

STUDI PENGARUH TORSI BEBAN TERHADAP KINERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASE

Oleh :
Antonov¹⁾, Yeni Oktariani²⁾
antonov_bach@yahoo.com

Dosen Teknik Elektro¹⁾, Staf²⁾Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Besarnya beban yang dapat di suplai oleh motor tergantung dengan besarnya torsi mekanik yang dihasilkan motor. Maka makin besar pula kemampuan untuk mensuplai beban. Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk mensuplai beban, jadi torsi di pengaruhi oleh beban. Perubahan beban mengakibatkan perubahan kecepatan putar motor akibatnya terjadi perubahan torsi pada motor yang menyesuaikan dengan torsi beban. Jika bebn semakin berat maka torsi yang di hasilan akan semakin besar pula sehingga putaran motor akan menurun karena motor yang tidak bias memberikan torsi yang besar sesuai dengan kondisi bebanberdasarkan hasil penelitian saya di dapat bahwa pengaruh besarnya torsi mekanik akan berdampak pada pengaruh besarnya torsi maka akan berpengaruh pula semakin besar slip, semakin besar arus masuk, semakin besar arus rotor, semakin besar daya mekanik, semakin besar efisiensi.Bila kondisi ini terus berlangsung, maka akan dapat memperpendek umur motor, Karena inti dan kumparan motor menjadi panas dan akan merusak isolasi kumparan motor sehingga motor cepat rusak.

Kata kunci : Motor Induksi Tiga Fasa, Putaran, Torsi Mekanik, Slip, Arus Masukan, Arus Rotor, daya Mekanik, Efisiensi.

Abstract

The amount of the load supplied by the motor acquired depending on the amount of the mechanical torque produced by the motor. The greater will be capability to supply the load. torque connected to the motor capability to supply the load, so the torque is influenced by the load. load changes lead to changes in motor speed resulting in a change of torque on the motor that adjust the torque load, if the load is increasingly severe then the torque produced will be greater so that the rotation of the motor will decrease because the motor is not used to give a large torque according to load conditions. based on the results obtained that the influence of mechanical torque the amount of will have an impact on the influence of the amount of the torque it will also affect the greater the slip. the greater the input current, the greater the current rotor, the greater the mechanical power, the greater the efficiency. if this condition continues, it will shorten the life of the motor, because the motor core and coil becomes hot and will destroy the motor coil insulation damaged quickly.

Key Words : Three Phase Induction Motor, Rotation, Mechanical Torque, Slip, Input Current, Rotor Current, Mechanical Power, Efficiency.

1. Pendahuluan

Pada saat sekarang ini motor motor listrik sudah banyak di gunakan dalam berbagai kebutuhan dan keperluan, baik dalam keperluan industry maupun untuk keperluan rumah tangga. Khususnya dalam dunia industry, motor listrik yang anyak di gunakan adalah motor AC tiga fasa, motor ini banyak di buat dengan daya yang besar, sehingga bias mensuplai beban- beban yang besar. Motor ini memiliki keuntungan antara lain : sangat sederhana, daya tahan kuat dan mudah di operasikan.

2. Landasan Teori

Menurut Zuhail (1991, hal 68) prinsip kerja motor induksi, yaitu:

1. Apabila suber tegangan tiga fasa di pasang pada kumparan stator, timbullah medan putar dengan kecepatan.

$$N_s = \frac{120 f}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada motor .
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (ggl) sebesar

$$E_{2s} = 4,44 f_2 N_2 \text{ (untuk satu fasa)} \dots\dots(2.2)$$

Dimana E_{2s} adalah tegagan induksi pada satu rotor berputar.

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).

5. Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada motor.
6. Bila kopel mula yang di hasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Seperti telah di jelaskan pada (3) tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi di perlukan adanya perbedaan relative antara kecepatan medan putar stator (Ns) dengan kecepatan berputar rotor (nr).
8. Perbedaan kecepatan antara nr dan ns disebut slip (s) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

9. Bila nr = ns , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak di hasilkan kopel. Kopel motor akan di timbulkan apabila nr lebih kecil dari ns.
10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi di sebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

2.1 Slip

Apabila rotor dari motor induksi berputar dengan kecepatan Nr, dan medan magnet stator berputar dengan kecepatan Ns, maka bila ditinjau perbedaan kecepatan relative antara kecepatan medan magnet putar stator pada kecepatan rotor ini disebut kecepatan slip yang besarnya sebagai berikut :

Kec. Slip = $N_s - N_r$(2.4)

Frekuensi di bangkitkan pada belitan rotor adalah f2 , dimana :

$$f_2 = \frac{(N_s - N_r)P}{120} \dots\dots\dots(2.5)$$

sedangkan frekuensi medan putar stator adalah f1 ,dimana :

$$f_1 = \frac{N_s P}{120} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan p = jumlah kutub magnet stator dari persamaan-persamaan di atas akan di peroleh :

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} f_2 = s f_1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Apabila slip = 0 (karena Ns = Nr) maka f2 = 0. Apabila rotor di tahan slip = 1 (karena Nr = 0) maka f2 = f1 . dari persamaan f2 = s f1 , diketahui bahwa frekuensi rotor di pengaruhi oleh slip. Oleh karena itu GGL induksi dan reaktansi pada rotor merupakan fungsi frekuensi maka besarnya juga turut di pengaruhi oleh slip. Besarnya GGL induksi efektif pada kumparan stator adalah :

$$E_1 = 4,44 f_1 N_1 \phi_m \dots\dots\dots(2.8)$$

Selanjutnya, besarnya GGL induksi efektif pada kumparan rotor adalah:

$$E_{2s} = 4,44 f_2 N_2 \phi_m$$

$$= 4,44 s f_1 N_2 \phi_m \dots\dots\dots(2.9)$$

$$= s E_2$$

Dimana :

F2 = GGL pada saat rotor diam (Nr = Ns)

E2s = GGL pada saat rotor berputar

Selanjutnya karena kumparan rotor mempunyai reaktansi induktif yang di pengaruhi oleh frekuensi, maka dapat di buatkan :

$$X_{2s} = 2\pi f_2 L_2$$

$$= 2\pi s f_1 L_2$$

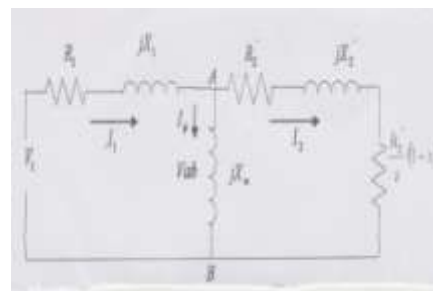
$$= s X_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan

X2s = reaktansi pada saat rotor berputar

X2 = reaktansi pada saat rotor diam (N1 = Ns)

2.2 Rangkaian Ekuivalen



Gambar 2.1 rangkaian ekuivalen motor induksi (sumber A.E Fitzgerald)

Keterangan :

V1 = Tegangan pada kumparan motor iduksi tiga fasa (volt)

R_1 = Tahanan stator (ohm)
 X_1 = Reaktansi stator (ohm)
 R_2' = Tahanan rotor di lihat dari sisi stator (ohm)
 X_2' = Reaktansi rotor dilihat dari sisi stator (ohm)
 V_{AB} = Tegangan induksi yang sampai pada rotor (Volt)
 X_m = Reaktansi rangkaian penguat (ohm)

Tegangan motor induksi per fasa :
 $V_1 = V_{ph}$ (2.11)
 Untuk menghitung arus fluks adalah

$$I\phi = \frac{V_{AB}}{jX_m} \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk mengitung V_{AB} adalah:

$$V_{AB} = V_1 - I_1 (Z_1) \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk menghitung arus masukan adalah :

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_T} \dots\dots\dots(2.14)$$

Untuk menghitung arus rotor adalah :

$$I_2 = I_1 - I\phi \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk menghitung impedansi total adalah “

$$Z_T = (R_1 + jX_1) + \frac{jX_m \left(\frac{R_2'}{s} + jX_2' \right)}{\frac{R_2'}{s} + j(X_m + X_2')} \dots\dots\dots(2.16)$$

Untuk menghitung factor daya adalah :

$$Pf = \cos \phi \dots\dots\dots(2.17)$$

Untuk motor induksi tiga fasa daya masukan dinyatakan melalui persamaan:

$$P_{in} = P_{r1} + P_g \dots\dots\dots(2.18)$$

Sedangkan rugi-rugidaya pada stator adalah :

$$P_{r1} = 3.I_1^2 \cdot R_1 \dots\dots\dots(2.19)$$

Daya yang di transfer dari stator menuju rotor adalah :

$$P_g = 3.I_2^2 \cdot \frac{R_2'}{s} \dots\dots\dots(2.20)$$

Untuk rugi-rugi pada rotor adalah :

$$P_{rot} = I_o^2 \cdot R_o \dots\dots\dots(2.21)$$

Daya mekanik adalah :

$$P_m = 3I_2^2 R_2' \left(\frac{1-s}{s} \right) \dots\dots\dots(2.22)$$

Daya keluaran adalah :

$$P_{out} = P_m - P_{rot} \dots\dots\dots(2.23)$$

Maka efisiensi motor induksi dinyatakan melalui persamaan :

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100 \dots\dots\dots(2.24)$$

2.3 Torsi Motor Induksi

oleh karena itu Torsi (T) secara umum dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$T_m = \frac{P_m}{\omega_r} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan : ω_r = kecepatan sudut (mekanik) dari rotor (rad / dtk)

Dalam radian perdetik adalah :

$$\omega_s = \frac{2\pi NS}{60} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\omega_r = \omega (1 - s) \dots\dots\dots(2.27)$$

Bila dilihat torsim ekanik yang di transfer pada rotornya akan di peroleh sebagai berikut :

$$T_g = \frac{1sE_2^2 R_2'}{\omega_s [R_2'^2 + (sX_2')^2]} = \frac{S\alpha}{s^2 + \alpha^2} k \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

$$K = \frac{E_2^2}{\omega_s X_2'} \alpha = \frac{r_2'}{X_2'}$$

Seanjutnya torsi start yang di dibutuhkan pada motor induksi adalah dengan memasukkan nilai $s = 1$. Torsi mekanik yang bermanfaat untuk memuar rotor menjadi :

$$T_m = \frac{1}{\omega_s} P_m = P_g (1-s) = \frac{s\alpha(1-s)}{s^2 + \alpha^2} k \dots\dots\dots(2.29)$$

Torsi maksimum di capai pada $\frac{dT}{ds} = 0$ maka dapat di peroleh :

$$\frac{dt}{ds} = \alpha(s^2 + \alpha^2) - s\alpha(2s) = 0$$

$$s^2 + \alpha^2 - 2s^2 = 0$$

$$s^2 = \alpha^2$$

$$S = \pm\alpha$$

Dari keadaan ini berarti torsi maksimum (T_{mx}) adalah

$$T_{mx} = \frac{k\alpha^2}{2\alpha^2} = 1/2k \dots\dots\dots(2.30)$$

3. Jenis penelitian

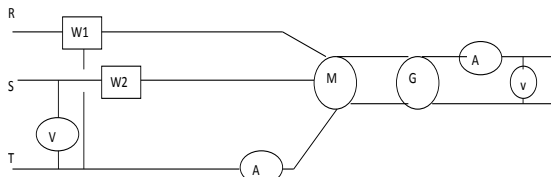
Penelitian ini merupakan studi literatur untuk melihat pengaruh perubahan torsi mekanik terhadap kinerja motor induksi tiga fasa, yang mencakup pengaruh perubahan torsi mekanik terhadap arus dan kecepatan putaran motor induksi. Untuk validasi penelitian, maka dilakukan juga percobaan dilabor Unand Padang.

3.2 Lokasi kajian

Penelitian ini dilakukan di labor Unand Padang

3.3 Data-data yang dibutuhkan

Untuk mengkaji tentang analisa pengaruh perubahan torsi mekanik terhadap kinerja motor induksi tiga fasa ditinjau dari perubahan beban, dibutuhkan data-data teknis motor



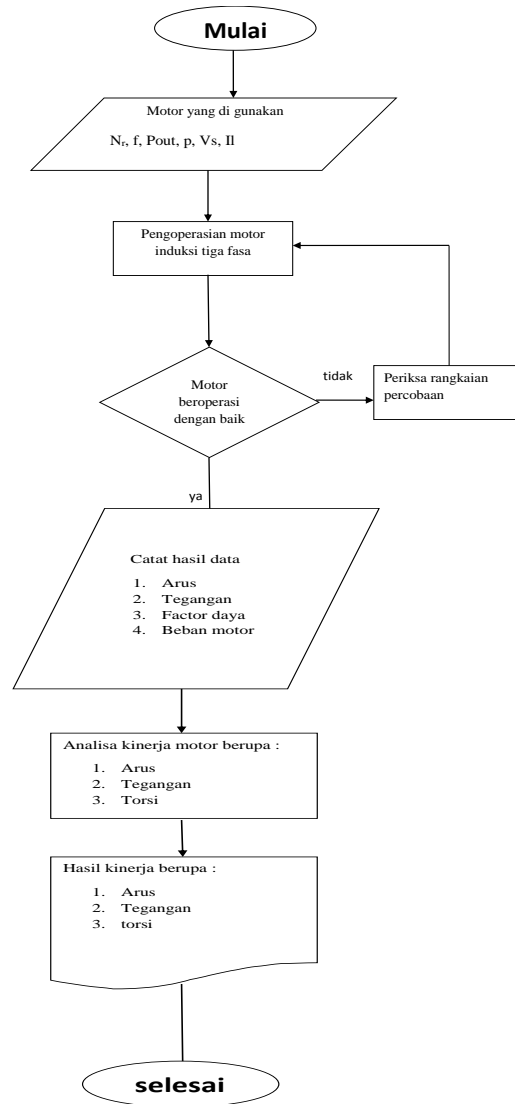
Gambar 3.1 rangkaian penelitian

3.4 Metode pengambilan data

Metode pengambilan data-data digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mencari data yang berkaitan dengan studi literatur dan studi keperustakaan. Data yang diambil sesuai dengan data-data teknis motor.

3.5 Jalannya penelitian

Pengolahan data yang dilakukan dalam penulisan ini adalah dengan cara observasi langsung ke labor. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat jalannya penelitian pada diagram alir dibawah ini :



4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, maka didapat tabel hasil pengukuran sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Dari Penelitian

No	V _{in}	I _c	W ₁	W ₂	Keharuan G		N _r	Temperatur
					V _{out}	I _{out}		C
1	364	0,59	200	50	119	0,15	1472	39
2	373	0,62	215	29	111	0,48	1460	37,9
3	368	0,62	230	13	101	0,75	1453	37,4
4	368	0,63	236	10	94	0,91	1450	37

4.3 Perhitungan Dan analisa data

Untuk menentukan parameter-parameter dari motor induksi terlebih dahulu dilakukan pengujian, yaitu pengujian pengukuran tahanan stator, pengujian beban nol, dan pengujian hubung singkat.

Tabel 4.2 Parameter Motor Induksi

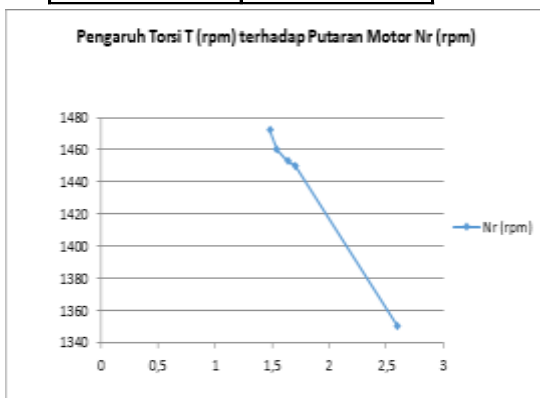
No	Simbol	Nilai	Keterangan	Satuan
1	R_1	107	Tahanan Stator	Ohm
2	R_2^1	60,5	Tahanan Rotor	Ohm
3	X_1	125,272	Reaktansi induktansi Stator	Ohm
4	X_2^1	125,272	Reaktansi induktansi Rotor	Ohm
5	X_m	892,214	Reaktansi Magnet	Ohm

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa

no	T (Nm)	Nr (rpm)	Slip	I1 (A)	I2 (A)	I (A)	P mekanik	η (%)
1	1,48	1472	0,018	0,39	0,152	0,26	228,77	40
2	1,54	1460	0,027	0,41	0,19	0,33	236,12	41
3	1,64	1453	0,031	0,42	0,21	0,36	250,19	43
4	1,7	1450	0,033	0,425	0,22	0,38	257,19	44
5	2,6	1350	0,1	0,635	0,475	0,82	368,56	59

Tabel 4.4 Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap Putaran Motor Nr (rpm)

T (Nm)	Nr (rpm)
1,48	1472
1,54	1460
1,64	1453
1,7	1450
2,6	1350

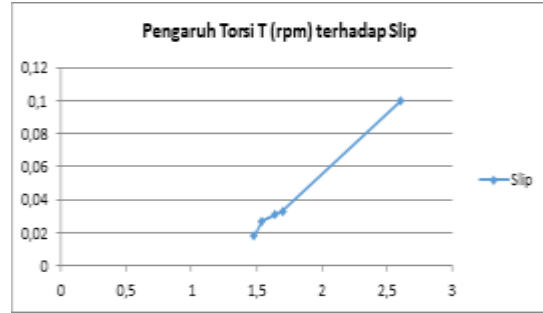


Gambar 4.1 Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap Putaran Motor Nr (rpm)

Dari gambar 4.1 di atas kita lihat apabila nilai torsi besar maka akan berpengaruh pada putaran motor semakin rendah.

Tabel 4.5 Grafik Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap Slip

T (Nm)	Slip
1,48	0,018
1,54	0,027
1,64	0,031
1,7	0,033
2,6	0,1

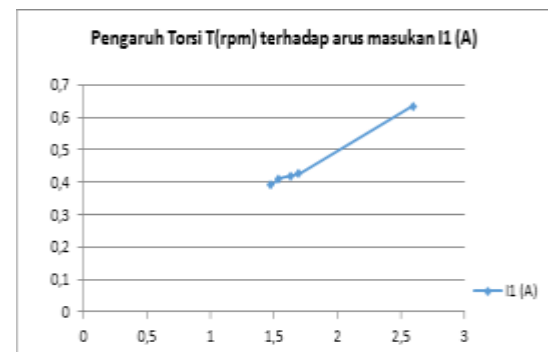


Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap Slip

Dari gambar 4.2 di atas kita lihat jika torsi semakin besar maka nilai slip juga akan semakin besar.

Tabel 4.6 Pengaruh Torsi T(rpm) terhadap arus masukan I1 (A)

T (Nm)	I1 (A)
1,48	0,39
1,54	0,41
1,64	0,42
1,7	0,425
2,6	0,635

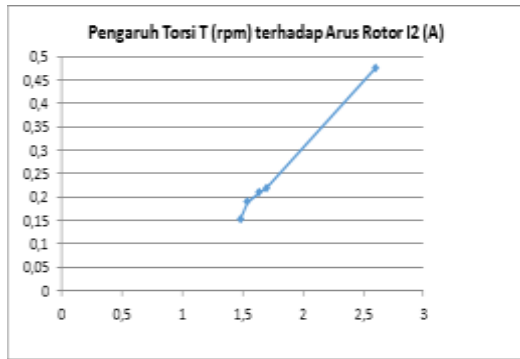


Gambar 4.3 Pengaruh Torsi T(rpm) terhadap arus masukan I1 (A)

Dari gambar 4.3 di atas kita lihat nilai torsi semakin besar jika arus masukan semakin besar.

Tabel 4.7 Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap Arus Rotor I2 (A)

T (Nm)	I2 (A)
1,48	0,152
1,54	0,19
1,64	0,21
1,7	0,22
2,6	0,475

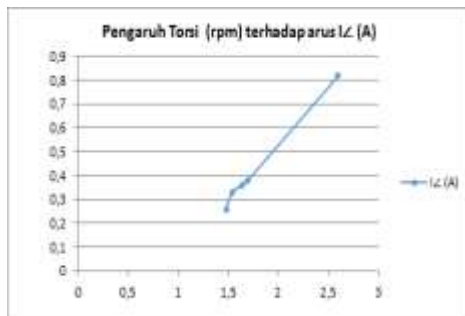


Gambar 4.4 Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap Arus Rotor I₂ (A)

Dari gambar 4.4 di atas kita lihat nilai torsi semakin besar arus rotor semakin besar.

Tabel 4.8 Pengaruh Torsi (rpm) terhadap arus I₂(A)

T (Nm)	I (A)
1,48	0,26
1,54	0,33
1,64	0,36
1,7	0,38
2,6	0,82

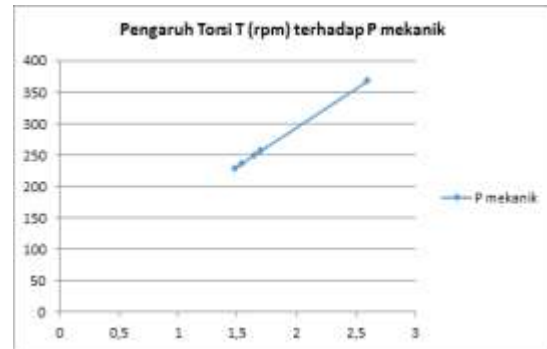


Gambar 4.5 Pengaruh Torsi (rpm) terhadap arus I₂(A)

Dari gambar 4.5 di atas kita lihat nilai torsi semakin besar jika arus semakin besar.

Tabel 4.9 Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap P mekanik.

T (Nm)	P mekanik
1,48	228,77
1,54	236,12
1,64	250,19
1,7	257,19
2,6	368,56



Gambar 4.6. Pengaruh Torsi T (rpm) terhadap P mekanik.

Dari gambar 4.6 di atas kita lihat nilai torsi semakin besar maka daya mekanik semakin besar.

Tabel 4.10 Pengaruh Torsi Mekanik T (rpm) terhadap efisiensi η (%)

T (Nm)	(%)
1,48	40
1,54	41
1,64	43
1,7	44
2,6	59



Gambar 4.7 Pengaruh Torsi Mekanik T (rpm) terhadap efisiensi η (%)

Dari gambar 4.7 di atas kita lihat nilai torsi semakin besar maka efisiensi semakin besar.

Dengan memperhatikan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa jika motor diberi beban, putaran motor akan menurun sehingga slip menjadi lebih besar. Untuk menghasilkan slip, dapat dilakukan dengan cara merubah putaran rotor. Begitu juga torsi akan semakin besar sehubungan dengan semakin menurunnya putaran motor, yang diakibatkan oleh beban yang bertambah. Jika

torsi yang di hasilkan besar, maka secara otomatis slip dan arus akan semakin besar. Arus yang semakin besar ini karena adanya beban motor.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Perubahan beban yang cenderung naik melebihi kapasitas motor yang memengaruhi torsi mekanik yang dirasakan motor sehingga akan mempengaruhi kinerja motor pula, yang diantaranya adalah kecepatan dan arus motor.
2. Berdasarkan hasil penelitian saya di dapat bahwa pengaruh besarnya torsi mekanik akan berdampak pada pengaruh besarnya torsi maka akan berpengaruh pula semakin besar slip, semakin besar arus masuk, semakin besar arus rotor, semakin besar daya mekanik, semakin besar efisiensi.
3. Semakin berat beban motor maka putaran motor akan menurun, sedangkan slip, torsi, arus semakin meningkat. Bila kondisi ini terus menerus berlangganan, maka akan memperpendek umur motor menjadi panas di sebabkann meningkatnya arus sehingga motor cepat rusak. Maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menaikkan daya (Dengan cara menukar motor dengan daya yang lebih besar).

5.2 Saran

Beban di sesuaikan dengan kumparan motor, agar motor tidak panas dan cepat rusak.

Daftar Pustaka

1. Antony Zuriman (2005), “ Motor induksi”, padang : Institut Teknologi Padang.
2. Fitzgerald dan Charles Kingsley (1992), “Mesin-mesin Listrik”, Jakarta : Erlangga.
3. <http://ujangaja.wordpress.com/2008/04/16/motor-induksi/> karaday George dan keith E. Holbert (2003), “ Electrical Energy Convesion anda transport”: IEEE Press.

4. Lister Eugene. C (1993). “ Mesin dan Rangkaian Listrik”, Jakarta : Erlangga.
5. Saccomanno Fabio (2003). “ Electric power system Analisis and control” : IEEE Press
6. Sumanto (1993).” Motr Listrik Arus Bolak Balik”, Yogyakarta : Andi offset
7. Zuhail (1991), “Dasar Tenaga Listrik”, Bandung : Institit Teknologi Bandung.