

REALISASI TEKNIK PENEREMAN DINAMIK (DYNAMIC BRAKING) UNTUK MOTOR INDUKSI TIGA FASE MENGGUNAKAN ARDUINO UNO *Realization Of Dynamic Braking For Three Phase Induction Motor Using Arduino Uno*

Aris Widyatmoko¹, Ida Bagus Fery Citarsa², I Nyoman Wahyu Satiawan³

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan oleh dunia industri karena memiliki beberapa keuntungan antara lain motor ini sederhana, murah dan mudah pemeliharaannya. Pada penggunaan motor induksi sering dibutuhkan proses pengereman yang cepat. Pengereman untuk menghentikan putaran motor induksi dapat dirancang secara Dinamik, yaitu sistem pengereman yang dilakukan dengan membuat medan magnetik motor stasioner. Pengereman model dinamik dapat dilakukan dengan enem model rangkaian, enem model tersebut akan diinjeksi dengan arus searah (DC).

Tujuan penelitian ini ingin mengetahui karakteristik model rangkaian pengereman dinamik dengan bantuan Arduino UNO. Penelitian dilakukan dengan membuat sistem perangkat keras yang digunakan dalam proses perubahan model rangkaian stator dan sistem perangkat lunak dengan bantuan Matlab sebagai program interface untuk menampilkan parameter-parameter pengukuran seperti tegangan, arus dan kecepatan.

Pengambilan data dilakukan dengan menginjeksikan arus DC pada setiap rangkain pengereman. Parameter pengereman kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik secara langsung dengan bantuan interface Matlab. Hasil yang dicapai dari penelitian ini adalah pada konfigurasi bintang pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 3 selama 0,35 detik pada saat tanpa beban dan 0,2 detik pada saat berbeban. Pada konfigurasi segitiga pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 2 selama 0,4 detik dan pada saat dengan beban terdapat pada konfigurasi 5 dan 6 selama 0,17 detik.

Kata kunci : motor induksi, dinamik braking, arduino UNO, interface

ABSTRACT

Three-phase induction motors are widely used by the industry because of several advantages, those are simple, inexpensive and easy maintenance. On the use of an induction motor is often required rapid braking process. Braking system to stop the rotation of an induction motor can be designed dynamically by creating a stationary motor magnetic field. Dynamic braking system can be done with enem circuit model, it will be injected with a direct current (DC).

The purpose of this research is to know the characteristics of the dynamic braking circuit model with an Arduino UNO. The research was conducted by making the hardware systems which is used in the process of changing the stator circuit model, and software system with Matlab as an interface program to display the measurement parameters such as voltage, current and speed.

Data collection was performed by injecting a DC current in each braking circuit. Braking parameters are then displayed graphically in Matlab interface. The results of this research are in braking star configuration, the fastest braking contained in the configuration 3 for 0,35 seconds during no-load time, and load time of 0,2 seconds on. In a triangle configuration, the fastest braking contained in the configuration 2 for 0.4 seconds during no-load time, and load time contained in the configuration 5 and 6 for 0.17 seconds.

Keywords : induction motor, dynamic braking, arduino UNO, interface

PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan oleh dunia industri karena memiliki beberapa keuntungan antara lain struktur lebih ringan, harga relatif lebih murah, perawatan murah dan mudah. Motor induksi akan mengalami beberapa kondisi pada saat

dijalankan seperti starting, accelerating, running dan braking.

Pada proses pengereman atau *braking*, motor induksi membutuhkan proses penghentian putaran motor yang cepat dan efisien. Proses pengereman motor induksi dapat dilakukan dengan cara elektrik. Salah

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
ariswidyatmoko.gooners@gmail.com, ferycitarsa@unram.ac.id, nwahyu@yahoo.com

satu metode pengereman secara elektrik adalah pengereman dinamik (*dynamic braking*). Pengereman secara dinamik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus DC pada kumparan stator setelah sumber AC motor diputus. Dengan menginjeksikan arus DC pada kumparan stator, maka akan timbul medan magnetik yang berputar melawan arah putaran rotor, sehingga akan menimbulkan pengereman secara perlahan.

Pengereman secara dinamik akan menghasilkan pengereman yang halus dan dapat mengurangi rugi mekanis. Lama waktu penginjeksian dan besar arus DC yang diinjeksikan pada saat pengereman akan sangat berpengaruh untuk menghasilkan pengereman yang cepat dan efisien.

Motor Induksi adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak menggunakan gandingan magnetik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. (Hutagaol, 2010).

Konstruksi Motor Induksi Secara umum terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator bagian yang diam. Diantara stator dengan rotor ada celah udara yang jaraknya sangat kecil (Citarsa, 2013).



Gambar 1. Konstruksi motor induksi tiga fase (Petruzella, 1996)

- Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar (diam) dan berfungsi sebagai tempat untuk menghasilkan medan magnet tiga fase.
- Rotor adalah bagian yang berputar dan berfungsi sebagai tempat dibangkitkannya gaya mekanik yang akan digunakan untuk memutar beban mekanis mesin (Prabowo, 2013).
- Celah Udara adalah bagian yang memisahkan stator dengan rotor, lebarnya berkisar dari 0.4 sampai 4 mm (bertambah seiring peningkatan rating daya mesin).
- Poros terbuat dari besi cetakan berbentuk silindris padat panjang, berfungsi sebagai

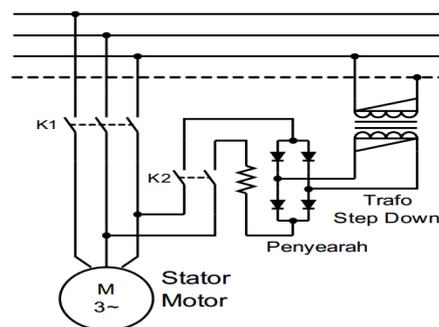
penghubung antara rotor dengan beban mekanis.

- Bagian Pendukung Lainnya adalah bagian tambahan pada mesin yang berfungsi sebagai penunjang aspek perlindungan dan pendinginan mesin (Theraja, 1993).

Pengereman Motor Induksi dilakukan dengan cara menghilangkan tegangan sumber hingga diperoleh kecepatan putaran sama dengan nol (Abdulbahar, 2010). Ada empat buah metoda yang sering dipakai untuk pengereman, metode tersebut adalah :

- Pengereman Mekanik.
- Pengereman Dinamik.
- Pengereman Plugging.
- Pengereman Regeneratif.

Pengereman Dinamik dilakukan dengan menginjeksikan arus searah kedalam kumparan stator motor (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 (Warsito, 2006).



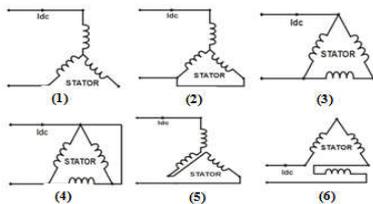
Gambar 2. Diagram Dinamik Braking (Warsito, 2006)

Besarnya torsi pengereman yang timbul tergantung pada besarnya arus searah yang diinjeksikan ke kumparan stator. Karena torsi pengereman sebanding dengan arus injeksi (Warsito, 2006). Besarnya arus searah yang diinjeksikan, tergantung pada konfigurasi rangkaian stator saat penginjeksian. Sesuai dengan rumus pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Rangkaian Stator (Warsito, 2006)

Konfigurasi Rangkaian Stator	Persamaan
Konfigurasi 1	$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{ac}$
Konfigurasi 2	$I_{dc} = \sqrt{2} I_{ac}$
Konfigurasi 3	$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2} I_{ac}}$
Konfigurasi 4	$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3} I_{ac}}$
Konfigurasi 5	$I_{dc} = \frac{3 I_{ac}}{2 \sqrt{2}}$
Konfigurasi 6	$I_{dc} = \frac{3 I_{ac}}{2 \sqrt{2}}$

Konfigurasi rangkaian stator dari masing-masing rumus diatas seperti Gambar 3. dibawah ini.

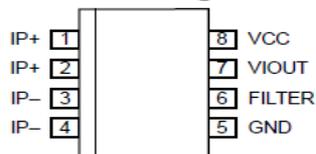


Gambar 3. Konfigurasi rangkaian stator (Warsito, 2006)

Sensor Arus ACS712 adalah hall effect current sensor. hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus. Pada umumnya sensor ini digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian low-offset linear hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya dan menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Pin-out Diagram

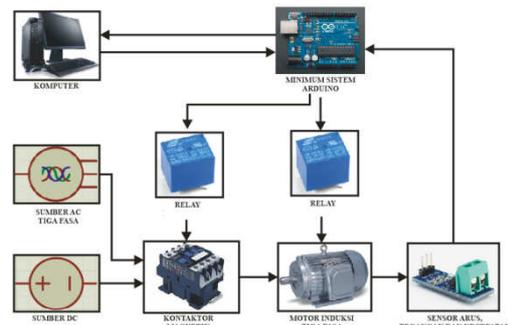


Gambar 4. Sensor Arus ACS712

PERANCANGAN

Perancangan Sistem ini akan melakukan pengukuran nilai-nilai kerja motor berupa kecepatan, tegangan dan arus dari motor induksi tiga fase, serta akan ditampilkan pada komputer dan kemudian dijadikan sebagai pembandingan dari metode pengereman dinamis untuk berbagai konfigurasi stator.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam perancangan perangkat keras akan dibangun sebuah sistem dengan blok diagram sebagai berikut:

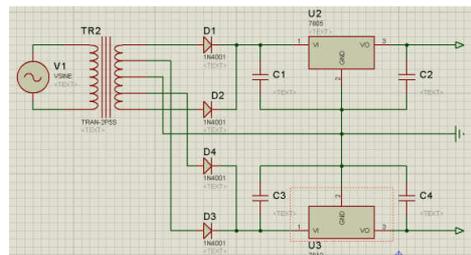


Gambar 5. Blok Diagram Rancangan Sistem

Perancangan Rangkaian Catu Daya sebagai sumber untuk menghidupkan beberapa komponen yang akan digunakan. Adapun beberapa komponen yang memerlukan catu daya dari luar adalah :

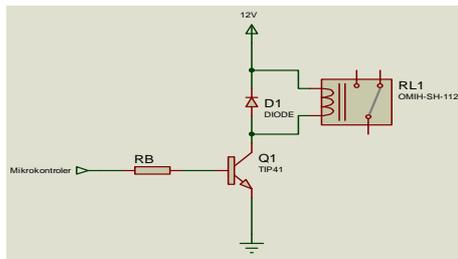
- Rangkaian relay kontaktor dan stator, relay yang digunakan membutuhkan tegangan 12V DC untuk menghidupkan saklar yang dimiliki relay.
- Sensor arus ACS712, sensor ACS712 membutuhkan catu daya sebesar 12V DC agar dapat berkerja.

Berdasarkan kebutuhan tegangan diatas, maka akan dibuat rangkaian catu daya DC untuk tegangan 5V dan 12V. Catu daya yang akan dirancang menggunakan regulator 7805 dan 7812. Berikut adalah skema catu daya yang telah dibuat.



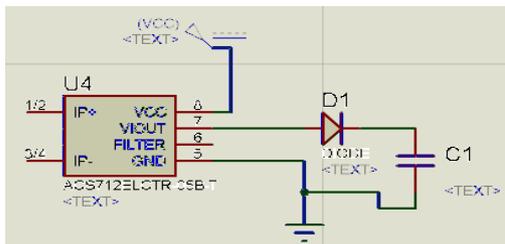
Gambar 6. Rangkaian Catu Daya

Rangkaian Pensaklaran/Relay. sangat diperlu untuk mengontrol sumber AC yang akan mengalir menuju motor. tegangan yang mengalir melalui kontaktor sebesar 220 V. Selain itu, relay juga akan digunakan untuk mengontrol konfigurasi stator yang akan digunakan pada saat pengereman. Berikut adalah skema pensaklaran yang telah dibuat.



Gambar 7. Rangkaian Pensaklaran

Rangkaian Sensor Arus yang digunakan adalah ACS712-05A-T. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian low-offset linear hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga.

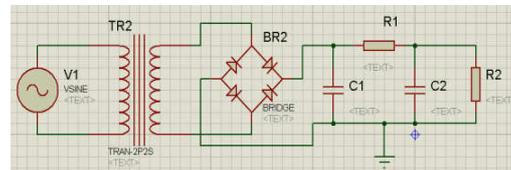


Gambar 8. Rangkaian Sensor Arus

Keluaran dari sensor arus ACS712-20A-T tidak dapat langsung dimasukkan ke port ADC mikrokontroler karena keluaran tegangan DC dari sensor ini masih terdapat ripple sehingga apabila dihubungkan langsung ke mikrokontroler akan menghasilkan pembacaan yang tidak sesuai. Untuk menghilangkan ripple ini maka dipasang sebuah diode dan filter kapasitor.

Rangkaian Sensor Tegangan Digunakan untuk memonitoring tingkat tegangan pada motor. Sensor tegangan yang dibuat menggunakan transformator sebagai sensor tegangan AC, tegangan 220 volt AC yang masuk ke motor diturunkan menggunakan transformator menjadi 20 volt AC, tegangan tersebut disearahkan kemudian melewati filter kapasitor dan pembagi tegangan, hal ini dilakukan agar tegangan yang masuk ke

dalam mikrokontroler tidak melebihi tegangan kerja mikrokontroler tersebut yaitu 5 volt DC.



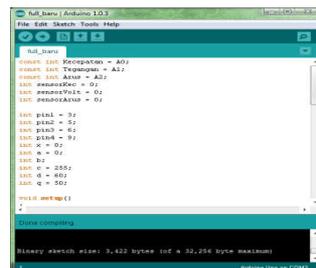
Gambar 9. Rangkaian Sensor Tegangan

Rangkaian Sensor Kecepatan akan menggunakan Tachogenerator sebagai pendeteksi kecepatan. Tachogenerator DC, jangkar berputar dengan kecepatan yang diukur dalam bidang magnet permanen. Tegangan induksi pada kumparan jangkar diteruskan melalui komutator sehingga pendeteksian kecepatan setara dengan tegangan keluaran jangkar dari tachogenerator. Tachogenerator mempunyai perbandingan rotasi terhadap tegangan keluaran berbeda-beda umumnya adalah 1000 rpm berbanding dengan 1 volt DC, artinya 1000 rpm kecepatan motor yang terkopel pada tachogenerator, maka akan menghasilkan tegangan 1 volt DC. Perbandingan antara kecepatan yang dideteksi oleh tachogenerator dengan tegangan keluarannya adalah berbanding lurus.



Gambar 10. Tachogenerator Sebagai Sensor Kecepatan (Ardiansyah, 2014)

Perancangan Perangkat Lunak. Perancangan perangkat lunak akan dibagi menjadi dua, yaitu pemrograman Mikrokontroler AT Mega 328 dan pembuatan interface untuk hasil pengukuran yang telah dilakukan menggunakan bantuan Matlab.

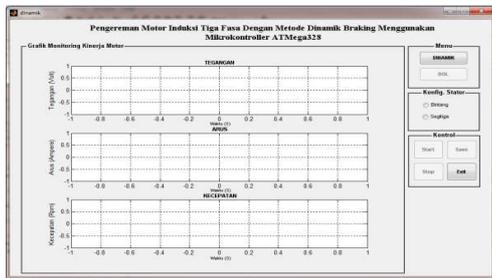


Gambar 11. Tampilan IDE Arduino (Djuandi, 2011)



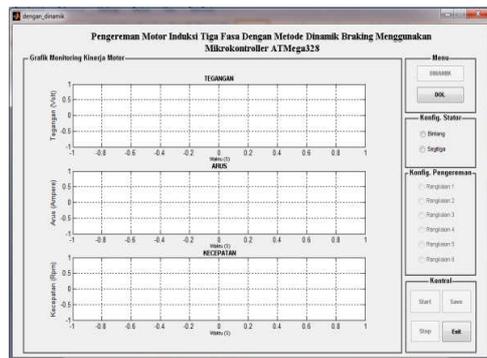
Gambar 12. Cover Program Interface

Gambar 12, adalah tampilan cover program matlab yang dibuat. Tampilan cover ini memiliki dua buah tombol untuk mengarahkan menuju menu pengereman dinamik dan tanpa pengereman.



Gambar 13. Menu tanpa pengereman

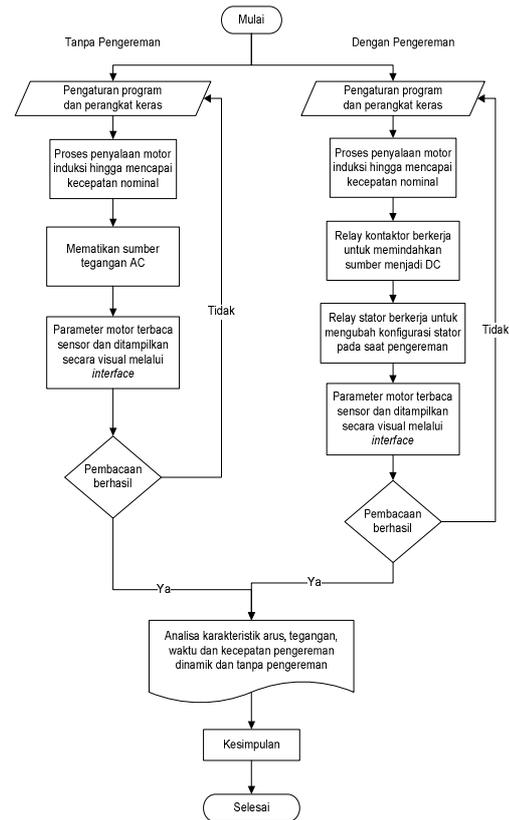
Gambar 13, adalah tampilan menu tanpa pengereman. Pada menu ini, terdapat tiga buah grafik pembacaan untuk menampilkan parameter tegangan, arus dan kecepatan.



Gambar 14. Menu Dengan Pengereman Dinamik

Gambar 14. Menu Dengan Pengereman Dinamik. Gambar 14, adalah tampilan menu dengan pengereman dinamik. Perbedaan dengan menu tanpa pengereman terletak pada menu pilihan konfigurasi pengereman. Menu konfigurasi pengereman ini bertujuan untuk menentukan rangkaian mana yang akan kita gunakan pada saat pengereman

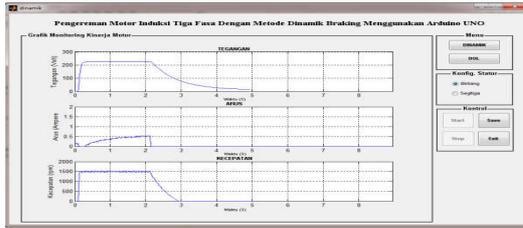
Diagram Perancangan Sistem bertujuan untuk menentukan alur kerja dari pengambilan data pada saat percobaan. Proses kerja sistem ini adalah seperti pada Gambar 12 berikut :



Gambar 15. Diagram Alir Perancangan Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sistem dilakukan untuk melihat kinerja dari setiap perangkat yang telah dibuat. Perangkat yang telah dibuat akan diuji dengan motor induksi 3 fasa dalam keadaan tanpa beban. Pengukuran dan pengujian keseluruhan sistem ini meliputi parameter motor induksi tiga phase untuk arus, tegangan dan kecepatan dengan metode Direct On-Line (DOL) dan Metode pengereman Dinamik. Kemudian hasil pengukuran akan ditampilkan menggunakan antarmuka yang telah dibuat menggunakan MATLAB. Berikut untuk tampilan hasil pengukuran untuk metode *Direct On-Line* (DOL) konfigurasi bintang :



Gambar 16. Pengujian metode *Direct On-Line* (DOL) konfigurasi bintang

Dinamik Konfigurasi Bintang dan Segitiga. Setelah dilakukan pengujian untuk pemberhentian motor induksi tiga fasa untuk konfigurasi bintang dan segitiga pada saat tanpa pengereman dinamik, pengereman dinamik tanpa beban dan pengereman dinamik dengan beban. Didapati hasil sebagai berikut ini :

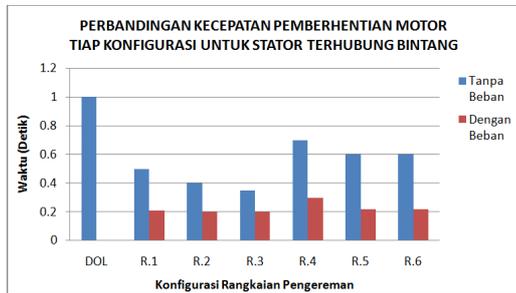
Tabel 2. Perbandingan Sistem Pengereman Dinamik Konfigurasi Bintang dan Segitiga

Konfigurasi stator	Konfigurasi Pengereman	Kondisi Pembebanan	Arus DC (A)	Waktu (detik)
Bintang	Tanpa Pengereman	Tanpa Beban	-	1
	Konfigurasi 1	Tanpa Beban	0,822	0,50
		Pembebanan	0,844	0,21
	Konfigurasi 2	Tanpa Beban	0,636	0,40
		Pembebanan	0,675	0,2
	Konfigurasi 3	Tanpa Beban	4,714	0,35
		Pembebanan	4,466	0,2
	Konfigurasi 4	Tanpa Beban	2,566	0,70
		Pembebanan	2,431	0,3
	Konfigurasi 5	Tanpa Beban	0,477	0,60
		Pembebanan	0,504	0,22
	Konfigurasi 6	Tanpa Beban	0,477	0,60
		Pembebanan	0,504	0,22
	Segitiga	Tanpa Pengereman	Tanpa Beban	-
Konfigurasi 1		Tanpa Beban	1,082	0,85
		Pembebanan	1,116	0,22
Konfigurasi 2		Tanpa Beban	1,103	0,4
		Pembebanan	1,174	0,2
Konfigurasi 3		Tanpa Beban	2,72	0,9
		Pembebanan	2,556	0,25
Konfigurasi 4		Tanpa Beban	1,48	0,7
		Pembebanan	1,391	0,18
Konfigurasi 5		Tanpa Beban	0,827	0,6
		Pembebanan	0,88	0,17
Konfigurasi 6		Tanpa Beban	0,827	0,6
		Pembebanan	0,88	0,17

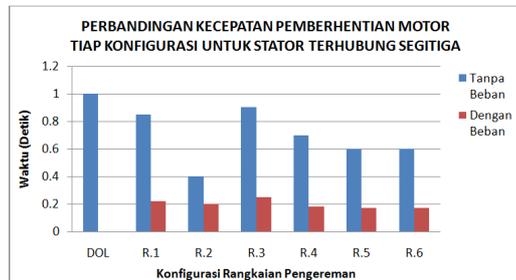
Dari Tabel 2 dibuat grafik batang untuk memudahkan dalam membandingkan lama waktu pengereman pada setiap belitan stator. Berikut grafik hasil perbandingan.

Dari Gambar 17. dan Gambar 18. dapat dilihat bahwa pada saat tanpa pengereman, lama waktu pemberhentian putaran motor baik untuk konfigurasi belitan stator terhubung

bintang dan segitiga membutuhkan waktu selama 1 detik.



Gambar 17. Grafik perbandingan kecepatan pemberhentian motor tiap konfigurasi untuk stator terhubung bintang



Gambar 18. Grafik perbandingan kecepatan pemberhentian motor tiap konfigurasi untuk stator terhubung segitiga

Pada konfigurasi belitan stator terhubung bintang untuk pengereman dinamik, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 3 yang membutuhkan waktu selama 0,35 detik. Sedangkan waktu terlama terdapat pada konfigurasi 4 yang membutuhkan waktu 0,7 detik. Pada pengereman dinamik dengan beban, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 2 dan 3 yang sama-sama membutuhkan waktu selama 0,2 detik. Sedangkan waktu terlama terdapat pada konfigurasi 4 yang membutuhkan waktu 0,3 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengereman paling cepat terdapat pada konfigurasi 3 baik itu untuk tanpa beban dan dengan beban.

Pada konfigurasi belitan stator terhubung segitiga untuk pengereman dinamik, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 2 yang membutuhkan waktu selama 0,4 detik. Sedangkan waktu terlama terdapat pada konfigurasi 3 yang membutuhkan waktu 0,9 detik. Pada pengereman dinamik dengan beban, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 5 dan 6 yang sama-sama membutuhkan waktu selama 0,17 detik.

Sedangkan waktu terlama terdapat pada konfigurasi 3 yang membutuhkan waktu 0,25 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengereman paling cepat konfigurasi 2 untuk tanpa beban. Sedangkan untuk berbeban, konfigurasi paling cepat terdapat pada konfigurasi 5 dan 6.

Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa pada saat tanpa beban pengereman yang paling cepat terdapat pada saat stator terhubung bintang konfigurasi 3. Sedangkan saat berbeban, pengereman paling cepat terdapat pada stator terhubung segitiga konfigurasi 5 dan 6.

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada Penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini dibangun sebuah sistem pengereman motor induksi tiga fasa dengan metode dynamic braking, metode ini akan menggunakan 6 konfigurasi rangkaian stator pada saat pengereman.
2. Pada rangkaian stator terhubung bintang untuk pengereman dinamik, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 3 yaitu selama 0,35 detik pada saat tanpa beban dan 0,2 detik pada saat dengan beban, waktu pengereman ini lebih cepat dibandingkan dengan tanpa pengereman pada konfigurasi bintang yang membutuhkan waktu selama 1 detik.
3. Pada rangkaian stator terhubung segitiga untuk pengereman dinamik, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 2 yaitu selama 0,4 detik pada saat tanpa beban sedangkan untuk pengereman berbeban, konfigurasi yang memiliki waktu pengereman paling cepat terdapat pada konfigurasi 5 dan 6 yaitu selama 0,17 detik, waktu pengereman ini lebih cepat dibandingkan dengan tanpa pengereman pada konfigurasi segitiga yang membutuhkan waktu selama 1 detik.
4. Secara keseluruhan baik itu untuk stator terhubung bintang dan segitiga pada saat tanpa beban pengereman paling cepat terdapat pada saat stator terhubung bintang dengan konfigurasi 3. Sedangkan pada saat dengan beban, pengereman paling cepat terdapat pada saat stator terhubung segitiga dengan konfigurasi 5 dan 6.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulbahar., 2010, "Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa", Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negri Semarang.
- Ardiansyah, R., 2014. "Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Mikrokontroler ATmega328", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Citarsa, I.B.F., 2013, " *Buku Ajar Mata Kuliah Mesin Listrik II* ", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Djuandi, F., 2011, "Pengenalan Arduino", [http://tobuku.com/docs /Arduino-Pengenalan.pdf](http://tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf) diakses pada tanggal 18 Agustus 2016.
- Hutagaol, J., 2010, "Mesin Induksi Tiga Fasa", [repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20004/3/ Chapter%20II. pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20004/3/Chapter%20II.pdf) diakses pada tanggal 18 Agustus 2016.
- Petruzella, F.D., 1996, "Industrial Electronics", Terjemahan oleh Sumanto. 2001. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Theraja, B.L., 1993, "A Text Book of Electrical Technology, Volume II, AC & DC Machines" , Publication Division of Nirja Construction & Development Co. Ltd., Ram Nagar, New Delhi.
- Warsito, A., Facta, M. dan Anantha B.P., 2006, "Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.