

ANALISIS PERUBAHAN BEBAN TERHADAP KINERJA MOTOR INDUKSI TIGA PHASA DI PT. BAJA DIVA MANUFACTURE

Muhammad ZulHadi¹⁾, Atmam²⁾, Elvira Zondra³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning

²⁾ Lembaga Penelitian Universitas LancangKuning

Email: muhammadzulhadi7@gmail.com,

atmam@unilak.ac.id,

elviraz@unilak.ac.id

Abstrak

Motor induksi banyak digunakan dalam dunia industri karena motor induksi mempunyai efisiensi yang tinggi, perawatan yang mudah, harga relatif murah dan handal. Perubahan beban mengakibatkan perubahan putaran pada motor sehingga terjadi perubahan torka pada motor. Penelitian ini dilakukan pada motor induksi tiga fasa pada *Bending Machine* untuk mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap arus stator, arus rotor, torka dan putaran. Kegunaan *Bending Machine* untuk menekuk (membengkokkan) plat baja dengan ketebalan plat 1 mm sampai 3 mm dengan sudut pembengkokan plat 45°-90° dan 120°. Pada saat menekuk plat dengan ketebalan 3 mm dan sudut tekukan 45° diperoleh arus stator 14,280 Amper, arus rotor 10,321 Amper, torka induksi 43,040 N.m, putaran rotor 1441 *rpm* dan torka beban sebesar 41,307 N.m.

Kata kunci: Motor Induksi Tiga Fasa, *Bending Machine*, Perubahan Beban.

1. Pendahuluan

Motor listrik merupakan komponen vital dalam dunia industri yang berfungsi sebagai penggerak bermacam-macam peralatan industri. Motor induksi banyak digunakan dalam dunia industri karena motor induksi mempunyai efisiensi yang tinggi, perawatan yang mudah, harga relatif murah dan handal.

PT. Baja Diva *Manufacture* adalah sebuah industri yang bergerak pada bidang pembuatan mesin-mesin serba guna. seperti mesin peras kelapa, mesin pencetak batu bata, mesin pemisah limbah dan lain-lain. Untuk menggerakkan peralatan-peralatan produksi, PT. Baja Diva *Manufacture* banyak menggunakan motor induksi tiga fasa, salah satu mesin yang menggunakan motor induksi tiga fasa adalah *Bending Machine*. Kegunaan *Bending Machine* untuk menekuk (membengkokkan) plat baja dengan ketebalan plat 1 mm sampai 3 mm dengan sudut pembengkokan plat 45°, 90° dan 120°.

Penulis akan melakukan analisa pada motor induksi tiga fasa pada *Bending Machine*, yang berada di PT. Baja Diva *Manufacture* untuk mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap arus stator, arus rotor, torka dan putaran.

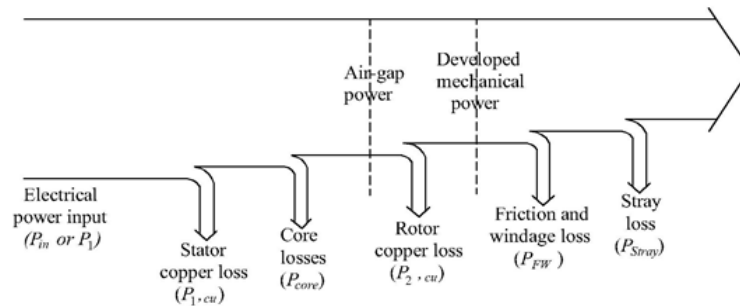
2. Studi Pustaka

Motor induksi merupakan arus bolak-balik (*Alternating Current*), dimana arus rotor merupakan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*Rotating Magnetic Field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (Zuhail, 2000).

2.1. Daya Pada Motor Induksi

Aliran daya pada motor induksi pada dasarnya dapat dikatakan sebagai transformator yang berputar. Pada transformator keluaran pada lilitan sekundernya

adalah daya listrik, sedangkan pada motor induksi keluaran lilitan sekundernya daya mekanik (rotor) seperti Gambar 2 (Gonen, 2012).



Gambar 1. Diagram Aliran Daya Motor Induksi

Dari Gambar 1. dapat ditentukan aliran daya pada motor induksi tiga fasa seperti rugi-rugi tembaga stator (Gonen, 2012):

$$P_{scl} = 3 \times I_1^2 \times R_1 \quad (2)$$

Daya yang dikirim pada celah udara (Chapman, 2005):

$$P_{ag} = P_{in} - P_{scl} \quad (3)$$

Rugi-rugi tembaga rotor (Guru, 2001):

$$P_{rcl} = s \times P_{ag} \quad (4)$$

Daya yang dikonversikan elektrik ke mekanis (Gonen, 2012):

$$P_{conversion} = (1 - s) \times P_{ag} \quad (5)$$

Daya output (Chapman, 2005):

$$P_{out} = P_{conversion} - P_{rcl} \quad (6)$$

Rotation Magnetic Field dalam kecepatan sudut (Chapman, 2005):

$$\omega_s = \frac{n_s}{60} \times 2\pi \quad (7)$$

Putaran rotor dalam kecepatan sudut (Chapman, 2005):

$$\omega_r = \frac{n_r}{60} \times 2\pi \quad (8)$$

Torka induksi motor (Gonen, 2012):

$$\tau_{ind} = \frac{P_{ag}}{\omega_s} \quad (9)$$

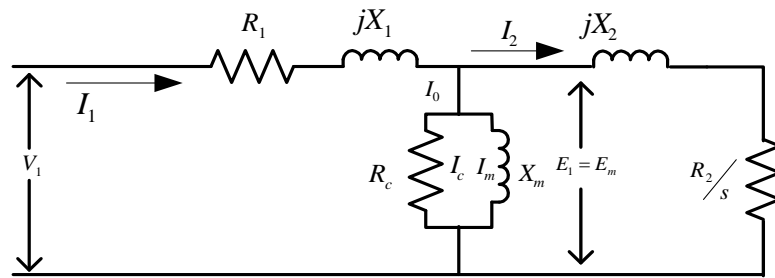
Torka output (Chapman, 2005):

$$\tau_{load} = \frac{P_{out}}{\omega_r} \quad (10)$$

2.2. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi sama dengan prinsip kerja *transformator*, yaitu berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dapat

dianggap sebagai *transformator* dengan kumparan sekunder yang berputar. Rangkaian ekivalen motor induksi seperti Gambar 2. (Rijono, 1997).



Gambar 2. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Impedansi total (Boldea, 2010):

$$Z_{total} = (R_1 + jX_1) + (Z_p) \quad (11)$$

Impedansi ekivalenseri (Gonen, 2012):

$$Z_s = R_1 + \frac{R_2}{s} + j(X_1 + X_2) \quad (12)$$

Arus stator (Guru, 2001):

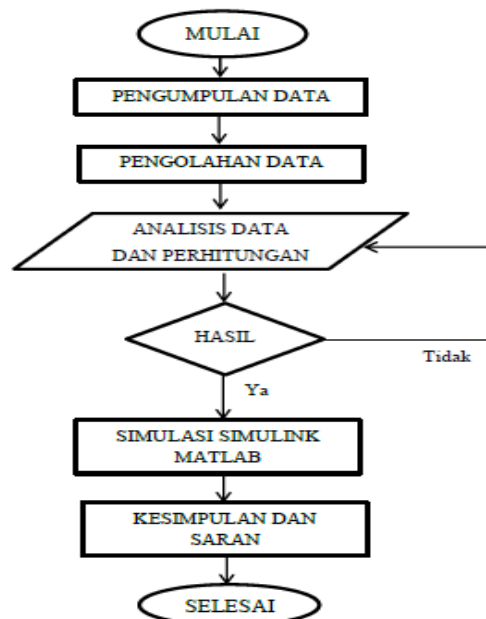
$$I_1 = \frac{V_1}{Z_T} \quad (13)$$

Arus rotor (Chapman, 2005):

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{V_1}{Z_s} \quad (14)$$

3. Metodologi Penelitian

Tahapan diagram alur (*Flow Chart*) penelitian (Gambar 3)



Gambar 3. Diagram Alur (*Flow Chart*) Penelitian Tugas Akhir

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil data yang diperoleh dilapangan maka, dapat menghitung arus stator, arus rotor, torka dan putaran pada motor induksi tiga fasa pada *Bending Machine* di PT. Baja Diva *Manufacture* dengan sudut tekukan plat 45° dan ketebalan plat 3 mm:

a) Menghitung putaran *synchronous* pada motor induksi tiga fasa:

$$n_s = \frac{120 \times f_s}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b) Menghitung kecepatan sudut putaran *synchronous* motor induksi tiga fasa seperti persamaan (7):

$$\omega_s = \frac{n_s}{60} \times 2\pi = \frac{1500}{60} \times 2\pi = 157,079 \text{ rad/s}$$

c) Putaran rotor dan kecepatan sudut rotor pada saat ketebalan plat 3 mm dengan sudut tekukan 45° hasil pengukuran dan perhitungan seperti persamaan (8):

$$n_r = 1441 \text{ rpm} \quad \omega_r = \frac{n_r}{60} \times 2\pi = \frac{1441}{60} \times 2\pi = 150,901 \text{ rad/s}$$

d) Menghitung arus pada lilitan stator seperti persamaan (13):

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_r} = \frac{219,393 \angle 0^\circ}{15,363 \angle 39,771^\circ} = 14,80 \angle -39,771^\circ \text{ Amper}$$

e) Menghitung arus pada rotor seperti persamaan (14):

$$I_2 = \frac{V_1}{Z_e} = \frac{219,393 \angle 0^\circ}{19,729 \angle 1,620^\circ} = 11,120 \angle -1,620^\circ \text{ Amper}$$

f) Torsi induksi yang dihasilkan motor induksi tiga fasa pada saat ketebalan plat 3 mm dan sudut tekukan 45° seperti persamaan (9):

$$\tau_{ind} = \frac{P_{ag}}{\omega_s} = \frac{6760,686}{157,079} = 43,040 \text{ N.m}$$

g) Torsi beban motor induksi tiga fasa pada saat menekuk plat dengan sudut 45° dan ketebalan plat 3 mm seperti persamaan (10):

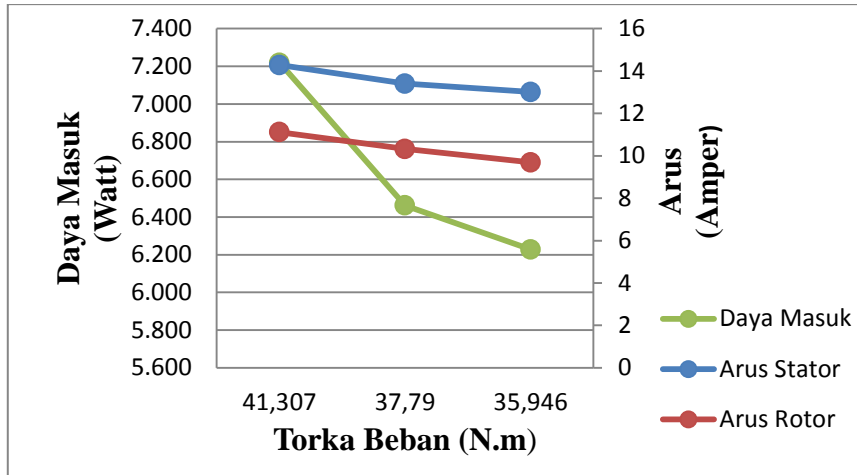
$$\tau_{load} = \frac{P_{out}}{\omega_r} = \frac{6233,353}{150,901} = 41,307 \text{ N.m}$$

Hasil analisa perhitungan motor induksi tiga fasa pada *Bending Machine* yang terdapat di PT. Baja Diva *Manufacture* dengan ketebalan plat 3 mm seperti Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Motor Induksi Tiga Fasa Pada *Bending Machine*

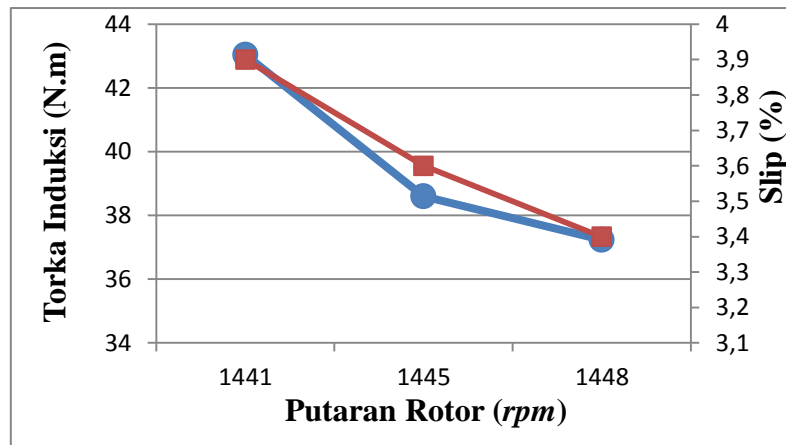
No	Sudut Tekukan (Derajat)	Daya Masuk (Watt)	Arus Stator (Amper)	Arus Rotor (Amper)	Putaran Rotor (rpm)	Cos ϕ	Slip (%)	Torka Induksi (N.m)	Torka Beban (N.m)
1	No Load	2420,590	10,021	3,804	1480	0,367	1,3	13,975	13,796
2	45°	7218,278	14,280	11,120	1441	0,768	3,9	43,040	41,307
3	90°	6461,633	13,337	10,321	1445	0,74	3,6	38,595	37,79
4	120°	6228,458	13,014	9,691	1448	0,731	3,4	37,232	35,946

Hasil analisa perhitungan motor induksi tiga fasa pada arus stator, arus rotor dan daya masuk terhadap perubahan beban digambarkan dengan grafik seperti Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Arus Stator, Arus Rotor dan Daya Masuk

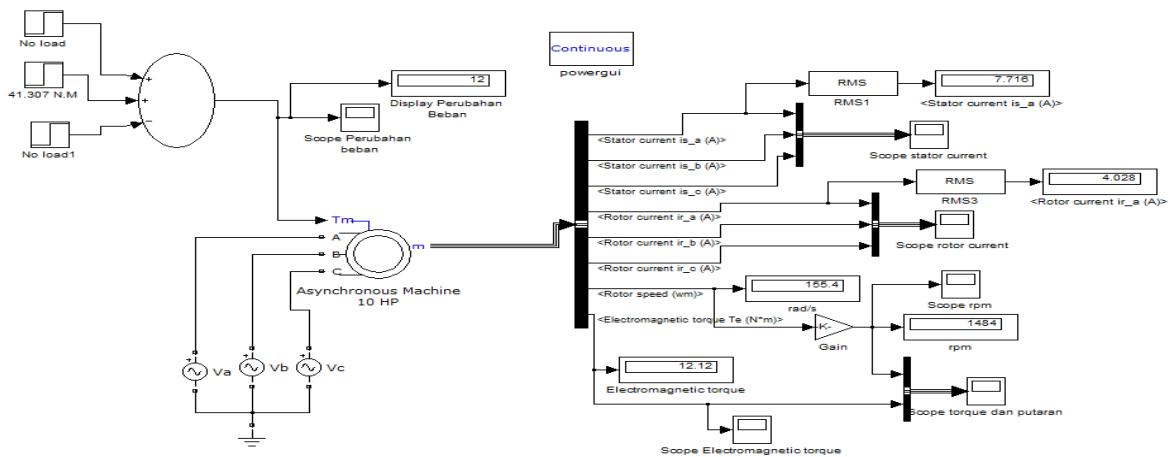
Analisa perhitungan motor induksi tiga fasa pada slip, torka induksi dan putaran rotor yang ditunjukkan pada Tabel 1. digambarkan dengan grafik seperti Gambar 5.



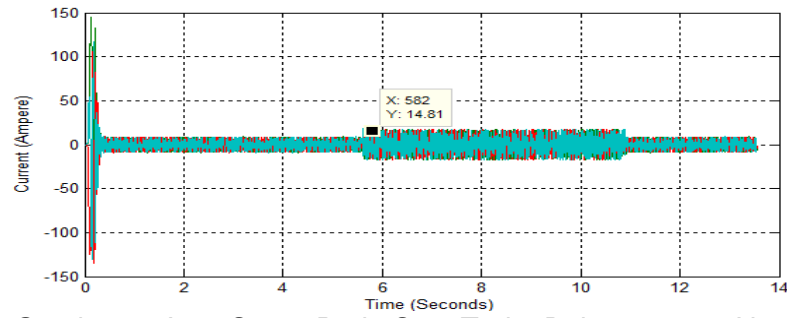
Gambar 5. Perubahan Putaran Terhadap Torka Induksi dan slip

Simulasi Motor Induksi Tiga Fasa Pada *Bending Machine* Sudut Tekukan 45° dan Ketebalan Plat 3 mm Dengan Torka Beban 41,307 N.m

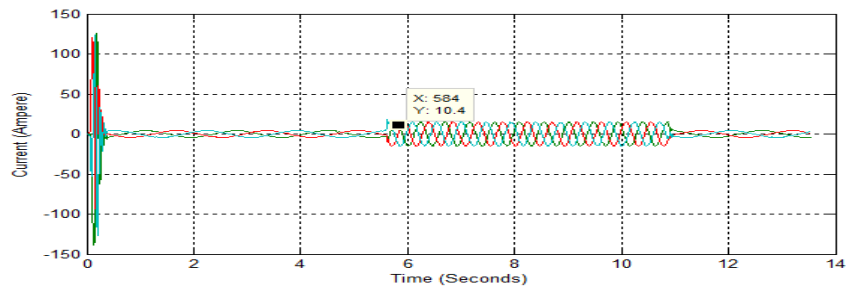
Untuk mengetahui gelombang yang dihasilkan pada arus stator, arus rotor, torka dan putaran pada saat motor induksi tiga fasa saat torka beban 41,307 N.m, maka dilakukan simulasi dengan *Simulink Matlab* seperti Gambar 6.



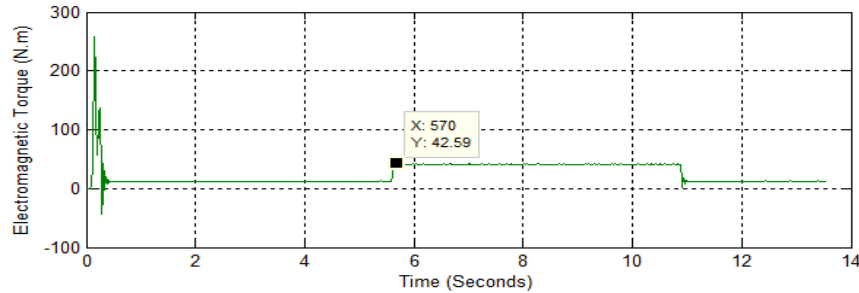
Gambar 6. Simulasi Motor Induksi Tiga Fasa Saat Torka Beban 41,307 N.m



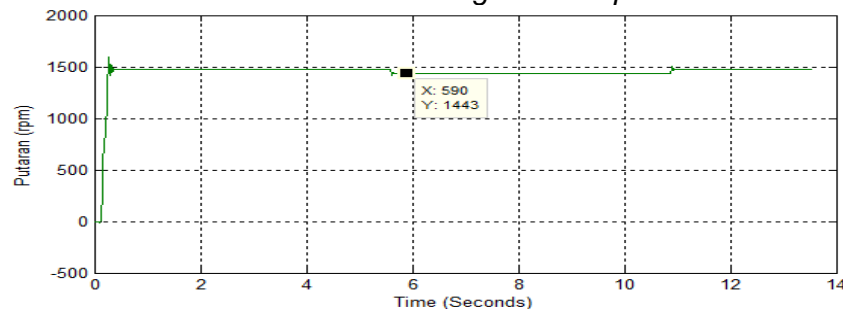
Gambar 7. Arus Stator Pada Saat Torka Beban 41,307 N.m



Gambar 8. Gelombang Arus Pada Rotor



Gambar 9. Electromagnetic Torque



Gambar 10. Putaran Rotor Motor Induksi Tiga Fasa

Setelah dilakukan simulasi Motor induksi tiga fasa pada *Bending Machine* dengan sudut tekukan 45° dan ketebalan plat 3 mm dengan *Simulink Matlab 2010a* serta persentase *error* antara hasil simulasi *Simulink Matlab 2010a* dengan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase *Error* Antara Simulasi Dengan Perhitungan

No	Parameter	Arus Stator (Amper)	Arus Rotor (Amper)	TorkaInduksi (N.m)	Putaran Rotor (rpm)
1	<i>Simulink Matlab</i>	14,81	10,4	42,59	1443
2	Perhitungan	13,407	10,321	43,040	1441
3	<i>Error</i>	3,57 %	6,47 %	1,04 %	0,13 %

5. Kesimpulan

- a. Dari hasil perhitungan motor induksi tiga fasa pada saat menekuk plat dengan ketebalan 3 mm dan sudut tekukan 45° diperoleh arus stator 14,280 Amper dan arus rotor 11,120 Amper, sudut tekukan 90° diperoleh arus stator 13,407 Amper dan arus rotor 10,321 Amper, sudut tekukan 120° diperoleh arus stator 13,014 Amper dan arus rotor 9,691 Amper.
- b. Putaran rotor motor induksi tiga fasa pada saat menekuk plat dengan ketebalan 3mm dan sudut tekukan 45° sebesar 1441 rpm, tekukan 90° sebesar 1445 rpm, tekukan 120° sebesar 1448 rpm.
- c. Torka induksi yang dihasilkan motor induksi tiga fasa pada saat menekuk dengan sudut tekukan 45° sebesar 43,040 N.m, tekukan 90° sebesar 38,595 N.m, tekukan 120° sebesar 37,232 N.m, sedangkan torka beban saat menekuk dengan sudut tekukan 45° sebesar 41,307 N.m, tekukan 90° sebesar 37,79 N.m, sudut tekukan 120° sebesar 35,946 N.m.

Daftar pustaka

Boldea, I., & Nasar, Sayed N., 2010, *The Induction Machines Design Handbook*, Second Edition, Tailor and Francis Group, London.

Chapman, Stephen J., 2005 *Electric Machinery Fundamental*, Fourth Edition, Mc Graw-Hill Companies, New York.

Gonen, T., 2012, *Electrical Machines with Matlab*, Second Edition, Tailor and Francis Group, London.

Guru, Bhag S., 2001, *Electric Machinery and Transformers*, Third Edition, Oxford University Press, Inc, New York.

Rijono, Yon, 1997, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, Andi, Jakarta.

Zuhal, 2000, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.