

PENGATURAN KECEPATAN KONVEYOR BERBASIS PLC (STUDI KASUS : MONITORING KECEPATAN DAN SAFETY DEVICE KONVEYOR PADA MESIN PENGEKSTRAKSI BIJI KAPUK)

Ayu Adinda Putri^{*)}, Mochammad Facta, and Tejo Sukmadi

Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*)}E-mail : ayuadindaputri@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. Dengan tujuan untuk memperoleh hasil produksi yang maksimal, diperlukan sistem pemindahan yang baik dalam proses distribusi suatu barang. Sistem yang dibangun berupa pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan variable speed drive untuk menggerakkan konveyor dan dikontrol oleh PLC. Konveyor yang dibuat menggunakan beberapa sensor seperti sensor ping dan limit switch. Selain itu, konveyor juga dilengkapi dengan proteksi under dan upper speed switch yang diatur oleh sistem tipe alarm pada digital indicating controller. Masing-masing sensor memiliki fungsi untuk memberikan perintah logika ladder diagram yang telah ditetapkan didalam PLC. Dimana sensor ping akan mendeteksi level ketinggian serbuk biji kapuk didalam oven. Limit switch digunakan pada simulasi putusnya belt konveyor. Hasil pengujian menunjukkan motor induksi 3 fasa terkontrol vsd ABB ACS 300 memiliki efisiensi diatas 100 % pada frekuensi 5 – 45 Hz dan efisiensi dibawah 100% pada frekuensi 50 Hz yaitu 86,68 %.

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

Abstract

At first, the control system for automatic control device in industrial machines such a relay contact. A control system with a relay it to be less effective because of the change in system to have a big cost and complexity of a work . Finally, there is control system based on PLC. With the aim to obtain the maximum yield, removal system is required in the distribution of goods. The system is built in the form of speed control of 3 phase induction motor using a variable speed drive to move conveyor and controlled by PLC. Conveyors are made using sensors such as ping sensors and limit switches. The conveyor is equipped with protection under and upper speed switches are arranged by type of alarm systems on the DIC. Sensor has a function to give the command ladder logic diagrams that have been set in the PLC. Ping sensor will detect kapuk seed powder height level in the oven. Limit switch is used to simulate a conveyor belt break. 3 phase induction motors controlled vsd ABB ACS 300 has efficiency of over 100% in the frequency 5-45 Hz and efficiency under 100 % at frequency of 50 Hz is 86.68%.

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

1. Pendahuluan

Penggunaan perangkat secara otomatis seperti perangkat konveyor diperlukan pada mesin pengekstraksi biji kapuk, selain meningkatkan efektifitas kerja juga dapat menekan biaya produksi. Perangkat konveyor menggunakan beberapa komponen untuk menggerakannya, seperti motor induksi yang digunakan untuk memutar bidang konveyor, *Variabel Speed Drive* untuk mengatur kecepatan putar motor induksi, dan PLC (*Progammable*

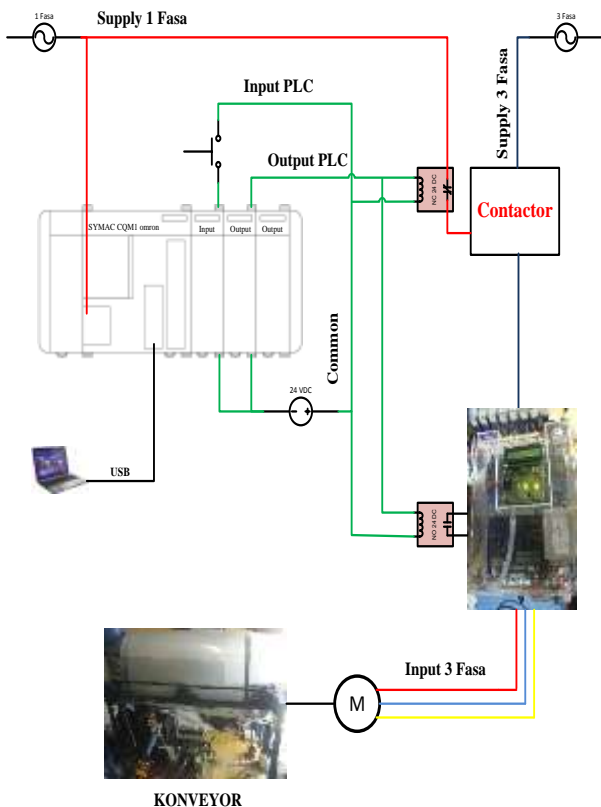
Logic Control) sebagai pengendali semua sistem yang bekerja pada perangkat. Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah membuat perangkat konveyor untuk membawa hasil gerusan biji kapuk dari *hopper* menuju pemanas pada mesin pengekstraksi biji kapuk. Dengan menggunakan PLC, efisiensi dapat ditingkatkan karena penggunaan rele – rele konvensional dapat dikurangi sebanyak mungkin. Sedangkan penggunaan VSD dapat juga meningkat efisiensi kerja motor dengan mengatur kecepatan putar sesuai kebutuhan serta menghemat

penggunaan energi yang berpengaruh pada biaya produksi. Konveyor pada mesin pengestraksi biji kapuk dilengkapi dengan perangkat pengaman yaitu sensor mekanis limit switch untuk mendeteksi putusnya belt konveyor dan pengaman upper under speed menggunakan *digital indicating controller*. Konveyor juga dilengkapi dengan sensor jarak yang mampu mendeteksi level ketinggian hasil gerusan biji kapuk pada pemanas yang menentukan kecepatan kerja yang diterapkan pada motor induksi.

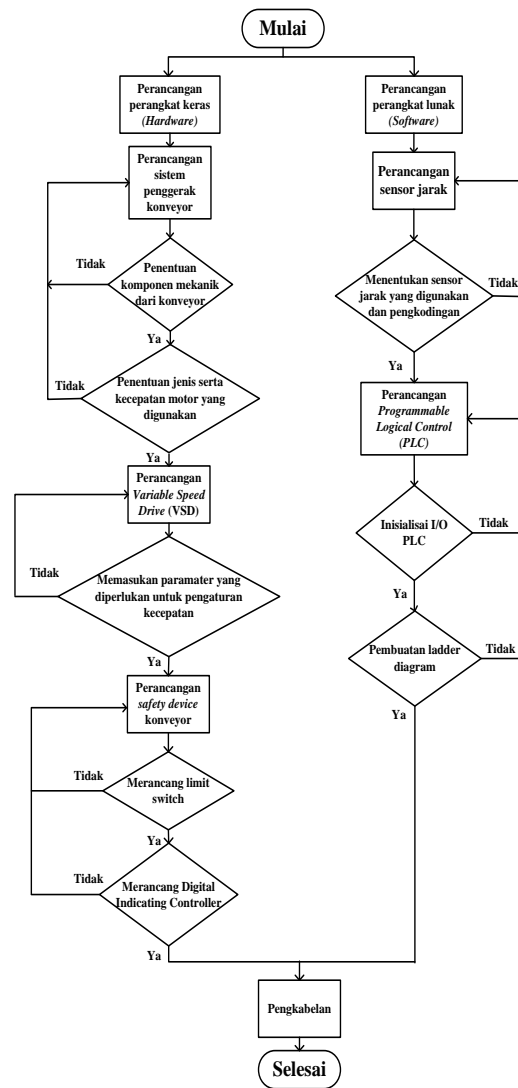
2. Metode

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 sistem plant konveyor dimana motor induksi tiga fasa sebagai penggerak konveyor dan perancangan sensor ping berbasis mikrokontroler ATmega 8535.



Gambar 1. Diagram blok sistem



Gambar 2. Flowchart perancangan sistem plant konveyor

2.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware) 2.1.1. Perancangan Sistem Penggerak Konveyor

Spesifikasi motor induksi 3 fasa yang digunakan sebagai penggerak konveyor ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi motor induksi 3 fasa

Motor Induksi 3 Fasa	
Model	Y80M-2
Ip	54
Tegangan	220/380 V
Hubungan Motor	Δ/Y
Arus	4,5/2,6
Daya	1 HP
Rpm	1390 rpm
Frekuensi	50 Hz
Class	A

2.1.2. Perancangan VSD ABB ACS 300

Pengaturan ABB ACS 300 disesuaikan dengan spesifikasi motor yang digunakan / *name plate* pada motor. Perancangan vsd menggunakan sistem digital input yang dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Konfigurasi *parameter setting*.
Sistem plant konveyor memerlukan fungsi start/stop serta dua constant speed sehingga digunakan tipe parameter setting standard.



Gambar 3. Konfigurasi parameter setting standard

2. *Setting drive parameter*
Pada pengaturan ini dimasukkan parameter-parameter sesuai dengan rating motor dan kebutuhan kecepatan motor.
3. *Setting panel operation*
Pengaturan ini bertujuan untuk mengaktifkan fungsi remote pada vsd agar parameter yang telah diatur sebelumnya dapat dijalankan.



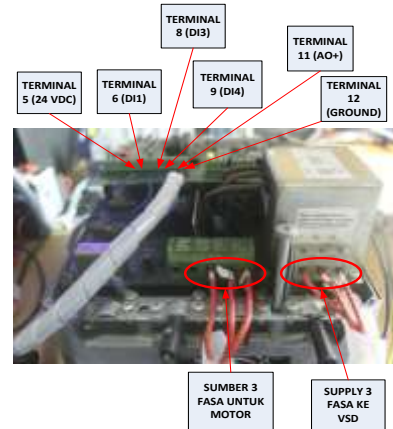
Gambar 4. VSD kondisi siap

2.2.2. Pengkabelan VSD ABB ACS 300

Pengkabelan pada driver sangatlah penting, karena tiap terminal pada acs 300 yang dihubungkan ke driver maupun beban berupa motor induksi 3 fasa mempunyai fungsi masing – masing. Pada sistem plant konveyor dengan setting digital *input system*, setting terminal blok yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Setting terminal blok ABB ACS 300

Terminal Block	Parameter	Fungsi
5	+24 V	Tegangan keluaran 24 VDC dari internal VSD
6	DI1	Mengatur kerja start/stop motor
8	DI3	Mengaktifkan constant speed 1
9	DI4	Mengaktifkan constant speed 2
11	AO+	Analog output 4 -20 mA
12	GND	Ground analog output



Gambar 5. Pengkabelan VSD

2.1.3 Perancangan Safety Device Konveyor

Konveyor pada mesin pengestraksi biji kapuk dilengkapi dengan perangkat pengaman yaitu *limit switch* sebagai pendeteksi putusnya belt dan pengaman *upper* dan *under speed* menggunakan *digital indicating controller digital indicating controller Yokogawa UT350*.

1. Perancangan Limit Switch
Terminal NO dan common dihubungkan pada PLC. Ketika actuator limit switch tidak tertekan maka PLC akan mendapat logika *high*.



Gambar 5. Perancangan Limit Switch

2. Perancangan *Digital Indicating Controller*

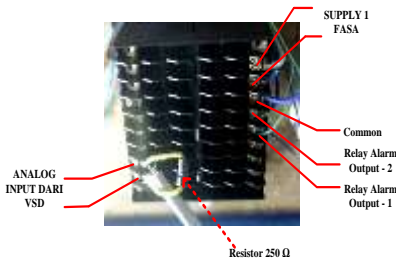
Dalam sistem *safety device upper and under speed switch* plant konveyor digunakan operasi *alarm type*, karena sistem ini paling sesuai untuk memberikan *inputan* kepada PLC. Perancangan Yokogawa UT350 dengan operasi *alarm type* dibagi menjadi 3 bagian utama parameter yang harus diatur yaitu :

1. Input/Output Related Parameter
Parameter ini berfungsi untuk memasukan parameter input,output dan range yang berkaitan dengan sistem *safety device upper* and *under speed switch* plant konveyor.
2. Control Function Related Parameter
Parameter ini berisi pengaturan tipe operasi yang digunakan. Pada sistem *safety device under and upper speed switch* plant konveyor ini menggunakan tipe operasi *alarm*.

3. Operating Parameter

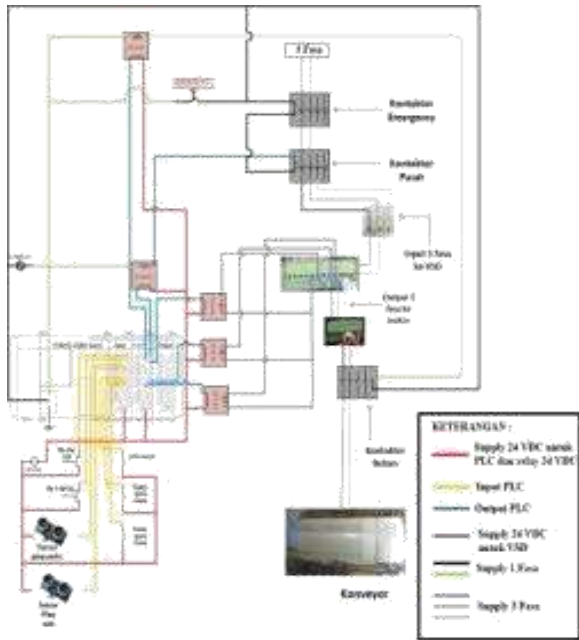
Parameter terakhir yang harus diatur adalah operating parameter. Parameter ini berisi nilai setpoint (SP) pada tipe operasi alarm.

Terminal yang digunakan pada tipe operasi alarm adalah terminal 5,6,7,8,9 12 dan 13. Terminal 5,6, dan 7 sebagai terminal rele alarm dengan common 24 V_{DC}. Terminal 8 dan 9 sebagai terminal *power supply* 220 V_{AC}. Terminal 12 dan 13 sebagai terminal *input* analog signal(4-20 mA) dari *variable speed drive*. Berikut ini adalah gambar wiring terminal Yokogawa UT350.



Gambar 6. Perancangan *digital indicating controller*

Gambar rangkaian lengkap hardware ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian lengkap *hardware*

2.3. Perancangan Perangkat Lunak(*Software*)

Dalam system plant konveyor mesin pengestraksi biji kapuk menggunakan dua system control yaitu PLC dan mikrokontroller ATmega 8535. PLC digunakan sebagai *controller* untuk mengatur keseluruhan sistem.

Mikrokontroller ATmega 8535 digunakan untuk mengatur kerja sensor jarak.

2.3.1 Perancangan Sensor Jarak

Sensor jarak yang digunakan adalah tipe *ultrasonic ranging module HC-SR04* yang mempunyai spesifikasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi sensor ping

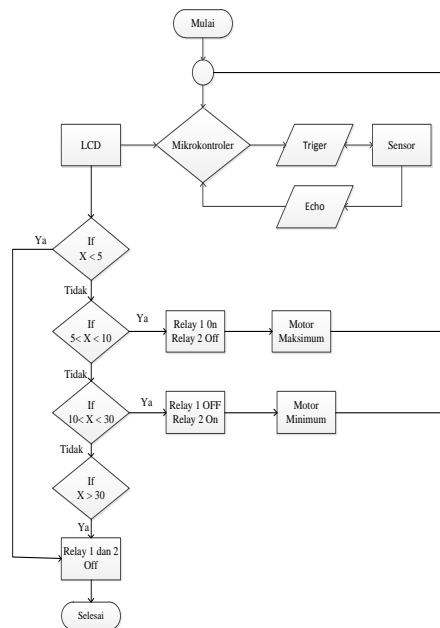
Tegangan kerja	5 VDC
Arus kerja	15 mA
Frekuensi kerja	40 Hz
Jarak maksimum	4 meter
Jarak minimum	2 sentimeter
Derajat Pengukuran	15 derajat
Sinyal input Triger	10 μS pulsa TTI
Sinyal output Echo	Masukan sinyal level TTI dan rentang dalam proporsi
Dimensi	45*20*15 Mili meter

- Sistem minimum mikrokontroller ATmega 8535 Alokasi port yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Alokasi port mikrokontroller ATmega 8535

Port	ATmega8535	Fungsi
Port B	Port B6	Kerja motor maksimum
	Port B7	Kerja motor minimum
Port D	Port D6	Pembacaan variabel jarak
Port C	Port C	Menampilkan pada LCD
Pin D	Pin D5	Pengirim sinyal ke mikro dari terminal Echo sensor ping

Perancangan perangkat lunak pada Penelitian ini menggunakan bahasa C dengan compiler Code Vision AVR 2.03.9.



Gambar 8. Diagram alir perancangan program



Gambar 9. Realisasi sensor ping berbasis mikrokontroller ATmega8535

2.3.2. Pengalaman Input dan Output PLC Omron Sysmac CQM1

Pengalaman *input dan output* dari rangkaian kontrol motor induksi tiga fasa ditunjukkan pada tabel 5 dan table 6.

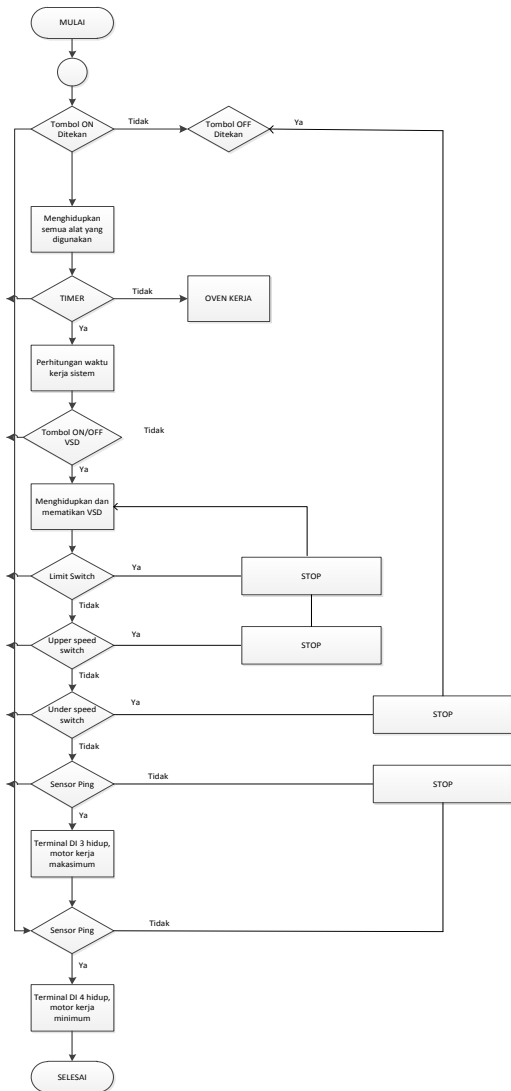
Tabel 5. Pengalaman input rangkaian pengendali motor induksi tiga fasa

Input	Alamat
Pushbutton On/Off (untuk menghidupkan dan mematikan sistem Mesin Ekstraksi Biji Kapuk)	0.00
Pushbutton On /Off VSD (untuk menghidupkan dan mematikan Variabel Speed Drive ABB ACS 300)	0.01
Sensor Ping (untuk kerja maksimum motor <i>plant</i> konveyor saat pemanas dalam keadaan kosong)	0.03
Sensor ping (untuk kerja minimum sistem penggerusan biji kapuk saat pemanas dalam keadaan kosong)	0.04
Limit Switch (safety device rip switch)	0.07
Uper speed switch(safety device upper speed switch plant konveyor Mesin Pengekstraksi Biji Kapuk)	0.08
Under speed switch(safety device under switchplant konveyor Mesin Pengekstraksi Biji Kapuk)	0.09

Tabel 6 Pengalaman output rangkaian pengendali motor induksi tiga fasa

Output	Alamat
Rele Pusat	100.00
Rele 1 dan 2 (Pergantian kerja dari konveyor ke pemanas)	100.01
Terminal DI 1 Variabel Speed Drive	100.02
Terminal DI 3Variabel Speed Drive (kerja motor maksimum)	100.08
Terminal DI 4 Variabel Speed Drive (kerja motor minimum)	100.09
Limit switch	100.10
Under speed switch	101.15
Uper speed switch	101.01

Flowchart dari program dapat dilihat gambar 10

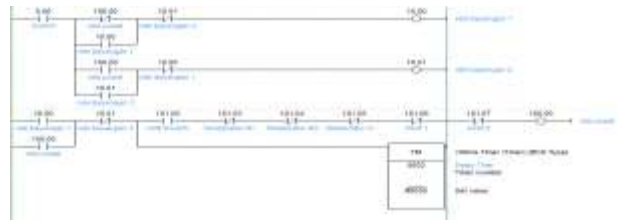


Gambar 10. Flowchart program

2.3.3 Program Pada PLC

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

a. On/Off Sitem Mesin Pengekstraksi Biji Kapuk.



Gambar 11 Program on/off mesin pengestraksi biji kapuk

Sistem plant konveyor mesin pengestraksi biji kapuk menggunakan satu tombol *ON/OFF* untuk operasi *ON* maupun *OFF* sistem. Ketika tombol *ON/OFF* (0.00) ditekan maka rele bayangan 1 (10.00) akan terhubung dan

mengontak rele 1 (100.00), maka sistem akan *on* dan timer mulai menghitung kerja sistem. Untuk *off* sistem, tombol *ON/OFF* (0.00) ditekan sekali lagi dan rele bayangan 2 (10.01) akan terhubung, lalu sistem akan mati atau *off*.

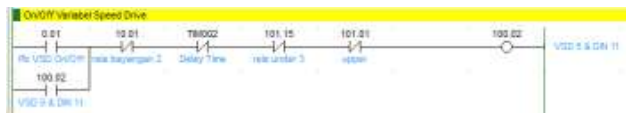
b. Pergantian kerja ke Oven



Gambar 3.12 Timer pergantian kerja sistem

Saat timer penghitung kerja sistem penggerus biji kapuk dan conveyor berhenti menghitung maka timer penghitung kerja penggerus biji kapuk dan conveyor akan mengontak coil (100.01) sehingga terjadi perubahan kerja ke sistem pemanas (oven).

c. On/Off Variabel Speed Drive



Gambar 3.13 On/Off Variabel Speed Drive

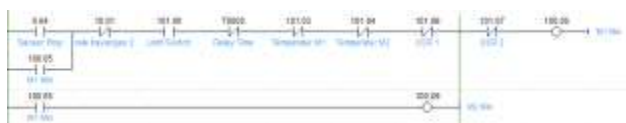
Saat push button on/off variabel speed drive (0.01) ditekan, maka VSD akan menyala (100.02) dan VSD siap untuk mengatur motor induksi 3 fasa.

d. Kerja Maksimum Motor Induksi 3 Fasa Plant Konveyor



Gambar 14 Kerja Maksimum Motor Induksi 3 fasa untuk plant konveyor

Saat sensor ping (0.03) mendeteksi sesuai jarak kedalaman oven yang diatur, maka motor induksi hopper (M1) akan bekerja maksimum untuk penggerusan biji kapuk (100.04). Kemudian ketika M1 bekerja maksimum maka motor induksi plant konveyor (M2) akan bekerja maksimum (100.08).



Gambar 15 Kerja Minimum motor induksi 3 fasa untuk proses penggerusan biji kapuk

e. Kerja Minimum Motor Induksi 3 Fasa Plant Konveyor

Saat sensor ping (0.04) mendeteksi sesuai jarak kedalaman oven yang diatur, maka motor induksi hopper (M1) akan bekerja minimum untuk penggerusan biji kapuk (100.05). Kemudian ketika M1 bekerja minimum maka motor induksi plant konveyor (M2) akan bekerja minimum (100.09).

f. Limit Switch



Gambar 3.15 Kerja limit switch pada PLC

Saat limit switch ditekan (0.07), maka limit switch (101.00) akan terhubung. Limit switch (101.00) yang terhubung akan menyebabkan kontak limit switch (100.10) berubah kondisi dari NC menjadi NO dan mengde-energize koil rele pusat (100.00) sehingga sistem akan mati.

g. Upper Speed Switch



Gambar 3.16 Kerja upper speed switch pada PLC

Ketika upper ditekan (0.08), maka koil upper (100.11) akan terhubung. Koil upper yang terhubung akan menyebabkan kontak upper (100.11) akan berubah kondisi dari NO menjadi NC dan mengde-energize rele pusat (100.00) sehingga sistem akan mati.

h. Under Speed Switch



Gambar 3.17 Kerja under speed pada PLC

Ketika rele pusat aktif maka secara otomatis rele under aktif (0.09). Namun rele under (101.13) belum terenergize karena Pb VSD On/Off (0.01) belum di energize. Setelah Pb VSD On/Off ditekan maka kontak Pb VSD akan berubah dari normally open (NO) ke normally close (NC) maka koil rele under 1 (101.13) akan terhubung. Kemudian ketika VSD mulai menaikkan frekuensinya dan mencapai nilai set point pada alarm-2 rele under

(0.09) akan terde-energize dan mengakibatkan rele under 2 (101.14) ter-energize. Kemudian ketika frekuensi turun dan mencapai nilai set point under speed under (0.09) akan aktif kembali dan menyebabkan rele under 3(102.01) dan rele under 4 (101.15) ter-energize. Kondisi rele under 4 (101.15) yang aktif menyebabkan Pb VSD On/Off terde-energize dan VSD akan off.

j. END



Gambar 18. 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 Hardware

3.1.1 Pengujian Inverter ABB ACS 300

a) Pengujian Input 3 Fasa (Fasa –Fasa)

Tegangan suplai daya masukan untuk inverter yaitu dengan supply 380 V_{AC}. Berikut gelombang keluaran tegangan 1 fasa ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 19. Tegangan sumber 3 fasa

Data hasil pengujian tegangan sumber 3 fasa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Data pengujian sumber 3 fasa

V _{R-S} (volt)	V _{S-T} (volt)	V _{T-R} (volt)	Cos phi
390	380	384	0,8

Dari data terlihat adanya nilai tegangan yang tidak seimbang pada tiap fasa. Hal ini dapat disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang maupun ketidakseimbangan impedansi saluran. Pada motor induksi ketidakseimbangan tegangan tiap fasa dapat menyebabkan ketidakseimbangan arus yang lebih besar serta pemanasan lebih pada motor.

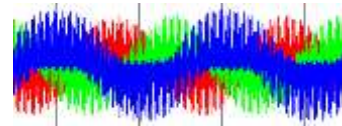
b) Tegangan Output 3 Fasa (R, S, T)

Tegangan output pada inverter berupa tegangan AC 0 – 380 V_{LL}. Tegangan ini menjadi tegangan input pada

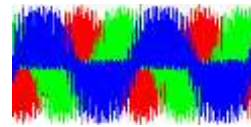
motor induksi 3 fasa. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dengan 5 variasi frekuensi yaitu 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz dan 50 Hz. Tabel 4.2 adalah hasil pengujian tegangan keluaran fasa-fasa inverter. Gelombang keluaran inverter dapat dilihat pada Gambar 20 sampai 24.

Tabel 8 Data pengujian sumber 3 fasa

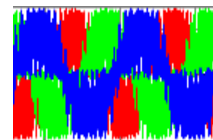
Variasi Frek. (Hz)	Vrms (Volt)			I rms (ampere)			Cos phi
	V _{R-S}	V _{S-T}	V _{T-R}	I _R	I _S	I _T	
10	116.37	122.54	133.54	1.31	1.07	1.02	0,86
20	179.03	172.45	185.31	1.21	1.20	1.11	0,82
30	210.58	211.10	214.22	1.34	1.25	1.23	0,82
40	246.34	246.85	249.11	1.37	1.24	1.23	0,81
50	295.52	295.50	296.54	1.20	1.18	1.16	0,80



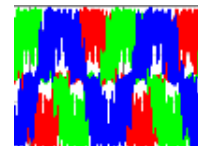
Gambar 20. Tegangan keluaran inverter 10 Hz



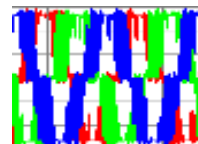
Gambar 21. Tegangan keluaran inverter 20 Hz



Gambar 22. Tegangan keluaran inverter 30 Hz



Gambar 23. Tegangan keluaran inverter 40 Hz



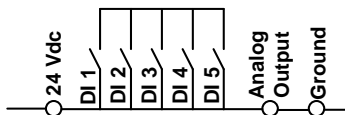
Gambar 24. Tegangan keluaran inverter 50 Hz

Dari gambar terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi pula tegangan keluarannya. Dapat dilihat juga semakin tinggi frekuensi maka gelombang terlihat semakin rapat. Hal itu menunjukkan jumlah

gelombang yang makin bertambah per 1 sekon seiring peningkatan frekuensi.

d) Pengujian Terminal Kontrol

Pada pengujian terminal kontrol, data yang diambil yaitu saat terminal terhubung oleh internal supply pada inverter dan analog output, yang digunakan pada perangkat ini untuk digital input dan analog output yang terdapat pada vsd. Skema rangkaian digital input dan analog output dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 25 Rangkaian terminal control vsd

Rangkaian digital input menggunakan internal supply 24 Vdc untuk mengaktifkan terminal digital input 1 sampai digital input 5. Sedangkan rangkaian analog output ini menggunakan fungsi arus 4-20 mA yang akan terhubung oleh resistor variable 250 Ω. Analog output ini berfungsi memberi inputan pada digital indicating controller untuk sistem upper speed switch konveyor.

Tabel 9 adalah nilai analog output pada inverter untuk 5 variasi frekuensi yaitu :

Tabel 9. Data pengujian analog output vsd

No.	Variasi frekuensi (Hz)	Analog output vsd (volt)
1.	7	1,72
2.	9	1,73
3.	11	1,79
4.	13	1,85
5.	15	1,89

Dari Tabel 9 dapat dilihat nilai analog output VSD dalam rentang frekuensi 7 Hz sampai 15 Hz. Nilai analog output VSD memiliki hubungan yang linier dengan frekuensi. Semakin tinggi nilai frekuensi maka nilai analog output VSD akan semakin besar juga. Analog output pada VSD adalah fungsi arus 4 – 20 mA yang nilainya proporsional dengan kenaikan tegangan

3.1.2 Pengujian Tegangan Masukan Input dan Output PLC

Pengujian terhadap input dan output PLC dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang merupakan tegangan DC. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 10 sebagai berikut

Tabel 10. Hasil pengujian input dan output PLC

PLC	Tegangan yang dibutuhkan	Tegangan hasil pengukuran
Input	24 V _{DC}	20,03V _{DC}
Output	24 V _{DC}	20,03 V _{AC}

3.1.3 Pengujian Tegangan Masukan Input PLC untuk Masing-Masing Peralatan

Pengujian tegangan input ke PLC dilakukan dengan cara menekan setiap tombol push button serta meng-energize kontak inputan dan mengukur tegangan keluarannya. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11. Pengujian Tegangan Masukan Input PLC

TAHAPAN INPUT	INPUT	TIDAK TERHUBUNG		TERHUBUNG	
		NC / NO	Volt	NC / NO	Volt
1	PB ON/OFF	NO	0	NC	20,30 VDC
2	PB ON/OFF VSD	NO	0	NC	19,9 VDC
3	SENSOR PING MAKS	NO	0	NC	18,6 VDC
4	SENSOR PING MIN	NO	0	NC	18,6 VDC
5	LIMIT SWITCH	NC	20,60 VDC	NO	0
6	UPPER SPEED	NO	0	NC	20,80 VDC
7.	UNDER SPEED	NO	0	NC	18,6 VDC
8.	KERJA TIMER	NO	0	NC	18,6 VDC

3.1.4 Pengujian Tegangan Masukan Output PLC untuk Masing-Masing Peralatan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dari output PLC, yang pada penelitian ini berupa tegangan pada koil kontaktor dan tegangan pada rele ketika sistem sedang berjalan maupun ketika sistem mati.

Tabel 12. Pengujian tegangan masukan output PLC

Tahapan Output	Output	Tegangan saat tidak terhubung sistem	Tegangan saat Terhubung sistem
1	Kontaktor Pusat	220 V _{AC}	219,2 V _{AC}
2	Rele Pusat	24 V _{DC}	219,2 V _{DC}
3	Rele DI 1 (On/Off vsd)	24 V _{DC}	19,9 V _{DC}
4	Rele DI 3 (maks motor)	24 V _{DC}	18,6 V _{DC}
5	Rele DI 4 (min motor)	24 V _{DC}	18,6 V _{DC}
6	Rele Oven (Pergantian Kerja)	24 V _{DC}	219,6 V _{DC}
7	Kontaktor Beban	220 V _{AC}	219,6 V _{AC}

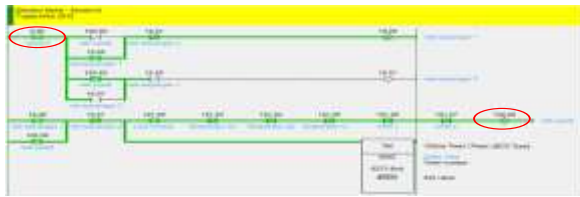
3.1.5 Pengujian Unjuk Kerja I/O PLC

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

Tabel 13. Pengujian Unjuk Kerja I/O PLC

	TOMBOL INPUT START								TOMBOL STOP
	1	2	3	4	5	6	7	8	1
KONTAKTOR									
KONTAKTOR PUSAT (MOTOR DAN VSD)	1	1	1	1	0	1	1	1	0
KONTAKTOR BEBAN	0	0	0	0	0	0	0	1	0
RELE									
RELE PUSAT	1	1	1	1	0	1	1	1	0
RELE DI1	0	1	1	1	0	0	0	0	0

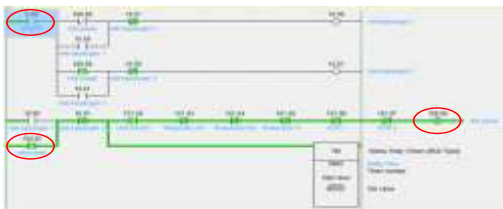
push button on/off ditekan akan mengontak rele bayangan 1 (10.00) dan meng-energize memory rele pusat (100.00).



Gambar 27. Diagram ladder ketika push button on/off ditekan satu kali

Tabel 15. Kondisi push button on

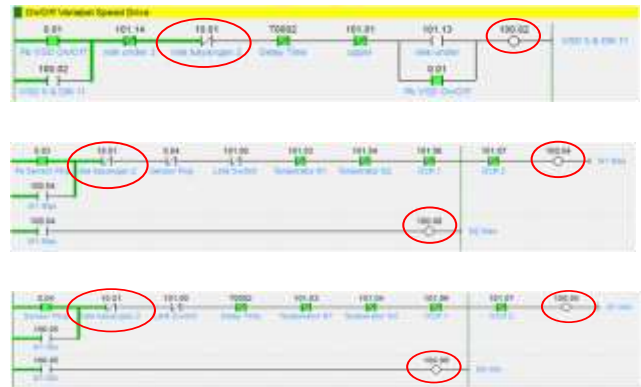
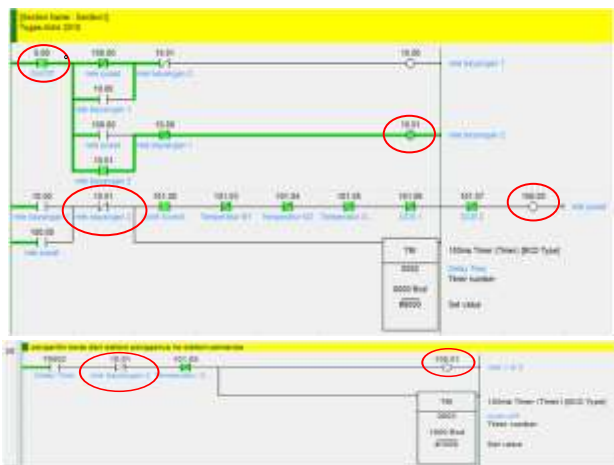
Kondisi push button	Memory rele pusat
On	On
Off	On



Gambar 28. Diagram ladder ketika push button on/off ditekan satu kali dalam keadaan latch

• **Kondisi Push Button OFF**

Pada pengujian kali ini akan menampilkan pengaruh dari push button on/off (0.00) ketika ditekan 2 kali. Ketika push button on/off ditekan akan mengontak rele bayangan 2 (10.01) dan mengde-energize memory rele pusat (100.00). Kondisi ini menyebabkan sistem plant konveyor akan mati karena tidak sumber yang disupply kedalam system.



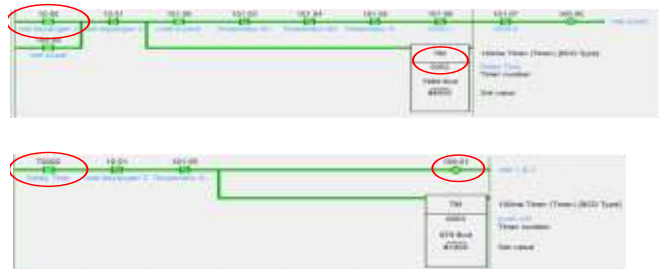
Gambar 29. Diagram ladder ketika push button on/off ditekan dua kali

Tabel 17. Kondisi push button on/off ditekan dua kali

Kondisi push button off	Rele Pusat	Kondisi
On	VSD On/off	Off
	M2 maksimum	Off
	M2 minimum	off

• **Pengujian Timer**

Pada pengujian kali ini akan menampilkan bagaimana proses kerja timer untuk mekanisme pergantian kerja dari motor ke pemanas.



Gambar 30. Diagram ladder timer

• **Pengujian Push Button VSD On/Off**

Pada pengujian kali ini akan diujikan pengaruh PB VSD On/Off ketika ditekan. Saat PB VSD On/Off (0.01) ditekan maka akan mengontak memory DIN 1 (100.02). Terkontaknya memory DIN 1 menyebabkan VSD On.



Gambar 31. Diagram ladder push button vsd on/off

Tabel 18. Kondisi *push button on*

Kondisi push button	Memory DIN 1
On	On
Off	On



Gambar31. Diagram *ladder push button vsd on/off kondisi latch*

• **Pengujian Kerja Maksimum Motor**

Pengujian kerja maksimum motor yang pada ladder diwakilkan dengan push button sensor ping diuji dengan mengaktifkan kontak sensor ping yang aktif pada keadaan level untuk kerja maksimum motor.. Ketika push button sensor ping (0.03) terkontak maka *memory M1 max* (100.04) akan aktif. Aktifnya *M1 max* menyebabkan *memory M2 max* (100.08) aktif.



Gambar 32. Diagram *ladder kerja motor maksimum*

• **Pengujian Kerja Minimum Motor**

Pengujian kerja minimum motor yang pada *ladder* diwakilkan dengan sensor ping diuji dengan mengaktifkan kontak sensor ping yang aktif pada keadaan level untuk kerja minimum motor. Ketika push sensor ping (0.04) terkontak maka *memory M1 min* (100.05) akan aktif. Aktifnya *M1 min* menyebabkan *memory M2 min* (100.09) aktif.



Gambar 33. Diagram *ladder kerja minimum maksimum*

• **Pengujian Sensor Limit Switch**

Pengujian sensor limit switch dilakukan dengan mengaktifkan kontak limit switch (0.07). Ketika limit switch (0.07) terkontak maka rele akan berubah dari kondisi *normally close* (NC) menjadi *normally open* (NO). Kondisi ini menyebabkan *memory limit switch* (101.00) akan terde-energize.



Gambar 34. Diagram *ladder kerja limit switch*

Ketika limit switch (0.07) terkontak maka *memory limit switch* (101.00) yang sebelumnya menyimpan logika *high* akan berubah kondisi dari menjadi logika *low*. Kondisi ini menyebabkan *memory rele pusat* (100.00) akan terde-energize dan system akan mati.

• **Pengujian Digital Indicating Controller**

Pengujian *digital indicating controller* dilakukan dengan mensimulasikan kerja *under* dan *upper speed* konveyor. Kerja dari *digital indicating controller* pada kondisi *b-out* (kondisi input tak hingga) yang menyebabkan rele alarm bekerja. Rele alarm ini tidak boleh mengganggu kerja *Variable Speed Drive*.



Gambar 35. Diagram *ladder kondisi b-out*



Gambar 36. Diagram *ladder kondisi reset rele digital indicating controller*

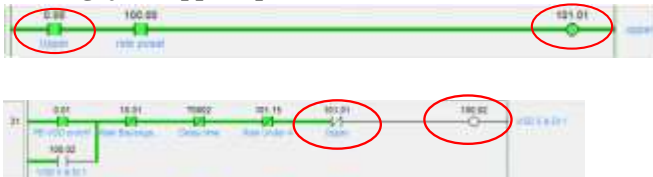
• **Pengujian Under Speed**

Saat terjadi gangguan yang menyebabkan frekuensi turun dibawah frekuensi minimum yang diatur maka *under* (0.09) akan aktif kembali dan menyebabkan rele *under 3* (102.01) dan rele *under 4* (101.15) ter-energize. Kondisi aktifnya rele *under 4* dan rele *under 3* menyebabkan *VSD* (100.02) akan off yang ditunjukkan pada Gambar 38.



Gambar 37. Diagram ladder kondisi under speed

• Pengujian Upper Speed



Gambar 38. Diagram ladder kondisi upper speed

3.3 Pengujian kerja motor induksi terkontrol dengan ABB ACS 300

• Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa Tidak Tekopel Beban

Dalam pengujian ini, putaran motor induksi diatur dengan *variabel speed drive* menggunakan variabel frekuensi. Pengujian dilakukan saat kondisi motor terlepas dari beban atau di penelitian ini adalah perangkat konveyor. Data diambil saat motor sudah mencapai frekuensi yang diinginkan.

Data pengukuran arus tegangan dan putaran motor saat tidak terkopel oleh beban ditunjukkan pada tabel 19.

Tabel 19. Data pengukuran arus, tegangan dan putaran motor induksi tidak terkopel

Variasi Frek (Hz)	Vrms (Volt)			I rms (ampere)			n (rpm)
	V _{R-S}	V _{S-T}	V _{T-R}	I _R	I _S	I _T	
5	312.70	312.56	312.14	1.18	0.83	0.84	150.07
10	313.57	312.61	313.32	1.22	1.04	1.04	290.2
15	314.25	313.16	313.98	1.25	1.15	1.14	444
20	315.41	314.99	315.32	1.19	1.21	1.2	597.9
25	315.31	316.36	314.89	1.28	1.26	1.24	730
30	314.49	313.93	313.78	1.22	1.27	1.25	873.5
35	316.30	315.15	315.07	1.27	1.27	1.26	2024
40	316.87	314.38	316.73	1.19	1.2	1.17	1195
45	318.96	317.35	318.76	1.19	1.24	1.21	1314
50	323.57	320.73	324.29	1.27	1.18	1.19	1497

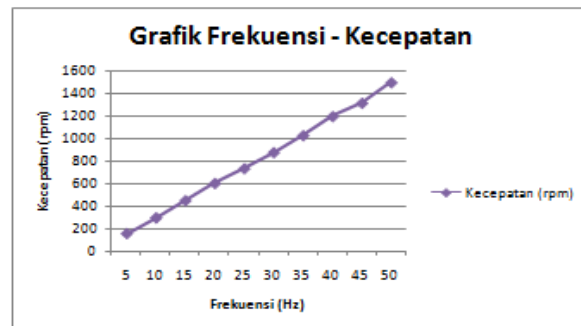
Dari Tabel 19 dapat dibuat grafik perbandingan antara frekuensi-arus, frekuensi-tegangan dan frekuensi-rpm. Grafik perbandingan antara frekuensi-arus ditunjukkan pada Gambar 39.



Gambar 39. Grafik frekuensi-arus tidak terkopel beban



Gambar 40. Grafik frekuensi-tegangan tidak terkopel beban



Gambar 41. Grafik frekuensi-rpm tidak terkopel beban

• Pengujian Kerja Motor Induksi 3 Fasa Tekopel Beban

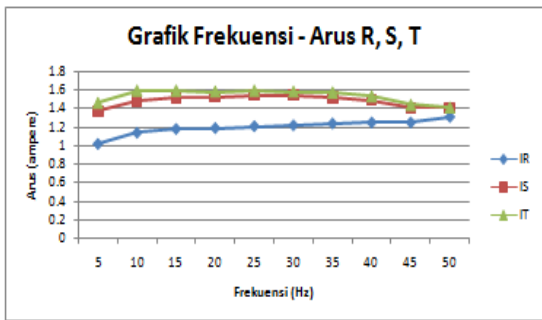
Dalam pengujian ini, dilakukan saat kondisi motor terkopel dengan beban atau di penelitian ini adalah perangkat konveyor. Putaran motor diatur dengan menggunakan *variable speed drive*. Pada pengujian motor induksi akan mengalami kenaikan arus saat motor terkopel dengan sistem konveyor. Hal ini dikarenakan adanya beban yang bertumpu pada motor induksi. Data diambil pada saat motor sudah mencapai frekuensi yang diinginkan.

Data pengukuran arus tegangan dan putaran motor saat terkopel oleh beban ditunjukkan pada Tabel 19.

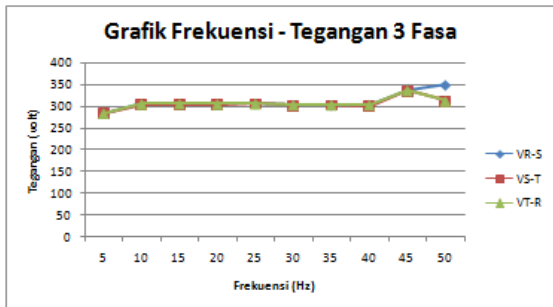
Tabel 20. Data pengukuran arus, tegangan dan putaran motor induksi terkopel beban.

Variasi Frek (Hz)	Vrms (Volt)			Irms (ampere)			n (rpm)
	V _{R-S}	V _{S-T}	V _{T-R}	I _R	I _S	I _T	
5	283.82	283.92	283.10	1.02	1.37	1.46	0
10	305.53	304.58	305.00	1.14	1.48	1.59	226
15	305.94	304.81	305.25	1.18	1.52	1.59	388
20	305.67	304.77	304.95	1.19	1.53	1.58	535,1
25	306.51	306.43	305.87	1.21	1.54	1.59	688
30	303.22	302.22	302.91	1.22	1.54	1.58	803,7
40	303.35	300.97	302.66	1.25	1.49	1.53	1249
45	336.61	335.37	335.81	1.25	1.40	1.44	1293
50	349.00	311.75	311.26	1.31	1.40	1.41	1428

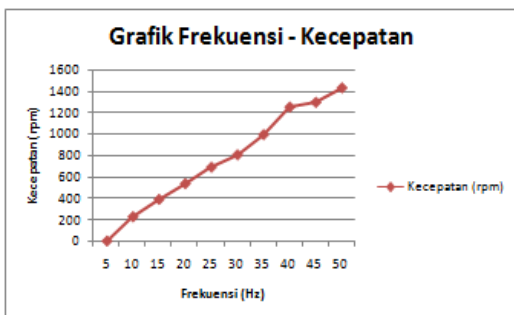
Dari Tabel 20 dapat dibuat grafik perbandingan antara frekuensi-arus, frekuensi-tegangan dan frekuensi-rpm. Grafik perbandingan antara frekuensi-arus ditunjukkan pada gambar 42.



Gambar 42. Grafik frekuensi-arus terkopel beban



Gambar 43. Grafik frekuensi-tegangan terkopel beban



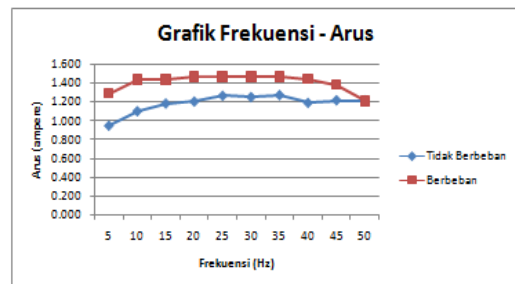
Gambar 44. Grafik frekuensi-rpm terkopel beban

• Perbandingan Kerja Motor Induksi 3 Fasa saat Tekopel Beban dan Tidak Terkopel Beban

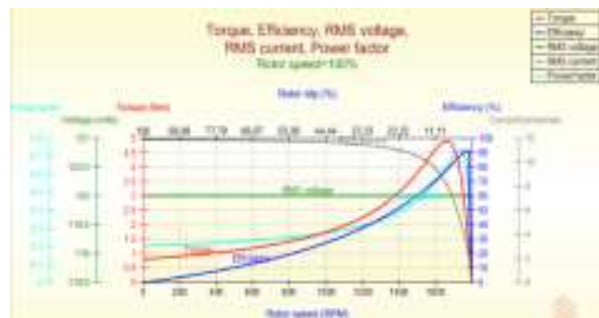
Dari data yang sudah diperoleh pada pengujian motor induksi 3fasa saat motor terkopel atau tidak terkopel dengan beban. Data perbandingan kerja motor induksi 3 fasa saat terkopel beban dan tidak terkopel beban putaran dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Data perbandingan arus, tegangan, dan kecepatan motor induksi saat tidak terkopel dengan beban dan terkopel beban

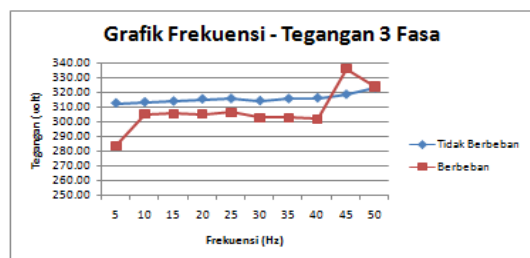
Frek (Hz)	Tidak Terkopel Beban			Terkopel Beban			Δn
	Arus (A)	Tegangan (V)	(Rpm)	Arus (A)	Tegangan (V)	(Rpm)	
5	0.95	312.47	150.07	1.29	283.61	0	150.07
10	1.10	313.16	290.2	1.43	305.04	226	64.2
15	1.18	313.80	444	1.43	305.33	388	56
25	1.26	315.52	730	1.46	306.27	688	42
30	1.25	314.07	873.5	1.46	302.70	803,7	69.8
35	1.27	315.51	2024	1.46	302.68	991,4	1032.6
40	1.19	316.00	1195	1.44	301.62	1249	146
45	1.21	318.36	1314	1.38	335.93	1293	21
50	1.21	322.86	1497	1.20	324.01	1428	69



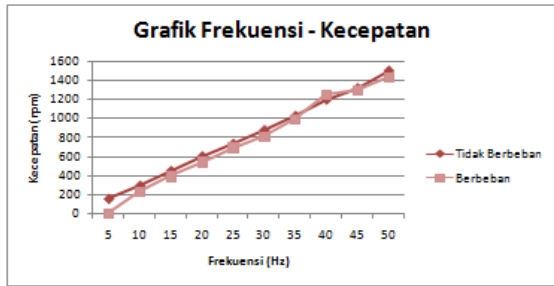
Gambar 45. Grafik perbandingan arus-frekuensi saat terkopel dan tidak terkopel beban



Gambar 46. Karakteristik Torsi-Kecepatan motor induksi



Gambar 47. Grafik perbandingan tegangan saat terkopel dan tidak terkopel



Gambar 48. Grafik perbandingan Rpm saat terkopel dan tidak terkopel

• Pengukuran Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Motor yang dikontrol oleh *variable speed drive* akan memiliki daya yang lebih baik dibandingkan tidak terkontrol. Perbandingan dilakukan dengan pengukuran dan perhitungan daya pada sumber 3 fasa yang digunakan sebagai input *variable speed drive* terhadap daya pada *output variable speed drive* yang digunakan sebagai input motor pada keadaan berbeban. Membandingkan keluaran dan masukan VSD dilakukan karena biaya yang harus dibayarkan oleh industri adalah daya nyata yang terhitung dari meteran pada jala-jala.

Penggunaan *variable speed drive* mampu memberikan daya sesuai dengan kebutuhan. Untuk frekuensi dibawah rating motor 50 Hz, daya yang dimasukan tidak perlu sama dengan daya rating motor (0,75 KW). Ini artinya tidak ada daya yang terbuang. Data tegangan, arus dan $\cos \varphi$ motor dapat dilihat pada Tabel 22

Tabel 22. Data pada masukan dan keluaran *variable speed drive*

Frek. (Hz)	Sisi masukan (Jala-jala ke VSD)			Sisi Keluaran (VSD ke motor)		
	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	cos phi	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	cos phi
5	0.21	385	0.8	1.28	283.61	0.69
10	0.34	385	0.8	1.40	305.04	0.73
15	0.42	385	0.8	1.43	305.33	0.85
20	0.5	385	0.8	1.43	305.13	0.85
30	0.67	385	0.8	1.45	302.78	0.83
35	0.72	385	0.8	1.44	302.69	0.8
40	0.8	385	0.8	1.42	302.33	0.62
45	0.96	385	0.8	1.36	335.93	0.8
50	1	385	0.8	1.37	324.00	0.6

Dari data pada Tabel 22. dapat dihitung daya pada sisi keluaran dan masukan yaitu :

$$P = V_{L-L} \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \quad (4.1)$$

Dimana :

- P = Daya (watt)
- V = Tegangan fasa-fasa
- I = Arus (ampere)
- Cos φ = Faktor daya

Maka dari Persamaan 4.5 didapat :

Daya masukan

$$P_{in} = 385 \times 0,21 \times 0,8 \times \sqrt{3} = 112,09 \text{ watt}$$

Daya keluaran

$$P_{out} = 283,6 \times 1,29 \times 0,69 \times \sqrt{3} = 436,25 \text{ watt}$$

Selisih Daya (ΔP)

$$\Delta P = P_{out} - P_{in} \quad (4.2)$$

$$\Delta P = 436,25 - 112,09 = 324,16$$

Efisiensi motor

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \%$$

(4.3)

Dimana :

P2 = Daya keluaran VSD ke motor (watt)

P1 = Daya masukan VSD (watt)

η = Efisiensi motor

Maka Efisiensi motor adalah

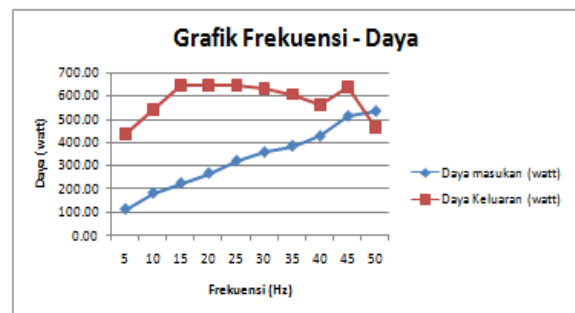
$$= \frac{436,35}{112,09} \cdot 100\% = 388,28\%$$

Dari perhitungan diatas dapat dibuat data yang ditunjukkan pada Tabel 23.

Tabel 23. Data daya masukan, daya keluaran, efisiensi vsd

Frek (Hz)	Daya Masukan (watt)	Daya Keluaran (watt)	ΔP (watt)	Efisiensi (%)
5	112.09	436.35	323.13	58.18
10	181.48	552.84	360.06	73.71
15	224.18	642.29	418.99	85.64
20	266.88	655.26	377.36	87.37
25	320.26	651.38	324.73	86.85
30	357.62	637.20	272.43	84.96
35	384.31	614.08	221.38	81.88
40	427.01	564.53	132.29	75.27
45	512.41	642.38	122.54	85.65
50	533.76	511.68	-71.09	68.22

Dari tabel 23.dapat dibuat grafik perbandingan antara frekuensi-daya, frekuensi-efisiensi vsd.



Gambar 49. Grafik perbandingan frekuensi-daya *variable speed drive* ABB ACS 300



Gambar 50. Grafik perbandingan frekuensi-Efisiensi variable speed drive ABB ACS 300

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa pada penelitian “Pengaturan Kecepatan Konveyor berbasis PLC” ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Variable Speed Drive ABB ACS 300* telah berhasil diimplementasikan sebagai pengatur kecepatan motor induksi 3 fasa dengan perangkat konveyor. Hal ini dibuktikan dengan putaran motor induksi 3 fasa sebesar 388 Rpm (kecepatan minimum) sampai 535,1 Rpm (kecepatan maksimum) digunakan pada plant konveyor untuk membawa hasil gerusan biji kapuk dari *hopper* menuju pemanas pada mesin pengestraksi biji kapuk.
2. Dari pengujian motor induksi 3 fasa dengan beban konveyor terkontrol *Variable Speed Drive ABB ACS 300* telah diketahui, memiliki efisiensi diatas 100 % pada rentang frekuensi 5 – 45 Hz. Namun memiliki efisiensi yang rendah dibawah 100 % pada frekuensi 50 Hz yaitu 86,68 %.
3. Pembacaan level ketinggianserbuk biji kapuk pada pemanas mesin pengestraksi biji kapuk menggunakan sensor Ping berbasis mikrokontroler ATmega8535 telah berhasil diimplementasikan. Hal ini dibuktikan dengan motor yang akan bekerja pada kondisi maksimum (20 Hz) saat sensor ping mendeteksi ketinggian 5 – 10 cm dan bekerja pada kondisi minimum (15 Hz) saat sensor ping mendeteksi ketinggian 15 – 30 cm.
4. *Safety Device* konveyor *upper* dan *under speed* menggunakan *digital indicating controller Yokogawa UT350* sebagai fungsi indikator dan *alarm switch* telah berhasil diimplementasikan pada plant konveyor mesin pengestraksi biji kapuk. Hal ini dibuktikan pengaman *upper speed* akan bekerja pada frekuensi 22 Hz atau rele alarm-1 aktif yang berarti memberikan logika *high* pada sistem *upper* PLC dan pengaman *under speed* akan bekerja pada frekuensi 13 Hz atau rele-alarm-2 aktif yang berarti memberikan logika *high* pada sistem *under* PLC. *Safety Device* konveyor *limit switch* telah berhasil diimplementasikan sebagai pendeteksi putusnya belt konveyor mesin pengestraksi biji kapuk. Hal ini dibuktikan saat

aktuator tertekan (kondisi belt normal) *limit switch* memberikan tegangan keluaran 0 Vdc yang berarti logika *low* pada PLC dan saat aktuator tidak tertekan (kondisi belt terputus) *limit switch* memberikan tegangan keluaran 18,74 Vdc yang berarti logika *high* pada PLC.

5. *Programable Logic Controller (PLC)* telah berhasil diimplementasikan sebagai pengatur kordinasi kerja terminal digital input *Variable Speed Drive ABB ACS 300*, sensor jarak dan *safety device* plant konveyor pada mesin pengestraksi biji. Hal ini dibuktikan dengan putaran motor induksi tiga fasa yang akan bekerja sesuai dengan masukan dari sensor ping yaitu 20 Hz (535,1 Rpm) saat kondisi maksimum pada jarak kedalaman pemanas 5 -10 cm dan 15 Hz (388 Rpm) saat kondisi minimum (1861 sampai 3943 Rpm) pada jarak kedalaman pemanas 15-30 cm. Serta motor akan mati pada saat mendeteksi kondisi gangguan *upper speed* pada frekuensi 22 Hz, *under speed* pada frekuensi 13 Hz dan terputusnya belt konveyor.
6. Diagram tangga logika atau *leader diagram* telah berhasil dibuat sebagai program pengaturan dalam sistem PLC untuk mengatur kordinasi kerja sensor jarak, *safety device* konveyor dan terminal *digital input* Variabel Speed Drive ABB ACS 300 pada plant konveyor mesin pengestraksi biji kapuk. Hal ini dibuktikan dengan saat *input* PLC bekerja maka akan memberikan sinyal masukan 1 (logika *high* dengan tegangan referensi 14,4 Vdc), ketika *input* PLC tidak bekerja maka akan memberikan sinyal masukan 0 (logika *low* dengan tegangan referensi 5 Vdc).

Referensi

- [1]. Wildi, Theodore.”Electrical Machines, Drives, and Power Systems”. Prentice-Hall International, 1997.
- [2]. M. H. Rashid, Ed, Power Electronic Handbook: Device, Circuit, and Application, New Jersey : Prentice-Hall International.
- [3]. Budiyanto, M., A. Wijaya, Pengenalan Dasar-dasar PLC (ProgrammableLogicController), Gava Media, Yogyakarta.
- [4]. E.Kissel,Thomas. “Modern Industrial/Elevtrical Motor Controls” . New Jersey: Prentice Hall. 1990.
- [5]. Barnes, Malcolm. “PracticalVariable Speed Drive and Power Electronic”,Great Britain : An imprint of Elsevier. 2003
- [6]. Theraja, B.L. “Technology Electrical Volume II AC& DC Machines” New Delhi: Nirja Construction and Development Co., 1994
- [7]. Fakhriyal, Reza, Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) Pada Pengasutan Dan Proteksi Bintang (Y)-Segitiga (Δ) Motor Induksi Tiga Fasa, Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [8]. Agung Nurcahyo, Dimas, Aplikasi PLC Pada Industri Mesin Pemotong Kayu, Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang,2013.
- [9]. Wisesa, Tirta, Perancangan Pengaturan Kecepatan MotorInduksi Satu Fasa Dengan PWM Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino, Penelitian,Universitas Bengkulu, Bengkulu 2014.

- [10]. Dahono, Pekik Argo. Faktor Daya Berbagai VSD, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2012.
- [11]. Al Mubarak, FajarRomi, Rancang Bangun Modul Perangkat Konveyor Berbasis PLC, Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [12]. Heryanto, M. Ary, Adi, Wisnu, Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler Atmega 8535. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008
- [13]. Wardhana. L, Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR seri Atmega 8535 Simulasi ,Hardware ,dan Aplikasi, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.