

PENGENDALI MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC) UNTUK PENGOLAHAN KAPUK

Hanif Nika Handoko^{*)}, Tejo Sukmadi, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}email : hanif_nika@yahoo.co.id

Abstrak

Kota Pati, tepatnya di desa Karaban merupakan daerah penghasil produk yang berbahan dasar kapuk. Namun, dalam proses produksi masih menggunakan cara tradisional. Para pengusaha kapuk masih mengandalkan sinar matahari untuk mengeringkan kapuk tersebut. Hal itu yang mendasari ide penelitian ini. Pada penelitian ini, dibuat suatu sistem balik arah putaran motor induksi tiga fasa hubung star-delta dengan Programmable Logic Control (PLC) sebagai pengendali. Sistem ini sangat sederhana, tidak memerlukan banyak perangkat pendukung dan dapat diterapkan pada jenis motor induksi tiga fasa. Pada sistem mengharuskan adanya pertukaran arah putar dari arah putar kanan ke putar kiri, hal ini diperlukan untuk melakukan pengayakan kapuk agar terpisah dari bijinya. Hasil pengujian untuk pengasutan menunjukkan pengasutan dengan metode Y- Δ forward memiliki arus starting sebesar 2,44 A dan metode Y- Δ reverse memiliki arus starting sebesar 2,49 A . Waktu pengasutan yang baik untuk perpindahan dari bintang (Y)–segitiga (Δ) adalah 5 detik. Untuk pengereman, arus injeksi DC yang disalurkan sebesar 0,735 A dan waktu berhenti untuk beban 0,21 Kg sebesar 1,41 detik, untuk beban 0,4 Kg sebesar 1,08 detik dan untuk beban 0,61 Kg sebesar 0,82 detik. Waktu berhenti dengan pengereman dinamik lebih cepat dibandingkan tanpa pengereman dinamik.

Kata kunci : *balik putaran motor, hubung star-delta, motor induksi tiga fasa, pengereman dinamik, programmable logic control (PLC)*

Abstract

Pati , precisely in the village of Karaban is producing region cotton based products . However , the production process is still using the traditional way . Kapok entrepreneurs still rely on sunlight to dry the cotton . It 's the idea underlying this research. Made a reverse direction of rotation system three phase induction motor star - delta circuit with Programmable Logic Control (PLC) as a control . In the system requires an exchange of rotary direction of the right turn directions to turn left, it is necessary for this thing to the sifting so the cotton seeds is separated. The test results to show that starting with Y - Δ forward method has a starting current of 2.44 A and the method has a reverse Y - Δ starting current of 2.49 A . A good starting time for the displacement of the star (Y) - triangle (Δ) is 5 seconds. For braking , the DC injection current is channeled by 0.735 A and the time stopped for load of 0.21 Kg is 1.41 seconds, for load of 0.4 Kg is 1.08 seconds, and for load of 0.61 Kg is 0.82 seconds . Time stops with dynamic braking is faster than without dynamic braking.

Keywords : *reverse rotation of the motor, circuit star-delta, three phase induction motor, dynamic braking programmable logic control (PLC)*

1. Pendahuluan

Desa Karaban, Kecamatan Gabus, Kabupaten Pati yang berada di selatan kota Pati dengan jarak kurang lebih 10 km merupakan salah satu sentra industri kapuk randu di Pati. Di Desa Karaban terdapat 15 industri kapuk yang

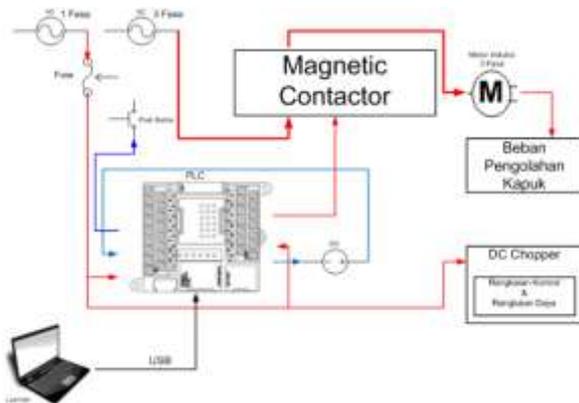
melakukan kegiatan pengolahan kapuk. Kegiatan pengolahan kapuk di sentra industri kapuk Karaban biasanya dimulai dari penebasan, pengupasan kapuk, dan pemisahan serabut dengan biji kapuk. Permasalahan yang muncul adalah bahwa proses yang dilakukan masih tradisional.

Kelemahan utama adalah proses tersebut mutlak tergantung dengan adanya sinar matahari. Tanpa sinar matahari maka proses pemisahan serabut dengan biji kapuk tidak dapat berlangsung. Sehingga pada musim penghujan proses tersebut terganggu atau bahkan terhenti sama sekali serta membutuhkan tempat yang luas sekitar 7m X 4m dan waktu yang relatif lama dengan hasil serabut kapuk bersih yang relatif sedikit yaitu dari jam 8 pagi sampai jam 3 sore.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat alat pengayakan dan pengeringan kapuk yang mampu mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut di atas. Manfaat yang diharapkan adalah dengan dibuatnya alat pengayakan dan pengeringan kapuk maka proses produksi akan tetap berjalan meskipun pada musim penghujan dengan menghasilkan produk yang lebih banyak dan ruangan yang diperlukan tidak terlalu luas.^[1]

2. Metode

Perancangan sistem pengasutan bintang (Y) – segitiga (Δ) *forward-reverse* dan pengereman dinamik motor induksi tiga fasa dengan PLC dibagi atas dua bagian yaitu perancangan perangkat keras sistem (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).



Gambar 1 Diagram blok sistem

2.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

2.1.1 Spesifikasi dari Motor Induksi Tiga Fasa

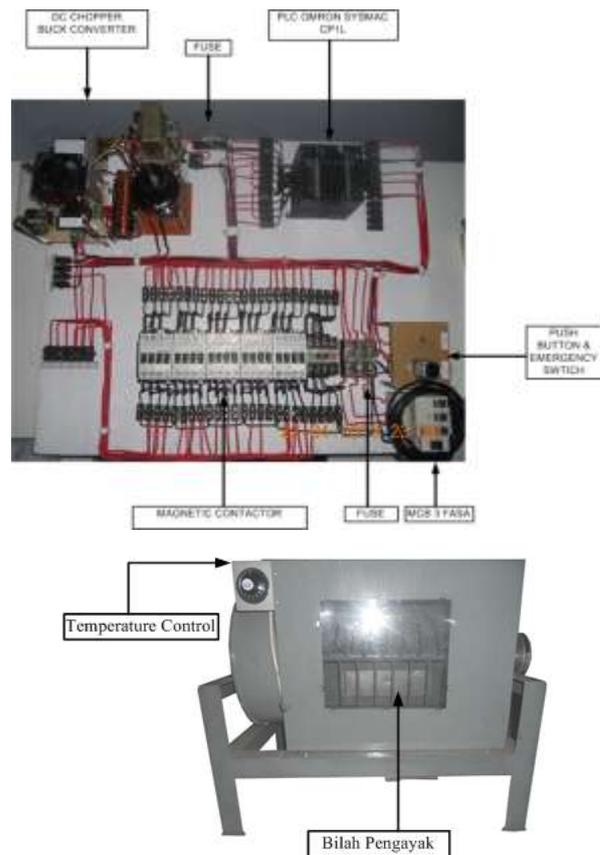
Tabel 1 Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor Induksi Tiga Fasa	
Code	: AE B
IP	: 54
Tegangan	: 380 / 220 V
Hubungan Motor	: Y/ Δ
Arus	: 2,14 A / 3,70 A
Daya	: 1 HP / 0,75 KW
Rpm	: 1420
Frekuensi	: 50 Hz
CONT. RATING	: 19
Merk	: TECO



Gambar 2 Motor induksi 3 fasa

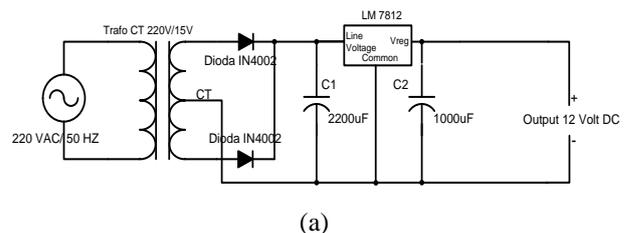
Blok rangkaian kontrol yang telah mengalami proses *wiring* diperlihatkan gambar 3.



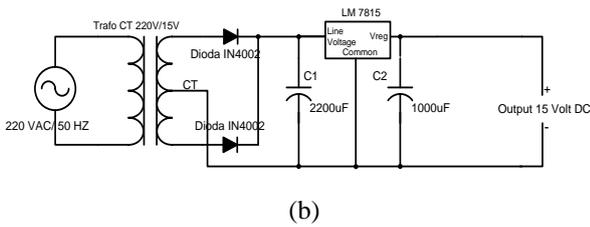
Gambar 3 Blok sistem rangkaian dengan bagian-bagian yang telah melalui proses *wiring*

2.1.2 Perancangan *Power Supply*

Pembuatan *power supply* ini digunakan untuk *supply* rangkaian control IC TL494, dan *supply* untuk pendingin rangkaian daya *DC chopper buck converter*.



(a)

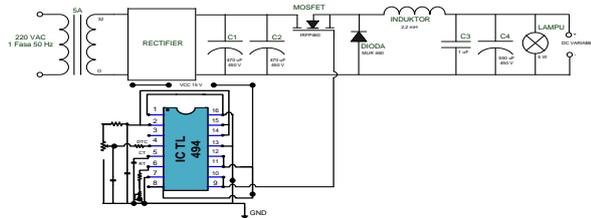


Gambar 4 Rangkaian Power Supply (a) Rangkaian Power supply 12 V_{DC}, (b) Rangkaian Power supply 15 V_{DC}

2.1.3 Perancangan DC Chopper Buck Converter

Perancangan DC-DC converter berfungsi untuk memberikan variasi suplai tegangan searah ke kontak bantu kontaktor untuk pengereman dinamik. Rangkaian DC-DC converter menggunakan jenis buck converter.

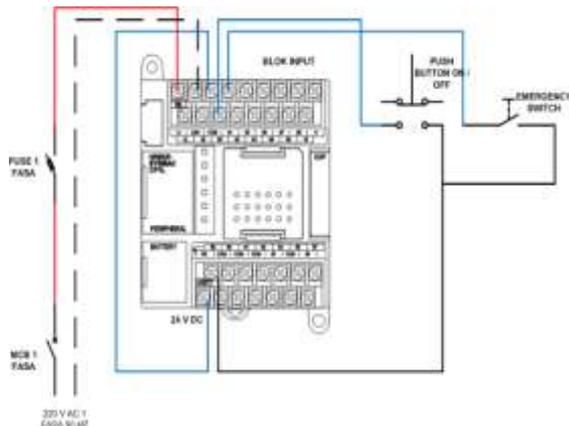
Skema dari rangkaian buck converter ini dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini :



Gambar 5 Skema rangkaian buck converter

2.1.4 Perancangan Blok Rangkaian Pengendali

Diagram blok rangkaian pengendali diperlihatkan pada gambar 6.



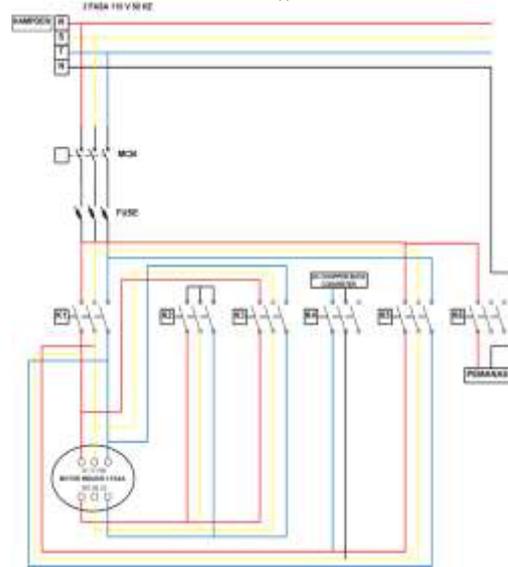
Gambar 6 Diagram pengawatan rangkaian pengendali

2.1.5 Perancangan Rangkaian Tenaga

Diagram pengawatan rangkaian tenaga diperlihatkan gambar 7.

2.1.6 Perancangan Lampu Indikator

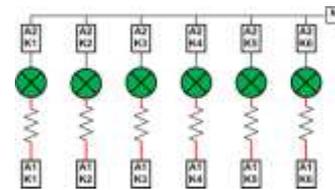
Lampu Indikator bertujuan untuk memudahkan pengamatan ketika proses sedang berlangsung. Lampu hijau digunakan sebagai indikator sistem pengasutan bintang (Y)-segitiga (Δ) forward-reverse bekerja, sedangkan lampu hijau padam digunakan sebagai indikator bahwa sistem telah Off atau mati.



Gambar 7 Diagram pengawatan rangkaian tenaga

2.1.6 Perancangan Lampu Indikator

Lampu Indikator bertujuan untuk memudahkan pengamatan ketika proses sedang berlangsung. Lampu hijau digunakan sebagai indikator sistem pengasutan bintang (Y)-segitiga (Δ) forward-reverse bekerja, sedangkan lampu hijau padam digunakan sebagai indikator bahwa sistem telah Off atau mati.



Gambar 8 Rangkaian Kontrol Lampu Indikator

2.2 Perancangan Perangkat Lunak

PLC merupakan perpaduan dari perangkat keras dan perangkat lunak dimana keduanya mempunyai fungsi yang saling mendukung. Untuk dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan, PLC haruslah diprogram. Pemrograman dan pengiriman program ke PLC dapat dilakukan dengan konsol pemrogram, SSS (Sysmac Support Software), LSS, Syswin atau CX-Programmer.

2.3 Pengalamatan Input dan Output PLC Omron Sysmac CP1L

Pengalamatan input dari rangkaian kontrol pada alat pengolahan kapuk ditunjukkan pada tabel 2.

INPUT	ALAMAT
START STOP	0.00
EMERGENCY	0.02

Sedangkan untuk pengalamatan output dari rangkaian kontrol alat pengolah kapuk ditunjukkan pada tabel 3.

OUTPUT	ALAMAT
Lampu indikator dan kontaktor 1	100.00
Lampu indikator dan kontaktor 2	100.01
Lampu indikator dan kontaktor 3	100.02
Lampu indikator dan kontaktor 4	100.03
Lampu indikator dan kontaktor 5	100.04
Lampu indikator dan kontaktor 6	100.05
Tidak terpakai	100.06
Tidak terpakai	100.07

2.4 Flowchart Program

Flowchart program dapat dilihat pada gambar 9.

Penjelasan dari flowchart program adalah sebagai berikut, pada saat tombol ON ditekan maka alat pengolah kapuk akan menyala. Setelah alat pengolah kapuk menyala, proses pengolahan kapuk telah dapat dilakukan. Pada saat proses pengolahan, kapuk akan melewati proses pengeringan dan pemisahan kapuk dari bijinya.. Emergency switch akan mematikan sistem ketika terjadi gangguan pada sistem yang disebabkan oleh kesalahan manusia ataupun kesalahan pada sistem.

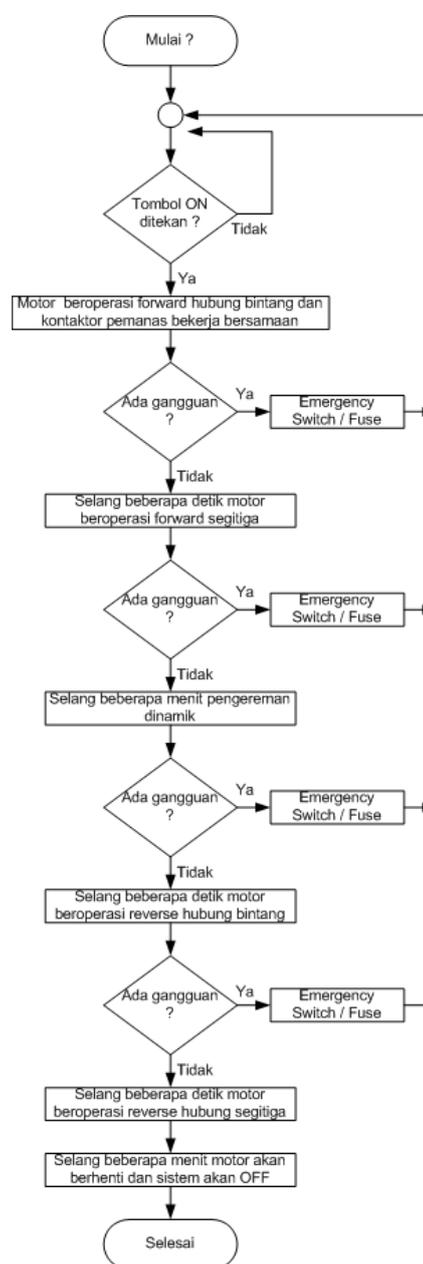
2.5 Program Pada PLC

Program berupa diagram ladder dengan software yang digunakan adalah CX Programmer 9.0. Diagram tangga tidak dapat langsung dimasukkan ke dalam PLC melalui konsol pemrogram. Untuk dapat memasukkan program dari konsol pemrograman, maka diperlukan pengubahan diagram tangga ke kode mnemonic. Kode mnemonic mengandung informasi yang sama dengan diagram tangga tetapi dalam bentuk yang dapat langsung diketikkan ke dalam PLC.

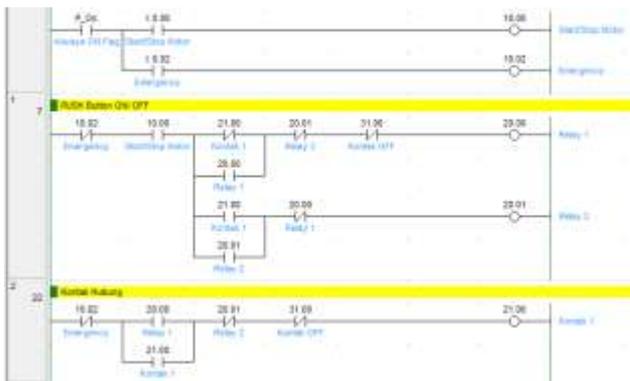
2.6 Diagram Ladder Input

Awal mula pada saat keadaan normal, maka tombol start/stop (0.00) tidak terhubung dengan INTERNAL RELAY start/stop motor (10.00) karena tombol start/stop normally open (NO). start/stop dalam sistem ini memakai satu tombol, jadi pada saat tombol start/stop (0.00) ditekan maka INTERNAL RELAY (10.00) akan terhubung dan mengontak INTERNAL RELAY 1 (20.00). INTERNAL

RELAY 1 (20.00) akan terhubung ke INTERNAL RELAY kontak 1 (21.00), maka sistem akan on. Untuk off sistem, maka tombol Start/Stop (0.00) ditekan dan menghubungkan INTERNAL RELAY (10.00). INTERNAL RELAY (10.00) akan menghubungkan INTERNAL RELAY 2 (20.01) dan akan memutus INTERNAL RELAY kontak 1 (21.00). Tombol emergency (0.02) pada kondisi awal normally open (NO) sehingga tidak terhubung ke INTERNAL RELAY emergency (10.02). Apabila Tombol Emergency (0.02) ditekan maka akan menghubungkan INTERNAL RELAY emergency (10.02) dan memutus semua rangkaian sehingga sistem akan mati atau off karena pada setiap sub sistem diberi kontak emergency (10.02) dengan kondisi awal normally closed (NC)



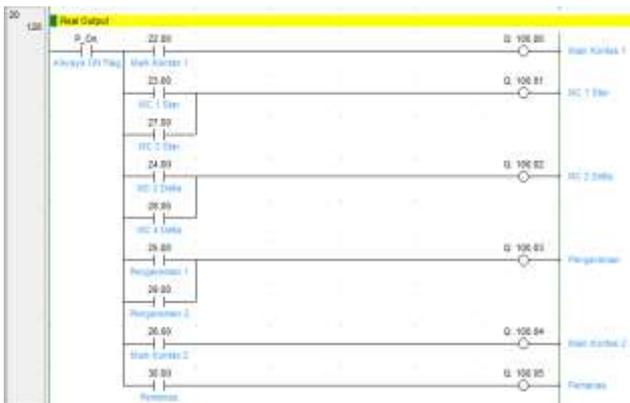
Gambar 9 Flowchart Program



Gambar 10 Program Input

2.7 Diagram Ladder Output

Program gambar 11 merupakan program *real output* untuk mempermudah memonitor kerja sistem. *INTERNAL RELAY* mulai dari alamat 22.00 sampai dengan alamat 30.00 terhubung ke *real output* mulai dari alamat 100.00 sampai dengan alamat 100.05 yang terhubung ke 6 kontaktor bisa dilihat pada gambar diatas.



Gambar 11 Program Output

3. Hasil dan Analisa

Pengukuran dan pengujian pengasutan bintang–segitiga *forward-reverse* dan pengereman dinamik dengan menggunakan *Programmable Logic Control (PLC)* ini meliputi : pengujian pengasutan bintang (Y)–segitiga (Δ) *forward-reverse* dan pengujian pengereman dinamik.

3.1 Pengujian Pengasutan Bintang–Segitiga

Dari pengujian dan pengukuran yang dilakukan, maka dapat dibandingkan dan dianalisa antara metode Y- Δ *forward* dan *reverse*. Grafik perbandingan waktu-arus tiap fasa ditunjukkan pada gambar 12, 13, dan 14.



Gambar 12 Grafik waktu–arus fasa R metode Y- Δ *forward* dan *reverse*



Gambar 13 Grafik waktu–arus fasa S metode metode Y- Δ *forward* dan *reverse*



Gambar 14 Grafik waktu–arus fasa T metode metode Y- Δ *forward* dan *reverse*

Dari gambar 12, 13, 14 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran arus *starting* dengan metode pengasutan bintang (Y) – segitiga (Δ) *forward-reverse* memiliki hasil yang hampir sama. Metode metode pengasutan bintang (Y) – segitiga (Δ) *forward* memiliki arus *starting* sebesar 2,44 A, metode metode pengasutan bintang (Y) – segitiga (Δ) *reverse* memiliki arus *starting* sebesar 2,49 A. Hal ini menunjukkan bahwa pengasutan motor induksi menggunakan metode bintang (Y) – segitiga (Δ) dapat mengurangi tingginya arus pengasutan saat motor induksi mulai beroperasi.

Selain perbandingan antara waktu-arus, dapat pula dibandingkan antara waktu-putaran. Grafik perbandingan waktu-putaran antara bintang (Y) – segitiga (Δ) *forward-reverse*. Grafik perbandingan ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 15 Grafik waktu–putaran metode metode Y-Δ forward dan reverse

Dari gambar 15 dapat dilihat bahwa grafik putaran motor antara ketiga metode hampir sama.

3.1.1 Penentuan Waktu Asut Metode Metode Y-Δ Forward dan Reverse

Tabel 4 Data pengukuran waktu asut metode Y-Δ forward dan reverse

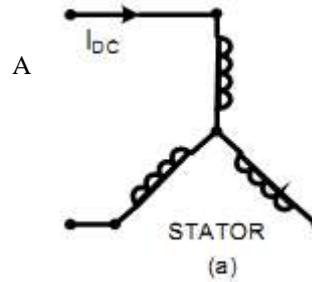
Metode	Y-Δ Forward		Y-Δ Reverse	
	I _{starting} 2,44 A	I _{nominal} 0,71 A	I _{starting} 2,49 A	I _{nominal} 0,66 A
Waktu	5 detik		5 detik	

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa data pengukuran diambil saat motor bekerja yaitu waktu dari I_{starting} motor mencapai I_{nominal} motor. Untuk Y-Δ forward - reverse waktu asutnya sama-sama 5 detik. Dapat disimpulkan bahwa metode Y-Δ forward - reverse memiliki waktu asut yang sama.

3.2 Pengujian Pengereman Dinamik

Pengereman motor induksi 3 fasa dilakukan dengan metode *dynamic breaking* yaitu dengan menginjeksikan tegangan DC pada belitan stator setelah sumber tegangan AC 3 fasa

Untuk mendapatkan nilai arus injeksi DC dilakukan perhitungan sebagai berikut :



Konfigurasi

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{ac}$$

Gambar 16 Konfigurasi hubungan belitan stator yang digunakan untuk pengereman dinamik

Dengan nilai arus beban penuh pada motor induksi sebesar 2 A. Maka :

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} I_{ac}$$

$$I_{dc} = 2,45 \text{ A}$$

Arus injeksi yang diberikan diusahakan lebih kecil dari arus injeksi normalnya, hal ini dimaksudkan supaya pengereman tidak merusak motor karena arus yang terlalu besar.^[2] Didapatkan nilai arus DC yang diinjeksikan sebesar (2,45 x 0,3)A = 0,735A. Alasan pemilihan arus injeksi DC sebesar 30% karena memiliki torsi dan energi pengereman terbesar dan membutuhkan waktu pengereman paling kecil.

Dari pengukuran dan pengujian yang dilakukan, dapat dibandingkan dan dianalisa antara tanpa dan dengan pengereman dinamik. Perbandingan ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan waktu berhenti motor tanpa dan dengan pengereman dinamik

No	Beban Berat kapuk	Waktu Berhenti (detik)	
		Tanpa Pengereman	Dengan Pengereman
1	0,21 Kg	2,42	1,41
2	0,40 Kg	2,16	1,08
3	0,61 Kg	1,78	0,82

Dari tabel 5 dapat dibuat grafik perbandingan tanpa dan dengan pengereman dinamik. Grafik perbandingan ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 17 Grafik perbandingan beban-waktu berhenti tanpa dan dengan pengereman dinamik

Dari tabel 5 dan gambar 17 dapat dilihat bahwa waktu berhenti tanpa dan dengan pengereman dinamik lebih cepat dengan menggunakan pengereman dinamik. Hal ini dikarenakan sistem pengereman dinamik membuat medan magnetik motor stationer. Keadaan tersebut dilaksanakan dengan menginjeksikan arus DC pada kumparan stator motor induksi tiga fasa setelah hubungan kumparan stator dilepaskan dari sumber tegangan suplai AC. Metode pengereman dinamik (*dynamic braking*) memiliki keuntungan antara lain kemudahan pengaturan kecepatan pengereman terhadap motor induksi tiga fasa. Begitu juga dengan semakin besar bebannya maka waktu berhenti motor lebih cepat. Hal ini bertujuan agar saat akan terjadi perpindahan arah putar dari *forward* ke *reverse* tidak terjadi secara langsung melainkan ada pemberhentian putaran motor terlebih dahulu untuk mencegah motor dari kerusakan pada saat terjadi perpindahan arah putar.

4. Kesimpulan

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

1. Pengasutan motor induksi dengan metode Y- Δ *forward* memiliki arus starting sebesar 2,44 A dan metode Y- Δ *reverse* memiliki arus starting sebesar 2,49 A. Dari kedua pengujian itu, metode Y- Δ *forward* maupun *reverse* memiliki arus starting yang hampir sama, sehingga pengasutan motor induksi menggunakan metode bintang (Y) – segitiga (Δ) dapat mengurangi tingginya arus pengasutan saat motor induksi mulai beroperasi. Putaran mekanik terukur 497 R_{PM} dan tegangan terukur V_{LL} 109,8 V_{AC} dengan *pulley* 3:1.
2. Waktu pengasutan yang baik untuk perpindahan dari bintang (Y) – segitiga (Δ) adalah 5 detik. Waktu ini didapat dari perhitungan dan proses penaikkan putaran motor dari kecepatan nol sampai dengan kecepatan nominal. Perpindahan ini harus tepat, jika kurang maka sistem jala-jala atau sumber tiga fasa akan terganggu akibatnya dapat mempengaruhi

motor listrik yang lain, penerangan dan peralatan lain yang dihubungkan pada tegangan sumber yang sama, jika lebih, maka motor akan terbakar karena panas yang ditimbulkan oleh kumparan motor itu sendiri.

3. Pengereman dinamik dilakukan dengan menginjeksikan sumber DC ke dalam belitan stator. Arus injeksi yang diberikan sebesar 0,735 A 30% dari I_{DC} dengan waktu pengereman 1,1 detik.
4. Waktu berhenti motor induksi dengan pengereman dinamik lebih cepat dibandingkan tanpa pengereman dinamik. Untuk beban berat kapuk 0,21 Kg, tanpa pengereman sebesar 2,42 detik dan dengan pengereman sebesar 1,41 detik. Beban berat kapuk 0,40 Kg, tanpa pengereman sebesar 2,16 detik dan dengan pengereman sebesar 1,08 detik, dan untuk beban berat kapuk 0,61 Kg, tanpa pengereman sebesar 1,78 detik dan dengan pengereman sebesar 0,82 detik. Semakin besar injeksi DC yang diberikan maka akan semakin cepat berhenti. Begitu juga dengan semakin besar bebannya, maka waktu berhenti motor lebih cepat. Untuk pengolahan kapuk, biji kapuk terpisah dari kapuknya dan kapuk dapat mengembang sehingga berat kapuk menjadi berkurang.

Referensi

- [1]. Ambarwati, Rancang Bangun Alat Pemisah Serabut dengan Biji Kapuk, penelitian, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2007.
- [2]. Joko Prakoso, Isna, Perancangan Pengasutan Bintang-Segitiga dan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan menggunakan Programmable Logic Control (PLC), penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [3]. Fakhrizal, Reza, Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) Pada Pengasutan Dan Proteksi Bintang (Y) - Segitiga (Δ) Motor Induksi Tiga Fasa, penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [4]. Anantha B P, M, Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa, Penelaitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [5]. Siswoyo, TIM, Teknik Listrik Industri Jilid 2, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [6]. Bakti Priahutama, Aditya, Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan ATMEGA 8535, penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [7]. Slamet dan Yustifar, Feri, Perancangan Rangkaian Kontrol Kecepatan Motor Induksi AC Tiga Fasa Menggunakan Metode Space Vektor dan Kendali V/f Konstan Berbasis Microcontroller AVR Tipe ATMEGA16, Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2008), Universitas Gunadarma, Depok, 2008.
- [8]. Wildi, Theodore, Electrical Machines, Drives, and Power Systems 3rd, Prentice-Hall International, 1997.
- [9]. Badruzzaman, Yusnan, Sistem Pengereman Dinamis Motor Induksi Tiga Fasa, Orbith, Semarang, 2008.
- [10]. Siswoyo, TIM, Teknik Listrik Industri Jilid 2, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.

- [11]. ---, Rangkaian Bintang / Star-Delta ($Y-\Delta$) Motor Induksi Tiga Fasa, <http://www.rangkaian-bintang-star-delta-y-motor.html>, November 2010.
- [12]. Syahbi Syagata, Anggakara, Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Dc Untuk Proses Powder Coating Secara Elektrostatik, penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [13]. ---, Teori Power Supply (Catu Daya) _ Belajar Elektronika, <http://belajar-elektronika.com>, 2012.
- [14]. Nurgiyatna et al, Rancang Bangun Aplikasi PLC untuk Pengendalian Konveyor pada Pengepakan Barang, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2003.
- [15]. Drs. Suyanto, TIM, Pengoperasian Mesin Produksi Dengan Kendali PLC, Departemen Pendidikan Nasional, 2005