

PENGEREMAN DINAMIK PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN PLC

Mudi Yuhendri¹, Aswardi²

^{1,2}Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Hamka - Air Tawar Padang 25131 phone (0751 55644), Sumatera Barat
E-mail :aswardimt@gmail.com

ABSTRACT

This paper describe the performance of three phase induction motor braking 2.2 kW/3 hp, 50Hz, 230/380V, 8, 7/5,0 Amp, 1430 rpm by using programmable logic control (PLC) based control system. The performance of the braking system is obtained by comparing the time required by the motor to stop between the braking system mechanism with non braking system. The braking system also performs with various configuration system of stator phase winding connection.

The results of the braking system designed shown that: (1) the stopping time without braking system is nearly similar for different motor winding connection, (2) specifically for motor with capacity 1/3 of full load capacity and loading at 50 %, the stopping time is reduced 6.6 s (46.85 %), on the other hand for load 90 % the reduction is 8.8 s (61.53 %), (3) for motor with full load capacity then the stopping for loading 50 % is reduced to 9.2 s (58.9 %). The braking time for star connecting motor with load 50 % and various configuration, the average time 2.3 s with reduction 3.62 s (61.21 %), in contrary for load 90 %, the average time 3.95 s with reduction 1.98 s (33.33 %). Generally, it can be concluded that the greater the motor load then the braking time will be shorter, even though the configuration of the winding connection are various.

Keyword: Braking, PLC, connection system configuration

1. Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa adalah salah satu jenis motor listrik yang banyak dipakai di industri. Dibandingkan dengan jenis motor listrik yang lain (motor arus searah dan motor sinkron), pemakaian motor induksi lebih menguntungkan, karena : harga relatif murah, konstruksi sederhana dan perawatannya lebih mudah. Pada industri motor induksi digunakan untuk berbagai keperluan, terutama untuk mengoperasikan peralatan – peralatan yang bergerak. Untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan oleh peralatan industri, maka pengoperasian motor induksi diatur dalam berbagai bentuk pengontrolan. Beberapa bentuk pengaturan yang sering dilakukan terhadap motor induksi di industri antara lain, pengasutan arus star, pengaturan dua arah putaran, pengaturan kecepatan dan pengereman.

Pada saat operasi motor induksi dihentikan, putaran motor tidak langsung berhenti karena masih ada sisa energi putar yang terdapat pada poros. Penghentian putaran motor induksi dipengaruhi oleh beban yang dilayani, kecepatan putaran dan daya motor. Semakin besar beban motor maka kemungkinan motor untuk berhenti lebih cepat dibandingkan tanpa beban. Semakin

cepat putaran motor maka kemungkinannya untuk berhenti lebih lama dibandingkan putaran lambat. Semakin besar daya motor maka kemungkinannya semakin lama pula, karena torsi yang dihasilkan lebih besar

Pengereman putaran motor induksi juga dapat dilakukan secara dinamik dengan cara menginjeksikan arus searah pada kumparan stator. Dengan menginjeksikan arus searah pada kumparan stator maka akan timbul medan magnetik yang berputar melawan putaran rotor, sehingga menimbulkan pengereman.

Pengereman secara dinamis menghasilkan pengereman yang halus dan tidak ada hentakan sehingga hampir tidak menimbulkan kerugian mekanis. Dalam pengereman dinamis, lama waktu pengereman ditentukan oleh nilai arus searah yang diinjeksikan kedalam kumparan stator, waktu penginjeksian dan kapasitas beban motor.

Untuk itu peneliti mencoba melakukan percobaan dengan objek penelitian motor induksi tiga fasa type Y100LI-4, 2,2kW/3 Hp, 50 Hz, 220/380 Volt, 8,7/5,0 Amp, 1430 Rpm, Ins cl B/No Ro13/34 kg, made in China. Dalam penelitian ini dilihat besar arus searah yang perlu

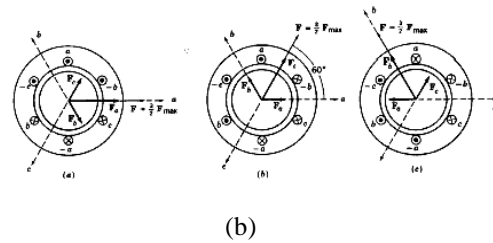
diinjeksikan untuk mendapatkan penge-rem-an yang dapat menghentikan putaran motor secara cepat dan tepat. Selain itu dalam penelitian juga dilakukan variasi waktu penginjeksian arus searah kedalam kumparan stator sehingga didapatkan lama waktu penginjeksian yang dibutuhkan motor untuk berhenti secara cepat dan aman.

Untuk mengatur arus searah yang diinjeksikan dan lama waktu penginjeksian digunakan *Programmable Logic Controller* merk *Ge Fanuc* dengan 14 I/O. Pengaturan arus searah dilakukan dengan merubah bentuk rangkaian stator dalam berbagai variasi. Sedangkan waktu penginjeksian diatur dengan timer yang ada dalam *Programable Logic Controller*. Sehingga dari hasil penelitian didapat nilai arus searah yang efektif dan lama waktu penginjeksian untuk pengereman putaran motor induksi tiga fasa secara dinamik dalam berbagai variasi beban. Selain itu kita juga akan mendapatkan bentuk program *Programable Logic Controller* untuk pengereman motor induksi tiga fasa secara dinamik.

2. Kajian Teoritis

2.1. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator motor induksi berbentuk alur (*non salient*) sedangkan rotornya ada yang berbentuk rotor sangkar (*squirrel cage*) dan berbentuk rotor lilit (*wound rotor*) (M. Marapung ; 1979). Pada stator terdapat kumparan stator ditempatkan secara terpisah dengan beda sudut 120° listrik (M.E. El Hawari ; 2002). Jika sumber listrik 3 fasa dihubungkan ke kumparan stator tersebut, maka pada setiap kumparan akan mengalir arus bolak-balik 3 fasa yang saling berbeda sebesar 120° listrik. Arus ini akan menghasilkan medan putar seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Prinsip terjadinya medan putar 3 fasa
 (a). Gelombang arus 3 fasa
 (b). Distribusi fluksi resultan
 (P.C. Sen, 1997:210)

Arus yang mengalir pada setiap kumparan fasa stator akan menghasilkan medan magnet yang arahnya ditentukan dengan kaedah tangan kanan. Medan magnet ini akan berputar sesuai dengan arah resultan fluksi magnet yang timbul. Secara keselu-ruhan dapat diperoleh bahwa dalam waktu 1 siklus dari tegangan masukan akan diperoleh medan magnet yang berputar pada stator 1 kali putaran. pula. Kecepatan putar medan magnet stator ditentukan oleh frekuensi masukan dan jumlah kutub stator motor tersebut. Sesuai dengan rumus dibawah ini.

$$n_s = \frac{120 f}{P} \text{ (rpm)} \tag{1}$$

atau
$$n_s = \frac{60 f}{p} \text{ (rpm)} \tag{2}$$

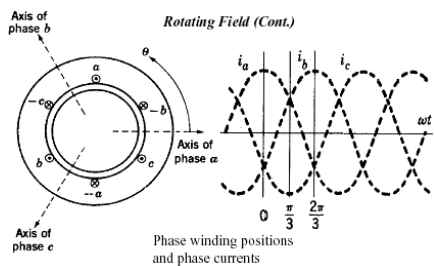
dengan:

- n_s = kecepatan putar medan stator (rpm)
- f = frekuensi tegangan masukan (Hz)
- P = jumlah kutub motor
- p = jumlah pasang kutub motor

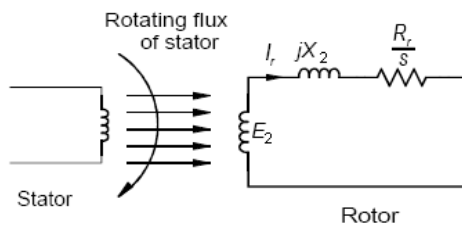
Karena medan putar stator dengan kecepatan sebesar n_s dilingkupi oleh kumparan rotor sehingga menyebabkan terinduksinya tegangan pada sisi rotor sebesar E_r yang dapat dihitung dengan rumus (N. Chawdhuri ; 2003) :

$$E_r = 4.44 N_r \cdot \Phi_{max} \tag{3}$$

Oleh karena rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, maka pada rotor akan mengalir arus sebesar I_r . Gambar 2 dibawah ini merupakan rangkaian ekuivalen rotor motor induksi tiga fasa



(a)



Gambar 2. Rangkaian ekivalen rotor motor induksi tiga fasa (N. Chawdhuri ; 2003)

Dari rangkaian ekivalen diatas dapat dihitung besarnya arus yang mengalir pada sisi rotor sebagai berikut :

$$I_r = \frac{sE_2}{Z_r} = \frac{sE_2}{R_r + jsX_2} \quad (4)$$

$$I_r = \frac{sE_2}{Z_r/s} = \frac{E_2}{R_r/s + jX_2} \quad (5)$$

Arus rotor I_r selanjutnya akan menghasilkan fluksi magnet rotor yang sebanding dengan I_r . Fluksi magnet ini akan menimbulkan medan pada rotor dan akan berinteraksi dengan medan putar stator. Interaksi antara medan putar stator dan medan rotor akan menghasilkan kopel putar pada rotor. Jika kopel putar yang dihasilkan lebih besar dari kopel lawan rotor, maka rotor akan berputar dengan arah dan kecepatan tertentu. Besarnya torsi yang timbul pada motor dapat dihitung dengan rumus :

$$T = \frac{P}{\omega_r} = \frac{(1-s)P_g}{\omega_r} \quad (6)$$

Dengan ω_r adalah kecepatan sudut putar pada rotor dan P_g adalah rugi daya pada celah udara. Dimana :

$$\omega_r = (1-s)\omega_s \quad (7)$$

Agar tegangan tetap terinduksi pada sisi rotor, maka harus ada perbedaan relatif antara kecepatan medan putar n_s dan kecepatan rotor n_r yang disebut dengan slip. Menurut P. C. Sen (1997) bahwa besarnya perbedaan kecepatan relatif antara kecepatan medan putar n_s dan kecepatan putar rotor n_r atau yang disebut dengan slip dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad (8)$$

S = slip (%)
 n_s = kecepatan medan putar (rpm)
 n_r = kecepatan putar rotor (rpm)

2.2. Pengereman Putaran Motor Secara Dinamik

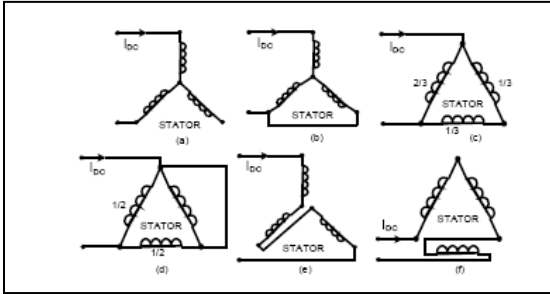
Pengereman putaran motor induksi tiga fasa secara dinamik dilakukan dengan menginjeksikan arus searah kedalam kumparan stator motor (Agus Warsito ; 2006). Arus searah yang diinjeksikan kedalam kumparan stator akan menimbulkan medan magnet stasioner pada kumparan stator. Medan magnet ini akan menginduksikan tegangan ke kumparan rotor. Karena kumparan rotor terhubung singkat, maka pada kumparan rotor akan mengalir arus dan menimbulkan medan magnet. Medan magnet ini akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan rotor tapi arahnya berlawanan. Interaksi dari medan magnet rotor dengan medan putar stator akan menimbulkan torsi yang berlawanan dengan torsi motor. Sehingga terjadi pengereman (Agus Warsito ; 2006).

Besarnya torsi pengereman yang timbul tergantung pada besarnya arus searah yang diinjeksikan ke kumparan stator. Karena torsi pengereman sebanding dengan arus injeksi (Agus Warsito ; 2006). Besarnya arus searah yang diinjeksikan, tergantung pada konfigurasi rangkaian stator saat penginjeksian. Sesuai dengan rumus dibawah ini

Tabel 1. Konfigurasi Rangkaian Stator

No.	Konfigurasi Rangkaian Stator	Rumus
1	Konfigurasi A	$I_{dc} = \sqrt{3/2}I_{ac}$
2	Konfigurasi B	$I_{dc} = \sqrt{2}I_{ac}$
3	Konfigurasi C	$I_{dc} = 3/\sqrt{2}I_{ac}$
4	Konfigurasi D	$I_{dc} = 2/\sqrt{3}I_{ac}$
5	Konfigurasi E	$I_{dc} = 3/(2\sqrt{2})3I_{ac}$
6	Konfigurasi F	$I_{dc} = 3/(2\sqrt{2})I_{ac}$

Konfigurasi rangkaian stator dari masing – masing rumus diatas seperti gambar 2 dibawah ini.

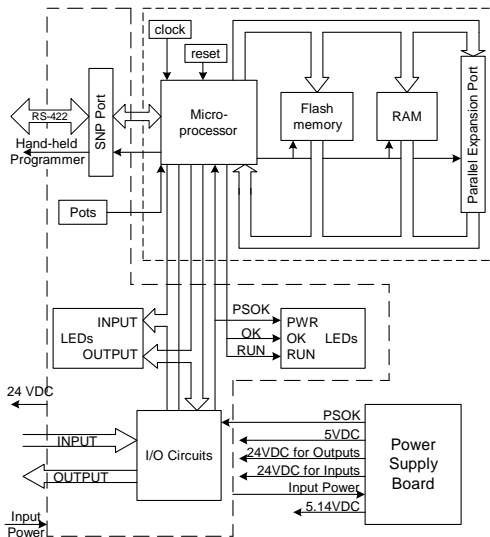


Gambar 3. Konfigurasi rangkaian stator (Agus Warsito ; 2006)

2.3. Programmable Logic Controller (PLC)

Programable Logic Controller (PLC) merupakan salah satu alat control yang banyak dipakai sebagai pengontrol peralatan yang dioperasikan dengan energi listrik. Menurut Budiyanto (2003 : 1), PLC (Programmable Logic Controller) merupakan suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital, dengan memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus dan aritmatika untuk mengontrol berbagai jenis mesin atau proses melalui analog atau digital.

Dalam penelitian ini Programmable Logic Controller yang digunakan adalah merk Ge Fanuc modul 14 poin dengan 8 input dan 6 output. Programmable Logic Controller ini memiliki prinsip kerja seperti blok diagram dibawah ini.



Gambar 4. Konfigurasi rangkaian stator (Agus Warsito ; 2006)

Secara garis besarnya Programmable Logic Controller Ge Fanuc terdiri dari satu unit mikroprosesor yang berfungsi sebagai tempat pengolahan data, SNP port sebagai tempat memasukan data, memory yang terdiri dari Flash memory dan RAM yang berfungsi sebagai tempat menyimpan data, parallel expansion port sebagai tempat parallel dengan Programmable Logic Controller lain dan I/O circuit sebagai tempat penghubung dengan peralatan luar .

Pemograman Programmable Logic Controller dapat dilakukan melalui PC atau melalui programming Consule/Hand Held Programmer (Festo Didactic, 1996). Untuk pemograman dengan PC, komunikasi data dilakukan melalui serial port komputer dengan menggunakan interface RS232/RS422 (Omron Indonesia Representative Office, 1997). PLC Ge Fanuc ini diprogram melalui computer dengan software Logicmaster 90-30/20/Micro series.

Software Logicmaster 90-30/20/Micro series terdiri dari aplikasi dan kreasi program untuk Programmable Logic Controller Ge Fanuc (Bruton David, 1996). Yang meliputi program eksekusi, rutin diagnosa, scanner input/output dan alarm. Semua aplikasi program dapat dieksekusi sesuai dengan struktur data yang terdapat pada Programmable Logic Controller Ge Fanuc. Menurut Bruton David (1996) struktur data pada Programmable Logic Controller Ge Fanuc seperti tabel dibawah ini

Tabel 2. Struktur data Programmable Logic Controller Ge Fanuc

Memory Type	User Reference	Data Type
Discrete Input	%I	Bit
Discrete Output	%Q	Bit
Discrete User Internals	%M	Bit
Discrete Temporaries	%T	Bit
Discrete System	%S	Bit
Discrete Global	%G	Bit
Register	%R	Bit
Analog Input	%AI	Word
Analog Output	%AG	Word

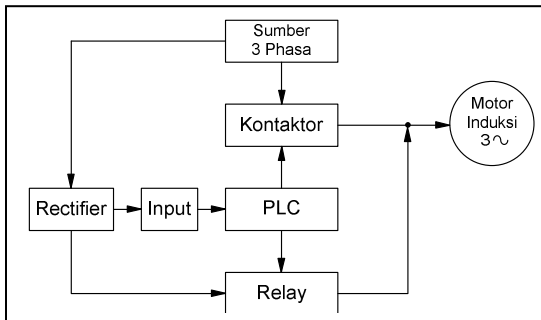
3. Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen dengan menguji pengereman putaran motor induksi tiga fasa type Y100LI-4, 2,2kW/3 Hp, 50 Hz, 220/380 Volt, 8,7/5.0 Amp, 1430 Rpm, Ins cl B/No Ro13/34 kg, made in China secara dinamik. Dalam pengujian ini motor dikontrol dengan menggunakan PLC. Untuk mendapatkan pengereman secara dinamik, kumparan stator

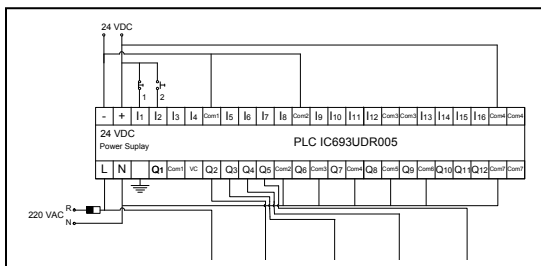
motor diinjeksi dengan arus searah yang diambil dari sumber yang telah disearahkan. Dalam pengujian yang akan diamati adalah nilai arus searah yang diinjeksikan dan lama waktu penginjeksian dalam berbagai variasi beban dan tanpa beban. Besar arus searah yang diinjeksikan diatur dengan memvariasikan rangkaian stator motor. Sedangkan waktu penginjeksian diatur melalui program yang ada dalam PLC. Untuk pengujian berbeban, motor dihubungkan dengan generator sinkron yang akan melayani beban berupa resistor, induktor dan kapasitor. Penelitian dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Studi literatur mengenai pengereman dinamik motor induksi tiga fasa dan Programmable Logic Controller.
2. Merancang dan membuat alat pengereman dinamik motor induksi tiga fasa dengan menggunakan Programmable Logic Controller
3. Melakukan pengujian terhadap motor untuk mendapatkan nilai arus searah yang diinjeksikan dan waktu penginjeksian yang efektif untuk mendapatkan pengereman yang optimal
4. Menganalisa hasil pengujian dan membuat kesimpulan

Blok diagram pengereman putaran motor induksi tiga fasa dengan PLC seperti gambar dibawah ini.

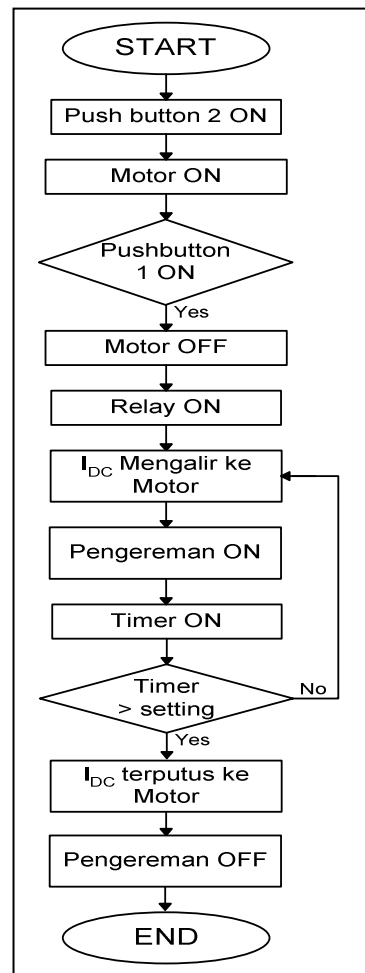


Gambar 5. Blok diagram pengereman dinamik motor induksi tiga fasa



Gambar 6. Rangkaian Kontrol pengereman dinamik motor induksi tiga fasa

Pemograman PLC untuk pengereman putaran motor induksi tiga fasa seperti diagram alir dibawah ini



Gambar 7. Diagram alir pemograman PLC untuk pengereman motor induksi tiga fasa

4. HASIL dan PEMBAHASAN

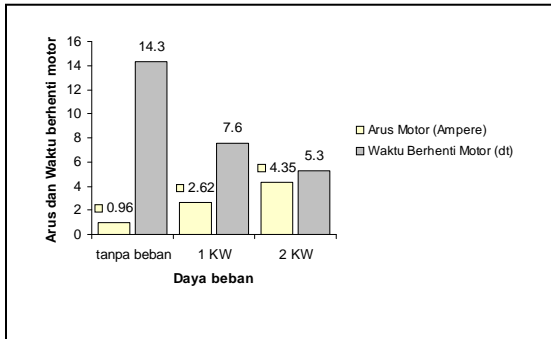
Dalam penelitian ini yang diamati adalah waktu berhenti putaran motordengan menggunakan pengereman secara dinamik. Percobaan dilakukan pada saat kondisi motor tanpa beban, berbeban 50% (1 KW) dan berbeban 90 persen (2 KW). Dalam penelitian ini dilakukan beberapa percobaan dengan hasil pengamatannya sebagai berikut :

4.1. Hasil pengamatan waktu berhenti motor tanpa pengereman

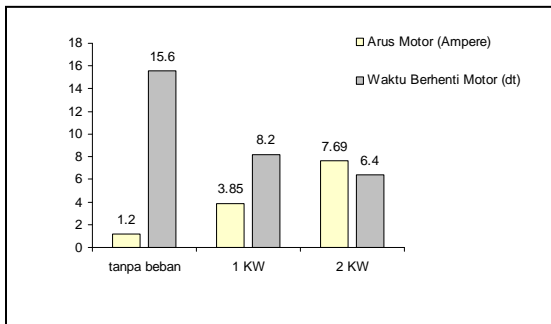
Hasil pengujian waktu berhenti putaran motor tanpa pengereman seperti tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil pengamatan waktu berhenti motor

No	Rangkaian Stator	I (A)	Beban (KW)	t (dt)
1	Bintang	0,96	Tanpa beban	14,3
2	Bintang	2,62	1	7,6
3	Bintang	4,35	2	5,5
4	Delta	1,20	Tanpa beban	15,6
5	Delta	3,85	1	8,2
6	Delta	7,69	2	6,4



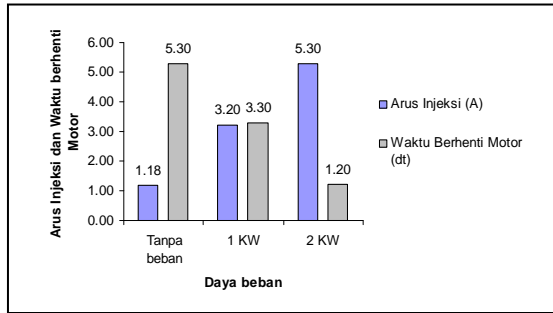
Gambar 8. Grafik waktu berhenti motor hubungan bintang tanpa pengereman



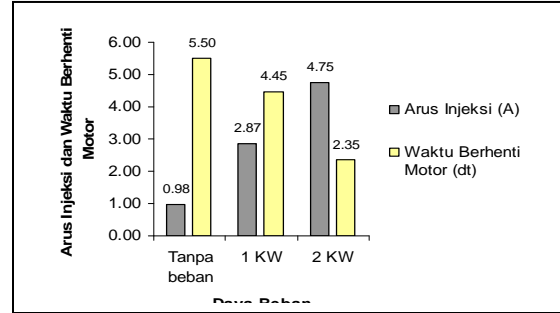
Gambar 9. Grafik waktu berhenti motor hubungan delta tanpa pengereman

4.2. Hasil pengamatan waktu berhenti motor dengan pengereman dinamik

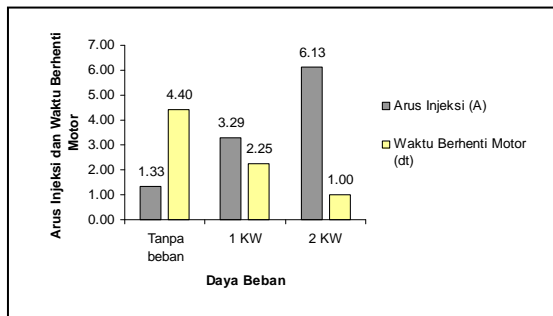
Hubungan Stator Saat Operasi	Hub. Stator Saat Pengereman	Beban (KW)	I _{ac} (A)	I _{dc} (A)	Waktu (dt)
Hubungan Bintang	Konfigurasi A	TB	0,96	1,18	5,30
		1	2,62	3,20	3,30
		2	4,35	5,30	1,20
	Konfigurasi B	TB	0,96	1,33	4,40
		1	2,62	3,29	2,25
		2	4,35	6,13	1,00
	Konfigurasi C	TB	0,96	1,98	3,50
		1	2,62	5,12	1,30
		2	4,35	7,54	0,50
	Konfigurasi D	TB	0,96	1,11	5,45
		1	2,62	3,12	3,40
		2	4,35	5,25	1,25
	Konfigurasi E	TB	0,96	0,98	5,50
		1	2,62	2,87	4,45
		2	4,35	4,75	2,35
	Konfigurasi F	TB	0,96	0,98	5,50
		1	2,62	2,87	3,45
		2	4,35	4,75	1,45
Hubungan Delta	Konfigurasi A	TB	1,20	1,42	4,30
		1	3,85	4,71	2,45
		2	7,69	9,23	0,35
	Konfigurasi B	TB	1,20	1,72	4,20
		1	3,85	5,35	1,15
		2	7,69	10,8	0,30
	Konfigurasi C	TB	1,20	2,56	3,40
		1	3,85	7,54	0,48
		2	7,69	13,8	0,25
	Konfigurasi D	TB	1,20	1,40	4,30
		1	3,85	4,23	2,10
		2	7,69	8,98	0,40
	Konfigurasi E	TB	1,20	1,38	1,43
		1	3,85	4,05	3,15
		2	7,69	7,95	0,45
	Konfigurasi F	TB	1,20	1,38	1,43
		1	3,85	4,05	3,15
		2	7,69	7,95	0,45



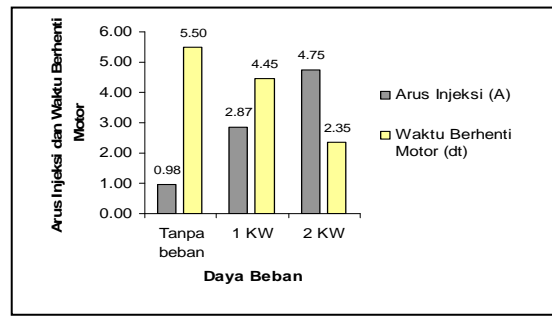
Gambar 10. Grafik waktu berhenti motor running hubungan bintang melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi A



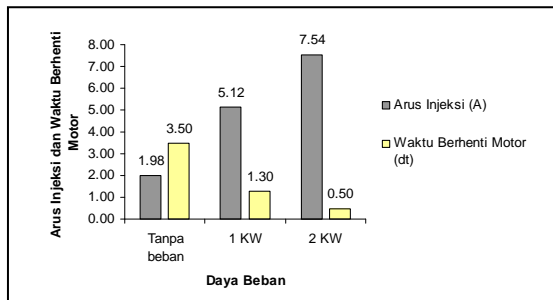
Gambar 14. Grafik waktu berhenti motor running hubungan bintang melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi E



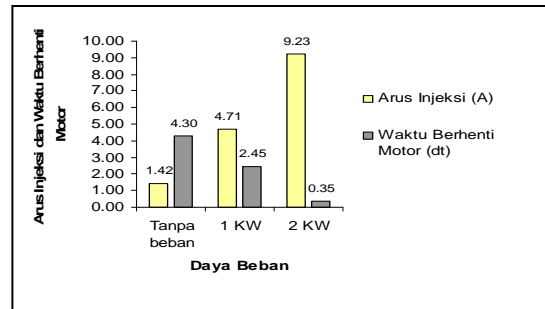
Gambar 11. Grafik waktu berhenti motor running hubungan bintang melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi B



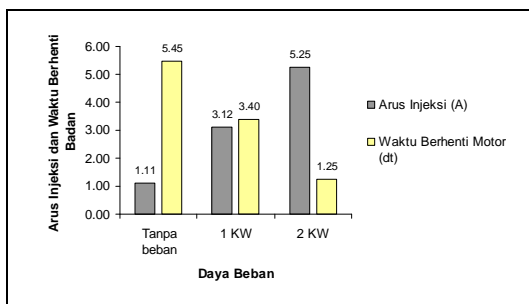
Gambar 15. Grafik waktu berhenti motor running hubungan bintang melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi F



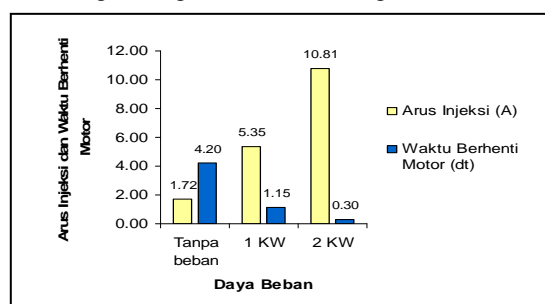
Gambar 12. Grafik waktu berhenti motor running hubungan bintang melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi C



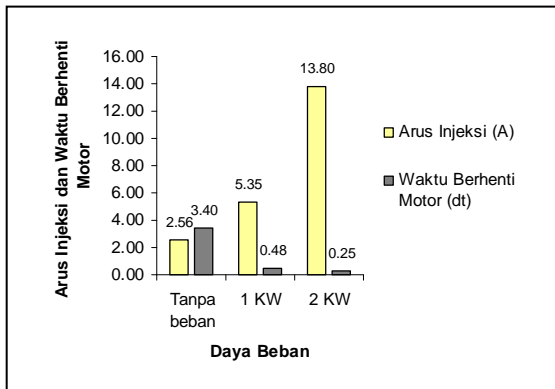
Gambar 16. Grafik waktu berhenti motor running hubungan delta melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi A



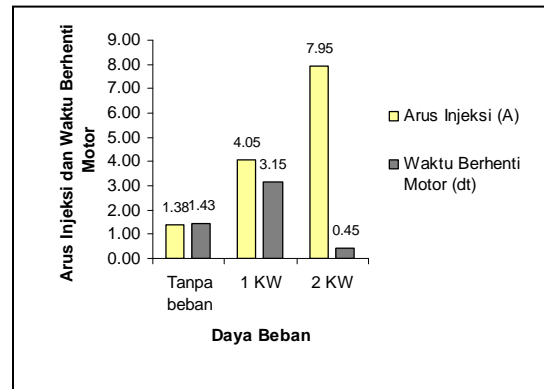
Gambar 13. Grafik waktu berhenti motor running hubungan bintang melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi D



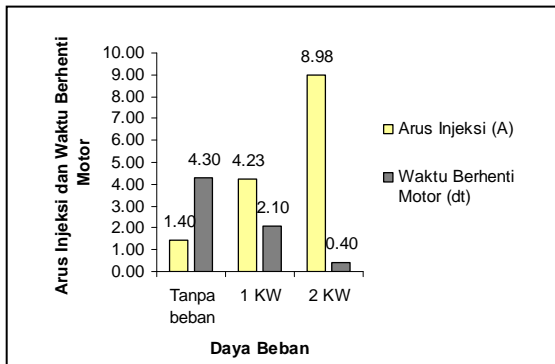
Gambar 17. Grafik waktu berhenti motor running hubungan delta melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi B



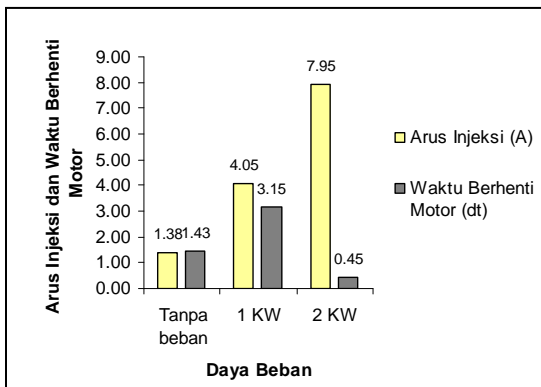
Gambar 18. Grafik waktu berhenti motor running hubungan delta melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi C



Gambar 21. Grafik waktu berhenti motor running hubungan delta melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi F



Gambar 19. Grafik waktu berhenti motor running hubungan delta melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi D



Gambar 20. Grafik waktu berhenti motor running hubungan delta melalui pengereman dengan rangkaian stator konfigurasi E

4.3. Pembahasan

Dari hasil pengujian dapat dikemukakan bahwa :

1. Pada pengujian tanpa pengereman terlihat besarnya waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti berbanding terbalik dengan besarnya beban yang diberikan.
2. Bila dibandingkan antara motor beroperasi hubungan bintang dengan motor beroperasi pada hubungan delta, maka pada saat tanpa pengereman waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti lebih tinggi pada saat motor beroperasi dalam hubungan delta dibandingkan beroperasi dalam hubungan bintang.
3. Pada pengujian pengereman motor hubungan bintang, waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti paling kecil terdapat saat rangkaian stator dibuat dalam konfigurasi C. Karena pada rangkaian stator konfigurasi C, arus searah yang diinjeksikan sangat besar sehingga torsi yang dihasilkan untuk melawan torsi rotor menjadi lebih besar.
4. Pada pengujian pengereman motor hubungan delta, waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti paling kecil juga terdapat saat rangkaian stator dibuat dalam konfigurasi C.
5. Dari hasil pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa waktu pengereman motor untuk pengereman secara dinamik dipengaruhi oleh bentuk rangkaian stator saat beroperasi, konfigurasi rangkaian stator saat pengereman dan kapasitas beban yang dipikul oleh motor

6. Konfigurasi rangkaian stator saat pengereman akan menentukan besarnya nilai arus searah yang diinjeksikan ke dalam kumparan stator saat pengereman.

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai arus searah yang diinjeksikan ke dalam kumparan stator.

Rangkaian Motor	Konfigurasi Rangkaian Stator	Beban (KW)	I_{dc} (A)		
			Pengukuran	Perhitungan	
Hubungan Bintang	Konfigurasi A	TB	1,18	1,25	
		1	3,20	3,43	
		2	5,30	5,50	
	Konfigurasi B	TB	1,33	1,35	
		1	3,29	3,69	
		2	6,13	6,15	
	Konfigurasi C	TB	1,98	2,04	
		1	5,12	5,58	
		2	7,54	9,26	
	Konfigurasi D	TB	1,11	1,12	
		1	3,12	3,04	
		2	5,25	5,04	
	Konfigurasi E	TB	0,98	1,02	
		1	2,87	2,77	
		2	4,75	4,61	
	Konfigurasi F	TB	0,98	1,02	
		1	2,87	2,77	
		2	4,75	4,61	
	Hubungan Delta	Konfigurasi A	TB	1,42	1,46
			1	4,71	4,69
			2	9,23	9,38
		Konfigurasi B	TB	1,72	1,69
			1	5,35	5,43
			2	10,81	10,84
Konfigurasi C		TB	2,56	2,55	
		1	7,54	8,21	
		2	13,8	16,37	
Konfigurasi D		TB	1,40	1,39	
		1	4,23	4,46	
		2	8,98	8,92	
Konfigurasi E		TB	1,38	1,27	
		1	4,05	4,18	
		2	7,95	8,15	
Konfigurasi F		TB	1,38	1,27	
		1	4,05	4,18	
		2	7,95	8,15	

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Pengereman putaran motor yang efektif untuk pengereman jenis dinamik adalah dengan menggunakan rangkaian konfigurasi C pada stator motor. Dimana dari pengujian di dapatkan waktu minimal 0,50 detik untuk motor yang dioperasikan dalam hubungan bintang dan 0,25 detik untuk motor yang dioperasikan dalam hubungan delta
2. Bila dibandingkan hasil pengereman untuk motor yang dioperasikan dalam hubungan bintang dengan pengereman untuk motor yang dioperasikan dalam hubungan delta, maka motor akan lebih cepat berhenti pada pengereman motor yang dioperasikan dalam hubungan delta.
3. Pengereman motor juga dipengaruhi oleh kapasitas beban yang dipikul oleh motor, dimana semakin besar beban yang dipikul motor maka pengeremannya semakin cepat. Waktu pengereman yang paling lama terjadi saat motor beroperasi tanpa beban sebesar 5,50 detik dengan pengereman konfigurasi E dan F. Sedangkan waktu pengereman paling cepat terjadi saat motor beroperasi beban maksimum (2 KW), dengan waktu 0,25 detik pada saat motor dioperasikan dalam hubungan delta konfigurasi C
4. Pada saat tanpa pengereman, motor lebih cepat berhenti saat dioperasikan dalam hubungan bintang. Sedangkan dengan menggunakan pengereman motor akan lebih cepat berhenti saat dioperasikan dalam hubungan delta. Hal ini akibat nilai arus searah yang diinjeksikan ke dalam kumparan stator berbanding lurus dengan nilai arus motor saat beroperasi, dimana arus motor lebih besar saat dioperasikan dalam hubungan delta dibandingkan hubungan bintang.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini motor yang dijadikan objek penelitian hanya satu jenis. Diharapkan untuk ke depannya bisa di coba untuk motor jenis yang lain, sehingga di dapatkan data yang lebih lengkap tentang pengereman yang dinamik pada motor listrik. Selain itu pengereman motor induksi ini juga dapat

dikembangkan dengan jenis pengereman yang lain. Sehingga kita bisa mendapatkan jenis pengereman yang efektif untuk motor induksi

DAFTAR PUSTAKA

1. **Al Hawari, M** (2002). *Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications*. IEEE Press: Piscataway.
2. **Budiyanto, M.** (2003). *Pengenalan Dasar – Dasar PLC*. Gava Media: Yogyakarta
3. **Bruton, David.** (1996). *Logic Master 90 – 30/20/Microprogramming Software User's Manual*. Ge Fanuc Automation: North America.
4. **Festo Didactic.** (1996). *Programable Logic Controllers*.
5. **Marapung, M** (1979) *Teori Soal Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik*. Armico: Bandung
6. **Chowdhuri, N** (2003). Induction Motor Basics and Equivalent Circuits. *EE Electrical Machines*. Jilid 3. No. 313 (<http://www.ee.com>. Diakses 13 Desember 2006)
7. **Omron Indonesia Representative Office** (1997) *Smallest PLC in The Sysmac C Series (SYSMAC CPM1A)*. PT. Interindo Wiradinamika: Bandung.
8. **Sen, P.C.** 1996 *Principles Of Electirc Machine and Power Electronic*. John Willey & Sons: New York
9. **Warsito, A . dkk** (2006). Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa. *Jurnal Transmisi*. Volume 11, No. 1 (<http://www.electro.ft.undip.ac.id>. Diakses 25 November 2006)