

Kendali Motor Stepper pada *Fast Shot & Slow Shot Valve Die Casting Machine* menggunakan PLC Omron

Abdilah Aziz Muntashir¹, Muhammad Ario Rizky¹ dan Muhammad Samhadi Nugroho¹

¹Astra Polytechnic Mechatronic Engineering Study Program
Jl. Gaharu Blok F-3 Delta Silicon 2, Cibatu, Cikarang Selatan, Bekasi, Jawa Barat 17530,
Indonesia E-mail: abdillah.muntashir@polytechnic.astra.ac.id

Abstrak

Dalam menghasilkan suatu produk pada industry, perlu melewati serangkaian proses, salah satunya pada proses cetak atau *die casting*. Setelah pemasangan cetakan *casting (fix dies & moving dies)*, perlu melakukan *setting* putaran *fast shot & slow shot valve* untuk menentukan besaran yang mendorong cairan *molten* kedalam cetakan, sehingga mesin *casting* siap digunakan. Pada saat ini proses *setting fast shot & slow shot valve* masih dilakukan secara manual(konvensional), teknisi harus melakukan putaran secara manual dan hanya melihat nilai dari jarum yang tersedia pada *knob*, maka dari itu dibutuhkanlah sebuah modifikasi pada sistem *control* yang mampu memudahkan dalam melakukan *setting valve* tersebut. Dengan menggunakan Motor Stepper Nema 17 sebagai *output* dari PLC Omron CP1L-M30DT-D serta Encoder E6B2-CWZ6C sebagai *input* yang telah dikalibrasi sehingga pembacaan putaran tersebut bisa dilihat pada HMI Omron NB7W-TW00B. Diperoleh hasil *cycle time* yang cepat, yaitu dalam menggerakkan 1 putaran knob, membutuhkan waktu 0.6 detik.

Kata kunci: HMI Omron NB7W-TW00B, Motor Stepper Nema 17, PLC Omron CP1L-M30DT-D

Abstract

In producing a product in the industry, it is necessary to pass a series of processes, one of which is in the printing process or die casting. After installation of casting molds (Fix Dies & Moving Dies), it is necessary to set the fast shot & slow shot valve rotation to determine the amount that pushes the molten liquid into the mold, so the casting machine is ready to use. At this time the Fast Shot & Slow Shot Valve setting process is still done manually (conventional), the technician must make a rotation manually and only look at the value of the needle available on the knob, therefore we need a modification on the control system that can facilitate in doing setting the valve. By using the Stepper motor Nema 17 as the output of the Omron CP1L-M30DT-D PLC and also using Encoder E6B2-CWZ6C as an input that has been calibrated, so that the round reading can be seen in HMI Omron NB7W-TW00B. Obtained a fast cycle time results, namely in moving 1 round of knob, it takes 0.6 seconds.

Keywords: HMI Omron NB7W-TW00B, Stepper Motor Nema 17, PLC Omron CP1L-M30DT-D

1. Introduction

Persaingan industri semakin ketat di pasar global, sehingga setiap perusahaan didorong dalam meningkatkan kecepatan pada proses produksi [1], meningkatkan fluiditas, dan efisiensi operasinya. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu produksi adalah ketersediaan mesin produksi untuk menjalankan tugasnya. Menjaga mesin tetap siap produksi untuk menjaga kelangsungan produksi [2]. Dalam industri manufaktur, ada serangkaian proses produksi, salah satunya proses cetak atau dikenal dengan *die casting process*. *Die casting* merupakan tahapan awal pada industri manufaktur komponen otomotif sebelum selanjutnya dilakukan proses machining [3]. Pada industri manufaktur umumnya terdapat 5 alur proses manufaktur, yaitu *Melting, Casting, Machining, Painting* dan *Assembling*. Dalam *Die Casting process*, terdapat 2 jenis casting yaitu ada *High Pressure Die Casting* (HPDC) dan *Gravity Die Casting* (GDC) [4]. Setiap mesin mempunyai cetakan *casting* yang berbeda – beda. Pada proses die casting terdapat beberapa proses, umumnya dilakukan terlebih dahulu pemasangan cetakan cetakan *casting (fix dies & moving dies)*, kemudian mengatur kerapat cetakan untuk mencegah adanya kebocoran yang terjadi, seringkali pengaturan putaran *fast shot & slow shot valve* untuk mengatur seberapa besar tekanan yang dibutuhkan dalam mendorong muatan cairan *molten* ke dalam cetakan, masih dilakukan secara *trial*. Untuk mengetahui apakah produk yang dihasilkan sudah sesuai dan jika sudah sesuai maka mesin siap digunakan, jika hasilnya belum sesuai maka di setting kembali putaran pada *fast shot & slow shot valve*.

Dalam melakukan pengaturan putaran masih menggunakan putaran knob secara manual dan masih berindikasi pada jarum dan garis-garis yang terdapat pada knob. Hal ini dapat mengakibatkan semakin banyak waktu yang terbuang yang disebabkan oleh waktu pengaturan putaran knob, sehingga akan berdampak pada jumlah produksi yang dihasilkan. Selain itu, pengaturan knob secara manual akan berpengaruh pada tingkat keakuratan respon mesin *die casting*, hal ini akan berakibat pada kualitas dari produk yang dihasilkan

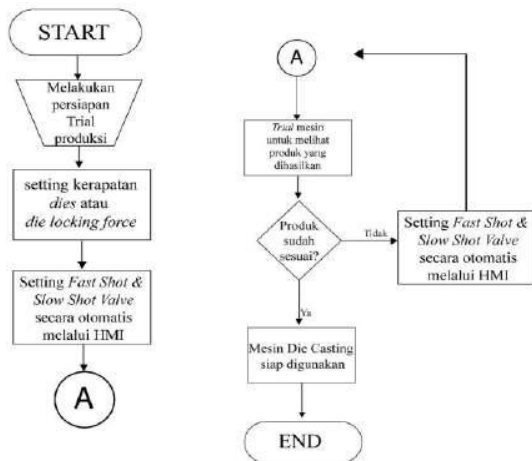
Beberapa penelitian terkait kendali motor stepper menggunakan PLC telah banyak dilakukan, diantaranya kendali motor stepper menggunakan PLC, kendali motor stepper cocok diaplikasikan pada kecepatan rendah, karena lebih stabil tetapi membutuhkan kondisi berbeban untuk mengetahui karakteristiknya [5]. Kendali motor stepper mampu memberikan respon putar dan torsi motor yang presisi dalam menggerakkan ulir ekstruder dengan melakukan scaling data torsi [6]. Sehingga penerapan kendali motor stepper sering digunakan pada proses industri dan manufaktur.

Oleh karena itu, dilakukan *improvement* dengan membuat sebuah *control* otomatis pada *fast shot & slow shot valve* dengan kendali *motor stepper* menggunakan PLC Omron CP1L-M30DT-D untuk mengatur jumlah putaran pada knob die casting machine. Untuk mengetahui jumlah putaran pada motor stepper digunakan encoder E6B2-CWZ6C, kemudian akan ditampilkan pada HMI Omron NB7W-TW00B. Dengan dilakukannya pengaturan putaran secara otomatis, diharapkan dapat meningkatkan proses produksi sehingga dapat meningkatkan jumlah produksi dan waktu yang terbuang pada saat pengaturan putaran knob. Selain itu dengan adanya pengaturan otomatis pada putaran knob, dapat meningkatkan akurasi respon pada knob.

2. Metode Penelitian

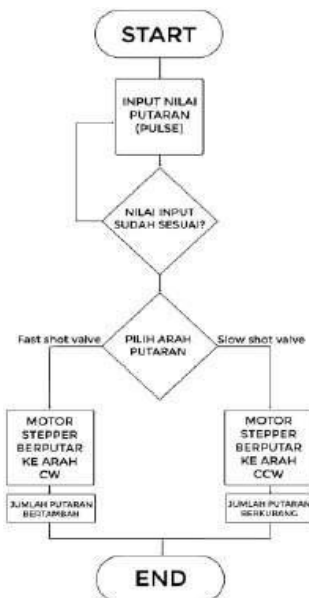
2.1 Design Penelitian

Diagram Alir dari proses mesin *die casting* ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1: Diagram Alir Mesin die casting

Berdasarkan diagram alir mesin *die casting*, proses setting *fast shot & slow shot valve* tidak lagi menggunakan putaran konvensional, namun dikendalikan menggunakan motor stepper melalui perangkat HMI yang di dalamnya terdapat beberapa menu seperti setting secara otomatis maupun setting putaran secara satuan bar. Pada tampilan HMI direncanakan ada penambahan tampilan untuk setting putaran *fast shot & slow shot valve* secara digital, diagram cara kerja proses setting tersebut bisa dilihat pada gambar 2.

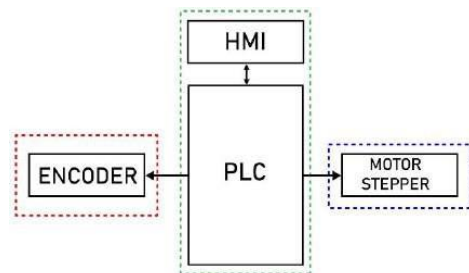


Gambar 2: Diagram Alir perencanaan HMI

Alur perencanaan HMI dimulai dari input nilai putaran berupa nilai pulse, jika nilai pulse sudah sesuai selanjutnya memilih arah putarannya, jika ingin menambahkan jumlah putaran maka pilih *fast shot valve* maka motor stepper akan berputar ke arah *clockwise*, jika ingin mengurangi jumlah putarannya maka pilih *slow shot valve* maka motor stepper akan berputar ke arah *counter clockwise*, jika sudah maka pada tampilan HMI tersebut menampilkan jumlah putaran sesuai dengan nilai inputnya.

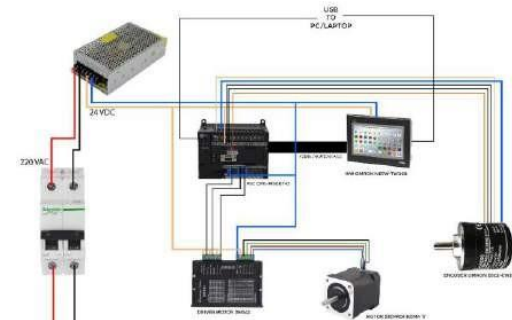
2.2 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini diperlihatkan diagram blok yang menggambarkan garis besar proses komunikasi pada sistem kontrol. PLC menerima masukan dari HMI kemudian masukan tersebut diolah oleh PLC dan dijalankan sesuai program yang sudah dibuat serta *dicompile* ke PLC. Prinsip kerjanya adalah masukan dari HMI menuju PLC menggunakan komunikasi serial RS-232, lalu masukan tersebut diproses untuk menggerakkan motor stepper yang sudah disambungkan dengan encoder menggunakan *pulley dan belt*, encoder akan memberikan sinyal masukan ke PLC lalu diolah kembali untuk ditampilkan data perhitungan putaran ke HMI, diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3: Diagram blok sistem

Encoder terhubung pada PLC melalui *input pin* yang tersedia pada PLC, sedangkan untuk motor stepper terhubung pada PLC melalui *output pin* yang tersedia pada PLC, selanjutnya PLC tersebut saling berkomunikasi dengan HMI menggunakan serial RS-232, lalu PC atau laptop akan terkoneksi dengan PLC dan HMI melalui *USB cable*, topologi jaringan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4: Topologi jaringan

2.3 Perancangan kendali Knob

Fast shot & slow shot valve merupakan komponen yang digunakan untuk mengontrol cepat lambatnya injeksi logam cair ke dalam cetakan [7]. Fast shot & slow shot valve bekerja dengan mengontrol aliran logam cair dari tungku atau reservoir menuju cetakan. Valve ini dapat diatur untuk mengontrol kecepatan dan

volume logam cair yang diinjeksikan. Gambar

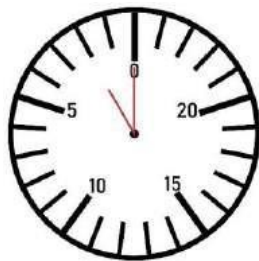
5 merupakan gambar knob fast shot & slow shot valve yang terdapat pada mesin casting.

Fast shot valve atau katup injeksi cepat merupakan komponen yang bertanggung jawab untuk mengontrol injeksi cepat logam cair ke dalam cetakan [8]. *Fast shot valve* bekerja dengan mengontrol aliran logam cair dari tungku atau *reservoir* menuju cetakan. *Valve* ini dapat diatur untuk mengontrol kecepatan dan *volume* logam cair yang diinjeksikan. Sedangkan, *Slow shot valve* atau katup injeksi lambat digunakan untuk mengendalikan injeksi lambat logam cair ke dalam cetakan. *Slow shot valve* bekerja dengan mengontrol aliran logam cair dengan kecepatan yang lebih rendah [9]. Ini memungkinkan waktu yang lebih lama untuk mengisi dan meratakan logam cair dalam cetakan.



Gambar 5: Knob fast shot & slow shoot

Mesin tersebut masih menggunakan *dial hand knob* untuk setting putaran pada *fast shot & slow shot valve*, setting yang dilakukan secara manual tersebut berpotensi terjadinya ketidakakuratan pada setiap putarannya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dihasilkan data mengenai potensi terjadinya ketidakakuratan pada proses setting putaran *fast shot & slow shot valve* yang dilakukan pada saat pergantian cetakan *fix dies & moving dies*. Gambar 6 merupakan gambaran dari parameter pada knob dan data nilai putaran pada tabel 1.



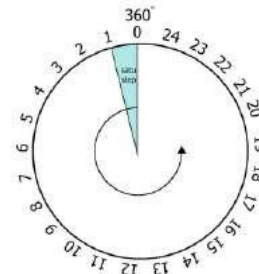
Gambar 6: Parameter knob putaran

TABLE I
DATA NILAI PUTARAN FAST SHOT & FLOW SHOT VALVE

Nomor Mesin	Standart Putaran	Aktual Putaran
43	4.0 putaran \pm 0.5	3.9 putaran
44	3.5 putaran \pm 0.5	4.0 putaran

45	4.5 putaran \pm 0.5	3.9 putaran
46	4.5 putaran \pm 0.5	4.0 putaran

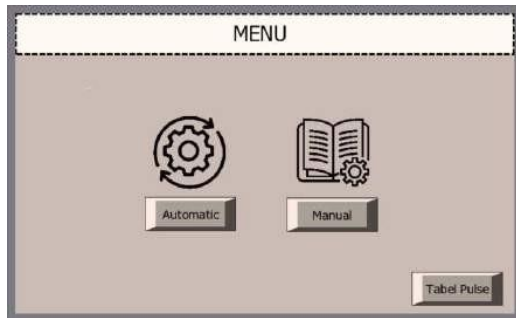
Untuk mengetahui perhitungan antara pulse motor stepper dengan parameter knob dimulai dengan cara mengetahui jumlah satu *pulse/rotasi* pada motor stepper, Motor stepper merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakannya diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. motor stepper dijalankan melalui perangkat driver motor DM542 [10], pada saat menggunakan driver jumlah pulse/rotasi motor stepper membutuhkan 400 pulse untuk mencapai satu rotasi karena step angle pada motor stepper juga berubah dari 1.8° menjadi 0.9° , selanjutnya untuk menyamakan antara pulse motor stepper dengan parameter adalah dengan cara mengetahui satuan step pada motor dengan cara 400 pulse dibagi dengan jumlah parameter knob yang berjumlah 25 dan hasilnya adalah 16 pulse, maka jumlah pulse yang dibutuhkan untuk melakukan satu step pada motor stepper membutuhkan 16 pulse. Berikut merupakan pembacaan satu step dari parameter knob yang terdapat pada gambar 7.



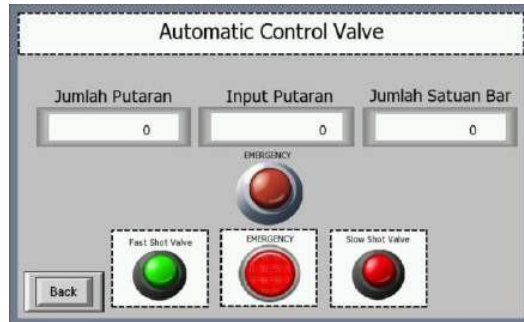
Gambar 7: Pembacaan satuan step

2.4 Perancangan HMI

HMI (*Human Machine Interface*) adalah piranti lunak antarmuka antara mesin atau *plant* dengan operator atau pengamat [11]. Umumnya terdiri dari komputer pusat atau beberapa komputer terpisah berfungsi untuk memonitor dan mengontrol mesin, *plant* atau proses di sebuah pabrik. Tujuan pemakaian HMI adalah menampilkan dan mengatur berapa putaran yang dibutuhkan pada proses injeksi di mesin casting [12]. Program HMI digunakan sebagai control otomatis dan penambahan tombol darurat serta informasi tentang pulse yang nantinya akan diinput. Berikut merupakan simulasi display HMI pada Gambar 8 dan Gambar 9.



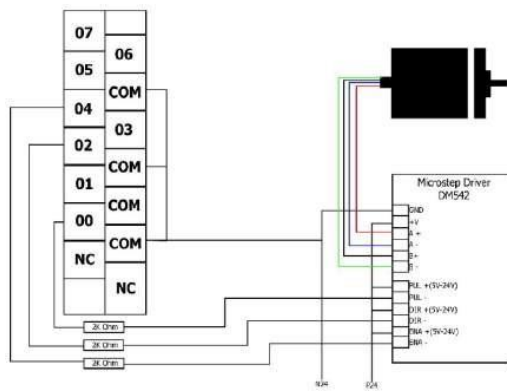
Gambar 8: Menu Halaman Utama



Gambar 9: Menu Automatic Control

2.5 Perancangan PLC

Pembuatan sistem kontrol otomatis ini diawali dengan wiring komponen dengan sistem kontrol. Encoder, motor stepper dan HMI akan terintegrasi dengan PLC menggunakan kabel. Pada bagian program PLC akan menggunakan aplikasi CX – Programmer karena menggunakan PLC Omron CP1L-M30DT-D dan pada bagian HMI menggunakan aplikasi NB – Designer. Pada bagian wiring *input* PLC menggunakan polaritas positif (+) pada bagian COM, dikarenakan encoder yang digunakan bertipe NPN. Gambar 10 merupakan wiring dari PLC dan tabel II untuk penjelasan wiring.

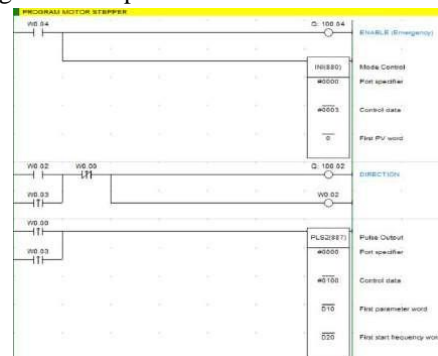


Gambar 10: Wiring PLC

TABLE II Pin PLC

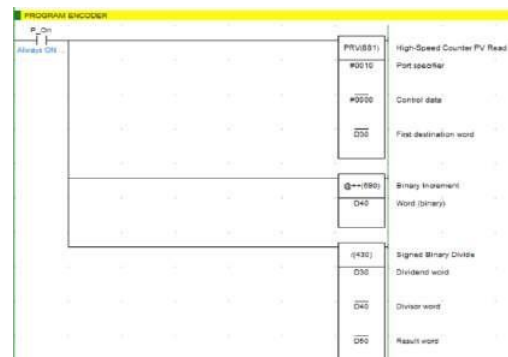
Encoder	Pin PLC
Kabel Coklat : Sumber daya	24 VDC (+)
Kabel Biru	0 VDC (-)
Kabel Hitam : Fasa A	00
Kabel Putih : Fasa B	01
Pulse-	00
Direction-	02
Enable-	04

Pada bagian program sistem kontrol otomatis ini menggunakan program PLC dengan *ladder diagram*, *software* yang digunakan adalah CX – Programmer[13]. CX – Programmer digunakan karena aplikasi tersebut banyak digunakan di berbagai industri. Pada program PLC meliputi beberapa *section* yaitu program motor stepper, program encoder, dan program *Bar counter*. Gambar *program section* motor stepper akan digambarkan pada Gambar 11.



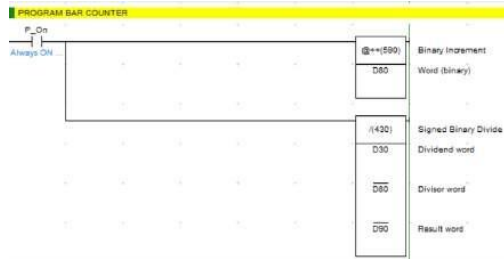
Gambar 11: Program section motor stepper

Gambar *program section* encoder akan digambarkan pada Gambar 12.



Gambar 12: Program section encoder

Gambar *program section bar counter* akan digambarkan pada Gambar 13.



Gambar 13: Program section bar counter

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah wiring dan sequence program sudah berfungsi dengan baik pada alamat input, abnormality dan cycle time. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah wiring dan alamat input pada PLC sudah sesuai dengan program yang sudah dibuat. Hardware pada sistem ini berupa prototype. Pengujian untuk mengetahui apakah terdapat abnormality seperti ketidaksesuaian jumlah perhitungan bar dengan pulse yang di input dan pengujian pada cycle time, ditunjukkan pada Tabel III- Tabel V.

TABLE III
PENGUJIAN INPUT PULSE

Pulse Input	10x	20x	30x	Perhitungan Standar	Perhitungan Aktual	OK / NOT OK
16	1	1	1	1	1	OK
80	5	5	5	5	5	OK
160	10	10	10	10	10	OK
240	15	15	15	15	15	OK
320	20	20	20	20	20	OK
400	25	25	25	25	25	OK

TABLE IV
PENGUJIAN INPUT PUTARAN

Pulse Putaran	10x	20x	30x	Perhitungan Standar	Perhitungan Aktual	OK / NOT OK
1	1	1	1	1	1	OK
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	OK
2	2	2	2	2	2	OK
2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	OK
3	3	3	3	3	3	OK
3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	OK
4	4	4	4	4	4	OK
4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	OK
5	5	5	5	5	5	OK

TABLE V
CYCLE TIME TEST

Putaran knob	Lama Waktu	OK	Not OK
1	0.3 detik	✓	-
1.5	0.6 detik	✓	-
2	1 detik	✓	-
2.5	1.3 detik	✓	-
3	1.5 detik	✓	-
3.5	2 detik	✓	-

4	2.3 detik	✓	-
4.5	2.7 detik	✓	-
5	3 detik	✓	-

Berdasarkan pada Tabel pengujian III sampai dengan tabel V, dapat diamati ketika pengujian dengan input pulsa, dengan memberikan input pada HMI dengan nilai pulsa 16-400 pulse, diperoleh hasil putaran yang sesuai dengan satu putaran penuh bar, yaitu dengan 25 step atau 1 putaran penuh dibutuhkan 400 pulse. Kemudian jika diamati pada pengujian cycle time, yaitu sebanyak 5 step dibutuhkan waktu 3 detik, jika diambil rata-rata dalam menggerakkan 1 putaran knob, dibutuhkan waktu 0.6 detik. Pada sebelumnya putaran pada fast shot & slow shot valve masih menggunakan putaran knob secara manual dan berpotensi mengalami ketidakakuratan pada saat proses setting valve. Kini dengan sistem kontrol otomatis membantu meminimalisir ketidakakuratan pada saat proses setting valve serta dapat mempercepat waktu cycle time sehingga akan mempercepat waktu proses pada mesin die casting. Hasil Pengujian parsial pada masing-masing fungsi tombol input ditunjukkan pada Tabel VI.

TABLE VI
PENGUJIAN ALAMAT INPUT

Nama	Alamat PLC	OK	Not OK
Tombol Emergency	W0.04	✓	-
Lampu emergency	100.04	✓	-
Tombol Fast Shot	W0.00	✓	-
Tombol Slow Shot	W0.03	✓	-
Input pulse	D14	✓	-
Input Putaran	D110	✓	-
Display number jumlah putaran	D50	✓	-
Display number jumlah satuan bar	D90	✓	-

Dari pengujian parsial masing-masing input pada Tabel VI, dapat diamati bahwa semua fungsi input dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 14-Gambar 16.



Gambar 14: Tampilan Menu Utama



Gambar 15: Pengujian input pulse

PULSA	BAR	PULSA	BAR	PULSA	BAR
10	1	100	10	300	30
20	2	200	20	350	35
30	3	300	30	400	40
40	4	350	35		
50	5	400	40		
60	6				
70	7				
80	8				
90	9				
100	10				
110	11				
120	12				
130	13				
140	14				
150	15				
160	16				
170	17				
180	18				
190	19				
200	20				

Gambar 16: Tabel Pulsa dengan putaran

4. Kesimpulan

Dalam meningkatkan *cycle time* dan akurasi pada mesin *die casting*, dibuatlah Sistem kendali motor stepper pada *fast shot & slow shot valve die casting machine* menggunakan PLC omron CP1L-M30DT-D yang terintegrasi dengan HMI Omron NB7W-TW00B. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebanyak 10-30 kali percobaan pada motor stepper yang telah dikalibrasi dengan encoder, output dari putaran motor stepper sesuai dengan input pulse yang diberikan, yaitu dengan 25 step atau 1 putaran penuh dibutuhkan 400 pulse, serta memiliki *cycle time* yang cepat, yaitu dalam menggerakkan 1 putaran knob, membutuhkan waktu 0.6 detik. Dengan kata lain, dengan memberikan input pulse maka menghasilkan jumlah bar yang aktual dan tepat.

Referensi

[1] Ferdiansyah, Yafta Qisti, and Dibyo Setiawan. "Analisis Sistem Manajemen Pemeliharaan Mesin Die Casting." *Engineering and Technology International Journal*. vol 02, pp 138-143, 2023.

[2] S. N. Susianti, "Analisis Perawatan Mesin Casting Zinc Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Melalui Pendekatan DMAIC,"

JENIUS J. Terap. Tek. Ind., vol. 1, no. 1, pp. 30–37, 2020.

[3] Nurjanah, Susianti. "Analisis Perawatan Mesin Casting Zinc Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Melalui Pendekatan DMAIC." *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri* vol 1.1, pp 30-37, 2020

[4] Andriani, Andriani, and Ikhsan Romli. "Preventive maintenance pada mesin die casting dengan age replacement model untuk peningkatan reliabilitas mesin." *Oper. Excell. J. Appl. Ind. Eng.* Vol 12, pp 1-12, 2020.

[5] Wibowo, Budi Cahyo, and Fajar Nugraha. "Kendali Kecepatan Motor Stepper Menggunakan Metode Start Stop Berbasis PLC." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol 10 no.3,pp 213-220, 2021.

[6] Rifa'i, Muhamad, Hari Kurnia Safitri, and Abrar Kadafi. "Scaling data PLC sebagai pengontrol motor stepper penggerak ulir extruder." *JURNAL ELTEK* , vol. 19.no. 2, pp 80-87, 2021.

[7] Widodo, Joko Sri, Taufiqur Rokhman, and R. Hengki Rahmanto. "SEMINAR MENGENAI PROSES PEMBUATAN SPARE PARTS OTOMOTIF MELALUI PROSES DIE CASTING PADA SISWA SMK KARYA GUNA 1 BEKASI." *An-Nizam*, vol 1, pp 87-91, 2022.

[8] M. Han, Y. Liu, D. Wu, H. Tan, and C. Li, "Numerical Analysis and Optimisation of the Flow Forces in a Water Hydraulic Proportional Cartridge Valve for Injection System," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 10392–10401, 2018.

[9] Djalmono, Wahyu, Ampala Khoryanton, and Ikhsan Muzaki. "Sistem Pendingin Menggunakan Thermalelectric Cooler Guna Menstabilkan Temperatur Box Panel Kontrol Mesin Die Casting." *Jurnal Rekayasa Mesin* . vol 3, pp 146-156, 2019.

[10] R. Aulia, R. A. Fauzan, and I. Lubis, "Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan Menggunakan FAN dan DHT11 Berbasis Arduino," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 6, no. 1, p. 30, 2021.

[11] Khoirurrizal, M. *RANCANG BANGUN MINIATUR LIFT 3 LANTAI MENGGUNAKAN PLC OMRON CP1E DENGAN HMI*. Diss. Universitas Sultan Agung, 2021.

[12]Wibowo, Budi Cahyo, and Fajar Nugraha. "Stepper Motor Speed Control Using Start-Stop Method Based On PLC." *J. Tek. Elektro dan Komput. UNSRAT*, vol 10, pp 213-220, 2021.

[13]F. H. Utomo, "Komponen PLC dan fungsinya," 2022.