

BAB IV

PERHITUNGAN DAN ANALISIS

4.1 Data Pengukuran Pada Saat Motor Induksi 3 Fasa Beroperasi

Pada saat motor induksi beroperasi sebagai penggerak mesin conveyor dilakukan beberapa pengambilan data dengan cara pengukuran menggunakan alat Clamp meter digital (Tang Ampere Digital), adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran Arus yang diserap oleh motor induksi

Besarnya Arus listrik antar fasa dari hasil pengukuran dengan menggunakan tang ampere adalah :

$$I_A = 4,24 \text{ A}$$

$$I_B = 4,26 \text{ A}$$

$$I_C = 4,25 \text{ A}$$

Maka, Arus antar fasa (Line to Line) adalah

$$I = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} = \frac{4,24 + 4,26 + 4,25}{3} = 4,25 \text{ A}$$

2. Tegangan Kerja Motor

Tegangan kerja motor terdapat pada data nameplate sebesar 380 V dan data pengukuran sebesar 339 V.

3. Putaran Motor

Dari hasil pengukuran putaran motor pada saat beroperasi dengan menggerakkan mesin conveyor adalah 1.451 rpm.

4.2 Perhitungan Parameter Konstanta Motor Induksi Sebelum Pengukuran

Dari data-data motor induksi yang telah diberikan, maka dapat dihitung beberapa parameter konstan motor induksi sebagai berikut :

1. Menghitung Tegangan Antar Fasa

Untuk menghitung tegangan antar fasa dapat menggunakan persamaan (2-2) yaitu :

$$V = \frac{V_{ph-ph}}{\sqrt{3}}$$

$$V = \frac{380}{\sqrt{3}} \text{ Volt}$$

$$V_L = 219,4$$

2. Menghitung Arus Nominal Motor

Untuk menghitung arus nominal motor dapat menggunakan persamaan (2-1) yaitu :

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

Dimana :

P = Daya Motor per fasa

$$P = \frac{2,238}{3} = 0,746 \text{ kW}$$

$$P = 746 \text{ Watt}$$

Jadi, arus nominal motor adalah

$$I = \frac{746}{219,4 \times 0,80}$$

$$I = 4,25 \text{ A}$$

3. Menghitung Impedansi Motor Perfasa

Untuk menghitung impedansi motor perfasa dapat menggunakan persamaan

(2-9)

$$Z = \frac{V_L}{I}$$

$$Z = \frac{219,4}{4,25}$$

$$Z = 51,62 \Omega$$

4. Menghitung Resistansi Motor

Untuk menghitung resistansi motor dapat menggunakan persamaan

(2-11) yaitu :

$$R^2 = \sqrt{(1,2) \cdot R}$$

$$R^2 = \frac{Z^2}{1,2}$$

$$R^2 = \frac{(51,62)^2}{(1,2)} = \frac{2664,62}{1,2}$$

$$R = \sqrt{2220,52}$$

$$R = 47,12 \Omega$$

5. Menghitung Reaktansi Motor

Untuk menghitung reaktansi motor digunakan persamaan (2-12) yaitu :

$$X = 0,43 R$$

$$X = (0,43) \cdot (47,12) \Omega$$

$$X = 20,26 \Omega$$

6. Menghitung R_2' dan R_1

Pada saat motor induksi berjalan normal, putaran rotor adalah 1451 rpm sehingga slip motor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-4), yaitu :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{1500 - 1451}{1500}$$

$$S = \frac{49}{1500} = 0,0327$$

Maka besarnya R_2' dapat ditentukan menggunakan persamaan

$$R_2' = 0,1 \cdot R_2' + R_2' / S$$

$$R = 0,1 \cdot R_2' + \left(\frac{1}{0,0327}\right) R_2'$$

$$R = 0,1 \cdot R_2' + 30,58 R_2'$$

$$R = 30,58 R_2'$$

$$R_2' = \frac{47,12}{30,58} \Omega$$

$$R_2' = 1,541$$

Untuk menentukan R_1 dapat menggunakan persamaan yaitu :

$$R = R_1 + R_2' / S$$

$$R_1 = R - R_2' / S$$

$$R_1 = 47,12 - \frac{1,541}{0,0327}$$

$$R_1 = 47,12 - 47,10$$

$$R_1 = 0,02 \Omega$$

7. Menentukan Impedansi Motor

Untuk menentukan impedansi motor dapat menggunakan persamaan (2-10), yaitu :

$$Z_2' = \sqrt{(R_1 + R_2'/S)^2 + (X)^2}$$

$$Z_2' = \sqrt{(0,02 + \frac{1,541}{0,0327})^2 + (20,26)^2}$$

$$Z_2' = \sqrt{(2222,6 + 410,47)}$$

$$Z_2' = \sqrt{2633,69}$$

$$Z_2' = 51,31\Omega$$

8. Menentukan Arus Pengganti Rotor

Untuk menentukan arus motor per fasa dengan cara perhitungan dapat menggunakan persamaan (2-14), yaitu :

$$I_2' = \frac{V_1}{Z_2'}$$

$$I_2' = \frac{219,4}{51,31} = 4,28 \text{ A}$$

4.3 Perhitungan Susut Tegangan Motor Induksi

Untuk Menghitung susut tegangan memerlukan V_t atau V_{OUT} dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (2-8), yaitu :

$$V_t = \sqrt{3} \times I \times Z$$

$$V_t = \sqrt{3} \times 4,25 \times 51,31$$

$$V_t = 377,76 \text{ V}$$

$$\Delta V = V_s - V_t$$

$$\Delta V = 380 - 377,76 = 2,24 \text{ V}$$

Untuk mengetahui persentase susut tegangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{2,24}{380} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = 0,589\%$$

4.4 Perhitungan Rugi-rugi Daya Motor Induksi

Rugi-rugi daya motor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-10), yaitu :

$$\Delta P = 3(I_2')^2 \cdot R_2'$$

$$\Delta P = 3(4,28)^2 \cdot 1,541$$

$$\Delta P = 84,67 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = 0,08467 \text{ kW}$$

4.5 Perhitungan Efisiensi Motor Induksi

1. Menentukan Daya Input

Daya total yang dimasukkan pada kumparan stator (P_{in}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-6), yaitu :

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 4,25 \cdot 0,80$$

$$P_{in} = 2237,74 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 2,24 \text{ kW}$$

2. Menentukan Daya Output

Untuk menghitung Daya Output motor P_{out} , dapat menggunakan Persamaan (2-7), yaitu :

$$P_{out} = P_{in} - \Delta P$$

$$P_{out} = 2,24 \text{ kW} - 0,08467 \text{ kW}$$

$$P_{out} = 2,16 \text{ kW}$$

Sehingga besarnya torsi motor penggerak dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-13), yaitu :

$$T_e = \frac{P_{out}}{2 \cdot \pi \cdot n_r / 60}$$

$$T_e = \frac{2,160}{2 \times 3,14 \times 1451 / 60}$$

$$T_e = \frac{2,160 \times 60}{2 \times 3,14 \times 1451}$$

$$T_e = \frac{129,600}{9,111}$$

$$T_e = 14,23 \text{ N} - \text{m}$$

Untuk menghitung efisiensi motor induksi 3 fasa dapat menggunakan persamaan (2-5), yaitu :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2160}{2240} \times 100\%$$

$$\eta = 96,43 \%$$

➤ Efisiensi Tegangan (V)

$$\eta = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{377,76}{380} \times 100\%$$

$$\eta = 99,41 \%$$

4.6 Perhitungan Parameter Konstan Motor Induksi Berdasarkan Data Sesudah Pengukuran.

Dari data-data motor induksi yang telah di ukur dilapangan, maka dapat dihitung beberapa parameter konstan motor induksi sebagai berikut :

1. Menghitung Tegangan Antar Fasa

Untuk menghitung tegangan antar fasa dapat menggunakan persamaan (2-2) yaitu :

$$V = \frac{V_{ph-ph}}{\sqrt{3}}$$

$$V = \frac{339}{\sqrt{3}} \text{ Volt}$$

$$V_f = 195,72 \text{ Volt}$$

2. Menghitung Arus Nominal Motor

Untuk menghitung arus nominal motor dapat menggunakan persamaan (2-1) yaitu :

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

Dimana :

P = Daya Motor per fasa

$$P = \frac{2,238}{3} = 0,746 \text{ kW}$$

P = 746 Watt

Jadi, arus nominal motor adalah

$$I = \frac{746}{195,72 \times 0,80}$$

$$I = 4,76 \text{ A}$$

3. Menghitung Impedansi Motor Perfasa

Untuk menghitung impedansi motor perfasa dapat menggunakan persamaan

(2-9)

$$Z = \frac{V_f}{I}$$

$$Z = \frac{195,72}{4,76}$$

$$Z = 41,12\Omega$$

4. Menghitung Resistansi Motor

Untuk menghitung resistansi motor dapat menggunakan persamaan

(2-11) yaitu :

$$R^2 = \sqrt{(1,2) \cdot R}$$

$$R^2 = \frac{Z^2}{1,2}$$

$$R^2 = \frac{(41,12)^2}{(1,2)} = \frac{1509,46}{1,2}$$

$$R = \sqrt{1509,46}$$

$$R = 37,55 \Omega$$

5. Menghitung Reaktansi Motor

Untuk menghitung reaktansi motor digunakan persamaan (2-12) yaitu :

$$X = 0,43 R$$

$$X = (0,43) \cdot (37,55) \Omega$$

$$X = 16,15 \Omega$$

6. Menghitung R_2' dan R_1

Pada saat motor induksi berjalan normal, putaran rotor adalah 1451 rpm sehingga slip motor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-4), yaitu :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{1500 - 1440}{1500}$$

$$S = \frac{60}{1500} = 0,040$$

Maka besarnya R_2' dapat ditentukan menggunakan persamaan

$$R_2' = 0,1 \cdot R_2' + R_2' / S$$

$$R = 0,1 \cdot R_2' + \left(\frac{1}{0,040}\right) R_2'$$

$$R = 0,1 \cdot R_2' + 25,00 R_2'$$

$$R = R_2'$$

$$R_2' = \frac{37,55}{25,00} \Omega$$

$$R_2' = 1,50$$

Untuk menentukan R_1 dapat menggunakan persamaan yaitu :

$$R = R_1 + R_2' / S$$

$$R_1 = R - R_2' / S$$

$$R_1 = 37,55 - \frac{1,50}{0,040}$$

$$R_1 = 37,55 - 37,50$$

$$R_1 = 0,05 \Omega$$

7. Menentukan Impedansi Motor

Untuk menentukan impedansi motor dapat menggunakan persamaan (2-10),

yaitu :

$$Z_2' = \sqrt{(R_1 + R_2' / S)^2 + (X)^2}$$

$$Z_2' = \sqrt{(0,05 + \frac{1,50}{0,040})^2 + (16,15)^2}$$

$$Z_2' = \sqrt{1410,30 + 260,82}$$

$$Z_2' = \sqrt{1671,12}$$

$$Z_2' = 40,88 \Omega$$

8. Menentukan Arus Pengganti Rotor

Untuk menentukan arus motor per fasa dengan cara perhitung

Untuk menentukan arus motor per fasa dengan cara perhitungan dapat menggunakan

persamaan (2-14), yaitu :

$$I_2' = \frac{V_f}{Z_2'}$$

$$I'_2 = \frac{339}{40,88} = 4,79 \text{ A}$$

4.7 Perhitungan Susut Tegangan Motor Induksi

Untuk Menghitung susut tegangan memerlukan V_t atau V_{OUT} dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (2-8), yaitu :

$$V_t = \sqrt{3} \times I \times Z$$

$$V_t = \sqrt{3} \times 4,76 \times 40,88$$

$$V_t = 336,23 \text{ V}$$

$$\Delta V = V_s - V_t$$

$$\Delta V = 380 - 336,23 = 43,77 \text{ V}$$

Untuk mengetahui persentase susut tegangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{43,77}{380} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = 11,52 \%$$

4.8 Perhitungan Rugi-rugi Daya Motor Induksi

Rugi-rugi daya motor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-10), yaitu :

$$\Delta P = 3(I'_2)^2 \cdot R'_2$$

$$\Delta P = 3(4,79)^2 \cdot 1,50$$

$$\Delta P = 103,23 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = 0,103 \text{ kW}$$

4.9 Perhitungan Efisiensi Motor Induksi

1. Menentukan Daya Input

Daya total yang dimasukkan pada kumparan stator (P_{in}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-6), yaitu :

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot 339 \cdot 4,79 \cdot 0,80$$

$$P_{in} = 2251,53 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 2,25 \text{ kW}$$

2. Menentukan Daya Output

Untuk menghitung Daya Output motor P_{out} , dapat menggunakan Persamaan (2-7), yaitu :

$$P_{out} = P_{in} - \Delta P$$

$$P_{out} = 2,25 \text{ kW} - 0,103 \text{ kW}$$

$$P_{out} = 2,147 \text{ kW}$$

Sehingga besarnya torsi motor penggerak dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-13), yaitu :

$$T_e = \frac{P_{out}}{2 \cdot \pi \cdot n_r / 60}$$

$$T_e = \frac{2,147}{2 \times 3,14 \times 1440 / 60}$$

$$T_e = \frac{2,147 \times 60}{2 \times 3,14 \times 1440}$$

$$T_e = \frac{129600}{9110,28}$$

$$T_e = 14,23 \text{ N} - m$$

Untuk menghitung efisiensi motor induksi 3 fasa dapat menggunakan persamaan (2-5), yaitu :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2147}{2250} \times 100\%$$

$$\eta = 96,43 \%$$

➤ Efisiensi Tegangan (V)

$$\eta = \frac{V_{out}}{V_n} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{336,23}{380} \times 100\%$$

$$\eta = 88,48 \%$$

4.10 Tabel Hasil Pehitungan

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan

No	Parameter Motor	Hasil Perhitungan	
		Sebelum Pengukuran	Sesudah Pengukuran
1	Arus	4,25 A	4,76 A
2	Daya Input (kW)	2,24 Kw	2,25 Kw
3	Daya Output (kW)	2,16 Kw	2,147 Kw
4	Rugi-rugi Daya (kW)	0,08467 kW	0,103 Kw
5	Tegangan Output (V)	377,76 V	339 V
6	Susut Tegangan (V)	2,24 V	43,77 V
7	Efisiensi Arus (%)	96,43 %	96,43 %
8	Efisiensi Tegangan (%)	99,41 %	88,48 %
9	Efisiensi Standard IEE	92,6-100%	92,6-100%

4.7 Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa tegangan suplai berpengaruh terhadap kinerja motor induksi tiga fasa pada mesin conveyor. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu saat tegangan mendekati nilai nominal sebesar 377,76 V dan saat tegangan mengalami penurunan menjadi 339 V. Perubahan tegangan tersebut menyebabkan perubahan pada arus, daya, rugi-rugi daya, susut tegangan, dan efisiensi motor.

Pada tegangan 377,76 V, motor masih bekerja dalam kondisi normal karena nilainya sangat mendekati tegangan nominal 380 V. Arus yang mengalir sebesar 4,25 A, daya input sebesar 2,24 kW, dan daya output sebesar 2,16 kW. Rugi-rugi daya yang terjadi hanya sebesar 0,08467 kW dengan susut tegangan sebesar 2,24 V atau sekitar 0,59%. Selain itu, efisiensi arus mencapai 96,43% dan efisiensi tegangan sebesar 99,41%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa motor mampu bekerja secara efisien dengan kehilangan daya yang relatif kecil.

Ketika tegangan turun menjadi 339 V, arus motor meningkat menjadi 4,76 A. Peningkatan arus ini terjadi karena motor berusaha mempertahankan torsi agar tetap mampu menggerakkan beban conveyor. Akibatnya, rugi-rugi daya meningkat menjadi 0,103 kW, sedangkan daya output sedikit menurun menjadi 2,147 kW. Susut tegangan juga bertambah menjadi 43,77 V dan efisiensi tegangan turun menjadi 88,48%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penurunan tegangan menyebabkan kinerja motor menjadi kurang efisien.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan yang mendekati nilai nominal mampu menjaga kestabilan arus, memperkecil rugi-rugi daya, mengurangi susut tegangan, dan meningkatkan efisiensi motor. Sebaliknya, penurunan tegangan menyebabkan arus meningkat, rugi-rugi daya bertambah, serta efisiensi motor menurun. Oleh karena itu, kestabilan tegangan perlu dijaga agar motor induksi dapat bekerja secara optimal, memiliki umur pakai yang lebih panjang, dan mampu mendukung proses produksi secara berkelanjutan.