

SISTEM PENGENDALIAN MOTOR INDUKSI 3 FASE BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL & VARIABEL SPEED DRIVE BERPENAMPIL HUMAN MACHINE INTERFACE

Beny Firman¹, Wiwik Handajadi², Syarif Maulana³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Jl. Kalisahak No. 28 Komp. Balapan, Yogyakarta, Indonesia

Email : [1benyfirman@akprind.ac.id](mailto:benyfirman@akprind.ac.id), [2wiwikhandajadi@akprind.ac.id](mailto:wiwikhandajadi@akprind.ac.id), [3syariefmaulana24@gmail.com](mailto:syariefmaulana24@gmail.com)

ABSTRACT

The use of contactor and push button on the control system will be a little place for installation. This will make the system more complicated. To overcome the programmable logic control program is used as a system that has been tested. Therefore research is done by using PLC as a control system. PLC has become a common thing for industrial domains, as a system that can be programmed with the Ladder language to replace many contexters or relays. This research is also equipped with a user interface using the Human Machine Interface (HMI). Because in this study the use of push button and indicator lights are quite a lot, it is necessary to make HMI reserves as a user interface to replace the push button function and also indicator lights. Not only that this research also uses the Speed Drive variable (VSD), as a motor rotating speed controller. The motorbike here can be used as a reverse or forward, and even set the motor speed with 4 speed levels of a minimum value of 10 Hz to 60 Hz. By connecting the three parts using a PLC configuration connection on the software used. From the study produced a 3-phase induction motor control system based on Programmable Logic Control & Variable Speed Drive in the Human Machine Interface.

Keywords : PLC, HMI, VSD, Full, Configuration & Control

INTISARI

Penggunaan kontaktor dan *push button* pada sistem kendali akan memerlukan sedikit tempat untuk pemasangannya. Hal ini akan menjadikan sistem tersebut menjadi lebih rumit. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakanlah *Programmable Logic Control* sebagai sistem yang telah teruji. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian dengan menggunakan PLC sebagai sistem kontrol. PLC sudah menjadi hal yang umum untuk ranah Industri, sebagai sistem yang dapat terprogram dengan bahasa *Ladder* untuk menggantikan banyak kontaktor atau *relay*. Penelitian ini juga dilengkapi dengan *user interface* dengan menggunakan *Human Machine Interface* (HMI). Karena pada penelitian ini penggunaan *push button* dan lampu indikator yang cukup banyak, maka perlu dibuatkanlah desain HMI sebagai *user interface* untuk menggantikan fungsi *push button* dan juga lampu indikator. Tidak hanya itu penelitian ini juga menggunakan *Variabel Speed Drive* (VSD), sebagai pengontrol kecepatan putar motor. Motor disini dapat difungsikan sebagai *reverse* atau *forward*, dan bahkan mengatur kecepatan motor dengan 4 level kecepatan dari nilai minimum 10 Hz sampai 60 Hz. Dengan menghubungkan ketiga part tersebut menggunakan koneksi konfigurasi PLC pada *software* yang digunakan. Dari penelitian tersebut menghasilkan Sistem Pengendalian Motor Induksi 3 Fase Berbasis *Programmable Logic Control & Variabel Speed Drive* Berpenampil *Human Machine Interface*.

Kata Kunci : PLC, HMI, VSD, Kendali, Konfigurasi, & Kontrol.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat memberikan banyak kemudahan dalam berbagai bidang salah satunya adalah bidang industri. Industri merupakan sebuah tempat yang membutuhkan sistem yang memberikan sebuah kemudahan dan kemanan yang tinggi

untuk dapat mencapai produk yang diinginkan. Untuk mencapai kebutuhan tersebut dibutuhkanlah suatu penggerak yang digunakan dalam mesin produksi. Salah satu penggerak mesin tersebut adalah motor listrik 3 fase. Motor listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok di industri sebagai

penggerak mesin-mesin yang digunakan, seperti konveyor, lift barang, mesin penggiling dan yang lain-lain [1].

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut salah satunya adalah dengan menggunakan *Programmable Logic Controller*, PLC merupakan salah satu komponen yang banyak diaplikasikan di lingkungan industri. Hal ini bertujuan untuk mempermudah bahkan mempercepat efektifitas produksi untuk mencapai target yang telah diinginkan.

Berdasarkan hal tersebut dibuatlah sistem dimana sistem ini akan melakukan sebuah perintah. Perintah ini akan diterjemahkan ke dalam bahasa *Ladder* diagram oleh PLC, hal ini disebut dengan sistem komunikasi PLC. Untuk dapat melakukan kendali pada motor listrik yang digunakan, VSD berperan penting untuk melakukan hal tersebut, sehingga kecepatan putar motor dapat dikondisikan. Untuk mengurangi penggunaan *push button* dan lampu indikator penelitian ini menggunakan sebuah *display* layar monitor sebagai pengontrol sistem berbasis *user interface*.



Gambar 1. PLC TM221 CE24R merk *schneider*

Programmable Logic Controller (PLC) adalah sebuah rangkaian elektronik yang dapat mengerjakan berbagai fungsi-fungsi kontrol pada level-level yang kompleks. PLC dapat diprogram, dikontrol, dan dioperasikan oleh operator. PLC umumnya digambarkan dengan garis dan peralatan pada suatu diagram *Ladder*. Hasil gambar tersebut pada komputer menggambarkan hubungan yang diperlukan untuk suatu proses. PLC akan mengoperasikan semua sistem yang mempunyai *output* apakah harus ON atau OFF, dapat juga dioperasikan suatu sistem dengan *output* yang bervariasi [2].



Gambar 2. HMI magelis merk *schneider*

Human Machine Interface (HMI) adalah sebuah alat yang dapat menampilkan proses sistem yang dijalankan oleh PLC. Tujuan dari HMI adalah meningkatkan interaksi antara mesin dengan operator melalui tampilan layar komputer sehingga memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang diberikan sehingga mempermudah pekerjaan fisik [3].



Gambar 3. *Variabel speed drive* ATV12

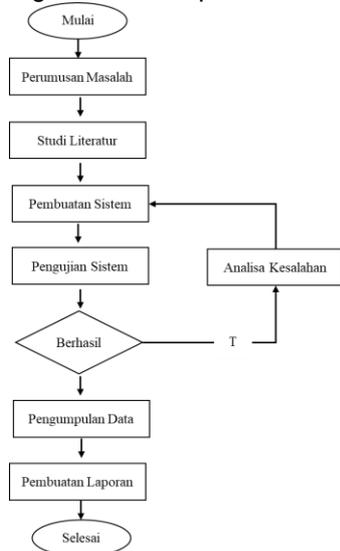
Variabel Frekuensi Drive (VSD) semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi. VSD mengontrol kecepatan motor induksi dengan mengubah frekuensi dari *grid* untuk nilai yang disesuaikan pada sisi mesin sehingga memungkinkan motor listrik dengan cepat dan mudah menyesuaikan kecepatan dengan nilai yang diinginkan. Dua fungsi utama dari *Variabel Frekuensi Drive* adalah untuk melakukan konversi listrik dari satu frekuensi ke yang lain, dan untuk mengontrol frekuensi keluaran. Aplikasi VSD digunakan dari mulai peralatan kecil sampai peralatan besar, yaitu pengaturan pabrik tambang, kompresor dan sistem ventilasi untuk bangunan besar. Selain itu VSD juga digunakan pada pompa, konveyor dan alat pengendali mesin. Penggunaan variabel frekuensi drive pada motor dapat menghemat energi sehingga mengurangi biaya listrik

II. METODOLOGI

Metode penelitian yang dipakai penulis dalam melakukan penelitian ini yaitu metode eksperimen yaitu metode penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel independen (*treatment/perlakuan*) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendali. Dalam bagian ini dipaparkan tentang tahapan dalam penelitian yaitu membuat diagram blok tahapan penelitian, *flowchart* dari sistem kerja alat, alat dan bahan yang dipakai, dilanjutkan analisis dalam melaksanakan penelitian ini.

A. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini ditunjukkan dengan *flowchart* pada Gambar 4.

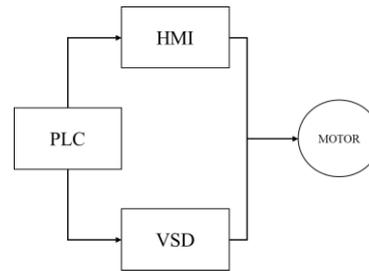


Gambar 2. *Flowchart* tahapan penelitian.

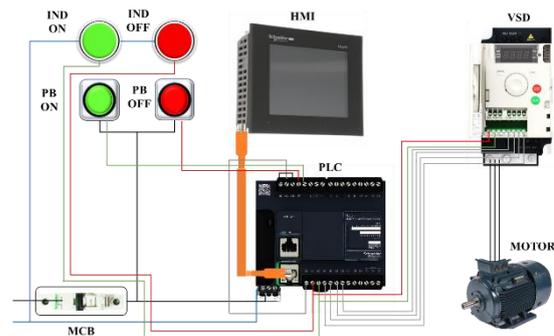
Tahapan penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil rancangan penelitian sehingga dapat menyelesaikan rumusan masalah. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4. Secara garis besar tahapan penelitian ini terdiri dari beberapa bagian mulai dari perumusan masalah, studi *literatur*, pembuatan sistem, pengujian sistem, analisa kesalahan, pengumpulan data dan laporan hasil.

B. Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem ini, dilakukan dengan beberapa tahap, untuk tahap yang pertama merupakan penyusunan perangkat yang dibutuhkan untuk membuat sistem kendali yang diinginkan, dengan menggunakan PLC tipe *Schneider* TM221 CE24R dan VSD tipe ATV12 merk *Schneider* serta menggunakan HMI Magelis merk *Schneider*. Penyusunan ini dilakukan dengan menyambungkan kabel NYAF yang dibutuhkan dan kabel *Ethernet* sebagai penghubung antara HMI dan PLC. Kemudian untuk tahap yang kedua adalah pengaturan pada VSD sehingga sinkron terhadap output PLC yang digunakan. Kemudian tahap yang ketiga adalah desain HMI melalui software *Vijeo Designer Basic*, HMI di desain sedemikian rupa agar sesuai dengan output yang diinginkan.



Gambar 3. Diagram Blok perancangan sistem



Gambar 4. Rangkaian penelitian

Dari gambar rangkain di atas terlihat bahwa traner kit PLC yang digunakan merupakan tipe PLC TM221 CE24R yang mana, PLC ini digunakan untuk memprogram dengan bagas *Ladder* diagram. Tentunya program yang dibuat harus menyesuaikan dengan apa yang dikendalikan sehingg sistem kendali tidak mengalami error.

Kemudian konfigurasi PLC juga harus disamakan dengan konfigurasi pada HMI, terlihat bahwa port pada PLC yang terhubung ke HMI dengan kabel *Ethernet* dengan konektor RJ45 harus terkonfigurasi dengan IP address yang sama. Pengaturan konfigurasi terdapat pada software yang digunakan PLC yaitu *Eco Sruxture* dan HMI dengan software *Vijeo Designer Basic*. Setelah mengatur konfigurasi pada PLC dan HMI, bagian selanjutnya adalah memasang komponen yang digunakan seperti push button, lampu indikator, dan juga kabel penghubung (NYAF).

Pemasangan ini meliputi input PLC dengan alamat I0.1 yang terhubung dengan *push button* ON dengan kontak NO (*Normally Open*) dan I0.2 yang terhubung dengan *push button* OFF dengan kontak NC (*Normally Close*). Sedangkan kontak output PLC dimana untuk alamat Q0.1 terhubung secara parallel dengan lampu indikator ON dan power VSD. Kemudian output PLC dari alamat Q0.3 sampai Q0.6 terhubung secara berurutan dengan LI1, LI2, LI3, dan LI4 pada

VSD. Sedangkan untuk VSD ke Motor adalah kabel R S T yang ada di VSD.

C. Pengujian Sistem

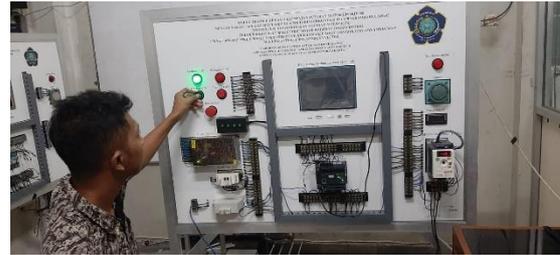
Setelah sistem dibuat maka sistem akan diuji secara keseluruhan baik dari segi hardware ataupun software, berikut adalah beberapa pengujian yang harus dilakukan :

1. Spengujian sistem kendali dengan cara menekan push button ON, OFF dan saklar Emergency apakah bekerja dengan semestinya atau tidak.
2. Sistem komunikasi PLC, dengan menggunakan software bawaan dari Schneider yaitu Eco Struxture dengan cara mengaktifkan beberapa kontak NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Clause*) pada simulasi program.
3. Konfigurasi sistem, sistem yang terhubung akan dengan cara mengatur IP address, Protocol, Port, ataupun COM yang digunakan.
4. Pengujian sistem kendali, sistem ini harus bekerja sebagaimana mestinya dan bisa dioperasikan dalam bentuk kontrol yang telah ditentukan secara interface melalui HMI.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Push Button

Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan push button yang digunakan, dalam penelitian ini push button yang digunakan adalah push button ON, OFF, dan saklar Emergency tentu push button ini juga terhubung secara interface melalui HMI. Pada pengujian yang pertama dengan menekan push button ON sistem kendali seharusnya dalam keadaan ready dan siap dioperasikan. Push button ON ini digubungan dengan output yang terhubung dimana untuk push button ON digunakan untuk mengaktifkan lampu indikator dengan indikasi berwarna hijau dan juga power VSD. Kemudian untuk push button OFF digunakan untuk menghentikan atau menonaktifkan sistem kendali, dimana apabila push button OFF ditekan maka seharusnya sistem dalam keadaan mati, ditandai dengan lampu indikator OFF menyala berwarna merah. Sedangkan untuk Emergency berfungsi untuk saklar pengaman dimana apabila push button Emergency ditekan maka semua sistem yang terhubung dalam sistem kendali akan di nonaktifkan secara serentak. Berikut adalah gambar yang pengujian push button ON, OFF, dan saklar Emergency.

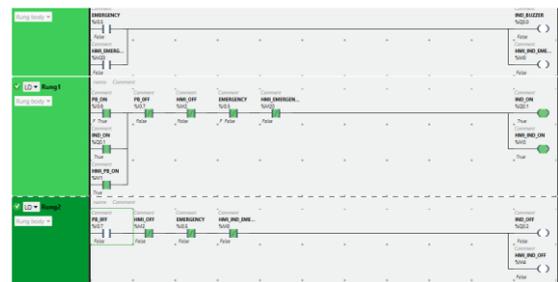


Gambar 7. Pengujian *Push Button*

B. Pengujian PLC

Program PLC dibuat dan dirancang dengan menggunakan Bahasa *Ladder*, hal ini untuk memudahkan dalam penggunaan kontak-kontak yang ada di PLC seperti relay, coil, timer, pebanding, dan yang lainnya. Pemograman terbagi menjadi beberapa rung atau line, dalam setiap rung terdapat input dan output yang dibutuhkan untuk memenuhi suatu proses yang akan dilakukan oleh sistem. Dalam penelitian ini pemograman juga digunakan sebagai sistem komunikasi antara HMI dan VSD dengan bahasa pemrograman *Ladder* diagram intruksi-intruksi ini akan difungsikan sebagai mana mestinya seperti fungsi dari push button, indikator, coil, timer, relay ataupun yang lainnya pada sistem kendali.

Karena penggunaan push button dan lampu indikator pada penelitian ini tidak terlalu banyak maka hanya ada tiga buah push button dan lampu indikator pada sistem kendali. Selebihnya pembuatan tombol dan indikator akan didesain pada HMI sebagai user interface. Dalam penelitian ini program yang dibuat menggunakan bahasa *Ladder* dengan logika NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Clouse*). Program ini terbagi dalam beberapa Line atau Rung, hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam membedakan antara input dan output yang digunakan. Berikut adalah program yang dibuat dalam perancangan ini dengan menggunakan software Eco Struxture mulai dari rung 0 samapi rung 11, program ini juga dapat disimulasikan melalui software Eco Struxture bawaan dari Schneider.



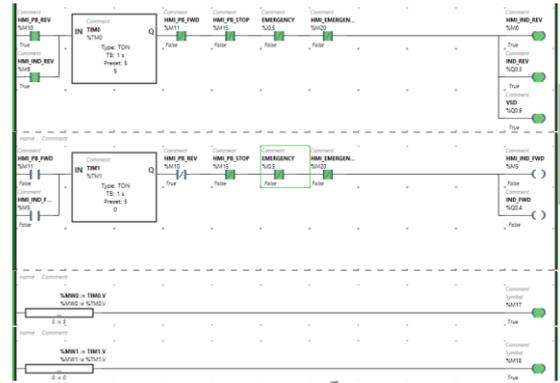
Gambar 8. Simulasi program rung 0-2

Terlihat bahwa penggunaan rung 0 merupakan sebuah intruksi Emergency, dengan alamat address I0.5 yang terhubung pada push button Emergency sedangkan pada penampil HMI alamat address nya menggunakan M20 dengan logika NO (normally open). Sedangkan pada output nya menggunakan alamat address Q0.0 untuk indikator Emergency dan M0 untuk indikator pada HMI. Emergency disini difungsikan sebagai saklar pengaman, dimana bila terjadi kegagalan pada sistem semua akan dinonaktifkan oleh saklar ini.

Sehingga semua sistem baik sistem komunikasi PLC dan sistem kendali akan mati. Pada rung 1 terlihat bahwa penggunaan push button ON dan OFF dengan alamat address I0.6 dan I0.7 pada PLC dan M1 dan M2 pada penampil HMI digunakan sebagai start dan stop pada sistem, sehingga ketika push button ON ditekan maka sistem dalam keadaan ready atau siap di oprasikan, sedangkan ketika push button OFF ditekan maka sistem akan berhenti. Untuk mengetahui cara kerja dari Ladder diagram Rung 0 sampai 2 bisa dilihat pada tabel data input output yang digunakan dan juga dari tabel kebenaran. Berikut adalah data input ouput dan juga tabel kebenaran.

Tabel 1. Data input ouput rung 0 - 2

Nama	Alamat	Alamat HMI	Keterangan
Rung 0	I0.5	M20	Emergency Switch
	Q0.0	M0	Indikator Emergency
Rung 1	I0.6	M1	Push button ON
	Q0.1	M3	Indikator ON & Power VSD
	I0.7	M2	Push button OFF
Rung 2	I0.7	M2	Push button OFF
	Q0.2	M4	Indikator OFF & VSD OFF



Gambar 9. Simulasi program rung 3 – 6

Pada rung 3 dimana kontak NO dengan intruksi PB REV dengan alamat address M10 digunakan untuk mengaktifkan kontrol pada motor dengan perintah ke berputar serah jarum jam dengan megunakan timer dengan alamat address TM0 mengatur delay waktu selama 5 second (s). Pengaturan ni juga digunakan pada rung 4 dengan intruksi PB FWD menggunakan alamat address M11 timer address TM1, masing-masing dilengkapi dengan adanya tombol stop dan Emergency. Untuk mengetahui cara kerja dari Ladder diagram Rung 3 sampai 6 bisa dilihat pada tabel data input output yang digunakan dan juga dari tabel kebenaran. Berikut adalah data input ouput dan juga tabel kebenaran.

Tabel 2. Data input ouput rung 3 – 6

Nama	Alamat	Alamat HMI	Keterangan
Rung 3	-	M10	Push button Reverse
	Q0.3	M6	Indikator Reverse
	-	M15	Push button Stop
	-	M20	Emergency Switch
Rung 4	-	M11	Push button Forward
	Q0.4	M5	Indikator Forward
	-	M15	Push button Stop
	-	M20	Emergency Switch
Rung 5	MW0:= TIM0.V		Comparison Block
Rung 6	MW1:= TIM1.V		Comparison Block



Gambar 10. Simulasi program rung 7 - 11

Pada rung 7 terlihat bahwa penggunaan kontak NO digunakan sebagai tombol stop yang berfungsi untuk menghentikan sistem yang sedang dioperasikan atau dikendalikan, baik itu reverse, forward ataupun 4 preset. Penggunaan tombol stop tertampil pada HMI dengan alamat address M15. Pada saat tombol stop ditekan indikator stop pada HMI juga akan menyala, karena input dari tombol stop terhubung satu rung dengan indikator stop yang tertampil di HMI. Indikator stop pada HMI menggunakan alamat address M16. Kemudian pada rung berikutnya dengan alamat address M31 sampai M34 merupakan tombol step 4 level atau 4 preset sebagai pengtur kecepatan motor, dengan mengatur nilai frekwensi pada VSD dimana untuk Low Speed 10 Hz dan Hight Speed 60 Hz. Sedangkan untuk indikator 4 preset menggunakan address M36 sampai M39. Masing-masing rung terdapat tombol stop dan juga Emergency dimana tombol ini digunakan untuk menghenditkan kontrol dan menonaktifkan sistem. Untuk mengetahui cara kerja dari Ladder diagram Rung 7 sampai 11 bisa dilihat pada tabel data input output yang digunakan dan juga dari tabel kebenaran. Berikut adalah data input ouput dan juga tabel kebenaran.

Tabel 3. Simulasi program rung 7 – 11

Nama	Alamat	Alamat HMI	Keterangan
Rung 7	-	M15	Push button Stop
	-	M16	Indikator Stop
	-	M20	Emergency Switch
Rung 8	-	M31	Push button Step 1
	Q0.5	M36	Indikator Step 1
	-	M15	Push button Stop

	-	M20	Emergency Switch
Rung 9	-	M32	Push button Step 2
	Q0.6	M37	Indikator Step 2
	-	M15	Push button Stop
Rung 10	-	M20	Emergency Switch
	Q0.7	M38	Indikator Step 3
	-	M15	Push button Stop
Rung 11	-	M20	Emergency Switch
	Q0.8	M39	Indikator Step 4
	-	M15	Push button Stop

C. Desain HMI

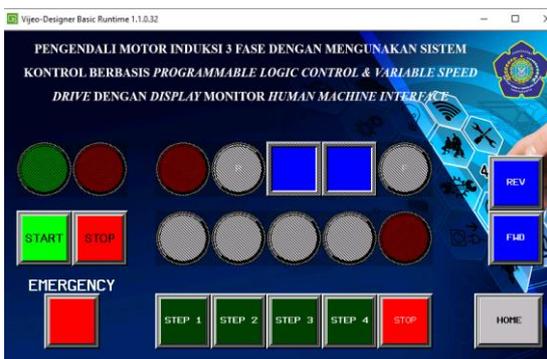
Berikut adalah data penggunaan push button, lampu indikator, dan juga timer yang terlihat pada tabel di bawah, yang menjelaskan tentang alamat address dari PLC ataupun HMI dengan fungsi yang ditelah diatur dalam panel pada layar HMI.

Tabel 4. Variabel HMI

Nama	PLC		HMI	
	Alamat Input	Alamat Output	Alamat Input	Alamat Output
EMERG ENCY	I0.5	Q0.0	M20	M0
PB ON	I0.6	Q0.1	M1	M3
PB OFF	I0.7	Q0.2	M2	M4
STOP	-	-	M15	M16
FORWARD	-	Q0.4	M11	M5
REVERSE	-	Q0.3	M10	M6
STEP 1	-	Q0.5	M31	M36
STEP 2	-	Q0.6	M32	M37
STEP 3	-	Q0.7	M33	M38
STEP 4	-	Q0.8	M34	M39
TIMER 1	TM0		MW0	
TIMER 2	TM1		MW1	



Gambar 11. Desain HMI panel 1



Gambar 12. Desain HMI panel 2

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Desain HMI yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan dua panel, dimana panel yang pertama merupakan judul dari penelitian ini, sedangkan panel yang kedua merupakan kendali interface dimana sistem dapat dioperasikan melalui HMI. desain tersebut bisa di lihat pada gambar 4.10
2. Sistem komunikasi PLC menggunakan bahasa pemrograman Ladder diagram, dimana pemrograman ini menggunakan logika masukan dan keluaran dalam bahasa Ladder biasa disebut dengan NO (Normally Open) dan NC (Normally Close). Sedangkan untuk penghubung anatar PLC dan HMI menggunakan port Ethernet yang ada di PLC M221 CE24R dengan konfigurasi TCP/IP.
3. Pengaturan VSD dilakukan dengan cara mengatur langsung pada VSD. Dengan menggunakan fungsi-fungsi yang dibutuhkan untuk mengontrol motor sebagai output yang dikendalikan. Pengaturan ini berdasarkan pada manual book VSD yang ada website Schneider. Dalam penelitian ini VSD diatur dalam beberapa fungsi seperti reverse, forward, dan 4 preset kecepatan dari HSP (High

Speed) 60 Hz dan LSP (Low Speed) 10 Hz.

B. Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk mengembangkan perancangan ini agar dapat lebih baik lagi sebagai sumber referensi perancangan selanjutnya maka diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan input output pada PLC tentunya memerlukan space pada pemasangannya, sehingga akan lebih baik untuk perancangan selanjut sudah menggunakan mode ModBus sehingga akan lebih kreatif dan inovatif dalam perancangannya.
2. Penambahan PLC tentu akan menjadikan sistem yang lebih baik, dengan adanya lebih dari satu PLC tentu pengontrolan akan menjadi lebih fleksibel dan dapat dioperasikan dari pengontrol. Seperti yang ada di lingkungan industri pengontrolan mesin menggunakan lebih dari satu PLC.
3. Penggunaan fitur IoT (Internet of Things) sebagai media kontrol, hal ini perlu dilakukan dalam penelitian selanjutnya karena dengan adanya fitur IoT sistem monitoring juga dapat dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Priyambudi, A., Firman, B. and Kristiyana, S., 2017. Kendali Kecepatan Motor Pada Robot Dengan Empat Roda Omni Menggunakan Metode Pid. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, pp.209-217.
- Risfan, A., Priyambodo, S. and Firman, B., 2018. PENGENDALIAN MOTOR DC SEBAGAI PENGGERAK KONVEYOR BARANG MENGGUNAKAN PLC MODICON M221 TMCE24R & HMI MAGELIS GXU3512. *Jurnal Elektrikal*, 5(1), pp.26-36.
- Priswanto, P., Herdantyo, T., Nugroho, D.T., Ramadhani, Y. and Mubyarto, A., 2018. Desain Dan Simulasi Sistem Hmi (Human Machine Interface) Berbasis Citect Scada Pada Konveyor Proses Di Industri. In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional* (Vol. 1, No. 1).
- Fauzan, S.H., PENGGUNAAN PLC PADA SISTEM PENGENDALI KECEPATAN MOTOR LISTRIK DENGAN VSD.

UCAPAN TERIMAKASIH

Selama proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis sampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak-pihak yang

telah mendukung, sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom. selaku Rektor Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Murni Yuniwati, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Samuel Kristiyana, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta.
4. Bapak Beny Firman, ST., M.Eng. selaku dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan banyak petunjuk, informasi dan juga arahnya dalam kurun waktu sekitar dua bulan di Laboratorium Instrumentasi & Kendali Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Wiwik Handajadi M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan banyak nasehat dan saranya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Prastyono Eko Pambudi, MT. dan Mba Erma Kusuma Dewi selaku kepala Laborat dan admin Laboratorium yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Lab Instrumentasi & Kendali.
7. Bapak Kasman dan Ibu Painah selaku orang tua saya yang telah memberikan banyak doa dan semangat kepada saya untuk tetap terus berjalan walaupun merangkak, serta segala bantuan yang saya butuhkan baik dari segi material atau pun non material.
8. Dan yang terakhir, tidak kalah penting saya ucapkan terimakasih kepada diri saya sendiri yang telah bekerja keras dalam setiap waktu serta mampu keluar dari zona nyaman sebagai seorang mahasiswa semester akhir.