

PROTOTIPE SISTEM KONVEYOR OTOMATIS DENGAN KENDALI KECEPATAN BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*

¹ Tri Wahyu Oktaviana Putri, ² M. Imbarothur Mowaviq

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN Jakarta

¹trihayu@itpln.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima : 30 November 2020

Direvisi : 4 Januari 2021

Disetujui : 8 Januari 2021

Kata Kunci :

Otomasi, PLC, Prototipe, Konveyor, Sistem Kendali

ABSTRAK

Studi mengenai kontrol konveyor dan pemrograman menggunakan PLC telah banyak diajarkan di perguruan tinggi khususnya pada bidang Teknik Elektro. Sayangnya materi yang diperoleh peserta didik hanya berupa teori tanpa pengaplikasian secara langsung pada sistem konveyor di industri karena terkendala kebijakan perusahaan. Oleh karena itu, perlu dibuat prototipe sistem konveyor otomatis berbasis PLC yang dimiliki sendiri oleh perguruan tinggi sehingga peserta didik dapat langsung mengimplemetasikan hasil perancangan dan program PLC yang telah dipelajarinya di kelas. Diharapkan dengan adanya prototipe sistem konveyor otomatis tersebut mampu meningkatkan minat dan pemahaman peserta didik terhadap proses otomatisasi industri sehingga akan lebih siap ketika harus terjun langsung ke industri. Penambahan kendali kecepatan pada sistem konveyor otomatis bertujuan untuk menciptakan suatu prototipe yang sesuai dengan keadaan nyata di lapangan. Penelitian ini membahas perancangan dan pembuatan prototipe sistem konveyor otomatis dengan kendali kecepatan berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Perangkat utama pengendali yang digunakan adalah PLC Mitsubishi tipe FX3U yang dilengkapi dengan *input* analog, *output* analog, dan *output* PWM (*Pulse Width Modulation*). Konveyor yang digunakan adalah konveyor mini dengan penggerak motor DC tanpa sikat arang. Pengendalian kecepatan konveyor dilakukan dengan mengatur kecepatan putaran motor DC menggunakan pengaturan lebar pulsa berbasis PLC.

I. PENDAHULUAN

Otomasi adalah suatu teknik untuk membuat peralatan, proses, atau sistem beroperasi secara otomatis dimana teknik tersebut mencakup kemampuan pemrosesan sistem apapun [1]. Sehingga secara umum sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang dapat berfungsi secara otomatis dengan menggunakan teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik elektronik dan sistem yang berbasis komputer tanpa adanya campur tangan manusia [2]. Guna manusia pada proses produksi yang sudah diotomatisasi adalah hanya sebagai pengawas jalannya proses produksi. Dengan demikian, adanya otomatisasi mesin-mesin dalam suatu industri memberikan keuntungan bagi perusahaan karena dapat menekan jumlah tenaga kerja yang berimbas pada rendahnya biaya operasional perusahaan.

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat pengendali otomatis yang banyak digunakan pada berbagai sektor khususnya sektor industri. PLC menurut Capiel (1982) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara *digital* dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplemetasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, pewaktuan, pencacahan, dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O *digital* maupun analog [3].

Salah satu implementasi umum PLC pada industri adalah penggunaannya untuk otomatisasi sabuk konveyor. Vardhan dkk (2015) dalam penelitiannya telah berhasil membuat prototipe dan sistem monitoring dan kontrol sabuk konveyor menggunakan PLC Allen-Bradley [4]. Sedangkan Bassej dkk (2018) juga melakukan pengembangan terhadap sistem konveyor mini otomatis untuk *monitoring* produk berbasis mikrokontroler Atmel 89C52 [5].

Studi mengenai kontrol konveyor dan pemrograman menggunakan PLC telah banyak diajarkan di perguruan tinggi

khususnya pada bidang Teknik Elektro. Sayangnya materi yang diperoleh peserta didik hanya berupa teori tanpa pengaplikasian secara langsung pada sistem konveyor di industri karena terkendala kebijakan perusahaan. Oleh karena itu, perlu dibuat prototipe sistem konveyor otomatis berbasis PLC yang dimiliki sendiri oleh perguruan tinggi sehingga peserta didik dapat langsung mengimplemetasikan hasil perancangan dan program PLC yang telah dipelajarinya di kelas. Diharapkan dengan adanya prototipe sistem konveyor otomatis tersebut mampu meningkatkan minat dan pemahaman peserta didik terhadap proses otomatisasi industri sehingga akan lebih siap ketika harus terjun langsung ke industri. Penambahan kendali kecepatan pada sistem konveyor otomatis bertujuan untuk menciptakan suatu prototipe yang sesuai dengan keadaan nyata di lapangan.

Penelitian ini sendiri membahas perancangan dan pengembangan prototipe sistem konveyor otomatis dengan kendali kecepatan berbasis PLC Mitsubishi FX3U. Pembuatan prototipe ini dimaksudkan untuk tujuan pendidikan atau edukasi sehingga peserta didik dapat langsung mengimplemetasikan hasil perancangan dan program PLC yang telah dipelajarinya di kelas. Pentingnya penggunaan prototipe konveyor untuk mempertajam kemampuan peserta didik melalui praktikum atau pengujian telah diteliti oleh Landau dkk (2018). Landau dkk mengembangkan sabuk konveyor skala laboratorium sebagai perangkat pembelajaran di kelas untuk menunjang proses pembelajaran. Evaluasi pedagogik juga dilakukan pada penelitian tersebut dan menunjukkan bahwa metode yang dilakukan telah mamou meningkatkan kemampuan siswa secara keseluruhan terkait dengan pengoeprasioan sabuk konveyor [6]. Dengan demikian, penggunaan prototipe konveyor untuk menunjang pembelajaran di kelas khususnya kelas matakuliah otomatisasi industri, sangat penting untuk dikembangkan.

Konveyor didesain agar dapat bekerja secara otomatis sehingga perlu dirancang instrumen dan sistem kendali yang sesuai menggunakan PLC beserta pemrogramannya. Konveyor yang

digunakan berpenggerak motor DC tanpa sikat arang dengan catu maksimum 24 VDC. Studi mengenai PLC pada dasarnya tergantung pada tipe dan merk PLC. Beda tipe dan merk, maka beda pula program PLC yang digunakan walaupun secara logika program masih sama. Oleh karena itu, sebelum PLC dapat diimplementasikan sebagai sebuah perangkat pengendali dalam proses produksi, perlu dilakukan riset dan studi mendalam mengenai PLC itu sendiri. Riset tersebut berkaitan dengan *syntax* dan blok fungsi *ladder diagram* PLC. Riset secara perangkat keras juga penting dilakukan. Secara perangkat keras, riset dilakukan dengan mempelajari spesifikasi dan peta pin *input output* PLC.

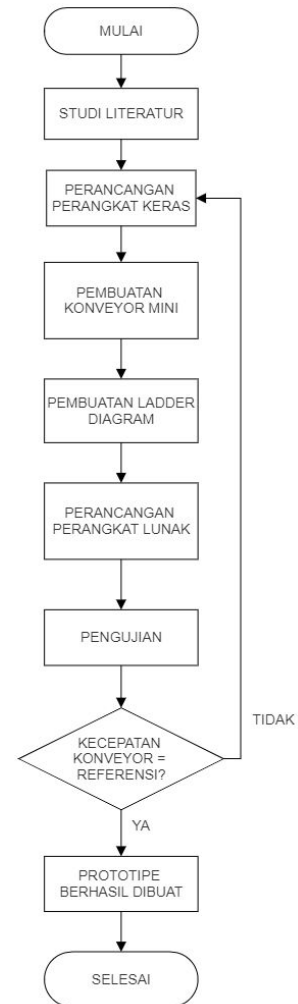
Penelitian ini membahas perancangan dan pembuatan prototipe sistem konveyor otomatis dengan kendali kecepatan berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Perangkat utama pengendali yang digunakan adalah PLC Mitsubishi tipe FX3U yang dilengkapi dengan *input* analog, *output* analog, dan *output* PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM adalah satu teknik modulasi gelombang listrik dengan mengubah-ubah lebar daur aktif suatu pulsa yaitu mengatur besarnya *duty cycle* [7]. Konveyor yang digunakan adalah konveyor mini dengan penggerak motor DC. Walaupun penggunaan motor DC merupakan hal yang lazim pada aplikasi sabuk konveyor, kenyataannya kecepatan motor DC mengalami penurunan akibat pembebanan sehingga kecepatannya menjadi tidak konstan [8]. Pengendalian kecepatan konveyor dilakukan dengan mengatur kecepatan putaran motor DC menggunakan pengaturan lebar pulsa berbasis PLC. Skema kontrol yang digunakan menggunakan kontrol *loop* tertutup berbasis PID. Penalaan parameter PID menggunakan metode *trial and error*. Sistem kendali PID pada penelitian ini bekerja dengan mengukur eror atau perbedaan nilai antara kecepatan konveyor dalam hal ini kecepatan putaran motor DC dengan nilai referensinya.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain: Tahap I adalah studi literatur berkaitan dengan mekanisme konveyor, pengaturan lebar pulsa pada motor DC, pemrograman PLC, serta spesifikasi teknis PLC. Luaran yang diharapkan pada tahap ini adalah memahami cara memprogram PLC tipe FX3U, pengaturan lebar pulsa motor DC, dan spesifikasi PLC. Tahap II adalah tahap perancangan sistem konveyor otomatis meliputi perancangan perangkat lunak, perancangan perangkat keras, dan instrumentasinya. Pada tahap ini diharapkan diperoleh hasil rancangan perangkat lunak dan perangkat keras serta instrumentasi sistem. Tahap III adalah tahap pembuatan prototipe sistem konveyor otomatis meliputi pembuatan perangkat keras, program, dan instrumentasinya. Pada tahap ini diharapkan menghasilkan prototipe sistem konveyor. Terakhir Tahap IV adalah pengujian dan koreksi dari prototipe yang telah dibuat. Pada tahap ini juga mencakup penarikan kesimpulan dan pembuatan artikel ilmiah terkait penelitian. Secara umum, tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir Gambar 1.

Konveyor yang digunakan pada penelitian ini merupakan prototipe konveyor skala laboratorium dengan dimensi panjang 60 cm dan lebar 8 cm. Sedangkan PLC yang digunakan pada penelitian ini adalah PLC Mitsubishi tipe FX3U 24 I/O. PLC merupakan pengontrol berbasis mikroprosesor yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika, perurutan

(*sequencing*), pewaktuian (*timing*), pencacahan (*counting*), dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses [9]. Pada prinsipnya, sebuah PLC bekerja dengan cara menerima data-data dari peralatan *input* luar atau *input device*. Peralatan *input* dapat berupa sakelar, tombol, sensor, dan peralatan lainnya. Kemudian, oleh unit pemroses pusat atau *Central Processing Unit* (CPU) yang ada didalam PLC ditetapkan di dalam memorinya yang berupa program (*ladder diagram*) yang telah dibuat di *software* tertentu sesuai dengan tipe PLC.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pada umumnya sebuah PLC memiliki lima komponen dasar. Komponen-komponen ini adalah unit prosesor, unit catu daya, unit antarmuka *input/output*, dan unit pemrograman.

1. Unit prosesor

Unit pengolah pusat/*Central Processing Unit* (CPU) merupakan otak dari sebuah PLC. CPU itu sendiri biasanya merupakan sebuah PLC (versi mini mikrokomputer lengkap). Selain itu CPU ini mempunyai fungsi:

- a. Menangani komunikasi dengan piranti eksternal
- b. Interkonektivitas antar bagian-bagian internal PLC
- c. Mengeksekusi program
- d. Memanajemen memori
- e. Mengawasi atau mengamati masukan
- f. Memberikan sinyal keluaran sesuai dengan proses atau program yang dijalankan.

2. Unit catu daya

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya ke seluruh bagian PLC (termasuk CPU, memori, dan lain-lain). Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24V DC atau 220V AC. Ada beberapa PLC yang memiliki catu daya yang terpisah, biasanya yang seperti itu dimiliki oleh jenis PLC yang besar, sedangkan yang jenis PLC medium atau yang kecil catu dayanya sudah menjadi satu.

3. Unit pemrograman

Unit pemrograman digunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program tersebut dibuat dan kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.

4. Unit memori

Memori sistem digunakan oleh PLC untuk:

- Sistem kontrol proses
- Menyimpan sistem operasi
- Menyimpan program yang harus dijalankan
- Menyimpan dalam bentuk biner, hasil terjemahan diagram tangga yang dibuat oleh pengguna atau pemrogram.

5. Unit Input dan Output

Unit *input* pada PLC dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a. Unit Input Digital

Modul antarmuka masukan ini berfungsi untuk mengkonversi atau mengubah sinyal-sinyal masukan dari luar menjadi sinyal yang sesuai dengan tegangan kerja CPU, misalnya masukan dari sensor dengan tegangan kerja 24V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 5V DC agar sesuai dengan tegangan kerja CPU. *Input digital* atau *input* diskrit hanya mengenali kondisi on atau off, ia hanya mempunyai dua kemungkinan kondisi yaitu 0 atau 1.

b. Unit Input Analog

Unit *input* analog berfungsi untuk menangani sinyal analog dan mengkonversikannya ke bentuk *digital* dengan menggunakan sebuah konverter analog ke *digital* sehingga dapat diproses oleh prosesor. Kisaran *input* analog adalah sebagai berikut 0-10V DC, 0-10V AC, -10V DC hingga +10V DC, 4-20mA DC.

Unit output pada PLC dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a. Output digital

Output digital digolongkan ke dalam tipe relai, tipe transistor, dan tipe *triac*.

b. Output analog

Unit *output* analog berfungsi untuk merubah sinyal *digital* dari CPU menjadi sinyal analog pada keluaran PLC. Prinsip kerja modul *output* analog berlawanan dengan prinsip kerja modul *input* analog. Kisaran *output* analog adalah sebagai berikut :

- 4 sampai 20mA
- 0 sampai 5V DC
- -10V sampai +10V DC

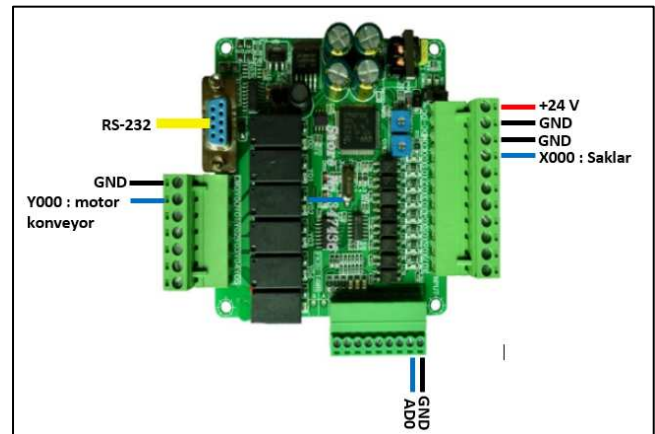
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konfigurasi Input dan Output PLC

Konfigurasi *input/ output* PLC untuk prototipe konveyor dengan pengaturan kecepatan otomatis adalah sebagai berikut:

- *Power supply* : 24 VDC
- *Input Digital* : saklar on/off (pada pin X000)
- *Input Analog* : Sensor kecepatan (pada pin AD0)
- *Output PWM* : motor DC (pada pin Y000)

- Komunikasi : RS-232 to USB



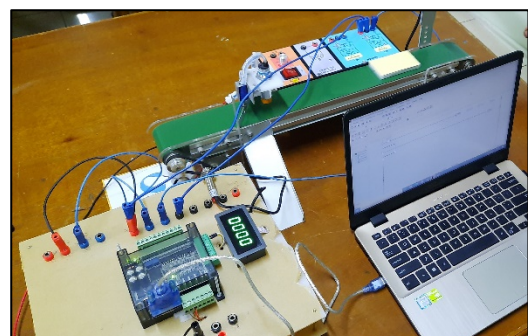
Gambar 2 Konfigurasi *Input* dan *Output* PLC

Gambar 2 merupakan diagram pin *input output* dari PLC FX3U yang digunakan pada pembuatan prototipe sistem ini. Pin *input/output* yang digunakan hanya beberapa saja menyesuaikan dengan kebutuhan perancangan sistem.

B. Pembuatan Prototipe

Pembuatan prototipe dilakukan sesuai dengan tahapan penelitian. Konveyor mini dibuat sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Motor DC yang digunakan adalah motor DC 24 Volt dengan putaran maksimal 100 rpm, dan torsi hingga 16 kg. Pembuatan konveyor mini dilakukan di bengkel yang terpisah. Langkah selanjutnya adalah pemasangan *tachometer* sebagai sensor kecepatan putaran motor/ kecepatan konveyor. Sensor kecepatan menggunakan mekanisme hall effect pada *proximity* sensor. Magnet permanen dipasang pada suatu batang memanjang yang terhubung dengan as motor DC. Dengan demikian saat motor DC berputar, magnet permanen pun ikut berputar sesuai kecepatan putaran motor. Jika magnet permanen tegak lurus dengan *proximity* sensor, maka hal tersebut akan terbaca sebagai lonjakan arus oleh sensor *proximity*. Setelah sensor kecepatan sudah dipasang, maka dapat dilakukan pengujian hubungan tegangan motor dengan kecepatan (dalam rpm).

Langkah selanjutnya adalah pembuatan modul kontrol yang terdiri atas PLC, saklar, dan terminal *input/output*. Pembuatan modul kontrol perlu disesuaikan dengan diagram pengkabelan antara PLC dengan konveyor. Gambar 3 menunjukkan prototipe konveyor dan modul kontrol yang telah dibuat.



Gambar 3 Prototipe konveyor dan modul kontrol

C. Ladder diagram PLC

Ladder diagram merupakan bahasa pemrograman untuk PLC berupa diagram anak tangga. Pembuatan *ladder diagram* untuk prototipe sistem konveyor otomatis dengan kendali kecepatan berbasis PLC FX3U dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak khusus untuk PLC tipe FX3U merk Mitsubishi yaitu perangkat lunak GX-Developer. Pembuatan program dilakukan pada PC/ Laptop yang sudah tersambung dengan PLC FX3U melalui kabel serial RS-232. Kriteria program adalah sebagai berikut:

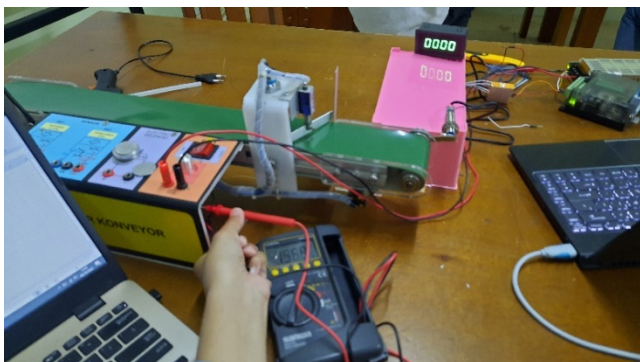
Jika saklar ON maka LED akan ON, begitupun sebaliknya

1. Jika saklar ON maka keseluruhan sistem akan aktif
2. Kecepatan putaran yang diinginkan diinput pada *ladder diagram* dengan alamat D4
3. *Setpoint/* kecepatan yang diinginkan dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor kecepatan pada pin ADO
4. Sistem kontrol PID akan mengolah sehingga nilai D99 (ouput PWM pada pin Y000) akan menggerakkan motor DC untuk mencapai kecepatan yang diinginkan

Berdasarkan kriteria di atas maka dapat dibuat *ladder diagram* dengan menggunakan perangkat lunak GX-Developer. *Ladder diagram* sistem dapat dilihat pada lampiran halaman terakhir.

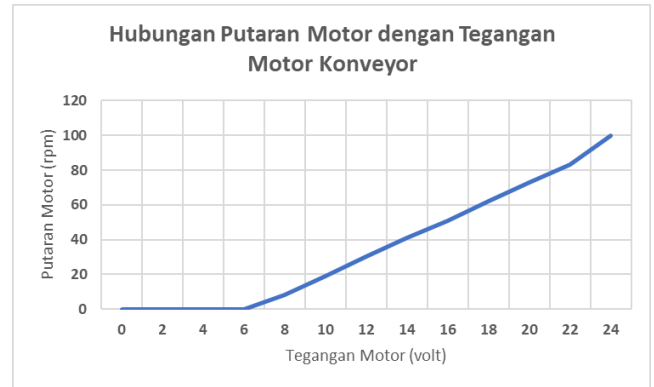
D. Pengujian sistem keseluruhan

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat telah sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian sistem dibagi menjadi beberapa tahap. Pertama adalah pengujian untuk mengetahui hubungan antara tegangan motor dengan kecepatan putaran konveyor. Gambar 4 menunjukkan proses pengujian hubungan tegangan motor dengan kecepatan putaran konveyor menggunakan sensor kecepatan, laptop, dan voltmeter.



Gambar 4 Pengujian hubungan tegangan motor dengan kecepatan putaran konveyor

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil seperti terlihat pada grafik Gambar 5, dimana tegangan motor berbanding lurus dengan putaran motor. Tetapi terdapat *dead-zone* motor DC yaitu pada tegangan di bawah 6 volt dimana tegangan kurang dari 6 volt tidak akan mampu menggerakkan motor DC



Gambar 5 Grafik hubungan tegangan motor dengan kecepatan putaran konveyor

Selanjutnya adalah pengujian hubungan antara lebar pulsa aktif PWM dengan tegangan motor. persamaan untuk kecepatan putaran motor adalah [10]:

$$n = \frac{E_i - I_a R_a}{c\Phi} \tag{1}$$

dimana:

- E_i : tegangan *input* (V)
- L_a : induktansi kumparan jangkar (H)
- R_a : tahanan kumparan jangkar (Ω)
- I_a : arus kumparan jangkar (A)
- Φ : fluks medan konstan magnet
- n : kecepatan putaran motor (rpm)

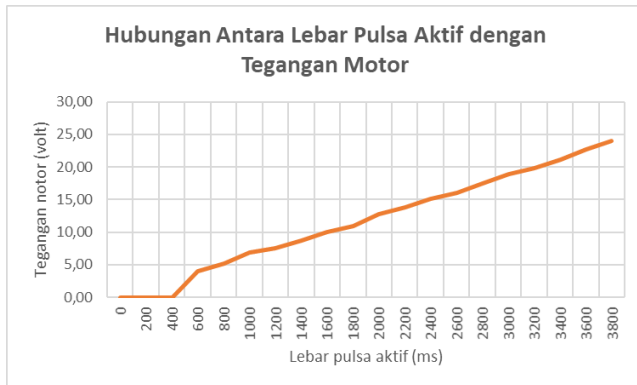
Berdasarkan persamaan (1) tentang kecepatan putaran motor, dapat diketahui bahwa pengaturan kecepatan putaran motor dapat dilakukan dengan mengubah fluks magnet atau mengubah tegangan *input*. Karena pada motor magnet permanen nilai fluks magnetnya tetap, maka pengaturan dapat dilakukan dengan mengubah tegangan *input* (E_i). Teknik pengubahan tegangan dilakukan dengan PWM, yaitu dengan mengubah-ubah lebar *duty cycle* (daur aktif) dari tegangan masuk motor. Dengan menetapkan 3810 ms sebagai konstanta 1 siklus, maka dapat dihitung *duty cycle* PWM yang mempengaruhi tegangan *output* PLC untuk menggerakkan motor DC.

Cara kerja fungsi PWM pada PLC FX3U adalah dengan mengubah-ubah lebar pulsa aktif tegangan *input* motor DC. Fungsi 'PWM' ditulis dengan *syntax* sebagai berikut:

$$[PWM A B Y000]$$

A pada *syntax* di atas merupakan nilai lebar pulsa aktif dalam milisekon. Nilai A harus diganti dengan memori atau konstanta, misalnya D99. Dengan demikian lebar pulsa aktif tergantung pada nilai D99. Sedangkan B pada *syntax* di atas merupakan lebar 1 siklus. Nilai B dapat diganti dengan memori atau konstanta. Karena pada penelitian ini pengaturan kecepatan motor DC dilakukan berdasarkan hasil kalkulasi PID, maka untuk *ladder diagram* sistem ini nilai B bernilai konstan 3810 ms. K3810 merupakan konstanta yang diperoleh berdasarkan pengujian *input* analog (hasil pembacaan maksimum *input* analog). Y000 merupakan alamat pin *output digital* yang memiliki fungsi *high counter* sehingga dapat digunakan sebagai *output* PWM. Pada PLC tipe FX3U, pin *output* yang memiliki fungsi *high counter* adalah Y000 dan Y001.

Berdasarkan grafik hasil pengujian hubungan antara lebar pulsa aktif PWM dengan tegangan motor pada Gambar 6, didapatkan hasil bahwa hubungan antara lebar pulsa aktif PWM dengan tegangan motor adalah linier.



Gambar 6 Grafik hubungan tegangan motor dengan kecepatan putaran konveyor

Terakhir adalah pengujian sistem secara keseluruhan dengan menggunakan *ladder diagram* yang telah dibuat. Dipilih beberapa *setpoint* kecepatan konveyor yang diinginkan dengan Batasan *setpoint* harus lebih dari 50rpm untuk menghindari adanya *deadzone* dan tidak ada gangguan eksternal sistem. Parameter PID yang digunakan pada *ladder diagram* adalah $K_p=5$. Berdasarkan hasil pengujian dengan *setpoint* 75, 80, dan 100 rpm diperoleh rentang *error steady state* 3%. Misalnya pada saat *setpoint* diatur pada 80 rpm menghasilkan rentang *output* pada 76-81 rpm. *Output* yang dihasilkan tidak konstan pada nilai tertentu dikarenakan hasil pembacaan sensor kecepatan putaran motor DC yang menunjukkan hasil berubah-ubah pula. Dengan demikian dapat disimpulkan, dengan menggunakan fungsi "PID" untuk *ladder diagram* PLC FX3U, dihasilkan sistem pengaturan kecepatan konveyor secara otomatis dimana kecepatan konveyor sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun Sistem Konveyor Otomatis dengan Kendali Kecepatan Berbasis *Programmable Logic Controller* telah berhasil dibuat. Perangkat utama pengendali yang digunakan adalah PLC Mitsubishi tipe FX3U yang dilengkapi dengan *input* analog, *output* analog, dan *output* PWM (*Pulse Width Modulation*). Konveyor yang digunakan adalah konveyor mini dengan penggerak motor DC. Pengendalian kecepatan konveyor dilakukan dengan mengatur kecepatan putaran motor DC menggunakan pengaturan lebar pulsa berbasis PLC. Program dibuat dengan *ladder diagram* menggunakan perangkat lunak GX-Developer. Pengaturan kecepatan konveyor dilakukan dengan menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) dan fungsi ladder "PID" yang terdapat pada perangkat pemrograman PLC untuk PLC FX3U yaitu GX Developer. Berdasarkan data pengujian, hubungan antara tegangan motor konveyor dengan kecepatan putaran motor berbanding lurus. Demikian pula dengan hubungan antara lebar pulsa aktif PWM dengan tegangan motor. Dengan menggunakan fungsi "PID" untuk *ladder diagram* PLC FX3U, dihasilkan sistem pengaturan kecepatan konveyor secara otomatis dimana kecepatan konveyor sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah penggunaan sensor kecepatan yang lebih presisi dan

penambahan sensor lain misalnya sensor *infrared* untuk mendeteksi keberadaan benda dapat ditambahkan pada sistem konveyor otomatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi-Badan Riset dan Inovasi Nasional atas pemberian dana Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun 2019 sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Madakam, S., Holmukhe, R. M., & Jaiswal, D. K, The future digital work force: Robotic process automation (RPA), *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 2019
- [2] Kurniadi, A. N., Rachmat, H., & Atmaja, D. S, Perancangan Program Sistem Pengendali Untuk Otomatisasi Proses Pengepakan Teh Menggunakan PLC Omron CP1E di PT. PN VIII Unit Sinumbra. *eProceedings of Engineering*, 2(1), 2015.
- [3] Kusuma, Arya, Pengertian PLC dan Jenis-jenis PLC, Online: <http://kusuma-w-arya.blogspot.com/2013/05/pengertian-plc-dan-jenis-jenis-plc.html>, diakses tanggal 28 Februari 2018
- [4] Vardhan, D. S., & Narayan, Y. S, Development of an automatic monitoring and control system for the objects on the conveyor belt, 2015 *International Conference on Man and Machine Interfacing (MAMI)*, 2015, pp. 1-6
- [5] Bassej, J. E., & Bala, K. C, *Development of an Automatic Mini-Conveyor System for Product Monitoring*, MS&E, 2018.
- [6] de Medeiros, R. L., Ayres Jr, F. A., Barra Jr, W., das Neves, C. C., Costa Jr, C. T., Barreiros, J. A., & Vieira Jr, P, Strengthening of students' skills through practical tests in a belt conveyor training system. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 2018.
- [7] Andriana, Y., & Triwiyatno, A, *Aplikasi Mikrokontroler AT89C51 untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC dengan menggunakan Gelombang Radio sebagai Media Transmisi, doctoral dissertation*, Jurusan Teknik Elektro, 2011.
- [8] Waluyo, W., Fitriansyah, A., & Syahrial, S, Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik, *Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 1(2), 2013
- [9] Putri, T. W. O., Mauriraya, K. T., & Juwono, T, Pengembangan Program Auto Economy Mode Berbasis PLC Untuk Efisiensi Bahan Bakar Dump Truck HD 78., *Jurnal Ilmiah Sutet*, 8(1), 2018, pp 61-66.
- [10] Faizal, A, Perancangan Pengendali Kecepatan Motor DC Shunt Menggunakan Metode Sliding Mode Control (SMC) dan Proporsional Integral Derivative (PID), *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri*, 2015.

LAMPIRAN
 GAMBAR *LADDER DIAGRAM* SISTEM

