

## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISA PENGATURAN KECEPATAN

Pada bab 4 dibahas tentang pengujian terhadap sistem yang telah dirancang dan direalisasikan. Kemudian hasil pengujian akan digunakan sebagai dasar pembahasan dan analisa. Untuk melihat performansi sistem yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian dengan beberapa kondisi sebagai berikut :

1. Pengujian sinyal pwm antar fasa dari keluaran inverter tiga fasa dengan frekuensi 50Hz, Amplitudo 90%, dan frekuensi Carrier 490Hz dengan beban lampu 5 watt.
  2. Pengujian sistem kendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa terhadap kenaikan frekuensi secara bertahap dari frekuensi 10 Hz samapai 125 Hz.
  3. Pengujian sistem kendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa berbasis *microcontroller* ATMega16 dengan sistem lup terbuka atau tanpa pengendali untuk menentukan besaran PI yaitu  $K_p$ , dan  $K_i$ .
  4. Pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 480 rpm ke 1080 rpm.
  5. Pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 720 rpm ke 1450 rpm.
  6. Pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 1200 rpm ke 480 rpm.
- 4.1. Hasil pengujian sinyal pwm antar fasa dari keluaran inverter tiga fasa dengan frekuensi 50Hz, Amplitudo 90%, dan frekuensi Carrier 490Hz dengan beban lampu 5 watt.**

Pada gambar 4.1 ditunjukkan bahwa  $V_{AB}$  adalah tegangan antar fasa inverter. Hasil aktual pengukuran tegangan antar fasa inverter adalah 66 Vac. Sedangkan  $V_{dc}$  adalah tegangan sumber yang berasal dari rectifier. Dimana tegangan sumber adalah 110 Vac dari tegangan jala-jala 220 Vac yang di *step*

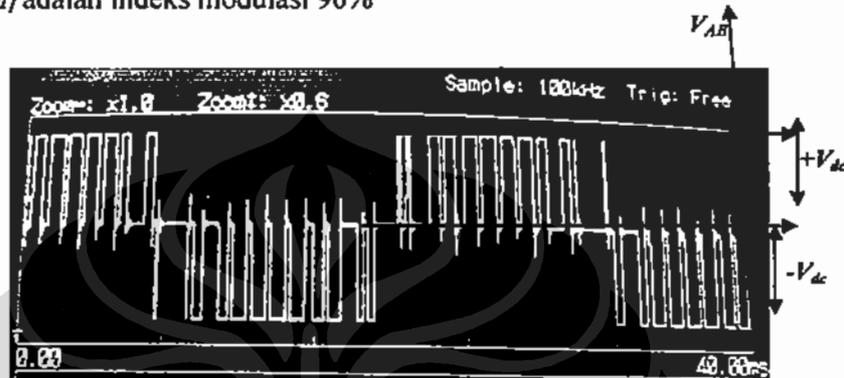
down . Jika dilakukan perhitungan manual dengan mengikuti persamaan (4.53) [15], maka akan didapat nilai tegangan yang mendekati dengan nilai aktualnya.

$$V_{AB\_rms} = \frac{M_I V_{dc}}{\sqrt{2}} \quad (4.52)$$

$$V_{AB\_rms} = \frac{0.9 \cdot 110}{\sqrt{2}}$$

$$V_{AB} = 70 \text{ Volt}$$

dimana  $M_I$  adalah indeks modulasi 90%



Gambar 4.1 : Sinyal PWM\_AB

Sedangkan untuk menghitung daya input yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor adalah:

$$P_{in} = 3V_1 I_1 \cos \varphi \text{ Watt}$$

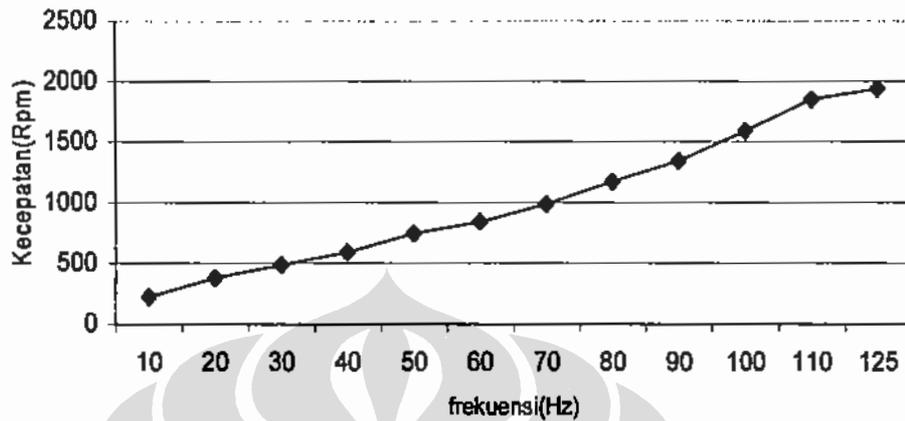
Dengan spesifikasi motor penggerak sistem pada model penelitian ini adalah seperti yang tertera pada *name plate* motor sebagai berikut :

Merek	: AEG
Type	: AM80NY6
Daya Input	: 0.55 KW, 3 fasa
Faktor daya( $\cos\theta$ )	: 0.7

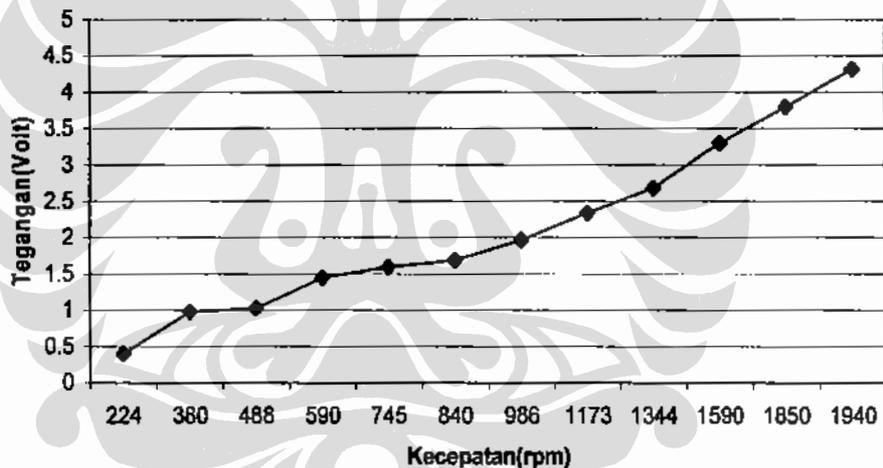
Merujuk persamaan 3.49 dimana arus yang mengalir dalam rangkaian inverter sebesar 1.86 ampere. Sehingga daya masukan yang dibutuhkan motor dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{in} &= 3V_1 I_1 \cos \varphi \text{ Watt} \\ &= 3 \cdot 66 \cdot 1.86 \cdot 0.7 \text{ Watt} \\ &= 257.8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.2. Hasil pengujian sistem kendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa terhadap kenaikan frekuensi secara bertahap dari frekuensi 10 Hz sampai 125 Hz.



Gambar 4.2 : Grafik kecepatan motor dengan frekuensi masukan



Gambar 4.3 : Grafik kecepatan motor dengan tegangan masukan

Dari hasil pengukuran kecepatan motor terhadap frekuensi dan tegangan masukan mempunyai hubungan berbanding lurus dengan kecepatan motor. Tegangan minimal yang mampu menggerakkan motor AC 3 fasa sebesar 0.4 Volt dari set point yang bersal dari potensiometer dengan kecepatan minimal untuk start awal putar motor sebesar 224 rpm. Kecepatan maksimal terjadi pada tegangan dan frekuensi maksimal sekitar 4.32 volt dan 125 Hz. Dari grafik kecepatan motor yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dan 4.3 di atas, hubungan antara kecepatan

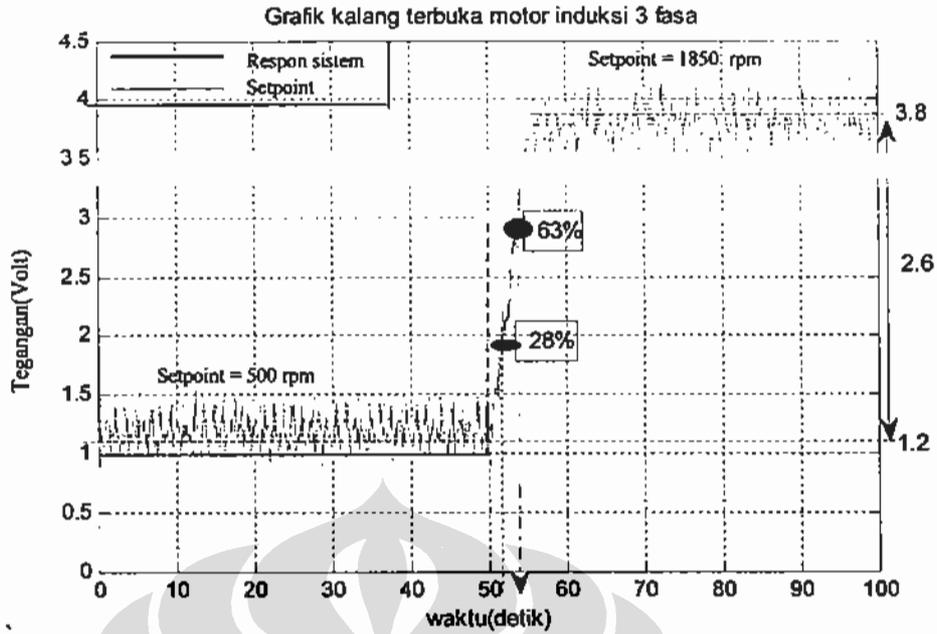
motor dengan tegangan dan frekuensi masukan dapat ditunjukkan dalam tabel 4.1 di bawah ini.

**Tabel 4.1 Hubungan Kecepatan dengan tegangan dan frekuensi masukan.**

Frekuensi	Kecepatan(Rpm)	Tegangan(Volt)	V/f
10	224	0.4	0.04
20	380	0.98	0.05
30	488	1.03	0.03
40	590	1.45	0.04
50	745	1.6	0.03
60	840	1.69	0.03
70	986	1.97	0.03
80	1173	2.34	0.03
90	1344	2.68	0.03
100	1590	3.3	0.03
110	1850	3.8	0.03
125	1940	4.32	0.03

**4.3. Pengujian sistem kendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa berbasis *microcontroller* ATmega16 dengan sistem lup terbuka atau tanpa pengendali untuk menentukan besaran PI yaitu  $K_p$ , dan  $K_i$ .**

*Plant* yang digunakan dalam tesis ini adalah sebuah motor induksi AC tiga fasa yang dilengkapi dengan sensor kecepatan. Kedua komponen tersebut digunakan untuk mencari tanggapan kalang terbuka dari motor induksi AC tiga fasa tanpa beban. Pengujian *plant* ini dilakukan dengan menggerakkan motor induksi AC tiga fasa dengan membuat program untuk mengirimkan data PWM dan menghitung kecepatan motor AC yang dihasilkan sampai nilai PWM maksimal. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan motor dengan frekuensi masukan yang berfungsi sebagai *setpoint* dalam pengaturan kecepatan motor. Pengambilan data respon terbuka bertujuan untuk identifikasi *plant* dan mengetahui perilaku sistem tanpa pengontrol seperti grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4: Grafik Kalang terbuka motor induksi 3 fasa

Dari gambar 4.4 di atas respon sistem yang diperoleh adalah :

$$\Delta = (3.8 - 1.2) = 2.6 \text{ volt}$$

$$\delta = (3 - 1) = 2 \text{ volt}$$

dimana  $\Delta$  = Process Value

$\delta$  = Manipulated Value

$\tau$  = Time Constant

$\theta$  = Dead Time

$$\text{Maka nilai } K_p = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{2.6}{2} = 1.3$$

$$\begin{aligned} \tau &= 1.5(163\% - 128\%) \\ &= 1.5(4-2) \\ &= 1.5(2) \\ &= 3 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= 163\% - \tau \text{ (dead time)} \\ &= 4-3 \\ &= 1 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari hasil respon tersebut, maka fungsi alih dari sistem pengendali kecepatan motor AC tiga fasa didapat dengan persamaan fungsi alih sebagai berikut.

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_p e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad \text{sehingga didapat} \quad TF = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1.3e^{-s}}{3s + 1}$$

Untuk merancang sistem pengendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa, sebagai acuannya digunakan gambar 3.17 untuk menentukan nilai  $K_c$  dan 3.18 untuk menentukan nilai  $K_i$  yang berdasarkan diagram tuning *PI controller* sebagai tabel dalam pengambilan data besaran PI yaitu nilai  $K_c$  yang di dapat dari perpotongan titik temu antara besaran  $K_c K_p$  terhadap *fraction dead time*  $\left(\frac{\theta}{\theta + \tau}\right)$  dan besaran  $K_i$ . di dapat dari perpotongan titik temu antara besaran

$T_i / (\theta + \tau)$  terhadap *fraction dead time*  $\left(\frac{\theta}{\theta + \tau}\right)$ .

$$\frac{\theta}{\theta + \tau} = \frac{1}{1 + 3} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$K_c K_p = 1.05$$

$$K_c = \frac{1.05}{1.3} = 0.8$$

Sedangkan untuk mencari nilai  $T_i$ , maka dilakukan pembacaan grafik yang terdapat pada gambar 3.18.

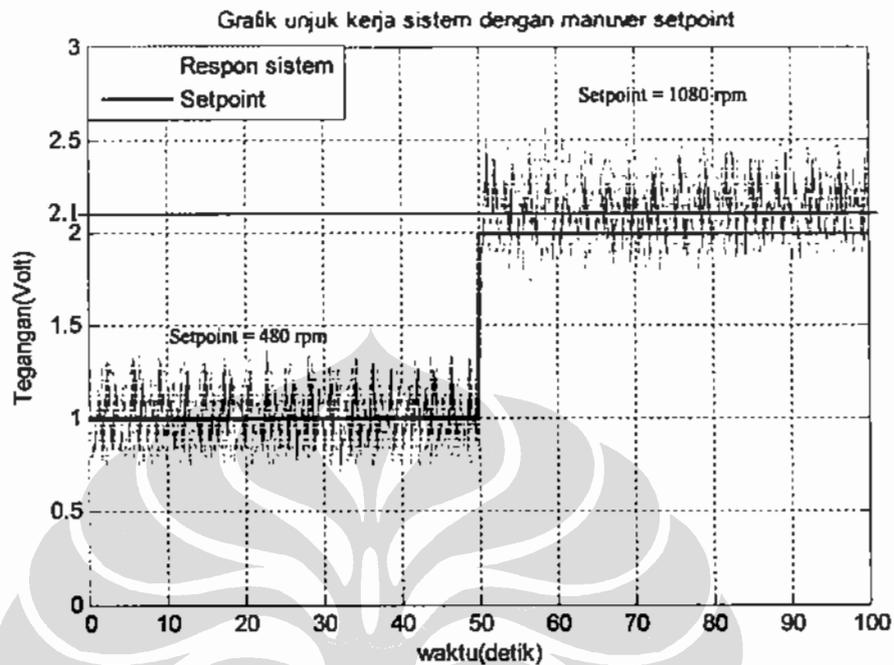
$$\frac{T_i}{\theta + \tau} = 0.9$$

$$\frac{T_i}{1 + 3} = 0.9$$

$$T_i = 3.6$$

$$\text{Jadi nilai } K_i = 1/T_i = 1/3.6 = 0.28$$

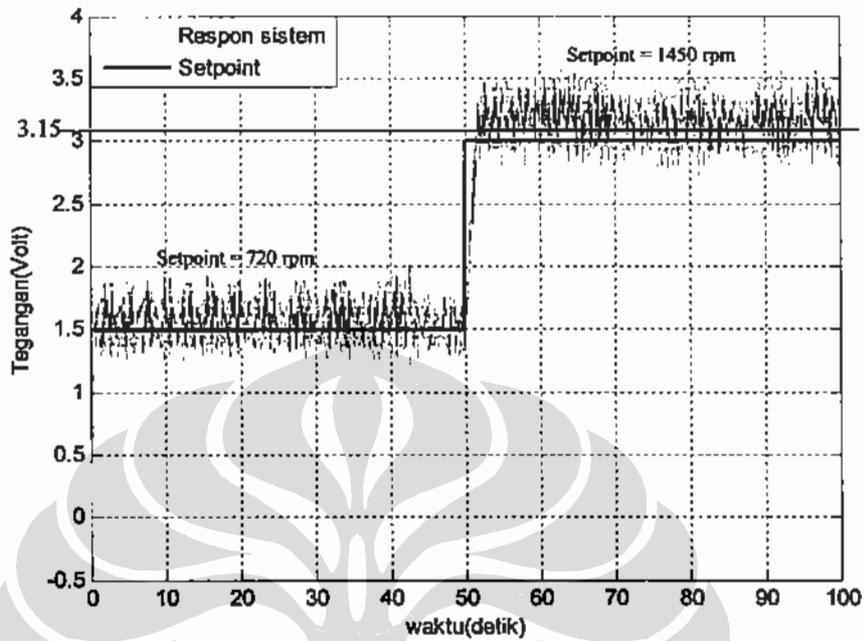
4.4. Hasil pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 480 rpm ke 1080 rpm.



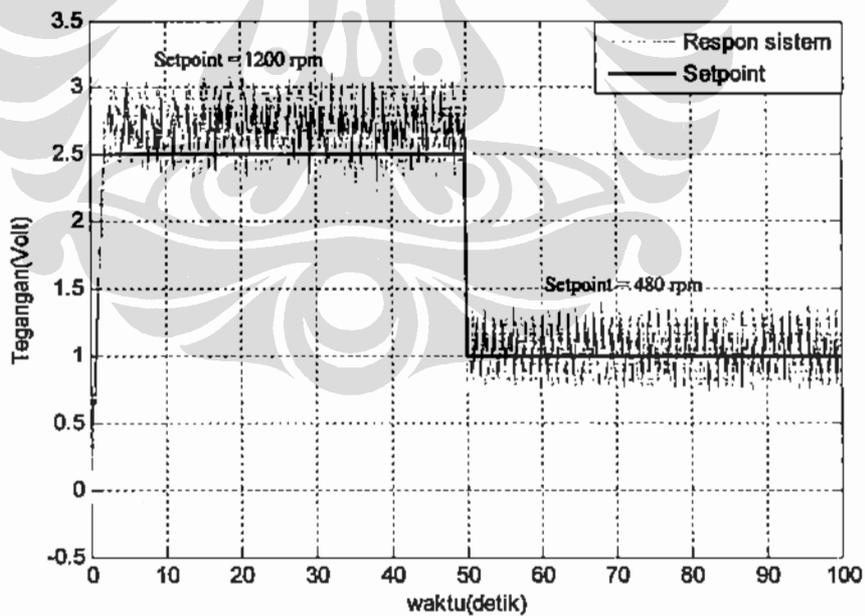
Gambar 4.5: Grafik Kecepatan motor induksi AC tiga fasa dengan manufer setpoint dari 480 sampai 1080 rpm

Dari hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 di atas menunjukkan kinerja kecepatan motor induksi AC tiga fasa pada *set point* kecepatan 480 rpm ditunjukkan respon sistem dalam kondisi stabil dan ketika dilakukan manuver dengan set point 1080 rpm ditunjukkan respon sistem mengalami *steady state error* sebesar 5% dari set point acuannya. Hal ini dikarenakan manuver kecepatan motor dilakukan melebihi kecepatan nominal motor yaitu 900 rpm.

4.5. Hasil pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 720 rpm ke 1450 rpm.



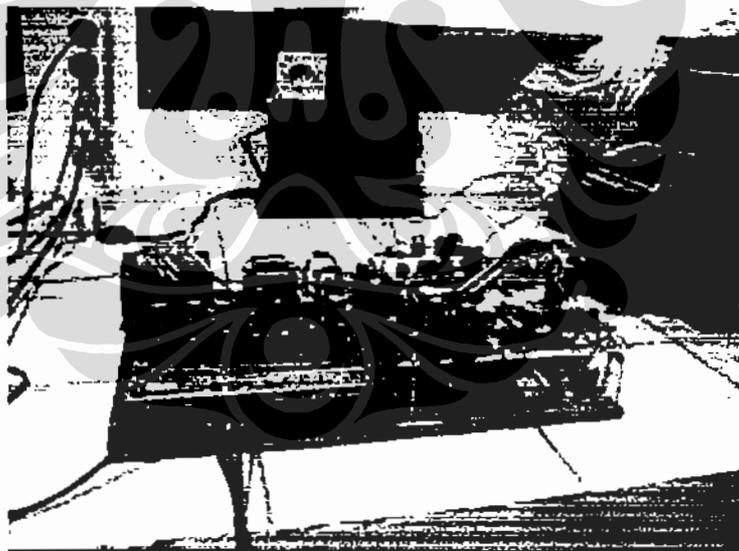
Gambar 4.6: Grafik Kecepatan motor induksi AC tiga fasa dengan manufer setpoint dari 720 sampai 1450 rpm



Gambar 4.7: Grafik Kecepatan motor induksi AC tiga fasa dengan manufer setpoint dari 1200 sampai 480 rpm

Kinerja sistem dengan perubahan nilai setpoint dari nilai setpoint 480 rpm kemudian dinaikkan menjadi nilai setpoint 1080 rpm yang ditunjukkan pada gambar 4.5 respon sistem mencapai keadaan tunak atau stabil lebih cepat dicapai dengan menggunakan metode kurva reaksi dengan masukan *unit step*. Sedangkan sistem yang terkendali dengan PI yang dioptimalkan menggunakan *unit step* untuk setpoint bermanuver dari 720 rpm kemudian dinaikkan menjadi nilai *setpoint* 1450 rpm yang ditunjukkan pada gambar 4.6 ditunjukkan adanya *rise time*( $t_r$ ) respon sistem mencapai keadaan tunak atau stabil pada nilai sekitar 2 detik lebih lambat dengan kecepatan motor rendah. Untuk manuver setpoint dari 1200 rpm yang diturunkan menjadi nilai setpoint 480 rpm seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7 waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi tunak atau stabil adalah 2 detik, sedangkan waktu turun untuk mencapai kondisi tunak atau stabil pada kecepatan rendah waktu yang diperlukan sangat cepat sekitar 0.25 detik .

Pengujian alat pengendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa dilakukan dilaboratorium kendali, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8: Pengujian pengendali kecepatan motor induksi Ac tiga fasa di laboratorium kendali