

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Umum

Proses produksi merupakan suatu cara untuk mengubah barang atau jasa agar nilainya bertambah, dan dalam hal ini motor induksi digunakan sebagai penggerak alat produksi seperti mesing penggiling, pompa air dan lain – lain, Penggunaan motor induksi ini memiliki beberapa keuntungan antara lain:

- a. Proses produksi lebih cepat.
- b. Harga motor yang relatif murah.
- c. Konstruksi yang sederhana, kuat serta dapat diandalkan.
- d. Memiliki efisiensi yang tinggi.
- e. Perawatan yang minimum.

Analisa dan perhitungan akan dimulai dari perhitungan jumlah kutub dan besarnya nilai slip.

4.1.2. Spesifikasi Motor

Tabel 4. 1 Spesifikasi motor

Nama	Hammer Mill
Tipe rotor	Belitan
Merk	TECO
HP	125 HP
V	380 V
Ampere	168 A
F	50 Hz
Rpm	2900 ppm tanpa beban 2860 ppm beban penuh

$$R_1 = 0,32 \Omega$$

$$R_2' = 0,37 \Omega$$

$$R_c = 131 \Omega$$

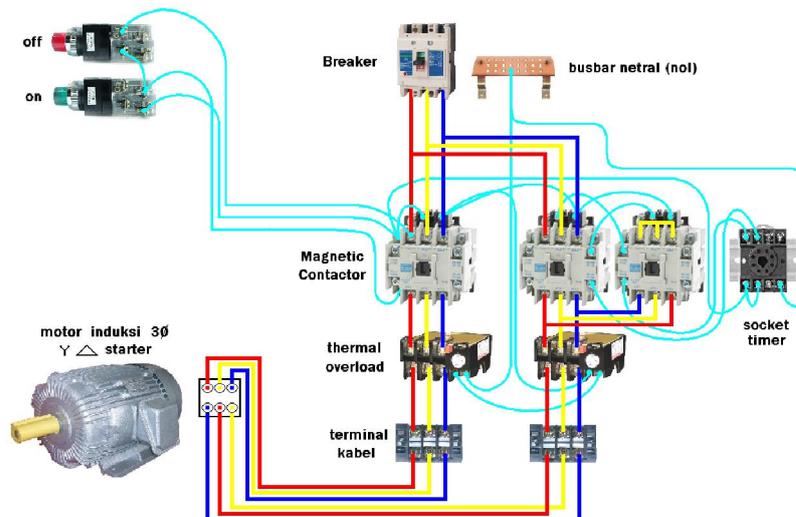
$$X_1 = 1,12 \Omega$$

$$X_2' = 1,12 \Omega$$

$$X_m = 15,32 \Omega$$

4.1.3. Pengasutan

Pengasutan motor ini bertujuan untuk menurunkan arus starter motor yang melebihi arus nominal, jika hal tersebut terjadi maka akan dapat mempengaruhi arus listrik pada peralatan listrik yang ada disekitar motor tersebut maupun dapat merusak motor itu sendiri, dalam hal ini pengasutan yang digunakan adalah jenis pengasutan start – delta.



Gambar 4. 1 Rangkaian pengasutan

Cara kerja :

Saat tombol start ditekan, maka kontaktor 1 (utama) bekerja, Bekerjanya Kontaktor 1 diikuti dengan bekerjanya kontaktor 2 (rangkain start) dan Timer, Dalam kondisi ini motor sedang dalam posisi rangkain star/Y, kemudian dalam waktu beberapa saat kemudian (sesuai setting timer sebelum motor bekerja 100% atau lebih – kurang 75% putaranya) timer mengubah kontaknya secara otomatis dari NC menjadi NO, sehingga kontaktor 2 (rangkain start) terputus dan yang bekerja adalah kontaktor 1 (kontaktor utama) dengan kontaktor 3 (rangkain delta), sehingga motor sudah dalam posisi terhubung delta.

Thermal overload disini akan bekerja apabila terjadi arus beban berlebih, kontak bantu NC dari pengaman ini akan memutus suplay daya ke motor sehingga motor tersebut akan berhenti bekerja dan terhindar dari kerusakan akibat gangguan tersebut.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Menghitung Jumlah Kutub Dan Besarnya Slip Nominal

Dengan frekwensi sebesar 50 Hz dan daya sebesar 125 HP dengan putaran 2900 ppm pada keadaan tanpa beban dan 2860 ppm pada keadaan beban penuh.

Maka dari data diatas dapat dianalisa beberapa hal sebagai berikut :

Pada keadaan beban nol s sehingga $N_s \approx N_{bn}$, maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{120.f}{N_{bn}} \\ &= \frac{120 \times 50}{2900} \\ &= 2,06 \end{aligned}$$

Jumlah kutub pada motor ini adalah sebanyak 2 buah (sepasang).

$$\begin{aligned}
N_s &= \frac{120f}{p} \\
&= \frac{120 \times 50}{2} \\
&= 3000 \text{ ppm} \\
N_r &= 2860 \text{ ppm} \\
S(\%) &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \\
&= \frac{3000 - 2860}{3000} \times 100\% \\
&= 4,67\%
\end{aligned}$$

Besar nilai slip motor tersebut adalah 4,67%.

Besar dan kecilnya nilai slip dari motor induksi tergantung pada kecepatan putar motor tersebut, perbedaan putar antara stator dengan rotor dapat menentukan besar atau kecilnya nilai slip.

Pada saat start, putaran rotor (N_r) = 0 ppm, sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
S &= \frac{N_s - 0}{N_s} \times 100\% \\
&= 100\%
\end{aligned}$$

Sedangkan, Pada saat sinkron, $N_r = N_s$

$$\begin{aligned}
S &= \frac{N_s - N_s}{N_s} \times 100\% \\
&= 0\% \text{ (Motor keadaan diam)}
\end{aligned}$$

Jadi, harga slip motor induksi ini adalah: $100\% \geq s \geq 0\%$

4.2.2. Menghitung Daya dan Efisiensi Motor

$T_g \times 2\pi \times N$ = keluaran rotor dalam Watt.

Daya motor adalah sebesar 125 HP, seperti yang diketahui bahwa 1 HP sama dengan 746 watt jadi daya motor dalam Watt, $125 \text{ HP} \times 746 \text{ Watt} = 93.250 \text{ Watt}$.

$$\begin{aligned} T_g &= \frac{\text{keluaran rotor dalam watt}}{2\pi N} \\ &= \frac{93.250}{2 \times 3,14 \times 2860} \\ &= \frac{93.250}{17.960,8} \\ &= 5,19 \text{ HP} \end{aligned}$$

Daya Output dari rotor adalah sebesar = 5,19 HP.

$$\begin{aligned} \text{Input rotor} &= T_g \times 2 \pi \times N_s \\ &= 5,19 \times 2 \times 3,14 \times 3000 \\ &= 97.780 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya Input dari rotor adalah sebesar = 97.780 Watt.

$$\begin{aligned} \text{Cos } \varphi &= \frac{P_{in}}{\sqrt{3} \cdot VI} \\ &= \frac{97.780}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 168} \\ &= \frac{97.780}{110.575} \\ &= 0,87 \text{ Cos } \varphi \end{aligned}$$

Faktor daya yang didapat adalah sebesar = 0,87 Cos φ .

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{93.250}{97.780} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 95.3 \%$$

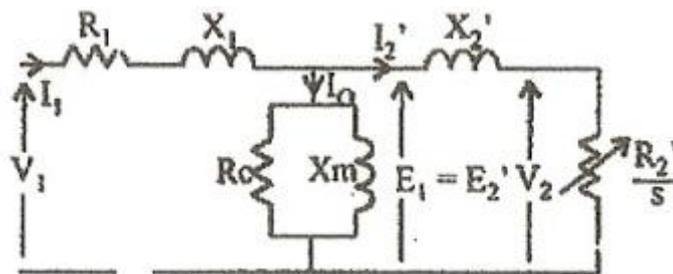
Efisiensi dari motor ini adalah sebesar : 95.3 %.

4.2.3. Menghitung Torsi dan Arus Pada Rangkaian Star (Y) dan Delta (Δ)

Motor bekerja pada tegangan 380 volt, Tehubung Star - Delta dengan slip pada beban penuh adalah 0,0467%, dengan besaran karakteristik sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 0,32 \Omega & X_1 = 1,12 \Omega \\ R_2' = 0,37 \Omega & X_2' = 1,12 \Omega \\ R_c = 131 \Omega & X_m = 15,32 \Omega \end{array}$$

Maka rangkaian Ekivalen nya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Rangkaian ekivalen

1. Arus Star (Y)

- Tiap belitan mendapatkan tegangan sebesar $U_{ph} \cdot \sqrt{3}$.
- Sehingga arus yang mengalir ditiap belitan sebesar I_y .
- Arus yang mengalir ditiap belitan akan sama dengan arus fasa I_y .

$$\begin{aligned} U_{ph} &= \frac{U_L}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{380}{1.73} \\ &= 220V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{start} &= \frac{3}{\omega_{sn}} \left(\frac{(U_{ph})^2 (R_2')}{(R_1 + R_2')^2 + j (X_1 + X_2')^2} \right) \\ &= \frac{3}{314,1592} \left(\frac{(220)^2 (0,37)}{(0,32 + 0,37)^2 + j (1,12 + 1,12)^2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (0,0095) \left(\frac{(48400)(0,37)}{(0,69)^2 + j(2,24)^2} \right) \\
&= (0,0095) \left(\frac{17908}{5,49} \right) \\
&= 30,988 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

$$I_{ph} = I_{LY}$$

$$I_{LY} = \frac{U_{ph}}{Z}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{220}{\sqrt{(R1 + R2')^2 + j(X1 + X2')^2}} \\
&= \frac{220}{\sqrt{(0,32 + 0,37)^2 + j(1,12 + 1,12)^2}} \\
&= \frac{220}{\sqrt{(0,69)^2 + j(2,24)^2}} \\
&= \frac{220}{\sqrt{5,493} \angle 90^\circ} \\
&= \frac{220}{2,343 \angle 90^\circ} \\
&= 93,896 \text{ j} \angle 90^\circ \text{ A}
\end{aligned}$$

Torsi motor pada rangkaian star yang didapat adalah sebesar

30,988 Nm, dengan arus sebesar 93,896 Ampere.

2. Arus Delta (Δ)

- Tiap belitan mendapatkan tegangan sebesar U.
- Sehingga arus yang mengalir ditiap belitan sebesar $I_{P\Delta}$.
- Arus fasa untuk belitan delta : $I_{\Delta} = \sqrt{3} I_{P\Delta}$.

$$U_{Ph} = U_L$$

$$\begin{aligned}
T_{start} &= \frac{3}{\omega_{sn}} \left(\frac{(U_L)^2 (R2')}{(R1 + R2')^2 + j(X1 + X2')^2} \right) \\
&= \frac{3}{314,1592} \left(\frac{(380)^2 (0,37)}{(0,32 + 0,37)^2 + j(1,12 + 1,12)^2} \right)
\end{aligned}$$

$$= (0,0095) \left(\frac{(144,4)(0,37)}{(0,69)^2 + j(2,24)^2} \right)$$

$$= (0,0095) \left(\frac{53,428}{5,49} \right)$$

$$= 92,452 \text{ Nm}$$

$$I_{ph} = \frac{U_L}{Z}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{(R1 + R2')^2 + j(X1 + X2')^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{(0,32 + 0,37)^2 + j(1,12 + 1,12)^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{(0,69)^2 + j(2,24)^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{5,49} \angle 72,87^\circ}$$

$$= \frac{380}{2,343 \angle 72,87^\circ}$$

$$= 162,4 \angle -72,87^\circ$$

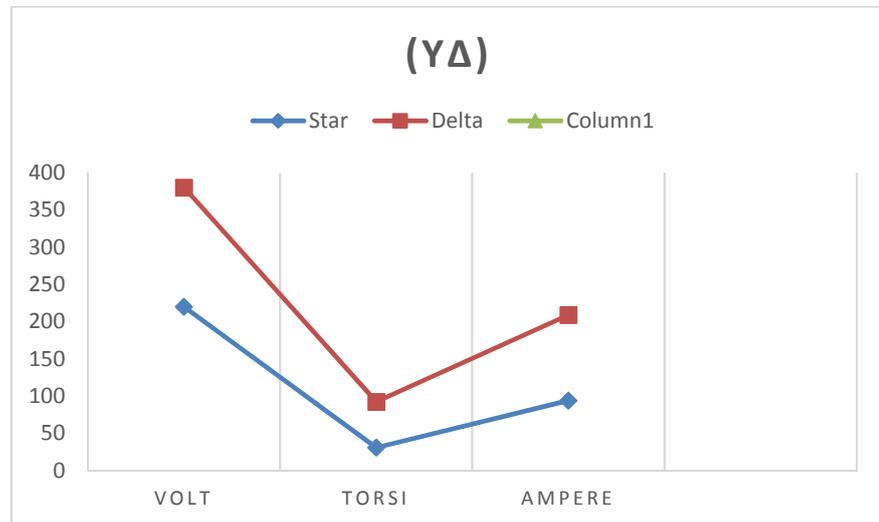
$$I_{L\Delta} = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

$$= 1,73 \times 162,4$$

$$= 280,9 \text{ A}$$

Dan pada rangkaian delata torsi yang didapat adalah 92,452 Nm, Dengan arus sebesar 280.9 Ampere.

- Perbandinga torsi dan arus pada rangkaian star dan delta.



Gambar 4. 3 Perbandingan tegangan, torsi dan arus

4.2.4. Menghitung Besarnya Arus Beban Penuh Maupun Tanpa Beban

Langkah selanjutnya adalah mencari besar arus yang mengalir pada motor saat dalam kondisi beban penuh maupun tanpa beban, dari data yang ada diatas dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Besar arus dalam kondisi beban penuh

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \frac{U_L}{R_c} + \frac{U_L}{jX_m} \\
 &= \frac{380}{131} + \frac{380}{j15,32} \\
 &= 2,9 - j 24,8 \\
 I_2' &= \frac{U_L}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + j(X_1 + X_2')^2}} \\
 &= \frac{380}{\sqrt{\left(0,32 + \frac{0,37}{0,0467}\right)^2 + j(1,12 + 1,12)^2}} \\
 &= \frac{380}{\sqrt{(0,32 + 79)^2 + j(2,24)^2}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{380}{\sqrt{(8,22)^2 + j(2,24)^2}} \\
&= \frac{380}{\sqrt{8,51} \angle -15,24^\circ} \\
&= 44,65 \angle -15,24^\circ \\
&= 44,65 - j15,24
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_1 &= I_0 + I_2' \\
&= 2,9 - j24,8 + 44,65 - j15,24 \\
&= 47,55 - j40,04 \\
&= 62,16 \angle -40,09^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Maka } I_L &= \sqrt{3} \times 62,16 \angle -40,09^\circ \\
&= 107,7 \angle -40,09^\circ \text{ Ampere}
\end{aligned}$$

Arus dalam keadaan beban penuh adalah sebesar = 107,7 Ampere.

2. Dalam keadaan tanpa beban

Dalam keadaan tanpa beban slip motor bernilai 100% =1, maka R_2 akan dianggap tetap, Sehingga,

$$\begin{aligned}
I_0 &= \frac{U_L}{R_c} + \frac{U_L}{jX_m} \\
&= \frac{380}{131} + \frac{380}{j15,32} \\
&= 2,9 - j24,8 \\
I_2' &= \frac{U_L}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + j(X_1 + X_2')^2}} \\
&= \frac{380}{\sqrt{\left(0,32 + \frac{0,37}{1}\right)^2 + j(1,2 + 1,2)^2}} \\
&= \frac{380}{\sqrt{(0,32 + 0,37)^2 + j(2,24)^2}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{380}{\sqrt{(0,69)^2 + j(2,24)^2}} \\
&= \frac{380}{\sqrt{5,493} \angle 72,87^\circ} \\
&= \frac{380}{2,34 \angle 72,87^\circ} \\
&= 162,4 \angle -72,87^\circ \\
&= 162,4 - j 72,87
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_1 &= I_0 + I_2' \\
&= 2,9 - j 24,8 + 162,4 - j 72,87 \\
&= 165,3 - j 97,6 \\
&= 191,96 \angle -30,5^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Maka } I_L &= \sqrt{3} \times 191,96 \angle -30,5^\circ \\
&= 332,5 \angle -30,5^\circ \text{ Ampere}
\end{aligned}$$

Sedangkan dalam kondisi tanpa beban arus yang didapat adalah sebesar 332,5 Ampere.

4.2.5. Menghitung Besarnya Rating Pengaman

Menurut PUIL 2000 untuk sirkit akhir yang menyuplai beberapa motor, nilai pengenalan atau stelan gawai proteksi hubung pendek tidak boleh melebihi nilai terbesar dihitung menurut tabel untuk masing – masing motor ditambah dengan jumlah arus beban penuh motor lain dalam sirkit akhir motor tersebut.

Tabel 4. 2 Presentase rating pengaman

JENIS MOTOR	Presentase arus beban penuh	
	Pemutus sirkit %	Pengaman lebur %
Motor sangkar atau serampak, dengan pengasutan bintang segitiga, langsung pada jaringan dengan reaktor atau resistor motor fasa tunggal	250	400
Motor sangkar atau serampak dengan pengasutan auto trasformator atau motor sangkar reaktans tinggi	200	400
Motor rotor lilit atau arus searah	150	400

1. MCCB

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa MCCB ini digunakan sebagai pengaman motor dari gangguan hubung singkat, walaupun demikian dalam kenyataanya dapat juga diandalkan sebagai pengaman beban lebih.

Untuk menentukan nilai noninal dari pengaman ini, maka digunakan standar dari PUIL 2000 sebagai acuan, yaitu 150% dari arus nominal, Arus nominal dari motor adalah sebesar 168 A, maka $150\% \times 168 \text{ A} = 252 \text{ A}$, sehingga rating MCCB adalah sebesar 252 Ampere.

2. Thermal Over Load

Thermal overload ini berfungsi sebagai pengaman motor dari beban berlebih, dan pada umumnya terdapat tiga penyebab utama beban berlebih antara lain:

- Arus start yang terlalu besar atau motor listrik berhenti mendadak.
- Terjadinya hubung singkat.
- Terbukan/terputusnya salah satu dari fasa dari motor induksi.

Cara menentukan nilai dari termal over load disini masih menggunakan satandar dari PUIL 2000 yaitu arus noninal dikalikan dengan konstanta sebesar 110 - 120%. Oleh karena itu dapat diasumsikan bahwa rating pengaman adalah 115 %, maka, $115\% \times 168$
 $A = 193 A$

Jadi pengaturan Thermal Over Load untuk motor tersebut adalah sebesar 193 Ampere.