

Perancangan Sistem Instrumentasi dan Kontrol Berbasis Super PLC F2424 serta Antarmuka LabVIEW

Geston Bakti Muntoha^{1,*}, Ida Erna Wati¹, Muhammad Septian Wijaya¹

¹Teknik Elektro, Universitas Pawayatan Daha; ida.erna@gmail.com, mseptianwijaya1997@gmail.com

*Korespondensi: gestonbakti@yahoo.co.id

Abstract – PLC-based control is widely used in modern industry because it is able to work automatically controlling actuators for certain functions such as controlling thread rods with actuators connected to THE PLC is a stepper motor. Controlling a stepper motor is different from controlling a conventional DC motor because a stepper motor has different characteristics from a conventional DC motor. To control the stepper motor, controllers such as microcontrollers and PLC (programmable logic controller) are needed because the basis of the control of the stepper motor is how to provide digital pulses to each phase of the stepper motor. This study aims to be a reference for industries in this case that use PLC devices in automatic control processes so that Super PLC F2424 can be another option to facilitate work and with a cheaper price reference can save expenses. The design of the F2424 Super PLC-based instrumentation and control system and LabVIEW interface was carried out using hardware consisting of Super PLC F2424, hybrid stepper motor type 23H276-42-4A(B), M542H type motor driver, with RS232 to USB communication cable and automatic control through the LabVIEW interface. Based on the test results of the control system, the test time results for advanced testing averaged 98.287 s with a time error of 2.333% as well as in the test time results for backward testing an average of 98.271 s with a time error of 2.366%.

Keywords – PLC, control, instrumentation, motor, interface

Intisari – Kendali berbasis PLC banyak digunakan pada industri modern karena mampu bekerja secara otomatis mengendalikan aktuator untuk fungsi tertentu seperti mengendalikan batang ulir dengan aktuator yang tersambung dengan PLC adalah motor *stepper*. Mengendalikan motor *stepper* berbeda dengan seperti mengendalikan motor DC konvensional karena motor *stepper* memiliki karakteristik berbeda dengan motor DC konvensional. Untuk mengendalikan motor *stepper* diperlukan *controller* seperti *microcontroller* dan PLC (*programmable logic controller*) karena basis kendali motor *stepper* adalah bagaimana memberikan pulsa-pulsa digital ke tiap fase pada motor *stepper*. Penelitian ini bertujuan agar dapat menjadi referensi untuk industri dalam hal ini yang menggunakan perangkat PLC pada proses kendali otomatis sehingga Super PLC F2424 dapat menjadi pilihan lain guna mempermudah pekerjaan dan dengan referensi harga yang lebih murah dapat menghemat pengeluaran. Perancangan sistem instrumentasi dan kontrol berbasis Super PLC F2424 serta antarmuka LabVIEW dilakukan dengan menggunakan *hardware* yang terdiri dari Super PLC F2424, motor *stepper hybrid* tipe 23H276-42-4A(B), *driver* motor tipe M542H, dengan kabel komunikasi RS232 to USB serta kendali otomatis melalui antarmuka LabVIEW. Berdasarkan hasil pengujian sistem kendali tersebut didapatkan hasil waktu uji untuk pengujian maju rata-rata sebesar 98,287 s dengan *error* waktu sebesar 2,333% juga pada hasil waktu uji untuk pengujian mundur rata-rata sebesar 98,271 s dengan *error* waktu sebesar 2,366%.

Kata kunci – PLC, kendali, instrumentasi, motor, antarmuka

I. PENDAHULUAN

Sistem operasional pada industri modern seperti saat ini membutuhkan perangkat-perangkat yang tidak memerlukan kendali manual dan operator yang harus mengoperasikan sistem tersebut dari jarak dekat atau dalam artian mengoperasikan secara langsung di lokasi proses industri berlangsung tetapi cukup dikendalikan atau dioperasikan melalui jarak jauh menggunakan sistem kendali modern berbasis perangkat teknologi terkini seperti berbasis PLC (*programmable logic controller*). Kendali berbasis PLC banyak digunakan pada industri modern karena mampu bekerja secara otomatis mengendalikan aktuator untuk fungsi tertentu seperti mengendalikan batang ulir dengan aktuator yang tersambung dengan PLC adalah motor *stepper*. Mengendalikan motor *stepper* berbeda dengan seperti mengendalikan motor DC konvensional karena motor *stepper* memiliki karakteristik berbeda dengan motor DC konvensional. Untuk mengendalikan motor *stepper* diperlukan *controller* seperti *microcontroller* dan PLC karena basis kendali motor *stepper* adalah bagaimana memberikan pulsa-pulsa digital ke tiap fase pada motor *stepper*. Motor *stepper* adalah jenis aktuator/penggerak

spesial, motor *stepper* menerjemahkan instruksi-instruksi *digital* yang disimpan pada *controller* untuk menghasilkan gerak putar yang presisi, sehingga sangat cocok untuk diterapkan pada sistem elektro mekanik. Super PLC F2424 adalah keluaran pertama dari versi PLC baru F-Series yang masih jarang digunakan didunia industri, padahal PLC ini tergolong murah dibandingkan dengan jenis atau merek PLC yang umum digunakan dalam dunia industri dan mampu terhubung dengan berbagai perangkat kendali seperti motor *stepper* dan aplikasi antarmuka berbasis LabVIEW. Penelitian ini bertujuan agar dapat menjadi referensi untuk industri dalam hal ini yang menggunakan perangkat PLC pada proses kendali otomatis sehingga Super PLC F2424 dapat menjadi pilihan lain guna mempermudah pekerjaan dan dengan referensi harga yang lebih murah dapat menghemat pengeluaran.

II. DASAR TEORI

A. Super PLC F2424

Programmable logic controller merupakan sistem *microcontroller* dengan perangkat lunak dan keras yang

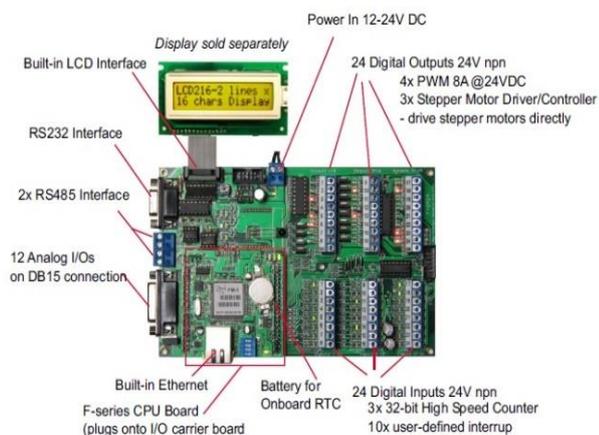
diadaptasi untuk keperluan aplikasi dalam dunia industri. PLC F2424 adalah keluaran pertama dari versi PLC baru F-Series yang dilengkapi *port ethernet* yang dapat dihubungkan langsung ke *router* jaringan, *switch*, atau *hub* untuk akses ke LAN atau internet. *Port ethernet* mendukung Fserver (untuk pemrograman jauh atau *monitoring*) dan Modbus/TCP server (untuk akses oleh perangkat pihak ketiga) dengan hingga enam koneksi secara bersamaan. Program pengguna juga bisa dengan mudah terhubung ke PLC yang lain atau Modbus perangkat *slave*/TCP melalui internet, *email* data yang nyata untuk setiap alamat *email*, atau menghubungkan ke *internet time server* untuk mendapatkan informasi nyata yang paling akurat.

Port ethernet juga mendukung "Web Services", yang memungkinkan perusahaan perangkat lunak, seperti *database* program atau Ms. Excel, untuk memasukkan informasi dari beberapa PLC seketika. Unit F2424 dasar terdiri dari delapan *analog input* (12-bit, 0-5 VDC), empat *analog output* (10-bit, 0-5 VDC), 24 *digital input*, dan 24 *digital output*, serta 12 *output digital* (5-16).

Super PLC F2424 mempunyai 24 *digital input*, 24 *digital output* dan 12 *input* atau *output* (I/O) yang terdiri dari delapan *input analog* (12-bit, 0-5 VDC) dan empat *output analog* (10-bit, 0-5 VDC). Untuk dapat bekerja, tipe ini membutuhkan *power supply* sebesar 12 s.d. 24 V dengan arus kurang dari 100 mA. Untuk media komunikasi Super PLC ini mempunyai satu *port RS232* dan dua *port RS485* mendukung protokol Modbus ASCII/RTU. Untuk modelnya dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

B. Software i-TRiLOGI

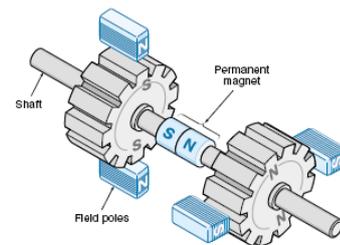
i-TRiLOGI merupakan sebuah *software* dari Super PLC yang digunakan untuk memprogram Super PLC keluaran perusahaan Super PLC. Terdapat dua buah bahasa program yaitu diagram *ladder* dan bahasa TBASIC. Diagram *ladder* merupakan pemrograman yang terdiri dari dua garis vertikal yang mewakili rel semacam *wiring* dan disusun garis-garis horizontal yang kemudian disebut dengan *rung* (anak tangga). *Rung (network)* tersebut terdiri dari kontak yang dapat berlogika *open* atau *close*. Kontak *open* akan memutus arus, sedangkan kontak *close* memungkinkan untuk



Gambar 1. Tampilan Super PLC F2424



Gambar 2. Tampilan *software* i-Trilogy



Gambar 3. Ilustrasi operasi internal dari motor *stepper hybrid* [5]

mengalirkan arus ke elemen berikutnya. Kontak sederhana adalah saklar ON/OFF yang memerlukan tenaga dari luar (misalnya tangan manusia) untuk mengaktifkannya. *Limit switch* merupakan saklar kecil yang ditempatkan di lokasi tertentu, sehingga bila perangkat mekanis bergerak ke arah saklar, maka kontak akan tertutup dan bila perangkat mekanis bergerak menjauh, kontak akan terbuka. Adapun tampilan i-TRiLOGI seperti pada Gambar 2.

1) *Motor Stepper Hybrid*: Motor *stepper hybrid* menggabungkan kelebihan/fitur motor *stepper magnet* permanen dan motor *stepper variable reluctance* (VR) dan ini yang paling banyak digunakan saat ini. Rotor bergigi, yang membolehkan sudut step yang sangat kecil (1,80 tipikal), dan mempunyai suatu magnet permanen yang memberikan *detent torque* yang kecil bahkan ketika catu daya dimatikan.

Internal dari motor *hybrid* yang dapat dianggap lebih rumit dari motor magnet permanen biasa/sederhana. Rotor terdiri dari dua roda bergigi dengan suatu magnet di antaranya satu roda termagnetisasi secara sempurna menjadi utara dan yang lainnya sempurna menjadi selatan. Untuk setiap step, dua gigi berlawanan pada roda utara ditarik menuju dua kutub medan selatan, dan dua gigi berlawanan pada roda selatan ditarik menuju dua kutub medan utara. Kumputan atau pengawatan internal lebih rumit dari motor magnet permanen atau motor VR, tetapi untuk ke dunia luar motor ini sederhana dan mudah untuk dikontrol.

Teori operasi motor *hybrid* mirip dengan motor VR di mana rotor dan stator mempunyai jumlah gigi yang berbeda dan untuk setiap *step*, gigi yang mendapat energi terdekat yang akan ditarik untuk disejajarkan. Namun, prinsip-prinsip magnetik diperlukan, pada satu waktu kapan saja, setengah

kutub-kutub menjadi utara dan setengah lainnya menjadi selatan. Untuk mempertahankan keseimbangan magnetik (*magnetic balance*), setiap kutub harus dapat melakukan *switching* polaritas supaya dapat memberikan kutub yang tepat pada waktu yang tepat. Hal ini diselesaikan dengan satu cara dari dua cara: Untuk motor bipolar, tegangan yang digunakan harus dibalik oleh rangkaian *driver* (seperti pada motor *stepper* magnet permanen dua fase). Pada sisi lain, motor *unipolar* mempunyai dua kumparan terpisah arah berlawanan pada setiap kutub medan (disebut *bipolar winding*), dan juga setiap kutub dapat menjadi utara atau selatan. Karena itu motor *stepper hybrid unipolar* tidak memerlukan rangkaian pembalik polaritas [1].

2) *LabVIEW*: Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench atau yang disingkat *LabVIEW* merupakan sebuah *software* yang diproduksi oleh National Instrument. Program *LabVIEW* disebut dengan Virtual Instrument (VI) karena beberapa tampilan dan operasi pada program *LabVIEW* menyerupai suatu instrumen, seperti osiloskop atau multimeter. Setiap VI menggunakan fungsi-fungsi yang memanipulasi *input* dan *user interface* atau sumber lain dan menampilkan informasi tersebut atau memindahkan informasi tersebut ke *file* atau komputer lain.

III. METODOLOGI

Tahapan metode penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi dua yaitu: 1) Metode perancangan *hardware* menggunakan metode perancangan sesuai skema kendali motor *stepper* berbasis Super PLC F2424 yang disertai *driver* khusus motor *stepper*. 2) Metode perancangan *software* terdiri dari *ladder* Super PLC F2424 menggunakan *software* i-Trilogi dan antarmuka menggunakan *software* *LabVIEW*. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk perancangan antara lain:

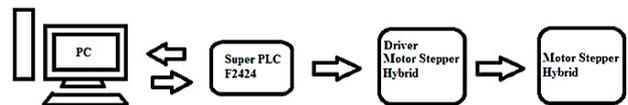
- Komputer yang telah memiliki *software* i-Trilogi dan *Labview*
- Modul Super PLCF2424
- *Stopwatch*
- DC *power supply* 24 V
- Potensiometer *bipolar* 50 kΩ
- Kabel RS232
- Kabel RS232 to USB
- Motor *stepper hybrid*



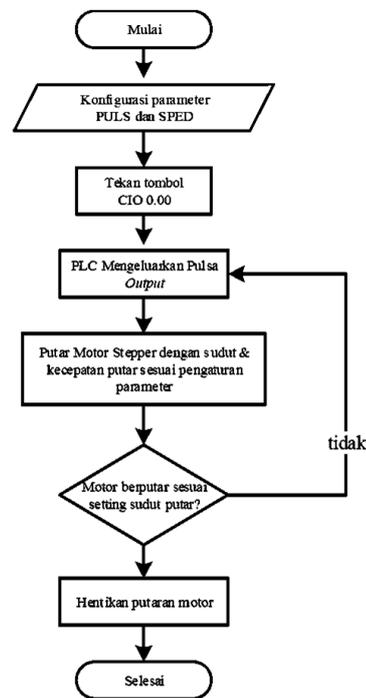
Gambar 4. Tampilan *software* *LabVIEW*

- *Driver stepper motor*
- *Push button*

Diagram blok skema perancangan ditunjukkan pada Gambar 5. Secara umum ditampilkan komponen sistem instrumentasi dan kontrol berbasis Super PLC F2424 untuk mengendalikan motor *stepper hybrid* secara otomatis dari Super PLC F2424 yang memberikan *output* ke *driver* untuk kemudian dilanjutkan ke motor *stepper*. *Ladder* dirancang menggunakan *software* i-Trilogi untuk menentukan parameter kendali pada Super PLC F2424 dan kendali otomatis dapat dilakukan dengan antarmuka *LabVIEW*.



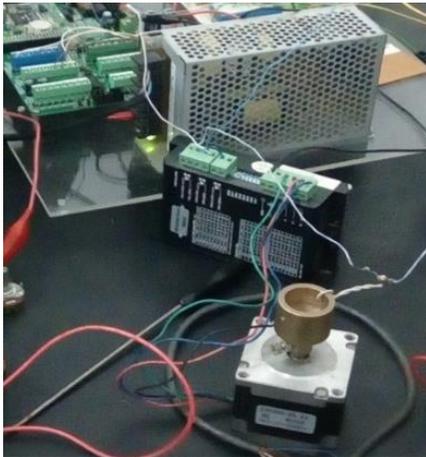
Gambar 5. Diagram Blok Perancangan



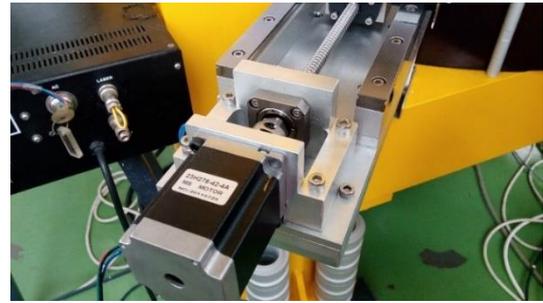
Gambar 6. *Flowchart* sistem kendali

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan *hardware* sistem instrumentasi dan kontrol berbasis Super PLC F2424 ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil perancangan tersebut merupakan susunan *hardware* sistem kontrol sebelum dipasang pada batang ulir kendali. Susunan *hardware* terdiri dari Super PLC F2424 yang memperoleh sumber masukan 24 V DC dari DC *power supply*, dengan *driver* motor yang digunakan yaitu *driver* khusus motor *stepper hybrid* tipe M542H yang memperoleh masukan 5 V DC dari hasil penurunan tegangan menggunakan potensiometer dari *power supply* 24V DC.



Gambar 7. Susunan rangkaian *hardware*

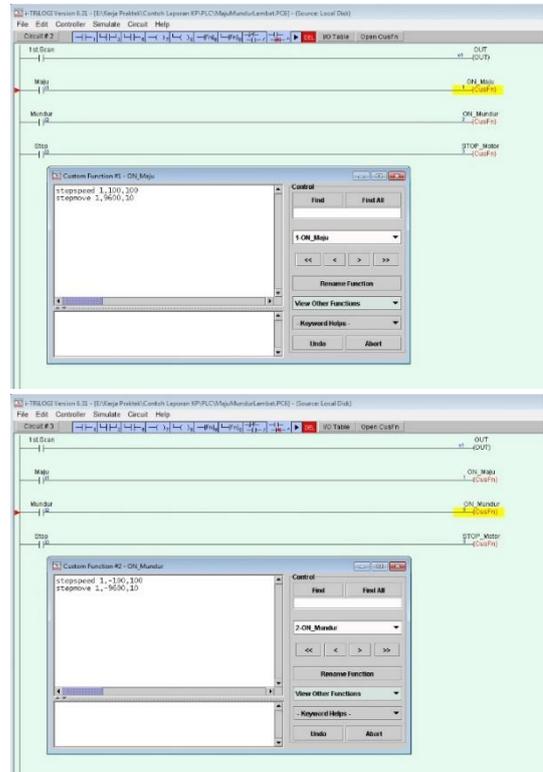


Gambar 8. Rangkaian uji kendali

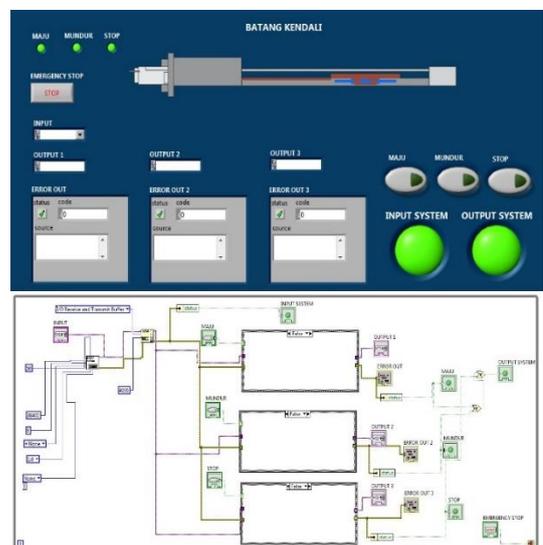
Pada Gambar 8 ditunjukkan rangkaian uji kendali yang merupakan susunan *hardware* sistem kontrol ketika diuji pada batang ulir kendali. Pengujian dilakukan dengan memasang motor *stepper* pada batang ulir kemudian motor *stepper* akan memutar batang ulir tersebut maju dan mundur dengan parameter kendali putar motor yang diatur pada Super PLC F2424 seperti Gambar 9 yang pengoperasiannya dikendalikan melalui antarmuka LabVIEW seperti pada Gambar 10.

Pada Gambar 9 ditunjukkan *ladder* pada aplikasi i-Trilogi dengan perintah yaitu maju dan mundur dengan fitur di dalam aplikasi i-Trilogi di mana pengguna mampu menentukan parameter kendali pada motor yaitu dengan jumlah pulsa yang diberikan ke motor sebesar 9600 pulsa untuk putaran gerak maju dan -9600 pulsa untuk putaran gerak mundur dengan parameter kendali kecepatan motor sebesar 100 pps (*pulse per second*) untuk putaran gerak maju dan -100 pps untuk putaran gerak mundur.

Pada Gambar 10 ditunjukkan tampilan antarmuka pada aplikasi LabVIEW dengan fungsi dan fitur yaitu pengguna dapat memilih *input hardware* yang tersambung dengan antarmuka tersebut dan akan terbaca COM 3, apabila koneksi berhasil maka indikator akan berwarna hijau dan apabila koneksi gagal maka indikator akan berwarna merah dan pada kolom *error out* akan terbaca koneksi *error*. Apabila keseluruhan koneksi pada *input* tidak bermasalah maka indikator *input system* akan berwarna hijau dan apabila bermasalah akan berwarna merah. Begitu pula dengan keseluruhan koneksi pada *output* tidak bermasalah maka indikator *output system* akan berwarna hijau dan apabila bermasalah akan berwarna merah. Tombol kendali maju akan mengirimkan perintah ke Super PLC F2424 untuk menjalankan fungsi *push button 1* yaitu mengirimkan pulsa sebesar 9600 pulsa dengan kecepatan 100 pps. Tombol kendali mundur akan mengirimkan perintah ke Super PLC F2424 untuk menjalankan fungsi *push button 2* yaitu mengirim pulsa sebesar 9600 pulsa dengan kecepatan 100 pps dengan fungsi putaran sebaliknya. Tombol kendali stop akan mengirimkan perintah ke Super PLC F2424 untuk menjalankan fungsi *push button 3* yaitu untuk menghentikan putaran motor dengan fungsi stop pada *ladder*.



Gambar 9. Hasil *ladder* Super PLC F2424 pada *software* i-Trilogi



Gambar 10. Hasil tampilan antarmuka kendali pada LabVIEW

Hasil pengujian sistem kendali yang dipasangkan pada batang kendali dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian sistem kendali tersebut didapatkan hasil waktu uji seperti pada Tabel 1 untuk pengujian maju, di mana jumlah pulsa diberikan sebesar 9600 pulsa dan *pulse rate* sebesar 100 pps maka secara teoritis waktu untuk motor melakukan fungsi sebesar 96 s akan tetapi sesuai pengujian sebanyak 10 kali dihasilkan nilai waktu uji rata-rata sebesar 98,287 s dengan waktu uji terbesar sebesar 98,380. Pada Tabel 2 dapat dilihat untuk pengujian mundur, di mana jumlah pulsa diberikan sebesar 9600 pulsa dan *pulse rate* sebesar 100 pps maka secara teoritis waktu untuk motor melakukan fungsi sebesar 96 s akan tetapi sesuai pengujian sebanyak sepuluh kali dihasilkan nilai waktu uji rata-rata sebesar 98,271 s dengan waktu uji terbesar sebesar 98,340 s.

Setelah mengetahui nilai waktu uji, maka dapat ditentukan *error* waktu pada pengujian sistem untuk pengujian maju di mana *error* rata-rata sebesar 2,333% dan *error* waktu pada pengujian sistem untuk pengujian mundur dengan *error* rata-rata sebesar 2,366%.

Tabel 1. Data hasil waktu uji pengujian maju

Jumlah Pulsa Diberikan (<i>pulse</i>)	Waktu Teoritis (s)	Waktu Uji (s)	Error (%)
9600	96	98,36	2,458
9600	96	98,36	2,399
9600	96	98,23	2,270
9600	96	98,23	2,270
9600	96	98,21	2,250
9600	96	98,35	2,389
9600	96	98,33	2,370
9600	96	98,38	2,419
9600	96	98,2	2,240
9600	96	98,22	2,260
Rata-rata		98,287	2,333

Tabel 2. Data hasil waktu uji pengujian mundur

Jumlah Pulsa Diberikan (<i>pulse</i>)	Waktu Teoritis (s)	Waktu Uji (s)	Error (%)
9600	96	98,34	2,438
9600	96	98,30	2,396
9600	96	98,32	2,417
9600	96	98,23	2,323
9600	96	98,21	2,302
9600	96	98,2	2,292
9600	96	98,35	2,448
9600	96	98,23	2,323
9600	96	98,27	2,365
9600	96	98,26	2,354
Rata-rata		98,271	2,366

V. SIMPULAN

Perancangan sistem instrumentasi dan kontrol berbasis Super PLC F2424 serta antarmuka LabVIEW dilakukan dengan menggunakan *hardware* yang terdiri dari Super PLC F2424, motor *stepper hybrid* tipe 23H276-42-4A(B), *driver* motor tipe M542H, dengan kabel komunikasi RS232 to USB serta kendali otomatis melalui antarmuka berbasis LabVIEW. Berdasarkan hasil pengujian sistem kendali tersebut didapatkan hasil waktu uji untuk pengujian maju rata-rata sebesar 98,287 s dengan *error* waktu sebesar 2,333%. Pada hasil waktu uji untuk pengujian mundur rata-rata sebesar 98,271 s dengan *error* waktu sebesar 2,366%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Syafarudin, Irwan; Anto, "Rancang Bangun Saklar Pemindah Otomatis Berpenggerak Motor Stepper Variable Reluctance Dengan Pengendali Mikrokontroler ATmega8535 Firman," Jom FTEKNIK, vol. 4, no. 2, pp. 9–15, 2017.
- [2] F. A. Silaban, S. Budiayanto, and W. K. Raharja, "Stepper motor movement design based on FPGA," Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 10, no. 1, pp. 151–159, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i1.pp151-159.
- [3] F. Muliawati and R. Wahyudi, "Penerapan Plc Mitsubishi Fx 2N - Series Sebagai Pengganti Seltime-1000 Untuk Kontrol Timer Proses Produksi Ban Pada Mesin Tire Curing Press," J. Tek. Elektro dan Sains Univ. Ibn Khaldun Bogor, vol. 1, no. 1, pp. 14–21, 2014.
- [4] Muntoha, G. B. "Analisis Potensi Penerapan PLTS Pada Kantor Unit Metrologi Legal Dinas Perindustrian Dan Perdagangan Kabupaten Tulungagung. Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan, vol 3, no. 1. 2022.
- [5] Rifa'i, Muhamad et al. Scaling data PLC sebagai pengontrol motor stepper penggerak ulir extruder. JURNAL ELTEK, [S.l.], vol. 19, no. 2, pp. 80-87, Oct. 2021.
- [6] S. G. Zain, "Prototipe Antena Tracker Menggunakan Motor Stepper Nema 23 sebagai Aktuator 2 Axis," Pros. Semin. Nas. LP2M UNM, pp. 907–913, 2019.
- [7] Syahrul. "Motor Stepper: Teknologi, Metoda Dan Rangkaian Kontrol". Majalah Ilmiah UNIKOM Vol.6, No. 2. 2014.
- [8] T. Suryana, "Desain Modifikasi Screw Extruder Untuk Meningkatkan Outflow Yang Optimal Dan Meninimalkan Cacat Produk Pada Plastik," Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin, vol. 9, no. 1, pp. 19–27, 2019.
- [9] Wibowo, B. C., and Nugraha, F. "Kendali Kecepatan Motor Stepper menggunakan metode start – stop berbasis plc". Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol. 10, no. 3, 2021.
- [10] Y. Imamulhak, I. Tullah, P. Studi, T. Elektronika, K. Padang, and S. Barat, "Aplikasi Plc Omron Cj1M Cpu11 Sebagai Kontrol," vol. 5, no. 2, pp. 3–8, 2019.
- [11] Y. Lv, C. Xu, H. Guo, and Y. Liu, "Research on Sliding Mode Control of Two-phase Hybrid Stepper Motor Based on New PI Current Algorithm," J. Phys. Conf. Ser., vol. 1449, no. 1, 2020.
- [12] Z. Alvin, U. Latifa, R. Rahmadewi, and R. Hidayat, "SIMULASI ROOM COOLING AUTOMATION MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)", TESLA, vol. 24, no. 1, pp. 25–35, Apr. 2022.