

# SOFT STARTING DAN PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN MICROMASTER 440 PADA APLIKASI PENGGERAK BLADE MESIN EKSTRAKSI BIJI KAPUK

M. Azamul Faiz Dinul Haq<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Tedjo Sukmadi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup> Email: muhammad.azzam26@gmail.com

## Abstrak

Sistem kontrol untuk pengendali otomatis perangkat-perangkat mesin diindustri awalnya dirancang menggunakan kontaktor dan relai. Namun demikian sistem kontrol dengan rangkaian tersebut menjadi kurang efektif karena untuk melakukan modifikasi sistem memerlukan biaya yang besar serta tingkat kerumitan kerja yang tinggi. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan pengoperasian PLC dengan tegangan catu daya arus searah 24 Volt. PLC berfungsi mengaktifkan VSD micromaster 440 untuk mengatur arah putaran dan kecepatan motor induksi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, motor tidak berbeban, maka nilai arus, tegangan dan kecepatannya berubah mengikuti setting frekuensi sesuai dengan nilai yang ditetapkan dalam VSD. Dalam pengujian motor kondisi berbeban menghasilkan lonjakan arus ketika pengaturan kecepatan ditetapkan pada frekuensi 5 sampai 15 Hz. Hal ini diakibatkan karena torsi pembebanan yang besar saat mengolah biji kapuk. Dalam penelitian ini kecepatan pengolahan biji kapuk juga ditingkatkan dengan pemakaian puli sehingga kecepatan mesin naik 1,6 kali kecepatan motor penggerak. Pengujian fungsi pengereman dengan injeksi daya arus searah di VSD micromaster 440 menunjukkan bahwa semakin besar arus pengereman maka waktu pengereman semakin cepat. di VSD micromaster selanjutnya disetting prosentase arus 30% menghasilkan arus injeksi 0,3 (Ampere) dan waktu pengereman 2,2 (detik). Saat setting prosentase arus 60%, pengereman menunjukkan teori yang sama.

*Kata kunci : motor induksi tiga fasa, PLC, Variabel Speed Drive*

## Abstract

In the beginning of industry world, control system for automatic devices controller designed using contactor and relay. However, this control system tends to not effective in terms of system modification which needs big budget and high complicated works of devices. In this research, the design and PLC operation are done with the help of DC voltage power supply 24 Volt. PLC functions to activate a 440 micromaster VSD in order to manage the direction of its rotation and inductive motor velocity. According to the result test which using the unloaded motor, so that the current value, voltage and velocity change following the frequency setting and agree with the number which is given on the VSD. At the loaded motor test, it results a significant current once the velocity is set on the frequency of 5-15 Hz. These are caused by a numerous loaded torsion (torsi pembebanan yang besar) when processing the cotton plant. In this research, velocity of its processing device is enhanced by the use of (puli) as well. Hence, the velocity of machine raises 1,6 times of motor velocity. Moreover, the test of breaking function with DC injection in 440 micromaster VSD shows that the bigger breaking current, the faster breaking time. Furthermore, once VSD micromaster is set up on current percentage of 30%, it resulted 0,3 (Ampere) of injection current and 2,2 s of breaking time. When the current percentage raised up to 60%, the breaking time shows the same theory as mentioned before.

*Keywords: 3-phase inductive motor, PLC, Variable Speed Drive.*

## 1. Pendahuluan

Salah satu tahap dalam pengolahan biji kapuk adalah proses ekstraksi biji kapuk. Dalam proses ekstraksi biji kapuk ini dibutuhkan alat yang digunakan untuk menghaluskan biji kapuk agar bisa diambil kandungan

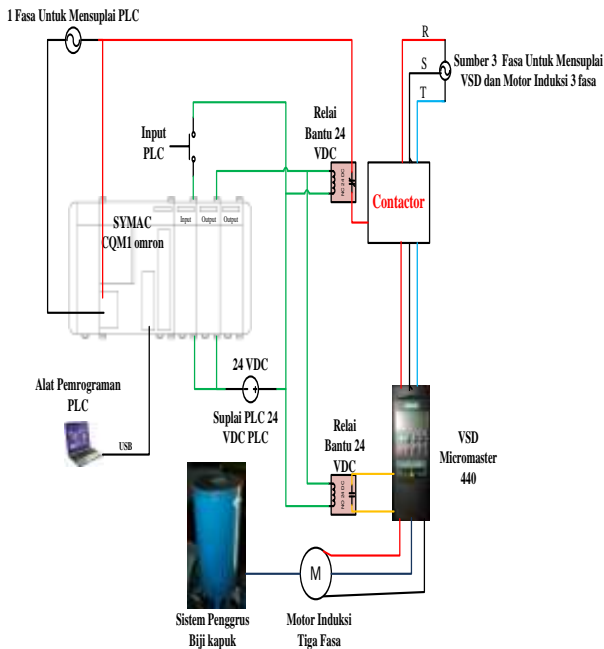
yang ada didalamnya untuk diolah. Perangkat mesin penggerus biji kapuk ini menggunakan beberapa komponen untuk proses kerjanya, seperti motor induksi tiga fasa yang digunakan untuk penggerak pisau penggerus biji kapuk, *variabel speed drive* untuk mengatur kecepatan putar motor induksi tiga fasa, dan

PLC ( Programmable Logic Control ) sebagai pengendali semua sistem yang bekerja pada perangkat. Dengan menggunakan PLC, efisiensi dapat ditingkatkan karena penggunaan relay – relay konvensional dapat dikurangi sebanyak mungkin. Sedangkan penggunaan VSD dapat juga meningkat efisiensi kerja motor dengan mengatur kecepatan putar sesuai kebutuhan.

## 2. Metode

Perancangan sistem perangkat penggerak blade (pisau penggerusa) mesin ekstraksi biji kapuk dibagi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras sistem (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

Perancangan perangkat keras (*hardware*) terdiri atas perancangan setiap blok yang menyusun sistem kontrol secara keseluruhan. Perancangan perangkat lunak (*software*) yaitu pembuatan diagram *ladder* sebagai program untuk mengatur *plant process penggerusan biji kapuk* dimana motor induksi tiga fasa sebagai penggerak blade yang digunakan untuk menggerus biji kapuk.



Gambar 2.1 Diagram blok sistem

### 2.1 Perancangan Inverter Micromaster 440

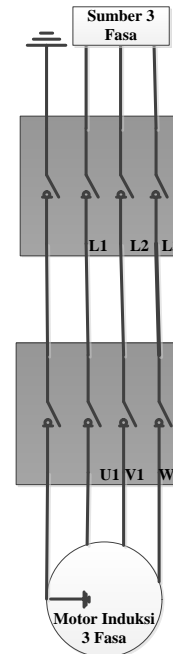
#### 2.1.1 Setting pada Micromaster 440

Settingan micromaster 440 yang digunakan adalah :

1. setting commusioning
2. setting digital input
3. setting fixed frekuensi
4. setting DC inject

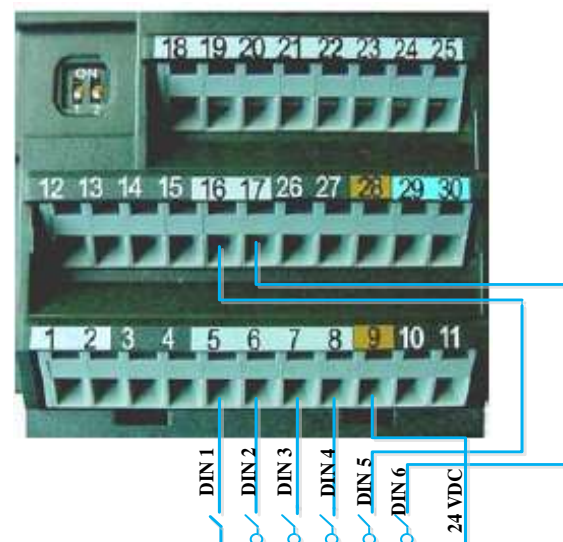
#### 2.1.2 Pengkabelan Micromaster 440

Pengkabelan / Wiring pada driver sangatlah penting, karena tiap terminal pada Micromaster 440 yang dihubungkan ke driver maupun beban berupa motor induksi 3 fasa yang mempunyai fungsi masing – masing.



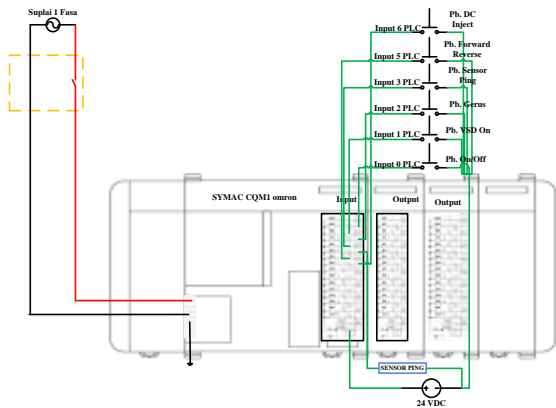
Gambar 2.2 Power terminal.

Pemilihan terminal dan mengetahui bagaimana diagram koneksi pengaturan terminal yang digunakan sangatlah penting. Karena agar dapat memasukkan settingan yang akan digunakan harus disesuaikan dengan terminal yang ada didalam variabel speed drive.



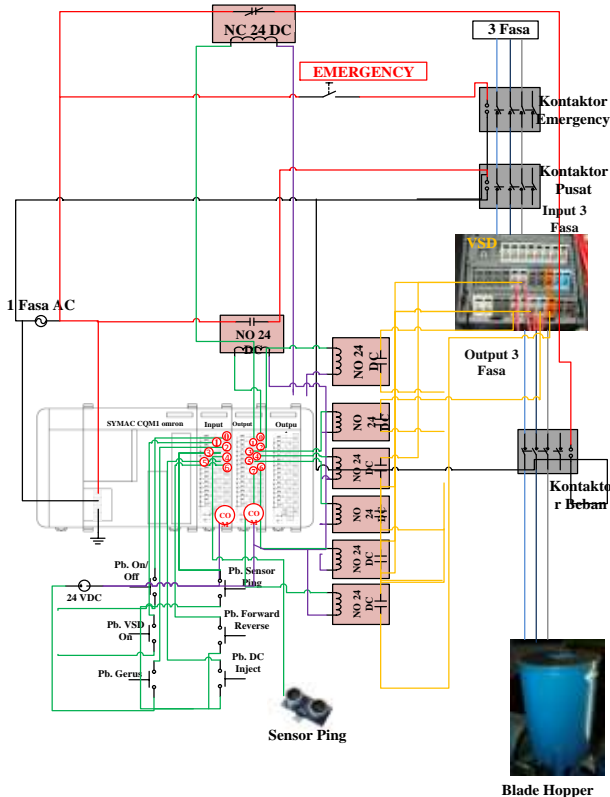
Gambar 2.3 Diagram koneksi pengaturan terminal

2.2 Perancangan Penghubung Antara PLC Dengan Rangkaian VSD dan Rangkaian tenaga



Gambar 2.4 Diagram pengawatan rangkaian pengendali

Digaram pengawatan rangkaian pengendali merupakan rangkain input PLC yang digunakan dalam sistem.



Gambar 2.5 Wairing lengkap sistem penggerus biji kapuk

2.3 Perancangan Perangkat Lunak (software)

Pemrograman dan pengiriman program ke PLC dapat dilakukan dengan konsol pemrogram, SSS (Sysmac Support Software), LSS, Syswin atau CX-Programmer.

2.3.1 Pengalamatan Input dan output PLC Omron Sysmac CQM1

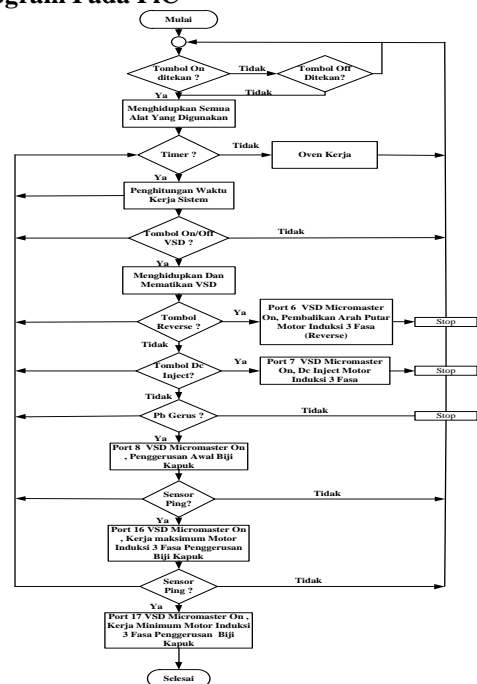
Pada pengalamatan *input* dan *output* PLC ini digunakan forward,reverse , dan *DC inject* pada terminal kontrol inverter dialamatkan juga pada terminal strip PLC, karena sistem kerja tersebut akan dikontrol oleh PLC. Pengalamatan *input* dari rangkaian kontrol motor induksi tiga fasa ditunjukkan pada Tabel 2.5

Input	Alamat
Pusbaton On/Off ( untuk meghidupkan dan mematikan Sitem Mesin Ekstraksi Biji Kapuk)	0.00
Pusbaton On /Off VSD (untuk menghidupkan dan mematikan Variabel Speed Drive Micromaster 440)	0.01
Pusbaton gerus (Untuk Sistem Awal Penggerusan Biji Kapuk)	0.02
Sensor Ping ( untuk kerja maksimum sistem penggerusan biji kapuk saat oven dalam keadaan kosong)	0.03
Sensor ping ( untuk kerja minimum sistem penggerusan biji kapuk saat oven dalam keadaan medekati penuh)	0.04
Pusbaton reverae ( untuk pembalikan arah putaran motor induksi 3 fasa)	0.05
Pusbaton <i>DC inject</i> ( pengereman dinamis motor induksi 3 fasa menggunakan sistem <i>DC inject</i> )	0.06

Untuk output rangkaian kontrol motor induksi tiga fasa ditunjukkan oleh Tabel 2.6

Output	Alamat
Rele Pusat	100.00
Rele 1 dan 2	100.01
Terminal 5 Variabel Speed Drive	100.02
Terminal 8 Variabel Speed Drive	100.03
Terminal 16 Variabel Speed Drive	100.04
Terminal 17 Variabel Speed Drive	100.05

2.3.2 Program Pada PIC



Gambar 2.6 Flowchart Program



Gambar 2.13 merupakan pengereman dinamis motor induksi 3 fasa. Saat pusbuton *DC inject* ditekan (0.06), maka kerja motor induksi 3 fasa akan berhenti karena pengereman dinamis (100.07)

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1 Pengujian PLC CQM1

Tabel 3.1 Hasil pengujian *input* dan *output* PLC

PLC	Tegangan yang dibutuhkan	Tegangan hasil pengukuran
<i>Input</i>	24 V <sub>DC</sub>	23,2 V <sub>DC</sub>
<i>Output</i>	24 V <sub>DC</sub>	23,2 V <sub>DC</sub>

Pengujian tegangan input ke PLC dilakukan dengan cara menekan setiap tombol *push button* dan mengukur tegangan keluarannya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Pengujian Tegangan Masukan *Input* PLC

INPUT	TIDAK TERHUBUNG		TERHUBUNG	
	NC / NO	Tegangan	NC / NO	Tegangan
ON-OFF Sistem	NO	0	NC	23,2
On/Off VSD	NO	0	NC	23,2
Pusbuton Gerus	NO	0	NC	23,2
Sensor Ping	NO	0	NC	23,2
Sensor Ping	NO	0	NC	23,2
Pusbuton Reverse	NO	0	NC	23,2
Pusbuton <i>DC Inject</i>	NO	0	NC	23,2

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dari *output* PLC, pada penelitian ini tegangan yang diukur adalah tegangan pada relai 24 V<sub>DC</sub> yang digunakan untuk mengngontak terminal *variabel speed drive* dan lampu indikator yang mempunyai beberapa fungsi pendeteksian kerja sistem penggerusan biji kapuk.

1. Saat Motor induksi Tiga Fasa bekerja pada kondisi maksimum dan minimum.
2. Saat Motor Induksi Bekerja Pada Kondisi *Reverse*
3. Saat Proses pengereman dinamis menggunakan *DC Inject*.

Hasil dari pengujian output PLC ditunjukkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Pengujian output PLC

Output	Tegangan saat tidak terhubung sistem	Tegangan saat Terhubung sistem
RelaiPusat	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Terminal 5 VSD untuk ON/OFF VSD	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Terminal 8 VSD awal kerja motor induksi 3 fasa untuk penggerusan biji kapuk.	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Terminal 16 VSD kerja maksimum motor induksi 3 fasa untuk penggerusan biji kapuk.	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Terminal 17 VSD untuk kerja minimum motor induksi 3 fasa untuk penggerusan biji kapuk	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Terminal 6 pembalikan arah putar motor induksi 3 fasa.	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Lampu Indikator	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>
Terminal 7 pengereman dinamis motor induksi 3 fasa menggunakan <i>DC Inject</i>	0 V <sub>DC</sub>	23,2V <sub>DC</sub>

Tabel 3.4 Pengujian Unjuk Kerja *I/O* PLC

KONTAKTOR	TOMBOL INPUT START							TOMBOL STOP
	1	2	3	4	5	6	7	1
Relai Pusat	1	0	0	0	0	0	0	0
Terminal 5 VSD untuk on/off VSD.	1	1	0	0	0	0	0	0
Terminal 8 VSD proses penggerusan biji kapuk	1	1	1	0	0	0	0	0
Terminal 16 VSD kerja maksimum motor induksi 3 fasa untuk proses penggerusan biji kapuk	1	1	0	1	0	0	0	0
Terminal 17 VSD kerja minimal motor induksi 3 fasa untuk proses penggerusan biji kapuk	1	1	0	0	1	0	0	0
Terminal 6 VSD untuk pembalikan arah putar motor induksi 3 fasa.	1	1	0	0	0	1	0	0
Terminal 7 VSD untuk pengereman dinamis motor induksi 3 fasa.	1	0	0	0	0	0	1	0
Tombol off ditekan	0	0	0	0	0	0	0	1

Keterangan :

Logika “1” menunjukkan keadaan “ON”

Logika “0” menunjukkan keadaan “OFF”

### 3.2 Pengujian Software

#### Tombol On (Start)



(a)



(b)

#### Tombol Off (Stop)



(a)



(b)

#### Tombol On VSD



(a)



(b)

#### Tombol Starting Penggerusan Biji Kapuk



(a)



(b)

#### Proses kerja Maksimum Motor induksi 3 Fasa Penggerusan Biji Kapuk.



(a)



(b)

#### Proses kerja Minimum Motor induksi 3 Fasa Penggerusan Biji Kapuk



(a)

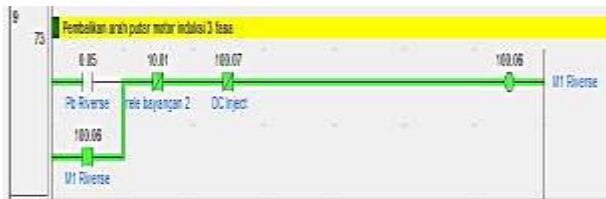


(b)

**Tombol Pembalikan Arah Putar Motor Induksi 3 Fasa (Reverse)**



(a)



(b)

**Tombol DC Inject**



(a)



(b)

**3.3 Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa Terkontrol oleh Inverter Micromaster 440.**

**3.4.1 Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa Forward**

**Tabel 3.4 Hasil pengujian Forward tidak terkopel beban**

Frek. (Hz)	I(A)			V LL (V)			n (Rpm)
	R	S	T	R-S	S-T	T-R	
5	0,89	1,14	1,33	187	186	186	371,6
10	0,91	1,2	1,34	193	192	193	893,3
15	0,94	1,25	1,35	197,3	196,5	197,3	1423
20	0,97	1,29	1,35	203,5	202,6	203,7	1942
25	0,98	1,31	1,36	209,4	208,3	209	2456
30	1,00	1,31	1,37	214,8	213,6	214,4	2966
35	1,02	1,30	1,34	218,5	217,3	218	3451
40	1,07	1,29	1,32	222,6	221,4	221,9	3989

**Tabel 3.5 Hasil pengujian forward terkopel beban**

Frek. (Hz)	I(A)			V LL (V)			N (Rpm)
	R	S	T	R-S	S-T	T-R	
5	1,50	1,72	1,81	195,9	195,5	195,8	-
10	2,39	2,52	2,57	196,8	196,6	197,2	-
15	2,69	2,83	2,85	201,7	201,7	202,5	-
20	1,98	2,15	2,18	207,6	207,8	209	1861
25	1,62	1,83	1,87	211,7	212	213,3	2363
30	1,2	1,46	1,51	215,3	215,7	217	2882
35	1,14	1,38	1,44	217,5	217,9	219,1	3412
40	1,10	1,28	1,41	225	225,5	227,1	3943

**Tabel 3.6 Hasil Pengujian Reverse tidak terkopel beban.**

Frek. (Hz)	I(A)			V LL (V)			n (Rpm)
	R	S	T	R-S	S-T	T-R	
5	0,89	1,25	1,06	131,2	131,3	131,6	449,9
10	0,97	1,32	1,16	141	141,7	142,3	925,4
15	0,99	1,36	1,19	156,9	156,8	158,6	1426
20	1,03	1,39	1,25	167	168,8	170	1941
25	1,04	1,38	1,25	178,7	180,3	181,7	2435
30	1,04	1,39	1,26	188,3	190,2	191,9	2956
35	1,06	1,35	1,27	206,4	207,4	208,8	3469
40	1,08	1,29	1,23	213	214,1	215,6	3987

**Tabel 3.7 Hasil Pengujian Reverse terkopel beban.**

Frek. (Hz)	I(A)			V LL (V)			n (Rpm)
	R	S	T	R-S	S-T	T-R	
5	1,43	1,66	1,59	176,6	176,4	176,6	-
10	2,35	2,48	2,44	179,7	180,1	180,5	-
15	2,66	2,78	2,77	182,8	183,7	184,1	-
20	2,26	2,39	2,38	191,8	193,2	194	1378
25	1,75	1,92	1,91	197,9	199,9	200,8	2415
30	1,93	2,07	2,08	202,7	204,6	205,1	2883
35	1,69	1,83	1,84	207,1	208,5	209,3	3974
40	1,25	1,38	1,39	218,4	220,3	220,7	3958

**3.4 Pengujian Puli Penaik Kecepatan**

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\frac{3000}{n_2} = \frac{76,2}{127}$$

$$n_2 = 5000 \text{ Rpm}$$

Pada penelitian ini jarak antar poros puli 1 dengan puli 2 tidak dianalisis, karena pada pemasangan, jarak antar puli tidak terlalu jauh atau < 20 cm, dan juga perbandingan pada pengukuran langsung dengan perhitungan tidak jauh berbeda, hanya  $\pm 0,8\%$  toleransi perbedaan antara pengukuran dengan perhitungan pada putaran antar puli, jadi jarak antar poros tidak dimasukkan dalam perhitungan ini. Perbandingan kecepatan antar puli 1 dengan puli 2 yang tidak terkopel oleh As pada penggerak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 3.8 dibawah.

Frekuensi (Hz)	Kecepatan putar puli 1 (rpm)	Kecepatan putar puli 2 (rpm)
5	182,5	338,9
10	467	859
15	830	1413
20	1144	1930
25	1444	2437
30	1745	2970
35	2041	3483
40	2342	3870

### 3.5 Pengujian DC Inject

Pengujian DC *inject* ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja dari sistem DC *inject* yang ada pada VSD micromaster 440. Hasil dari pengujian DC *inject* ditunjukkan oleh Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Pengereman Dc Inject saat motor induksi 3 fasa tanpa beban pada frekuensi 40 Hz

No	Tegangan Sumber 3 Fasa (Volt)	Arus Nominal Motor (Ampere)	Kecepatan Awal (Rpm)	Kecepatan Akhir (Rpm)	Arus DC (Ampere)	Waktu Berhenti (sekon)	Prosentase Kerja Arus Inject DC VSD
1	241.8	1,22	3947	0	0,2	2,3	
2					0,35	2,2	
3					0,38	2,2	30 %
4					0,41	1,8	
5					0,65	1,8	
6					0,67	1,9	60%
7					1,66	1,3	
8					1,72	1,3	
9					1,72	1,4	140%

Tabel 3.10 Pengereman Dc Inject saat motor induksi 3 fasa terkopel beban pada frekuensi 40 Hz

No	Tegangan Sumber 3 Fasa (Volt)	Arus Nominal Motor (Ampere)	Kecepatan Awal (Rpm)	Kecepatan Akhir (Rpm)	Arus DC (Ampere)	Waktu Berhenti (sekon)	Prosentase Kerja Arus Inject DC VSD
1	241.8	1,22	3947	0	0,24	1,4	
2					0,31	1,1	30 %
3					0,31	0,8	
4					0,78	0,8	
5					0,74	0,5	60%
6					0,68	0,5	
7					1,35	0,4	
8					1,73	0,4	140%
9					1,68	0,4	

## 4. Kesimpulan

1. *Programable Logic Controller* (PLC) telah berhasil diimplementasikan sebagai pengatur kordinasi kerja pada plant penggerak biji kapuk. Hal ini dibuktikan dengan kerja dari *variabel speed drive* dan sensor jarak dapat dikordinasikan oleh PLC menggunakan input dan output dari PLC dengan tegangan kerja  $23,2 V_{DC}$ .
2. Diagram tangga logika atau *leader diagram* telah berhasil dibuat sebagai program pengaturan dalam sistem PLC untuk mengatur kordinasi kerja dari plant penggerak biji kapuk. Hal ini dibuktikan dengan saat *input* PLC bekerja maka akan memberikan sinyal masukan 1 (terhubung ke sistem PLC), ketika *input* PLC tidak bekerja maka akan memberikan sinyal masukan 0 (tidak terhubung kesistem PLC).
3. Dari hasil pengujian diketahui puli penaik kecepatan sudah sesuai dengan perancangan sistem penaik kecepatan. Hal ini dibuktikan dengan output kecepatan berhasil dinaikan menjadi 1,6 kali dari kecepatan *inputnya* dengan toleransi perbedaan sebesar 0,8% .
4. Dari hasil pengujian pengereman dinamis motor induksi menggunakan DC *inject* pada VSD micromaster 440 diketahui sistem DC *inject* pada VSD micromaster 440 menggunakan sistem *setting* prosentase arus yang nilai *settingnya* dari 1% sampai 250 %. Masing –masing *setting* prosentase arus memiliki nilai arus *inject* DC dan waktu pemberhentian motor induksi berbeda-beda. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar setting pengereman, maka arus pengereman akan semakin besar (0,5 sampai 2,5 Ampere) dan waktu pengereman semakin singkat (2 sekon sampai 0,5 sekon).
5. Dari hasil pengujian pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa dengan VSD micromaster 440, dalam kondisi berbeban terjadi kondisi arus motor induksi mencapai current limit. Hal ini dikarenakan motor induksi membutuhkan torsi yang besar untuk proses penggerusan biji kapuk.

## Referensi

- [1]. El-Hawary, Mohamed E., “*Principles of Electric Machines With Power Electronic Applications*”, Wiley Inter-Science, 2002
- [2]. Krause, Paul C., Oleg Wasynczuk, Scott D. Sudhoff, “*Analysis of Electric Machinery and Drive System*”, Wiley Inter-Science, 2002
- [3]. Setiawan, Iwan, “*Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*”, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2006
- [4]. Siswoyo, *Teknik Listrik Industri*, Depdiknas, Jakarta, 2008.



- [5]. Theraja, B.L. "Technology Electrical. Volume II. AC & DC Machines", New Delhi: Nirja Construction & Development Co, 1994.
- [6]. Wildi, Theodore. "Electrical Machines, Drives, and Power Systems". Prentice-Hall International, 2002
- [7]. OMRON, 2000, *Sysmac CQM1 Programmable Controller Operation Manual*
- [8]. OMRON, 2010, *Sysmac CP Series CP1L CPU Unit Operation Manual*
- [9]. Simens Electric, *Micromaster 440 User Manual*
- [10]. *Electical Circuits And Machines Lister C. Eugene, atau Mesin dan Rangkaian Listrik, Terj. Gunawan Hanapi, Jakarta, 1988*
- [11]. Fakhrizal, Reza, *Aplikasi Programmable Logic Controller ( PLC ) Pada Pengasutan Dan Proteksi Bintang (Y)-Segitiga (Δ) Motor Induksi Tiga Fasa*, penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [12]. Barnes, Malcolm. "Variabel Speed Drive, and Power Electronics". Great Britain: Jordan Hili, 2003.
- [13]. P.L. Rongmei, Shimi S.L, Dr. S. Chatterji, Vinod K. Sharma. "A Novel fast Braking System for Induction Motor", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 1, Issue 6, June 2012
- [14]. Cilikin.M, "Electric Drive Fundamentals", MIR Publisher, Moscow. 1970.
- [15]. Al Mubarak Fajar Romi, *Rancang Bangun Modul Perangkat Keras Konveyor Berbasis Programmable Logic Controler*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [16]. Yuniawati Murrni, 2012, *Produksi Biji Kapuk Dalam Usaha Pemanfaatan Biji Kapuk Sebagai Sumber Minyak Nabati*, Jurnal teknologo Technoscientia, Volume 4 No.2 .
- [17]. Handoko Hanif Nika, *Pengendali Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Control (PLC) Untuk Pengolahan Kapuk*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [18]. Nurcahyo Dimas Agung, *Aplikasi PLC Pada Mesin Industri Pemotong Kayu Dengan Perangkat Konveyor*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [19]. Siswoyo, *Teknik Listrik Industri*, Depdiknas, Jakarta, 2008.