



JURNAL TEKNIK MESIN

MISTEK

MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



PERANCANGAN DIAGRAM RANGKAIAN PNEUMATIK BERBASIS PLC CP2E-E20DR-A UNTUK OPERASI SILINDER KERJA TUNGGAL DAN GANDA PADA TRAINER

Syahrul Ramdani¹, Irwan Aranda²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : danibrick33@gmail.com¹, dosen01281@gmail.com²

Masuk : 03 Juni 2026

Direvisi : 06 Juli 2026

Disetujui : 24 Juli 2026

Abstrak: Tujuan pelaksanaan tugas akhir ini adalah untuk merancang, mengintegrasikan, dan menguji kinerja rangkaian pneumatik untuk silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda pada trainer berbasis PLC Omron CP2E-E20DR-A. Pengujian dilakukan dengan cara merancang rangkaian pneumatik menggunakan *software* Festo FluidSIM 4.2 dan program ladder diagram PLC menggunakan *software* CX-Programmer 9.7 dengan satu siklus sekuensial A+B+ Timer 5 B-A-, kemudian dilakukan analisis respon gerak silinder, perhitungan kecepatan aktuator, serta validasi kesesuaian logika program terhadap kinerja sistem PLC pada trainer dengan metode *trial and error*. Hasil simulasi respon gerak silinder menunjukkan kecepatan maju sebesar 0,37 m/s pada silinder kerja ganda dan 0,33 m/s pada silinder kerja tunggal, serta kecepatan mundur sebesar -0,32 m/s pada silinder kerja ganda dan -0,16 m/s pada silinder kerja tunggal. Kecepatan aktuator berdasarkan persamaan $v=s/t$ dengan panjang stroke 0,075 m diperoleh sebesar 0,375 m/s pada tahapan gerak maju kedua silinder, serta 0,125 m/s pada tahapan gerak mundur silinder kerja ganda. Sedangkan pada hasil validasi, logika program dan seluruh komponen input/output PLC berfungsi sesuai rancangan, sehingga sistem terbukti dapat bekerja secara terintegrasi dengan baik.

Kata Kunci: Pneumatik, PLC, silinder kerja tunggal, silinder kerja ganda, kecepatan aktuator, trainer

Abstract: The purpose of this final project is to design, integrate, and test the performance of a pneumatic circuit for single acting and double acting cylinders on a trainer based on PLC Omron CP2E-E20DR-A. Testing was carried out by designing the pneumatic circuit using Festo FluidSIM 4.2 software and the PLC ladder diagram program using CX-Programmer 9.7 software with one sequential cycle of A+B+ Timer 5 B-A-, followed by analysis of cylinder motion response, calculation of actuator speed, and validation of the program logic suitability toward the performance of the PLC system on the trainer using the trial and error method. The simulation results of the cylinder motion response show a forward speed of 0.37 m/s for the double acting cylinder and 0.33 m/s for the single acting cylinder, and a backward speed of -0.32 m/s for the double acting cylinder and -0.16 m/s for the single acting cylinder. The actuator speed based on the equation $v=s/t$ with a stroke length of 0.075 m was found to be 0.375 m/s at the forward stages of both cylinders, and 0.125 m/s at the backward stage of the double acting cylinder. Meanwhile, the validation results show that the program logic and all input/output components of the PLC function according to the design, so that the system is proven to work in an integrated manner.

Keywords: pneumatic, PLC, single acting cylinder, double acting cylinder, actuator speed, trainer

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi era revolusi industri 4.0 yang sangat bergantung pada digitalisasi dan kecepatan menuntut peningkatan kompetensi dan kualitas sumber daya manusia sebagai faktor utama dalam meningkatkan produktifitas[1]. Seiring dengan itu, perkembangan di dunia industri juga sangat pesat dalam menciptakan berbagai peralatan yang memudahkan manusia menyelesaikan pekerjaan secara tepat dan efisien. Salah satu teknologi banyak digunakan adalah sistem otomasi berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dan pneumatik, secara keduanya mampu memberikan control yang andal, respons cepat, serta fleksibilitas pengoprasian dalam industri[2].

PLC dan sistem pneumatik merupakan elemen penting dalam otomatisasi industri yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan proses kerja[3]. Sistem pneumatik memanfaatkan tekanan udara untuk mendorong silinder kerja, yang mengubah tekanan udara menjadi energi mekanik[4] sedangkan PLC merupakan perangkat elektronik digital yang memanfaatkan memori terprogram untuk menjalankan fungsi logika, urutan kerja, pewaktu, dan aritmatika dalam mengendalikan mesin atau proses melalui modul input dan output. Dalam konteks pendidikan, khususnya mahasiswa teknik mesin, pemahaman sistem elektro-pneumatik menjadi kompetensi penting agar mahasiswa mampu memenuhi industri modern. sehingga trainer pneumatik dapat digunakan sebagai media praktikum untuk menghubungkan konsep teori dengan aplikasi nyata[5]

Perancangan Diagram Sistem Pneumatik

Perancangan merupakan langkah atau suatu proses atau tahapan sistematis dalam pembentukan atau perencanaan suatu entitas, dengan memanfaatkan berbagai teknik untuk merumuskan tujuan yang hendak dicapai. Pada penelitian ini merancang diagram rangkaian sistem pneumatik, secara definisi diagram rangkaian adalah representasi visual dari rangkaian yang menggunakan simbol-simbol standar untuk menggambarkan komponen dan koneksi di dalam rangkaian[6].

Sistem pneumatik adalah sistem yang memanfaatkan tekanan udara terkompresi sebagai fluida kerja untuk sehingga dapat menghasilkan tenaga mekanik dan gerakan. Udara terkompresi dalam sistem berfungsi sebagai media penyimpanan energi yang kemudian dilepaskan untuk mengoperasikan aktuator seperti silinder, katup, dan komponen mekanik lainnya. Kata “Pneumatik” berasal dari bahasa Yunani yaitu ‘*pneuma*’ yang memiliki arti nafas atau udara, sehingga istilah tersebut dihubungkan dengan teknik pemanfaatan udara bertekanan, dengan itu pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari pemanfaatan udara bertekanan[7].

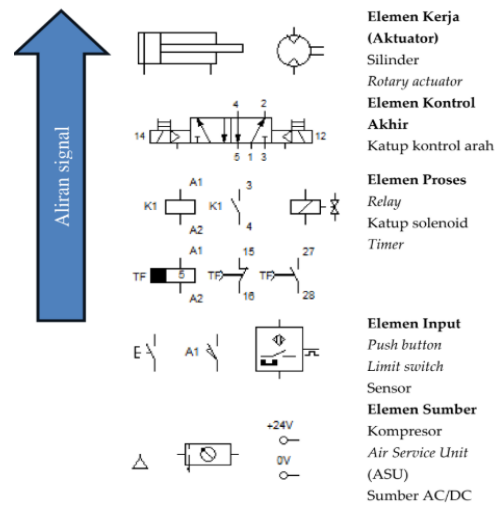
Komponen utama sistem pneumatik

Secara umum beberapa komponen utama sistem pneumatik meliputi:

1. Kompresor udara (*air compressor*)
2. Regulator dan Gauge (*air service regulator*)
3. *Pneumatic valve* atau *solenoid valve* 3/2 dan 5/2
4. *Pneumatic Cylinder*
5. *Emergency stop* dan *push button*

Simbol-simbol Komponen elektro-pneumatik

Adapun pemilihan simbol-simbol komponen yang digunakan pada sistem rangkaian elektro-pneumatik serta aliran sinyalnya dapat dilihat pada gambar berikut.

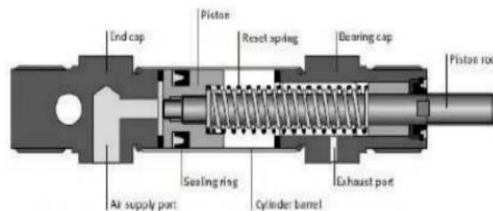


Gambar 1. Simbol-simbol komponen pneumatik

Silinder kerja tunggal dan Ganda

Silinder pneumatik memiliki dua jenis silinder kerja adapun jenis silinder pneumatik yaitu

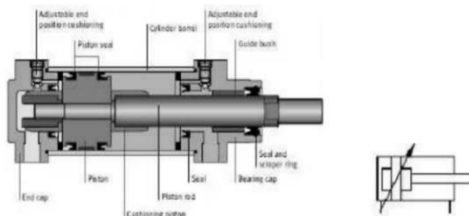
1. Silinder Kerja Tunggal (*single acting cylinder*)



Gambar 2. Silinder kerja tunggal

Pada gambar 2 yaitu silinder kerja tunggal beroperasi dengan aliran udara satu arah, karena hanya memiliki satu port masuk (*inlet*) tanpa port keluaran khusus

2. Silinder kerja ganda (*Double Acting cylinder*)



Gambar 3. Silinder kerja ganda

Pada gambar 3 yaitu silinder kerja ganda memiliki dua saluran, yaitu saluran pertama untuk mendorong piston maju dan saluran kedua untuk menghasilkan gaya gerak mundur pada batang piston

PLC (*Programmable Logic Controller*)

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer

PLC merupakan perangkat keras yang dapat di program untuk mengontrol suatu proses sebuah mesin.^[5] Perkembangan *Programable Logic Controller* (PLC) menunjukan kemajuan yang sangat pesat sejak kemunculanya pada tahun 1970. Evolusi tersebut meliputi peningkatan fitur kemampuan pemrosesan serta efisiensi ukuran perangkat, dan intergrasinya dengan berbagai teknologi moder.



Gambar 4. PLC Omron CP2E-E20DR-A

Pada gambar 4. menunjukan komponen PLC Omron CP2E-E20DR-A, yaitu Programmable Logic controller (PLC) yang diproduksi oleh OMRON yang digunakan untuk sistem kontrol otomatisasi industri, PLC ini memiliki fitur input-output yang lengkap untuk pengendalian perangkat seperti lampu LED, pneumatik, dan motor DC, serta kemampuan pemrograman menggunakan bahasa *ladder diagram* melalui *software CX- Programmer* Versi 9.7.

Spesifikasi Teknis PLC Omron CP2E-E20DR-A

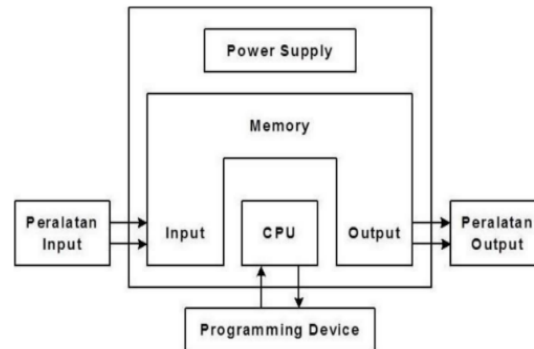
Tabel 1 Spesifikasi Teknis Plc Omron

Parameter	Spesifikasi
Tipe PLC	Omron CP2E-20DR-A
Series	CP2E Compact PLC- Essential Type
Input Digital	12 titik (PNP/NPN)
Output Digital	8 titik, tiper relay
Total I/O Lokal	20 titik
Catu Daya	220 VAC
Kapasitas Program	8 kstep
Kapasitas Data Memory	4 kword
Waktu Ekskusi Logika	0,23 μ
Port Komunikasi	RS-232C, USB
Encoder Input	6 kanal, max 100 Khz
Suhu Operasional	-20° - 60° C
Dimensi	90 x 86x 80 mm
Berat	281 g

Prinsip Kerja PLC

PLC bekerja menggunakan prosesor tunggal berbasis logika diagram tangga untuk mengendalikan peralatan maupun sistem otomasi secara keseluruhan. PLC menerima sinyal dari perangkat input seperti push button dan sensor, kemudian CPU mengolah sinyal tersebut untuk mengaktifkan perangkat seperti *solenoid valve*. Secara umum, PLC bekerja berkesinambungan mengikuti perubahan variabel input dan mengambil keputusan berdasarkan program yang telah dirancang, sehingga nilai output tetap terkendali.

Komponen Utama PLC



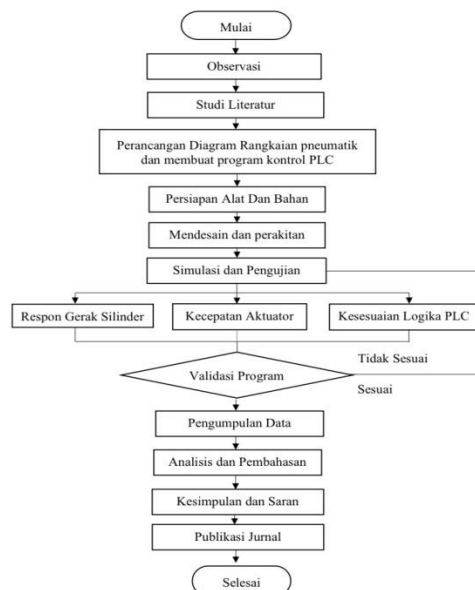
Gambar 5. Skema prinsip kerja dan komponen PLC

Pada gambar 5. Menunjukkan komponen-komponen utama yang digunakan dalam PLC meliputi

1. CPU (*Central Processing Unit*) berfungsi untuk mengawasi dan mengatur seluruh kegiatan dalam PLC serta menjalankan program
2. Memori, sebagai penyimpanan data dan program, yang berbentuk chip dan mode pengaman terpasang baterai back-up pada PLC.
3. *Power Supply*, unit catu daya untuk mengkonversi tegangan masukan seperti AC 220 Volt ke DC 24 Volt
4. *Programing device*, digunakan untuk komunikasi dengan perangkat PLC.
5. Unit input dan output, berfungsi sebagai penghubung antara PLC dan perangkat eksternal seperti sensor, push button, serta solenoid

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan merancang diagram rangkaian trainer pneumatik berbasis PLC Omron CP2E-E20DR-A dengan silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda menggunakan *software* FluidSIM 4.2 dan *software* CX-Programmer 9.7, kemudian dilakukan simulasi untuk menguji kinerja sistem. Pengujian difokuskan pada respon waktu gerak silinder, kecepatan aktuator, serta kesesuaian logika kontrol PLC yang telah diprogram.



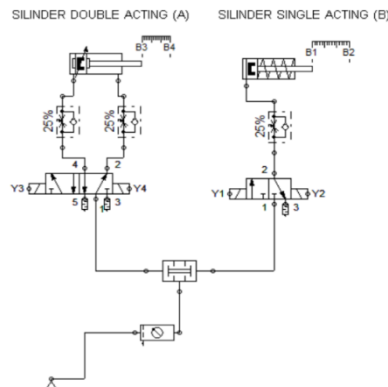
Gambar 6. Diagram Alir

Prosedur Penelitian

1. Mulai melakukan penelitian
2. Siapkan Alat dan bahan
3. Membuat diagram rangkaian sistem pneumatik silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda menggunakan *software Festo FluidSIM 4.2*
4. Merakit komponen trainer pneumatik menggunakan PLC sesuai dengan diagram rangkaian sistem yang sudah dibuat
5. Membuat program *Ladder PLC* sebagai kontrol otomatis pada sistem trainer pneumatik menggunakan *software CX-Programmer 9.7*
6. Melakukan proses simulasi dan pengujian pada sistem pneumatik menggunakan *software Festo FluidSIM 4.2*
7. Validasi uji coba sistem PLC untuk mengetahui dapat bekerja sesuai atau tidak dengan program yang telah dibuat
8. Mencatat atau merekam setiap hasil pengujian
9. Selesai

HASIL DAN PEMBAHASAN**Diagram Rangkaian Sistem Pneumatik**

1. Hasil Perancangan Diagram Pneumatik



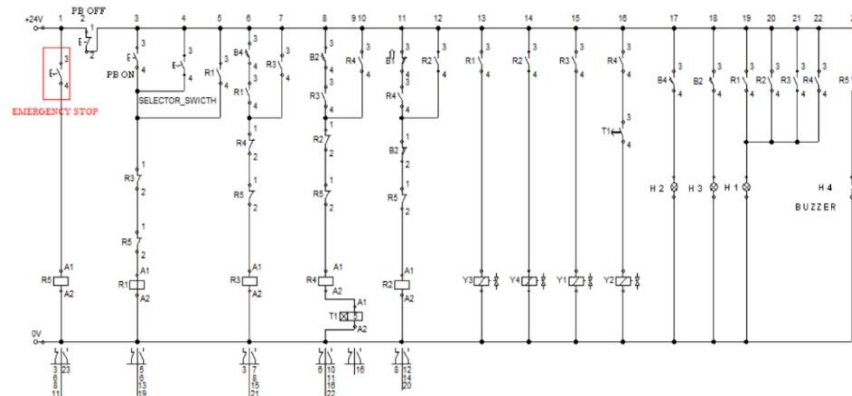
Gambar 7. Diagram Rangkaian silinder Pneumatik

Berdasarkan gambar 7, hasil diagram rangkaian pneumatik terdiri dari silinder kerja ganda dan silinder kerja tunggal yang terhubung dengan sumber udara bertekanan melalui *Air Service Unit*, dengan penerapan metode *cascade* pada logika kendali siklus sekuensial A+B+ Timer 5 B-A- sebagai teknik pengaturan urutan kerja secara sistematis dan bertahap untuk menjamin efisiensi dan keandalan operasi. Kedua silinder memiliki diameter piston 25 mm dan panjang stroke 75 mm. Silinder kerja ganda dikendalikan oleh *solenoid valve* 5/2 dengan koil Y3 dan Y4, di mana konfigurasi 5 port dan 2 posisinya memungkinkan udara bertekanan dialirkan bergantian ke kedua sisi silinder sesuai kebutuhan gerak maju dan mundur, sedangkan silinder kerja tunggal dikendalikan oleh *solenoid valve* 3/2 dengan koil Y1 dan Y2 sesuai karakteristiknya yang hanya membutuhkan satu arah aliran udara untuk gerak maju, sementara gerak mundurnya dibantu gaya pegas internal (*spring return*).

Pada setiap jalur menuju silinder dipasang *flow control valve* dengan bukaan 25% untuk mengatur laju aliran udara sehingga kecepatan aktuator dapat dikendalikan selama proses simulasi. Untuk mendeteksi posisi piston, silinder kerja ganda dilengkapi sensor *proximity* B3 dan B4, sedangkan silinder

kerja tunggal dilengkapi sensor *proximity* B1 dan B2, yang berfungsi sebagai masukan (*input*) pada sistem kontrol untuk mendeteksi posisi akhir gerakan silinder.

2. Hasil Perancangan Rangkaian Diagram sistem kontrol pneumatik

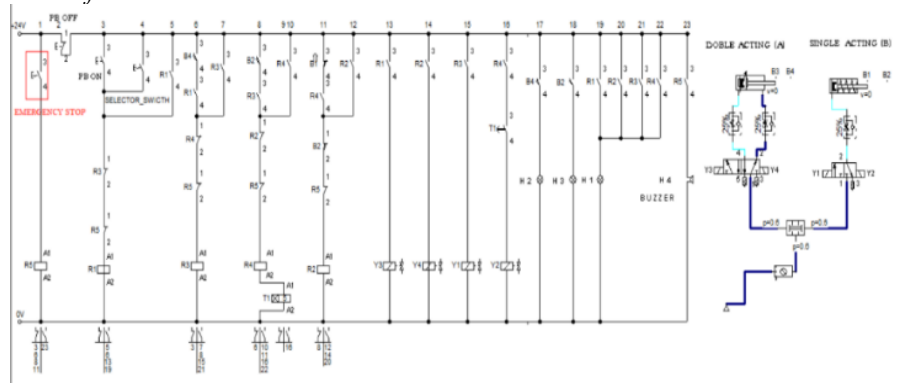


Gambar 8. Hasil Diagram Sistem Kontrol Pneumatik

Berdasarkan Gambar 8. diperoleh hasil perancangan diagram rangkaian kontrol sistem pneumatik dengan penerapan metode cascade, yang terdiri dari sumber energi 24 VDC dan 0 V, emergency stop, push button ON dan OFF, selector switch, relai R1-R5, sensor proximity B1–B4, timer, solenoid valve Y1–Y4, lampu indikator H1–H3, serta buzzer H4. Emergency stop dipasang pada jalur utama catu daya sebagai fitur keselamatan wajib untuk memutus suplai tegangan pada kondisi darurat, sedangkan selector switch berfungsi sebagai tombol pengendali awal operasi. Relai R1-R5 digunakan sebagai logika kendali dengan self-holding, yaitu mekanisme yang mempertahankan kondisi aktif suatu rangkaian meskipun tombol pengoperasian telah dilepas.

Sensor B1 dan B2 berfungsi mendeteksi posisi silinder kerja tunggal, sedangkan B3 dan B4 mendeteksi posisi silinder kerja ganda. Timer T1 (*relay timer on delay*) memberikan jeda waktu 5 detik sebelum sistem melanjutkan ke tahap berikutnya, sebelum sinyal kendali mengaktifkan koil Y1–Y4 untuk menggerakkan solenoid valve sesuai sekuens yang dirancang. Lampu indikator H1 (hijau) menandakan sistem beroperasi, H2 (merah) untuk silinder kerja ganda, H3 (kuning) untuk silinder kerja tunggal, dan H4 (buzzer) sebagai penanda kondisi darurat.

3. Hasil Simulasi Software Festo FluidSIM 4.2

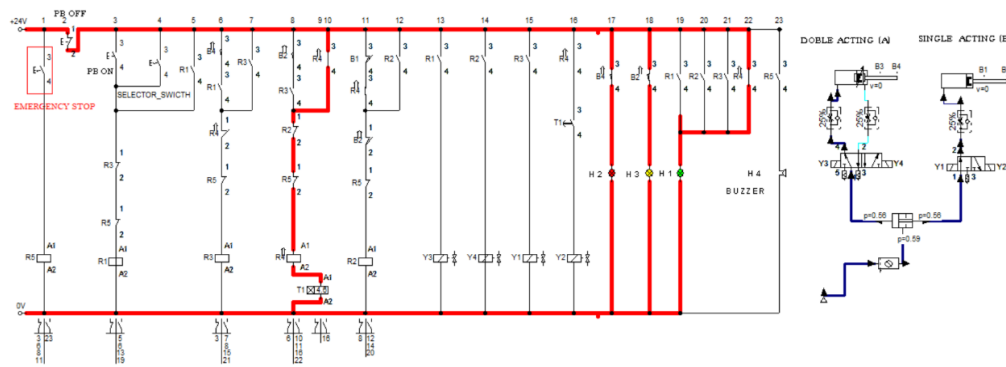


Gambar 9 Mode Awal Simulasi

Berdasarkan gambar 9. sistem berada pada kondisi awal sebelum simulasi dioperasikan. catu daya 24 VDC telah terhubung, sedangkan emergency stop dan push button OFF berada pada kondisi normal sehingga jalur kontrol siap dijalankan. Push button ON belum diaktifkan, sehingga relai, timer, dan solenoid valve masih OFF, kedua silinder berada pada posisi awal, serta lampu indikator dan buzzer belum

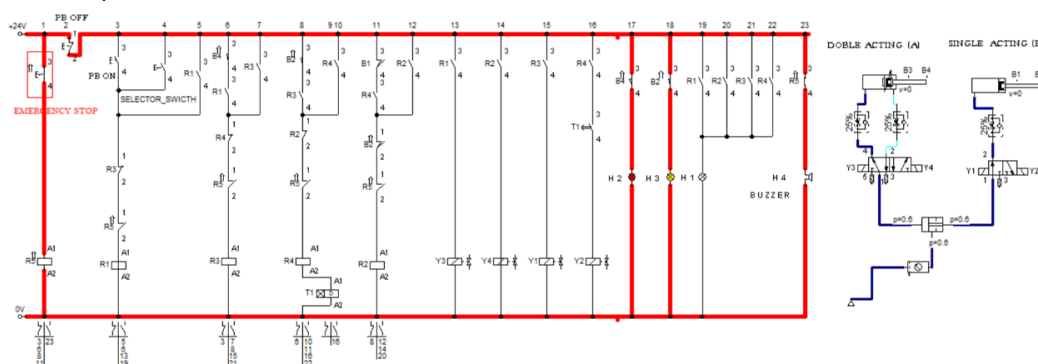
Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E2OSDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer

aktif. Kondisi ini menunjukkan sistem dalam keadaan standby dan siap menerima perintah untuk memulai siklus kerja.



Gambar 10 Hasil Simulasi Rangkaian Diagram Pneumatik

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 10, ketika push button ON ditekan, relai R1 aktif dan mengunci (*self-holding*), lampu indikator hijau (H1) menyala menandakan sistem beroperasi, dan lampu merah (H2) menyala sebagai indikasi silinder kerja ganda (A) sedang bekerja, sehingga solenoid valve Y3 aktif dan katup 5/2 berpindah posisi mengalirkan udara bertekanan ke sisi maju silinder A hingga menyentuh sensor B4 (A+). Setelah sensor B4 aktif, relai R4 mengaktifkan solenoid valve Y1 sehingga silinder kerja tunggal (B) bergerak maju (B+) yang ditandai dengan menyala lampu kuning (H3), kemudian timer on delay T1 mulai menghitung waktu tunda 5 detik sebelum relai R2 melepas solenoid valve Y1 sehingga silinder B kembali ke posisi awal oleh gaya pegas (B-) yang ditandai padamnya lampu H3 dan aktifnya sensor B1 sebagai syarat untuk melanjutkan ke siklus A-



Gambar 11. Simulasi Mode *Emergency Stop* dan *Push Button OFF*

Pada gambar 11, sementara itu, pengujian fungsi keselamatan menunjukkan bahwa *push button OFF* dan *emergency stop* mampu memutus catu daya 24 VDC pada rangkaian kontrol secara langsung, sehingga seluruh proses operasi berhenti sesuai prinsip *fail-safe*. Secara keseluruhan, hasil pengujian pada keempat mode tersebut membuktikan bahwa sistem kontrol yang dirancang dapat menjalankan siklus kerja secara berurutan pada mode manual maupun otomatis, serta memiliki fungsi pengamanan yang bekerja sesuai rancangan.

Proses Perakitan Trainer Pneumatik

Proses perakitan trainer pneumatik berbasis PLC dilakukan setelah tahap perancangan dan simulasi diagram pneumatik selesai.

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer



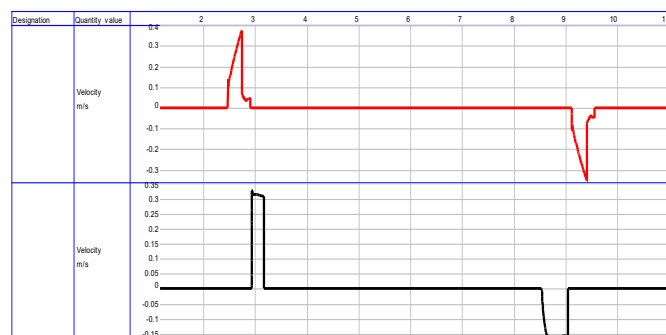
Gambar 12 Proses Perakitan Trainer Pneumatik PLC



Gambar 13. Hasil Perakitan Trainer Pneumatik PLC

Pada gambar 13 merupakan proses perakitan trainer pneumatik dan gambar 14 yaitu hasil perakitan silinder kerja ganda dan tunggal berbasis PLC Omron CP2E-E20DR-A. Setelah selesai proses perakitan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian.

Hasil Respon Gerak Silinder



Gambar 14 Grafik Respon Gerak Silinder

Pada gambar 14, diperoleh hasil simulasi respon gerak silinder A (*double acting*) dengan kurva merah dan silinder B (*single acting*) kurva hitam terhadap waktu selama satu siklus kerja sesuai sekuensial A+B+ Timer 5 B-A- yang telah diprogram pada *software* fluidSIM 4.2. Pada rentang waktu 0 detik

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer

sampai ke 2,6 detik, kedua silinder berada pada kondisi diam dengan kecepatan 0 m/s, yang menunjukkan sistem masih dalam posisi awal sebelum menerima sinyal *start*. Selanjutnya, pada waktu ke 2,7 detik silinder A mulai bergerak maju (A+) dengan kecepatan 0,37 m/s pada waktu ke 2,9 detik mengalami penurunan kecepatan sampai akhir langkah kembali stabil pada 0 m/s. Setelah silinder A+ selsai, silinder B bergerak maju (B+) pada waktu ke 3 detik dengan kecepatan 0,33 m/s kemudian kecepatan kembali ke 0 m/s di waktu ke 3,2 detik. Setelah kedua silinder mencapai posisi akhir langkah maju, sistem berada pada kondisi diam selama kurang lebih 5 detik. Kondisi ini menunjukkan adanya waktu tunda yang diberikan oleh *relay timer on delay* sesuai dengan siklus sekuensial yang telah diprogram. Memasuki waktu 8,9 detik, silinder B bergerak mundur (B-) dengan kecepatan sekitar -0,16 m/s hingga pada waktu 9,1 detik kecepatannya kembali menjadi 0 m/s. Selanjutnya, silinder A bergerak mundur (A-) pada waktu 9,2 detik dengan kecepatan sekitar -0,32 m/s hingga kecepatannya kembali menjadi 0 m/s pada waktu 9,8 detik.

1. Analisis karakter Analisis Karakteristik Respon Gerak Silinder

Tabel 2 Karakteristik Respon Gerak Silinder

No	Tahapan Gerak	Jenis Silinder	Waktu Mulai (s)	Waktu Selesai (s)	Waktu Respon (s)	Kecepatan (m/s)
1	A+	Kerja Ganda	2,7	2,9	0,2	0,37
2	B+	Kerja Tunggal	3,0	3,2	0,2	0,33
3	Timer 5	-	-	-	5	-
4	B-	Kerja Tunggal	8,9	9,1	0,2	-0,16
5	A-	Kerja Ganda	9,2	9,8	0,6	-0,32

Berdasarkan Tabel 2, silinder kerja ganda (A) memiliki kecepatan gerak lebih tinggi dibandingkan silinder kerja tunggal (B), yaitu 0,37 m/s berbanding 0,33 m/s pada gerak maju, serta -0,32 m/s berbanding -0,16 m/s pada gerak mundur. Meskipun menggunakan flow control yang sama (25%), waktu respon gerak mundur silinder kerja ganda lebih lama (0,6 detik) dibandingkan silinder kerja tunggal (0,2 detik), menunjukkan adanya perbedaan karakteristik gerak antara kedua jenis silinder.

Kecepatan Aktuator

Untuk menghitung kecepatan aktuator digunakan persamaan berdasarkan panjang stroke silinder dan waktu gerak respon yang diperoleh dari hasil simulasi yaitu:

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

v = Kecepatan gerak piston (m/s)

s = Panjang langkah atau stroke (m)

t = waktu gerak silinder (s)

Diketahui hasil simulasi waktu respon pada masing-masing tahapan gerak yaitu A+ 0,2 s, B+ 0,2 s, B- 0,2s, dan A- 0,6 s dengan panjang stroke silinder yaitu 75 mm, maka perhitungan kecepatan aktuator pada setiap tahapan gerak sebagai berikut.

a. Silinder kerja ganda A+

Diketahui:

$$s = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{0,075}{0,2}$$

$$v = 0,375 \text{ m/s}$$

- b. Silinder kerja tunggal B+

Diketahui :

$$s = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{0,075}{0,2}$$

$$v = 0,375 \text{ m/s}$$

- c. Silinder kerja tunggal B-

Diketahui:

$$s = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{0,075}{0,2}$$

$$v = 0,375 \text{ m/s}$$

- d. Silinder kerja ganda A-

Diketahui:

$$s = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$t = 0,6 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{0,075}{0,6}$$

$$v = 0,125 \text{ m/s}$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kecepatan Aktuator

No	Tahapan Gerak	Jenis Silinder	Panjang Stroke (m)	Waktu Respon (s)	Kecepatan Aktuator (m/s)
1	A+	Kerja Ganda	0,075	0,2	0,375
2	B+	Kerja Tunggal	0,075	0,2	0,375
3	B-	Kerja Tunggal	0,075	0,2	0,375
4	A-	Kerja Ganda	0,075	0,6	0,125

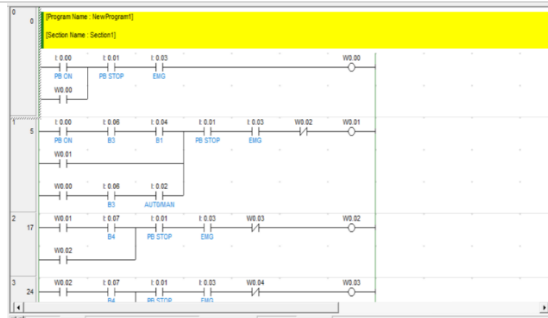
Berdasarkan Tabel 3, kecepatan aktuator hasil perhitungan pada tahapan A+, B+, dan B- diperoleh sebesar 0,375 m/s, sedangkan pada tahapan A- sebesar 0,125 m/s. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kecepatan aktuator dipengaruhi oleh waktu respon gerak yang berbeda pada setiap tahapan hasil simulasi

Kesesuaian Logika PLC

1. Program Ladder Diagram PLC

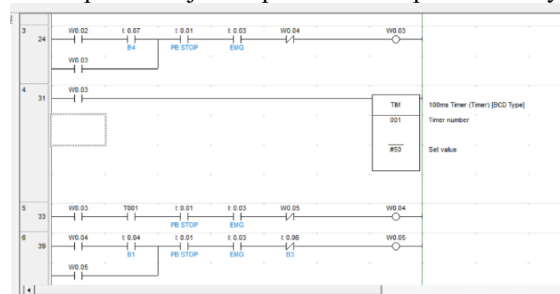
Simulasi dan perancangan program *ladder diagram* PLC diprogram dengan menggunakan *software* CX-Programmer 9.7 untuk mengintegrasikan sistem trainer pneumatik dapat dijalankan secara otomatis sehingga menghasilkan integrasi sistem pneumatik yang dikendalikan secara penuh dari input logika PLC Omron CP2E-E20DR-A.

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer



Gambar 15 Ladder Diagram PLC Rung 1-3

Berdasarkan Gambar 15 pada rung 0 diawali dari kontak input *push button* ON (I:0.00), kontak NC *push button* STOP (I:0.01), dan kontak NC *emergency stop* (I:0.03) sebagai pengaman sistem, serta bit internal W0.00 sebagai rangkaian *self-holding*. Ketika *push button* ON ditekan, bit internal W0.00 menjadi aktif dan mempertahankan kondisi operasi sistem selama *push button* dan *emergency stop* tetap dalam kondisi normal. Selanjutnya, pada rung 1, kondisi *sensor proximity* B3 (I:0.06), *sensor proximity* B1 (I:0.04), dan *selector switch* (I:0.02) digunakan sebagai masukan logika untuk mengaktifkan bit internal W0.01 sesuai dengan kondisi operasi sistem. Kemudian, pada rung 2, ketika *sensor proximity* B4 (I:0.07) mendeteksi aktuator telah mencapai posisi akhir langkah yang ditentukan, bit internal W0.02 menjadi aktif sebagai sinyal bahwa tahapan gerak sebelumnya telah selesai, sehingga sistem dapat melanjutkan proses ke tahapan berikutnya secara berurutan.



Gambar 16 Ladder Diagram PLC Rung 3-6

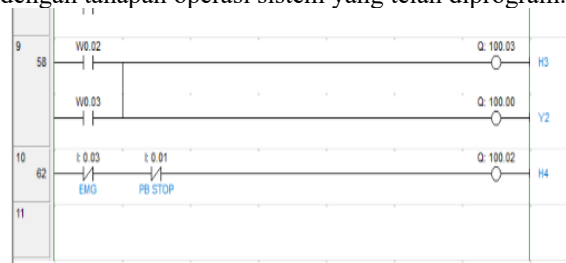
Berdasarkan gambar 16 hasil program *ladder diagram* rung 3 terdapat kontak input *sensor proximity* B4 (I:0.07), dan *emergency stop* (I:0.03) sebagai pengaman sistem, serta kontak bit internal W0.04 sebagai *interlock*. Kondisi tersebut digunakan untuk mengaktifkan coil bit internal W0.03 yang dilengkapi rangkaian *self-holding* melalui kontak W0.03, sehingga kondisi W0.03 tetap aktif setelah memenuhi syarat pada rung 3. Selanjutnya, pada rung 4, bit internal W0.03 mengaktifkan intruksi timer TM 001 dengan basis waktu 100ms dan *set value* #50, sehingga menghasilkan waktu tunda selama 5 detik.

Setelah timer T001 selsai, kondisi kontak timer digunakan pada rung 5 bersama bit internal kontak W0.03, kontak NC *push button* stop (I:0.01), *emergency stop* (I:0.03), dan *sensor proximity* B3 (I:0.06), untuk mengaktifkan coil bit internal W0.05. Bit internal W0.05 juga dilengkapi *self-holding* melalui kontak NO W0.05, sehingga proses dapat dilanjutkan ke tahapan gerak berikutnya.



Gambar 17 Ladder Diagram PLC Rung 7-8

Berdasarkan gambar 17 pada rung 7 terdapat kontak bit internal W0.01, W0.02, W0.03, W0.04 dan W0.05 yang dirangkai secara paralel untuk mengaktifkan output relay Q:100.05 yang terhubung dengan lampu indikator H1 sebagai penanda bahwa sistem sedang dalam tahapan operasi. Selanjutnya pada rung 8 terdapat kontak bit internal W0.01, W0.02, W0.03, dan W0.04 yang digunakan sebagai kondisi logika untuk mengaktifkan output relay Q:100.04 yang terhubung dengan lampu H2 dan output relay Q:100.01 yang mengendalikan solenoid valve Y1. Dengan demikian, ketika salah satu bit internal W0.01 sampai W0.04 aktif, lampu indikator H2 dan solenoid valve Y1 akan aktif secara bersamaan, sedangkan output relay Q:100.005 mengaktifkan indikator H1 sesuai dengan logika program. Kondisi tersebut menunjukkan indikasi status aktuator bekerja secara terintegrasi sesuai dengan tahapan operasi sistem yang telah diprogram.



Gambar 18. Ladder Diagram PLC Rung 9-10

Berdasarkan gambar 18, pada rung 9 terdapat kontak bit internal W0.02 dan W0.03 yang digunakan sebagai kondisi logika untuk mengaktifkan output relay Q:100.003 yang terhubung dengan lampu indikator H3 dan output relay Q:100.00 yang mengendalikan solenoid valve Y2. Ketika salah satu bit internal W0.02 atau W0.03 aktif, lampu indikator H3 dan solenoid valve Y2 akan aktif secara bersamaan sesuai dengan kondisi tahapan operasi sistem. Selanjutnya, pada rung 10 terdapat kontak emergency stop (I:0.03) dan *push button* (I:0.01) yang mengendalikan output relay Q:100.02 sebagai lampu indikator buzzer H4. Output relay Q:100.02 akan aktif sesuai kondisi rangkaian pengaman sebagai indikator bahwa sistem berada dalam kondisi berhenti atau *safety* sedang diaktifkan

2. Validasi Program PLC

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer



Gambar 19. Proses Validasi Program PLC

Berikut hasil validasi kesesuaian logika input dan output PLC pada trainer pneumatik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4 Validasi Input Logika PLC Omron CP2E-E20DR-A

No	Input	Komponen	Nama Input	Berfungsi		Keterangan
				Ya	Tidak	
1	I:0.00	<i>Push Button ON</i>	S1	✓	x	Sesuai
2	I:00.1	<i>Push Button Stop</i>	S2	✓	x	Sesuai
3	I:0.02	<i>Selector Switch</i>	S3	✓	x	Sesuai
4	I:0.03	<i>Emergency Stop</i>	S4	✓	x	Sesuai
5	I:0.04	<i>Sensor proximity Single Acting</i>	B1	✓	x	Sesuai
6	I:0.05	<i>Sensor Proximity Single Acting</i>	B2	✓	x	Sesuai
7	I:0.06	<i>Sensor Proximity Double Acting</i>	B3	✓	x	Sesuai
8	I:0.07	<i>Sensor Proximity Double Acting</i>	B4	✓	x	Sesuai

Pada tabel 4, menyajikan hasil validasi komponen input pada sistem kendali PLC Omron CP2E-E20DR-A, meliputi *push button ON*, *push button stop*, *selector switch*, *emergency stop*, serta empat sensor proximity untuk silinder kerja tunggal dan ganda. Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan setiap komponen input secara bergantian pada melalui *software CX-Programmer 9.7*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen input bekerja dengan baik dan sesuai dengan baik dengan rancangan program *ladder diagram*.

Tabel 5. Validasi Output Logika PIL Omron CP2E-E20DR-A

No	Output	Komponen	Nama Output	Berfungsi		Keterangan
				Ya	Tidak	
1	100.00	<i>Solenoid valve 3/2</i>	Y1	✓	x	Sesuai
2	100.01	<i>Solenoid valve 5/2</i>	Y2	✓	x	Sesuai
3	100.05	Lampu Hijau	H1	✓	x	Sesuai

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer

4	100.04	Lampu Merah	H2	✓	x	Sesuai
5	100.03	Lampu Kuning	H3	✓	x	Sesuai
6	100.02	Lampu Buzzer	H4	✓	x	Sesuai

Pada Pada tabel 5 menyajikan hasil validasi terhadap komponen output pada sistem kendali PLC Omron CP2E-E20DR-A, meliputi *solenoid valve* 3/2 (Y1), *solenoid valve* 5/2 (Y2), serta lampu indikator dan buzzer H1, H2, H3, dan H4. Pengujian setiap komponen dilakukan secara langsung yaitu dengan mengaktifkan input untuk memastikan sinyal masukan terbaca dan diproses oleh PLC sesuai dengan program yang telah dirancang. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa setiap output dapat bekerja sesuai dengan rancangan program *ladder diagram*. Berdasarkan hasil pengujian kesesuaian logika program *ladder diagram* PLC terhadap input dan output pada trainer, menunjukkan seluruh tahapan operasi sesuai dengan sekuensial A+B+ Timer 5 B-A-, sehingga sistem dinyatakan berfungsi dengan baik.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap diagram rangkaian pneumatik berbasis PLC Omron CP2E-E20DRA untuk operasi silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda pada trainer pneumatik, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Diagram rangkaian pneumatik untuk silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda telah berhasil dirancang menggunakan *software* Festo FluidSIM 4.2 dengan satu siklus sekuensial A+B+ Timer 5 B-A-.
2. Hasil simulasi respon gerak silinder menunjukkan bahwa silinder kerja ganda (A) memiliki kecepatan gerak maju sebesar 0,37 m/s dan kecepatan gerak mundur sebesar -0,32 m/s, sedangkan silinder kerja tunggal (B) memiliki kecepatan gerak maju sebesar 0,375 m/s dan kecepatan gerak mundur -0,16 m/s.
3. Hasil perhitungan kecepatan aktuator berdasarkan persamaan $v=s/t$ dengan panjang stroke aktuator 0,075 m, pada tahapan A+, B+, dan B- diperoleh kecepatan sebesar 0,375 m/s, serta pada tahapan A- yaitu sebesar 0.125 m/s.
4. Kesesuaian logika program *ladder diagram* PLC pada *software* CX-Programmer 9.7 telah teruji melalui hasil validasi pada trainer menggunakan PLC Omron CP2E-E20DRA, yang menunjukkan bahwa seluruh komponen input dan output berfungsi sesuai dengan rancangan serta sistem dapat bekerja secara integrasi dengan baik.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan variasi bukaan *flow control valve* guna memperoleh kecepatan yang lebih berbeda
2. Sistem trainer dapat dikembangkan dengan menambah sistem monitoring berbasis HMI sehingga kondisi operasi dan indikator keselamatan dapat dipantau secara real time
3. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan variasi dan siklus sekuensial
4. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian variasi tekanan udara untuk mengetahui pengaruh tekanan kerja terhadap waktu respon kecepatan aktuator pada sistem pneumatik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukoco, I., Setiadi, R. and Gendroyono, R.A.K.M. (2022) 'Desain Layout Laboratorium Pneumatik Hidrolik Berbasis Line Produksi Untuk Meningkatkan Skill Otomasi di Era Industri 4.0', *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 4(1), pp. 19–25. Available at:

Syahrul Ramdani dan Irwan Aranda, Perancangan Diagram Rangkaian Pneumatik Berbasis PLC Omron CP2E-E20SDR-A Untuk Operasi Silinder Kerja Tunggal Dan Ganda Pada Trainer

<https://doi.org/10.14710/jplp.4.1.19-25>.

- [2] Polii, I.F.Y. (2025) 'Perancangan Trainer Kit Pneumatik Dua Silinder Berbasis PLC dan HMI di Laboratorium', 5(1), pp. 72–83.
- [3] Hamzah, K. *et al.* (2023) 'Perancangan Sistem Pneumatik Plc Trainer Berbasis Pemograman *Software* Festo Fluidsim 3.6', *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(2), pp. 140–148. Available at: <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v8i2.259>.
- [4] Malakauseya, J.J. *et al.* (2023) 'Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Menggunakan Metode Register Shift Pada Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengupas Kelapa Otomatis', *Journal Mechanical Engineering (JME)*, 1(2), p. 2023.
- [5] Mas'ud, A. (2022) *PNEUMATIK DAN HIDROLIK*. PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI MALANG].
- [6] Mas'ud, A. (2022) *PNEUMATIK DAN HIDROLIK*. PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI MALANG].
- [7] Irzandy, A.S. *et al.* (2024) 'PENGEMBANGAN ALAT PENCETAK BRIKET ARANG DENGAN SISTEM OTOMATIS PNEUMATIC SINGLE ACTING', *Jurnal Ilmiah Nusantara*, 1(6), pp. 60–71