

APLIKASI PLC PADA MESIN INDUSTRI PEMOTONG KAYU DENGAN PERANGKAT KONVEYOR

Dimas Agung Nurcahyo^{*)}, Tejo Sukmadi, and Karnoto

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

^{*)}E-mail : dimasdimpil@yahoo.com

Abstrak

Pada awalnya sistem kontrol untuk pengendali otomatis perangkat-perangkat mesin di industri berupa rangkaian relay. Namun sistem kontrol dengan rangkaian relay tersebut menjadi kurang efektif karena untuk memberikan perubahan sistem memerlukan biaya yang besar serta tingkat kerumitan kerja yang tinggi. Akhirnya muncul sistem kontrol berbasis komputer yang disebut dengan PLC (Programmable Logic Controller) yang dapat memberikan solusi bagi permasalahan tersebut. Tulisan ini melaporkan hasil penelitian berupa rancang bangun aplikasi PLC untuk pengendalian konveyor pada pemotong kayu. Sistem yang dibangun, berupa pemotong kayu menggunakan mesin circle dengan pengendali konveyor yang dikontrol menggunakan PLC. Keandalan dan kemudahan penggunaan motor induksi tiga fasa merupakan alasan bagi dunia industri untuk menggunakannya. Namun demikian terdapat kelemahan motor induksi tiga fasa yaitu dalam hal pengaturan kecepatan. Dalam proses produksi sekarang ini di sebuah industri adakalanya dibutuhkan kecepatan putar yang dapat diatur sesuai keperluan. Pengendalian motor induksi tiga fasa ini dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putar motor secara bertahap (soft starting) sampai mencapai kecepatan nominalnya dengan memberikan sudut pemicuan yang berbeda-beda dengan menggunakan variabel speed drive.

Kata kunci : Variabel Speed Drive, konveyor, PLC, motor induksi

Abstract

At first the control system for automatic control devices in industrial machines such as relay circuits . But the control system with the relay circuit to be less effective due to deliver system changes require substantial costs and a high level of complexity of work. Finally emerging computer -based control system called PLC (Programmable Logic Controller) which can provide a solution to these problems . This paper reports the results of a design study of PLC applications for conveyor control on timber cutting . The system is built such as wood cutting machine receipts circle with controllers using a PLC controlled conveyor. Reliability and ease of use of three phase induction motor is the reason for the industry to use it . However, there is a three phase induction motor weakness , namely in terms of speed settings . In today's production process in an industry that is sometimes required rotational speed can be adjusted as necessary . Control of three phase induction motor can be done primarily to adjust the motor speed gradually (soft starting) until it reaches its nominal speed by providing triggering angle different by using variable speed drives.

Keywords: Variable Speed Drive, conveyors, PLC, induction motors

1. Pendahuluan

Penggunaan perangkat secara otomatis seperti perangkat konveyor sangat sekali diperlukan dalam proses pemotongan kayu, selain meningkatkan efektifitas kerja juga dapat meningkatkan kualitas produksi kayu. Perangkat konveyor menggunakan beberapa komponen untuk menggerakkannya, seperti motor induksi yang digunakan untuk memutar bidang konveyor, *Variabel Speed Drive* untuk mengatur kecepatan putar motor induksi, dan PLC (

Programmable Logic Control) sebagai pengendali semua sistem yang bekerja pada perangkat.

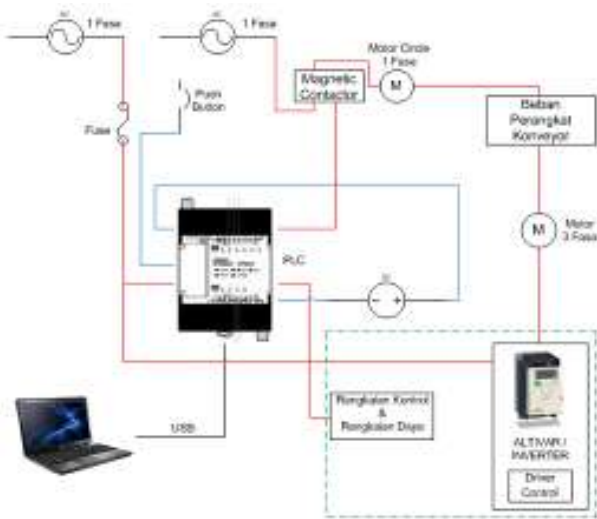
Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah membuat perangkat konveyor yang bertujuan mempermudah proses pemotongan kayu lapis dalam dunia industri khususnya permebelan. Dengan menggunakan PLC, efisiensi dapat ditingkatkan karena penggunaan relay – relay konvensional dapat dikurangi sebanyak mungkin. Sedangkan penggunaan VSD dapat juga meningkat

effisiensi kerja motor dengan mengatur kecepatan putar sesuai kebutuhan.

2. Metode

Perancangan sistem perangkat konveyor dan pengendalian kecepatan motor induksi tiga fasa dengan PLC untuk pemotong kayu dibagi atas 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 wood cutting process* dimana motor induksi tiga fasa sebagai penggerak konveyor dan motor *circle saw* sebagai pemotongnya.



Gambar 1. Diagram blok sistem

2.1. Perancangan Inverter Altivar ATV12H075M2

2.1.1. Settingan Pada Altivar ATV12H075M2

Settingan altivar pada umumnya disetting sesuai spesifikasi motor yang digunakan / *name plate* pada motor. Pada settingan arah putar motor disetting untuk bisa berputar maju dan berputar balik, dan dua saklar pada driver sebagai switching untuk start motor maju / *forward* dan motor putar balik / *reverse* yang berupa tegangan DC dapat divariabelkan dan disambungkan pada output PLC.

Drive factory settings

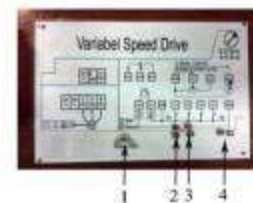
- The Altivar 12 is factory-set for the most common operating conditions (motor rating according to drive rating)
- Display: drive ready (- - - - -) motor stopped or motor frequency reference while running
 - Automatic adaptation of the deceleration ramp in the event of overvoltage on braking
 - No automatic restarting after a detected fault is cleared
 - Logic inputs:
 - L1: Forward (2-wire transitional control)
 - L2, L3, L4: no assignment
 - Logic output: LDI: no assignment
 - Analog input: AI1 (0 to +5 V): speed reference
 - Relay R1: the contact opens in the event of a detected fault (or drive off)
 - Analog output AO1: no assignment

Code	Description	Value
f F r	Standard motor frequency	50 Hz
U n S	Rated motor voltage	230 V
a c c	Acceleration	3 seconds
d e c	Deceleration	3 seconds
L S P	Low speed	0 Hz
H S P	High speed	50 Hz
C t b	Motor control type	Standard U/F law
U / F	IR compensation (law U/F)	100%
I k t	Motor thermal current	equal to nominal motor current (value determined by drive rating)
S d E t	Automatic DC injection current	0.7 x nominal drive current, for 0.5 seconds
S w F	Switching frequency	4 kHz

Gambar 2. Standart Setting Altivar



Gambar 3. Settingan Altivar Kondisi Ready

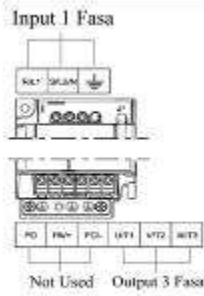


Gambar 4 Modul Rangkaian Variabel Speed Drive

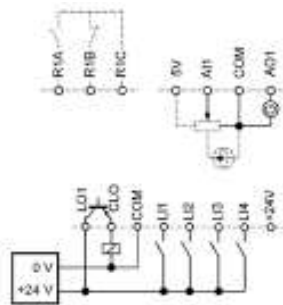
- Keterangan :
1. Analog Input
 2. Switching rotates forward
 3. Switching rotates reverse
 4. LED indikator

2.2.2. Pengkabelan Altivar ATV12H075M2

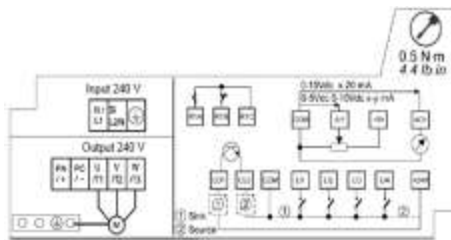
Pengkabelan / Wiring pada driver sangatlah penting, karena tiap terminal pada altivar yang dihubungkan ke driver maupun beban berupa motor induksi 3 fasa mempunyai fungsi masing – masing.



Gambar 5. Power Terminal

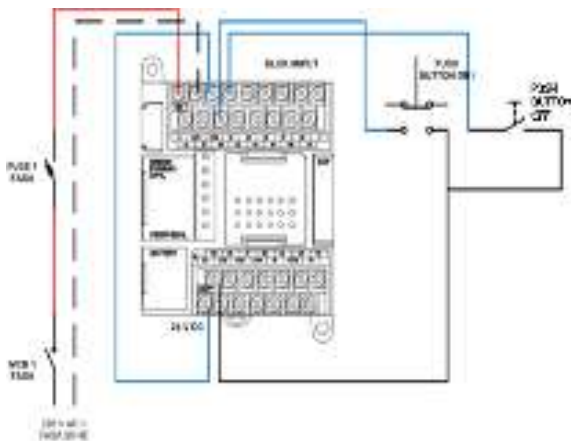


Gambar 6. Diagram Koneksi Pengaturan

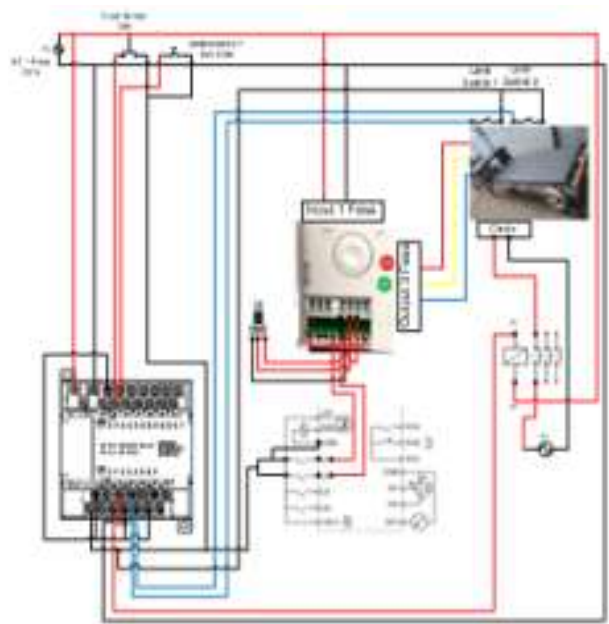


Gambar 7. Wiring Labels

2.2. Perancangan Penghubung Antara PLC Dengan Rangkaian VSD dan Rangkaian Tenaga



Gambar 8. Diagram pengawatan rangkaian pengendali



Gambar 9. Rangkaian lengkap perangkat konveyor pemotong kayu

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. Pengalaman Input dan Output PLC Omron Sysmac CPM1A

Pengalaman *input* dari rangkaian kontrol motor induksi tiga fasa ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1 Pengalaman input rangkaian pengendali motor induksi tiga fasa

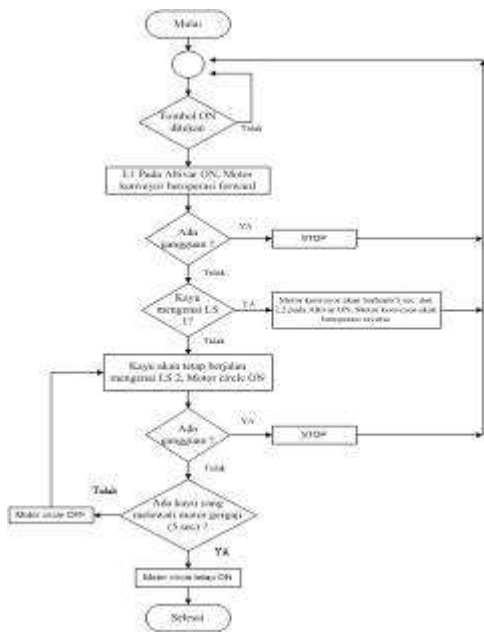
INPUT	ALAMAT
START	0.00
STOP	0.01
LIMIT SWTICH 1	0.02
LIMIT SWTICH 2	0.03

Tabel 2 Pengalaman output rangkaian pengendali motor induksi tiga fasa

OUTPUT	ALAMAT
SWITCHING FORWARD	10.05
SWITCHING REVERSE	10.06
MOTOR CIRCLE	10.01

2.3.2 Flowchart Program

Flowchart dari program dapat dilihat gambar 10



Gambar 10. Flowchart program

2.3.3 Program Pada PLC

Program berupa diagram ladder dengan software yang digunakan adalah CX Programmer 9.0.

Start



Gambar 11. Program Start

Pada saat tombol start ditekan (0.00), maka relay akan terhubung ke kontak switching forward (10.05) pada driver altivar dan motor akan beroperasi forward. Pada program diatas, kontak PB Stop (0.01) dan Limit Switch 1 (0.02) tidak terhubung, karena pada kondisi NC (Normally Closed)

Timer Putar Balik / Reverse



Gambar 12 Timer putar balik / reverse

Jika kayu menyentuh Limit Switch 1 dalam jangka waktu 5 detik maka motor akan berputar balik. Limit Switch 1 (0.02) akan terhubung oleh kontak TIM 1 (000), dimana setting waktu pada kontak tersebut adalah 5 detik, jika LS

1 terhubung kontak TIM 1, dan delay selama 5 detik maka program akan terhubung ke switching reverse (10.06) pada altivar dan motor akan berputar balik.

Motor Reverse



Gambar 13. Motor reverse

Kontak TIM 1 (000) akan terhubung ke switching reverse (10.06), setelah delay selama 5 detik, sehingga motor induksi akan berputar balik / reverse.

Timer No Wood



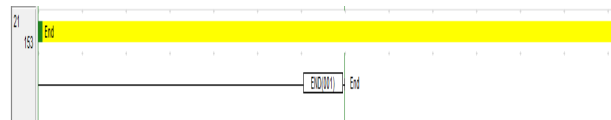
Gambar 14. Timer No Wood



Gambar 15. Motor Circle ON

Program gambar menjelaskan pada kontak Limit Switch 2 (0.03) dengan kondisi NC (Normally Closed) akan terhubung pada Motor Circle (10.01) apabila kontak tersebut ON / terbuka, atau pada perangkat, kayu mengenai Limit Switch 2, maka motor circle akan ON. Apabila dalam jangka waktu 5 detik atau kontak TIM 2 (001) yang sudah tersetting 5 sec. terbuka, kayu tidak ada yang melewati limit switch 2 maka sistem akan kembali lagi pada proses awal.

END



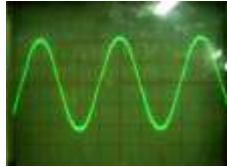
Gambar 16. END

Merupakan program untuk mengakhiri program yang telah dibuat. Fungsi yang digunakan adalah END yang memiliki nomer fungsi 01. Hal ini menjadi syarat dalam pemrograman PLC, bahwa akhir program harus disertakan dengan fungsi END(01) ini.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Altivar ATV12H075M2

Pengujian terhadap *inverter* dilakukan dengan cara mensetting inverter sesuai dengan nameplate pada motor induksi serta mengukur tegangan dan arus keluaran.



Gambar 17. Tegangan 1 Fasa, Probe X 100, 1 Volt/div

Dari gambar 17 terlihat bahwa besarnya tegangan yaitu sebesar 2,2 div, sehingga dapat dihitung besarnya tegangan fasa - netral sebagai berikut :

$$V_{AC} = 2,2 \text{ div} \times 1 \text{ V/div} \times 100 = 220 \text{ V}_{AC}$$



Gambar 18. Tegangan 3 Fasa, Probe X 1000, 1 Volt/div

Dari gambar 18 terlihat bahwa besarnya tegangan yaitu sebesar 0,18 div, sehingga dapat dihitung besarnya tegangan fasa - netral sebagai berikut :

$$V_{rms} = 0,18 \text{ div} \times 1 \text{ V/div} \times 1000 = 180 \text{ V}_{AC}$$

$$V_{pp} = 0,36 \text{ V/div} \times 1000 = 360 \text{ V}_{AC}$$

Pada pengujian terminal kontrol, data yang diambil yaitu saat terminal terhubung oleh internal supply pada inverter (24 V_{DC} dan 5 V_{DC}), yang digunakan pada perangkat ini untuk *analog input* dan *logic input* yang terdapat pada driver. Tegangan keluaran dari terminal *analog input* dapat dilihat pada gambar 18 berikut ini :



Gambar 19. Tegangan keluaran terminal *analog input*, Probe X 1, 2 Volt/div

Dari gambar 19 terlihat bahwa besarnya tegangan yaitu sebesar 2,5 div sehingga dapat dihitung besarnya tegangan keluaran dari terminal *analog input* (5V) sebagai berikut :

$$V_{dc} = 2,5 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} \times 1 = 5 \text{ Volt}$$

3.2. Pengujian PLC CPM1A

Pengujian terhadap *input* dan *output* PLC dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang merupakan tegangan DC. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian *input* dan *output* PLC

PLC	Tegangan yang dibutuhkan	Tegangan hasil pengukuran
<i>Input</i>	24 V _{DC}	24,20 V _{DC}
<i>Output</i>	220 V _{AC}	219,5 V _{AC}

Pengujian tegangan input ke PLC dilakukan dengan cara menekan setiap tombol *push button*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4. Pengujian Tegangan Masukan *Input* PLC

INPUT	TDK TERHUBUNG		TERHUBUNG	
	NC / NO	Teg	NC / NO	Tegangan
START	NO	0	NC	23,6 V _{DC}
STOP	NO	0	NC	38,8 mV _{DC}
LS 1	NO	0	NC	25 mV _{DC}
LS 2	NO	0	NC	24,7 mV _{DC}

Pengujian tegangan masukan pada output PLC dilakukan untuk mengetahui tegangan dari *output* PLC

Tabel 5. Pengujian tegangan masukan *output* PLC

Output	V saat tidak terhubung sistem	V saat Terhubung sistem
Kontaktor Motor Circle (K1)	220 V _{AC}	219,2 V _{AC}
Switching Forward (L1)	24 V _{DC}	3 mV _{DC}
Switching Reverse (L2)	24 V _{DC}	3 mV _{DC}

Pengujian untuk kerja I/O PLC dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari *input/output* PLC ketika sistem sedang berjalan.

Tabel 6. Pengujian Unjuk Kerja *I/O* PLC

	TOMBOL INPUT START						TOMBOL STOP
	1	2	3	4	5	6	1
KONTAKTOR							
.S1 : REVERSE	0	0	0	1	0	0	0
.S2 CIRCLE ON	0	1	0	0	0	0	0
.1 : MOTOR FRWD	1	1	1	0	0	1	0
.2 : MOTOR REVERSE	0	0	0	0	1	0	0
<1 : MOTOR CIRCLE	0	0	1	0	0	0	0

Keterangan :

Logika "1" menunjukkan keadaan "ON"

Logika "0" menunjukkan keadaan "OFF"

3.3. Pengujian Software

Tombol ON (Start)



Gambar 20 (a) Tombol *on* Sebelum Ditekan (b) Tombol *on* Sesudah Ditekan

Tombol OFF (Stop)



Gambar 21 (a) Tombol *off* Sebelum Ditekan (b) Tombol *off* Sesudah Ditekan

3.4. Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa Terkontrol oleh Inverter Altivar ATV12H075M2

3.4.1 Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa *Forward*

Tabel 7. Data pengukuran arus, tegangan dan putaran motor induksi tidak terkopel beban *forward*

Frek (Hz)	Tidak Terkopel Beban		
	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Rpm
5	0,35	60	157
10	0,35	82	303
15	0,34	109	452
20	0,34	133,5	600
25	0,35	157	750
30	0,34	187	899
35	0,35	204	1047
40	0,34	219	1196
45	0,34	236,5	1345
50	0,34	253,5	1495

Tabel 8. Data pengukuran arus, tegangan dan putaran motor induksi terkopel beban *forward*

Frek (Hz)	Terkopel Beban		
	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Rpm
5	2,03	56,5	-
10	2,02	79	-
15	1,08	104,5	-
20	0,54	129	572
25	0,53	150	703
30	0,53	181	861
35	0,53	198	983
40	0,53	214	1151
45	0,53	230	1298
50	0,53	247	1448

5	2,03	56,5	-
10	2,02	79	-
15	1,08	104,5	-
20	0,54	129	572
25	0,53	150	703
30	0,53	181	861
35	0,53	198	983
40	0,53	214	1151
45	0,53	230	1298
50	0,53	247	1448

3.4.2. Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa *Reverse*

Tabel 9. Data pengukuran arus, tegangan dan putaran motor induksi tidak terkopel beban *reverse*

Frek (Hz)	Tidak Terkopel Beban		
	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Rpm
5	0,37	60	155
10	0,37	82	302
15	0,37	109	450
20	0,36	134	600
25	0,36	157	750
30	0,35	187	898
35	0,35	204	1047
40	0,35	219	1196
45	0,35	236	1345
50	0,35	253	1494

Tabel 10. Data pengukuran arus, tegangan dan putaran motor induksi tidak terkopel beban *reverse*

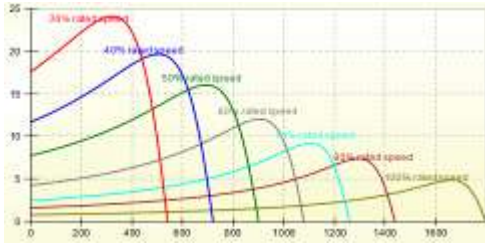
Frek (Hz)	Terkopel Beban		
	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Rpm
5	2,03	56,5	-
10	2	78,8	-
15	1,05	104,5	-
20	0,54	129	570
25	0,53	154	702

Frek (Hz)	Terkopel Beban		
	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Rpm
30	0,53	182,8	860,7
35	0,53	198	980
40	0,53	215	1150
45	0,53	232,5	1299
50	0,53	250	1448

3.4.3 Penentuan Nilai Frekuensi yang Digunakan Saat Proses Pemotongan

Motor induksi pada perangkat konveyor yang dikontrol oleh VSD (*Variabel Speed Drive*) menggunakan variasi

frekuensi untuk mengatur kecepatannya. Torsi dan kecepatan motor induksi dapat dikontrol dengan mengatur sumber frekuensi. Gambar karakteristik torsi – kecepatan motor induksi dengan kontrol frekuensi dapat dilihat pada gambar 22



Gambar 22. Karakteristik Torsi-Kecepatan dengan kontrol Frekuensi

Pada pengujian setting frekuensi motor induksi ini, arus mengalami lonjakan pada frekuensi rendah antara 5 – 15 Hz. Pada setting frekuensi tersebut perangkat konveyor tidak mengalami pergerakan, karena untuk starting awal membutuhkan arus dan torsi yang besar, sehingga *Altivar* dengan rated hanya 2 A, mendeteksi arus yang berlebih dan *Altivar* akan otomatis OFF dan muncul pada display OCF (*Over Current Failure*).

3.5. Pengujian Sistem Kerja Pada Perangkat Konveyor

3.5.1. Pengujian Sistem Penggerak Konveyor

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

$$\frac{1500}{n_2} = \frac{150}{50}$$

$$n_2 = 500 \text{ rpm}$$

Perbandingan kecepatan antar puli 1 dengan puli 2 yang tidak terkopel oleh gear pada konveyor dapat dilihat pada tabel 11 dibawah.

Tabel 11. Data Kecepatan putar puli 1 dengan puli 2

Kecepatan putar puli 1 (rpm)	Kecepatan putar puli 2 (rpm)
149	49,66
288	96
429	143
572	190,66
703	234,33
861	287
983	327,66
1151	383,66
1298	432,66
1448	482,66

Perbandingan putaran puli 1 dengan puli ke 2 terlihat penurunan putaran pada puli 2 saat diukur dengan *tachometer* dikarenakan ukuran diameter yang lebih besar sehingga kecepatannya lebih kecil daripada puli 1.

Perbandingan pengukuran dan perhitungan pada puli dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Data penurunan kecepatan puli 2 saat terkopel beban

Kecepatan Puli 2 Perhitungan (Rpm)	Kecepatan Puli 2 Pengukuran (Rpm)	Frek. (Hz)
49,66	51	5
96	96,2	10
143	145	15
190,66	191,2	20
234,33	235,5	25
287	286	30
327,66	330,4	35
383,66	379	40
432,66	430	45
482,66	480	50

3.5.2 Pengujian Saat Proses Pemotongan

Didapat data proses berapa lama waktu pemotongan kayu dengan settingan variasi frekuensi pada pengujian ini 20 Hz, 30 Hz dan 40 Hz.

Tabel 13. Data proses lama waktu pemotongan

Frek (Hz)	Waktu Proses (detik/70cm)	Tebal Kayu (cm)	Rata - Rata Waktu Proses Pemotongan Secara Konvensional
20 Hz	10	3	12 s/70cm
30 Hz	8	3	12 s/70cm
40 Hz	7,4	3	12 s/70cm

3.5.3. Penghematan Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Daya pada motor dengan menggunakan setting *Altivar* akan lebih baik dibandingkan dengan motor yang digunakan secara *direct* ke sumber. Data tegangan, arus motor secara DOL yang terkopel dengan beban dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Data pada motor secara DOL terkopel beban

VLL (Volt)	I _{R,S,T} (A)	cos phi	P (Watt)
360	0,7	0,67	168,84

Perbandingan Daya motor secara DOL dengan daya motor dengan menggunakan setting *Altivar* dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Data motor DOL dengan daya motor menggunakan setting *Altivar*

Frek (Hz)	Arus (I)	Teg (V)	Cos θ	Daya (Watt)	Daya DOL (Watt)
5	2,03	56,5	0,68	85	186,46
10	1,86	78,8	0,67	108,5	186,46
15	1,05	104,5	0,68	81,2	186,46

20	0,54	129	0,69	51,5	186,46
25	0,53	154	0,70	60,4	186,46
30	0,53	182,8	0,68	71,7	186,46
35	0,53	198	0,69	77,7	186,46
40	0,53	215	0,69	84,3	186,46
45	0,53	232,5	0,70	91,2	186,46
50	0,53	250	0,70	98	186,46

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa dalam PENELITIAN ini, maka didapat beberapa kesimpulan. Pada motor induksi 3 fasa 0,37 KW medapatkan efisiensi sebesar 66% dan dapat diatur kecepatan putarnya dengan menggunakan Inverter jenis Altivar ATV12H075M2. Tegangan output pada inverter berupa tegangan AC 220 V_{LL} dengan gelombang yang terbentuk pada keluaran inveter ini berbentuk gelombang kotak. Pada settingan frekuensi 5-15 Hz mengaalami *Over Current Failure* (OCF) pada Altivar, dikarenakan pada starting awal motor induksi membutuhkan torsi yang besar, sehingga arus pada motor pun menjadi besar 2,03A. Pada sistem ini, pembacaan ketebalan kayu menggunakan *Limit Switch* sesuai dengan hasil pengujian terhadap sistem kerja *konveyor* dengan ketentuan ketebalan kayu yang dapat diproses sebesar 3 cm, jika lebih tebal dari ketentuan, maka putaran *konveyor* akan berbalik arah.

Referensi

Internet

- [1]. <http://www.aes2u.com/photo/images/PDF/ATV12-programing-manual.pdf> *Variable speed drives for asynchronous motors User manual*
- [2]. <http://aircompressorshark.wordpress.com/2012/12/19/pengertian-atau-prinsip-kerja-inverter/>.
- [3]. <http://bayupancoro.wordpress.com/2008/07/02/variable-speed-drive-vsd-aka-inverter/>

Text Book:

- [4]. Wildi, Theodore." *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*". Prentice-Hall International, 1997.
- [5]. M. H. Rashid, Ed, *Power Electronic Handbook: Device, Circuit, and Application*, New Jersey : Prentice-Hall International, Inc
- [6]. Theraja, B.L." *Technology Electrical. Volume II. AC & DC Machnies*". New Delhi: Nirja Construction & Development Co, 1994.
- [7]. Budiyanto, M., A. Wijaya, *Pengenalan Dasar-dasar PLC (Programmable Logic Controller)*, Gava Media, Yogyakarta.

Standards:

- [8]. *CX-Programmer User Manual Version 3.1*
- [9]. OMRON,2001,*CPM1/CPM1A/CPM2A/CPM2C/SRM1(-V2) Programmable Controllers Programming Manual*

Journal:

- [10]. Taranovic Steve, Ed, *Teardown: The nuance of variabel – frequency*
- [11]. Zhenyu Yu and David Figoli, *AC Induction Motor Control Using Constant V/Hz Principle and Space Vector PWM Technique*, Texas Instrument Incorporated, April 1998

Thesis:

- [12]. Singh, MD. 2002. " *Electrical Machines, Drives, and Power System*", *Fifth Edition*. New Jersey : Upper Saddle River
- [13]. Heydt, G.T. 1991. " *Electronic Power Quality*". New York : Star in A Circle Publication
- [14]. Dodong Budaianto, A., 1987. *Teknik Dasar Pemilihan Mesin dan Perlengkapan Industri Kayu*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta, Indonesia.
- [15]. Asyakir, Khalid., 2011. *Penggunaan PLC Untuk Mesin Pemotong Dengan Pengaturan Ketebalan Kayu*, Perpustakaan FTI UII, Yogyakarta, Indonesia.