlah kuadrat seluruh perlakuan $= \Sigma_{i=1}^{r}.\Sigma_{j=1}^{c}.\Sigma_{k=1}^{t}.{Y_{ijk}}^{2}$

Faktor koreksi (FK) $= \left[\Sigma_{i=1}^{r}.\Sigma_{j=1}^{c}.\Sigma_{k=1}^{t}.Y_{ijk}\right]^{2} : rct$

Jumlah kuadrat perlakuan (JKP) $= \frac{\Sigma_{i=1}^{r}.\Sigma_{j=1}^{c}.Y_{ij}}{t} - FK$

Jumlah kuadrat total (JKT) $= \Sigma_{i=1}^{r}.\Sigma_{j=1}^{c}.\Sigma_{k=1}^{t}.{Y_{ijk}}^{2} - FK$

Jumlah kuadrat pengaruh A (JKA) $= \frac{\Sigma_{i=1}^{r}{T_i}^{2}}{ct} - FK$

Jumlah kuadrat pengaruh B (JKB) $= \frac{\Sigma_{j=1}^{c}{T_j}^{2}}{rt} - FK$

Jumlah kuadrat pengaruh interaksi AB (JKAB) $= \frac{\Sigma_{i=1}^{r}\Sigma_{j=1}^{c}{Y_{ij}}^{2}}{t} - FK - JKA - JKB$

Jumlah kuadrat galat (JKG) = JKT – JKA – JKB – JKAB

Tabel 3.2 Tabel analisa varian dua arah

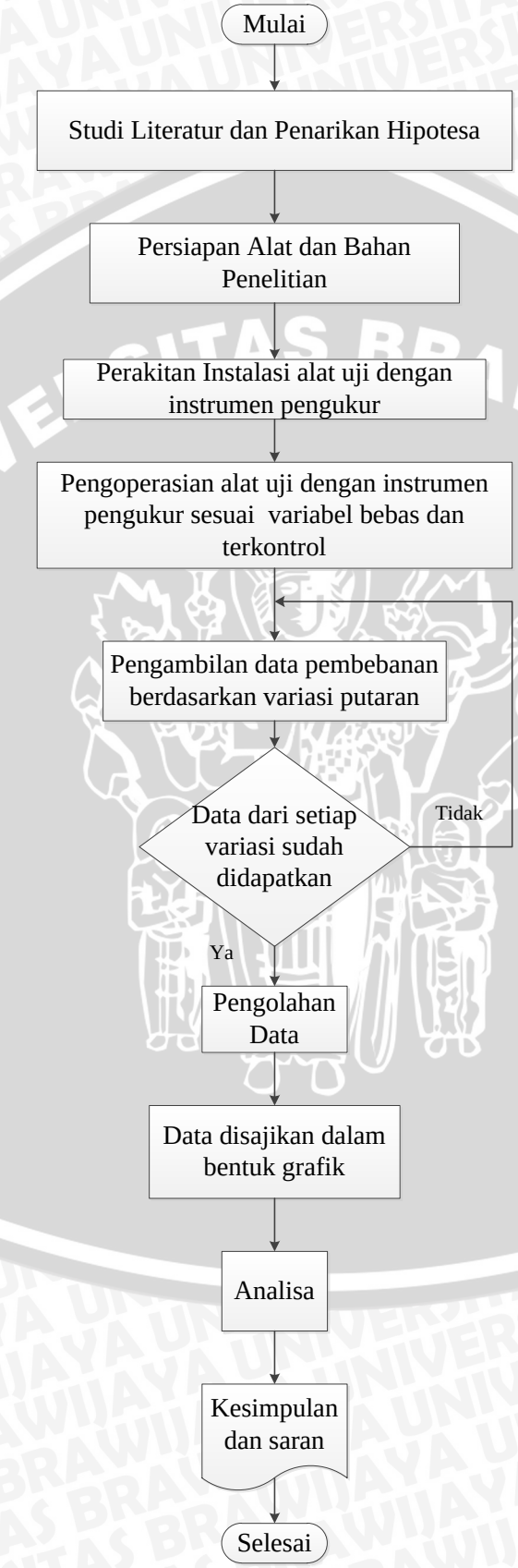
Sumber keragaman	Db	JK	Varian (KT)	F_{hitung}	F_{tabel}
Faktor A	r-1	JKA	$S_A = \frac{JKA}{r-1}$	$\frac{S_A}{S}$	
Faktor B	c-1	JKB	$S_B = \frac{JKB}{c-1}$	$\frac{S_B}{S}$	
Interaksi A dan B	(r-1)(c-1)	JKAB	$S_{AB} = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$	$\frac{S_{AB}}{S}$	
Galat (*error*)	rc(t-1)	JKG	$S = \frac{JKG}{rc(t-1)}$		
Total	rct-1	JKT			

Kesimpulan yang diperoleh:

a. Bila $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$, maka H_{01} ditolak dan H_{11} diterima, ini menyatakan bahwa putaran mesin berpengaruh terhadap unjuk kerja motor *otto* berbahan bakar CNG.

b. Bila $F_{B\ hitung} > F_{B\ tabel}$, maka H_{02} ditolak dan H_{12} diterima, ini menyatakan bahwa variasi *air fuel ratio* berpengaruh terhadap unjuk kerja motor *otto* berbahan bakar CNG.

c. Bila $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$, maka H_{03} ditolak dan H_{13} diterima, ini menyatakan bahwa putaran mesin dan variasi *air fuel ratio* berpengaruh terhadap unjuk kerja motor *otto* berbahan bakar CNG.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Alur pemikiran yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dari gambar diagram alir di bawah ini, yaitu: