

Perancangan Lengan Robot Sebagai Media Pembelajaran *Programmable Logic Controller* Di Laboratorium PLC Politeknik Kampar

Purnama Irwan

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Kampar

Romiyadi Romiyadi

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Kampar

Alamat : Jln. Tengku Muhammad KM 2 Bangkinang, Riau

Korespondensi penulis : purnamairwan04@gmail.com

Abstract. *This research was done to meet the needs of the Laboratory of PLC in Politeknik Kampar will be a creative learning media and innovative. With a learning media in the form of a robot arm, the students are expected to be easier to understand and apply a control system using a Programmable Logic Controller (PLC). The research begins by making the design of the robot arm and then assembled into a coherent whole by adding stepper motors on each of the degrees of freedom. Once the tool is assembled, then testing by using PLC. Tests such as the degree rotation (DOF) of each of the robot arm to grab an object. The end result of this research is a tool in the form of a robotic arm that is ready for learning PLC in Politeknik Kampar.*

Keywords - Robot Arm, PLC, Stepper Motor

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan Laboratorium PLC Politeknik Kampar akan sebuah media pembelajaran yang kreatif dan inovatif. Dengan media pembelajaran berupa lengan robot ini mahasiswa diharapkan dapat lebih mudah dalam memahami dan mengaplikasikan sebuah sistem kontrol dengan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC). Penelitian ini dimulai dengan membuat desain dari lengan robot dan kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan yang utuh dengan menambahkan motor stepper pada masing-masing derajat kebebasannya. Setelah alat tersebut selesai dirakit, kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan PLC. Pengujian berupa seberapa jauh derajat putaran (DOF) dari masing-masing lengan robot tersebut untuk mengambil sebuah benda. Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah alat berupa lengan robot yang siap digunakan untuk pembelajaran PLC di Politeknik Kampar.

Kata kunci - Lengan Robot, PLC, Motor Stepper, Derajat Kebebasan (DOF).

LATAR BELAKANG

Penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) sudah menjadi hal yang umum kita jumpai di dunia industri, terutama industri-industri manufaktur, makanan, dan obat-obatan. Hal ini menjadi suatu kewajiban bagi mahasiswa di Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kampar untuk mempelajari dan mengetahui sistem kontrol dari PLC tersebut. Oleh karena itu PLC menjadi salah satu mata kuliah di program studi tersebut.

Pemahaman akan mata kuliah PLC tidak cukup hanya berdasarkan teori saja, tetapi perlu mempelajari sistem tersebut melalui penerapan aplikasi langsung melalui praktek di laboratorium. Permasalahan yang timbul adalah kurang memadainya alat yang digunakan untuk menerapkan aplikasi tersebut. Oleh karena itu, penulis mencoba membuat sebuah media pembelajaran yang akan diaplikasikan langsung untuk menerapkan mata kuliah PLC di laboratorium. Media pembelajaran yang dimaksud adalah lengan robot.

Dengan adanya media pembelajaran berupa lengan robot ini, diharapkan mahasiswa dapat memahami sekaligus mengaplikasikan sistem kontrol dari PLC secara langsung.

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana merancang dan mengaplikasikan lengan robot dengan menggunakan PLC sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa.

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah membuat sebuah media pembelajaran yang inovatif, kreatif, dan efektif bagi mahasiswa untuk memahami bagaimana sistem kerja dari PLC melalui sebuah media lengan robot.

KAJIAN TEORITIS

Robot Lengan

Robot lengan saat ini telah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, seperti pada robot las (*welding robot*), robot pemegang (*handling robot*), robot pelubang/pemotong(*punching robot*), robot mesin perkakas (*tools machine robot*), dan lain sebagainya. Salah satu bentuk robot yang sering dipakai adalah bentuk robot lengan *anthropomorphic*. Bentuk robot lengan ini mempunyai keunggulan fleksibilitas daerah kerja dalam 3 dimensi ruang sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan di sebagian besar robot industri (Afandi, 2009).

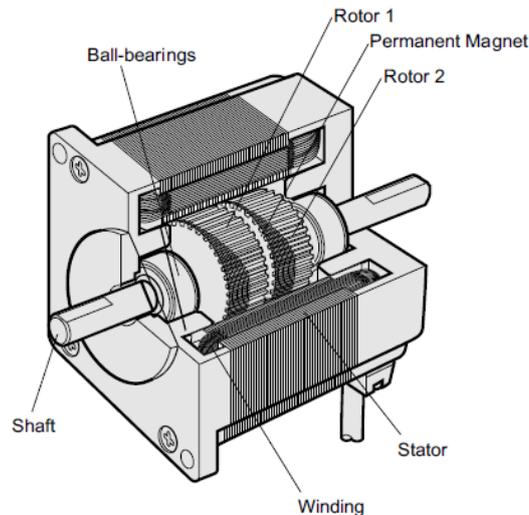
Pada umumnya struktur robot lengan ini terdiri atas *mainframe* yang disebut lengan (*arm*) dan pergelangan (*wrist*). Lengan tersusun atas serangkaian *link*, dimana *link* yang satu dengan *link* yang lainnya dihubungkan dengan *joint*. Dengan adanya *joint* yang menghubungkan dua *link* dan *joint* membentuk satu derajat kebebasan. *Joint* tersebut dapat berupa *revolute joint* (gerak berputar) atau *prismatic joint* (gerak bergeser). Sedangkan pada pergelangan tangan, dipasang *end effector* yang dapat berupa *gripper*, *welding touch*, *welding gun*, *cutter/pahat* yang bisa dipakai untuk proses *milling* atau peralatan lainnya.

Motor Stepper

Motor stepper adalah sebuah alat elektromekanik yang mengubah pulsa-pulsa listrik menjadi gerakan mekanis diskrit. Poros motor stepper berputar dalam langkah-langkah diskrit ketika sinyal pulsa listrik diberikan. Motor dapat berputar dalam beberapa arah sesuai dengan sinyal input yang diberikan.

Adapun manfaat dari motor stepper adalah sebagai berikut:

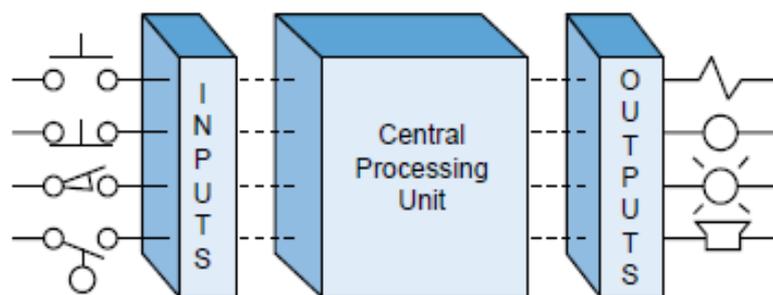
- Sudut putaran motor adalah proporsional terhadap sinyal input
- Motor mempunyai torsi yang kuat
- Mempunyai respon yang baik untuk start, stop, dan reversing
- Motor kompetibel untuk sinyal digital (Morar, 2014)



Gambar 1. Struktur motor stepper

Programmable Logic Controller

Programmable Logic Controller (PLC) adalah sebuah alat khusus dari kontroler yang berbasis mikroprocessor. Alat ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi serta mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, sequensial, waktu, menghitung dan aritmatika untuk mengendalikan mesin prosesnya. PLC dirancang untuk dioperasikan oleh *engineer* dengan keterbatasan yang ada pada komputer dan bahasa pemrogramannya. Istilah *logic* digunakan karena pemrograman PLC pada umumnya menggunakan implementasi logika dan operasi *switch* seperti jika A atau B aktif maka akan beralih (*switch*) ke C. Peralatan input pada PLC adalah seperti sensor dan saklar, sedangkan peralatan outputnya dapat berupa motor, *valve*, lampu, dan lain-lain. (Darwis, 2023)



Gambar 2. Blok Diagram PLC

Pada umumnya PLC terdiri dari 2 bagian yaitu: central processing unit (CPU) dan sistem antar muka input/output (I/O). CPU mengatur semua kegiatan PLC sedangkan sistem (I/O) secara fisik terhubung ke perangkat luar yang dihadapi dalam mesin atau yang digunakan dalam pengendalian proses. Perangkat lapangan ini mungkin perangkat input/output diskrit

atau analog. I/O interface menyediakan koneksi antara CPU dan informasi penyedia (input) dan perangkat dikontrol (output).

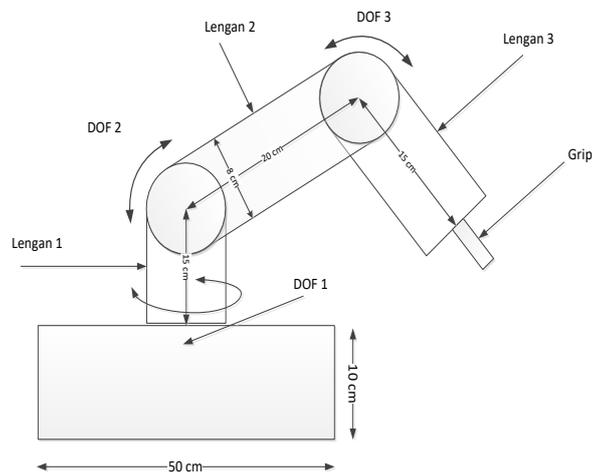
METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini dibagi beberapa tahapan, yaitu : Perancangan model lengan robot sebagai modul output PLC, Perancangan modul input PLC yang akan digunakan untuk mengontrol pergerakan lengan robot, Perancangan software program lengan robot, dan Pengujian lengan robot. Seluruh kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium PLC Politeknik Kampar.

Perancangan Model Lengan Robot

Lengan robot yang dirancang akan digunakan sebagai modul output dari PLC. Bahan yang digunakan sebagai model lengan robot adalah akrilik, hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa akrilik cukup kuat dan mudah dalam pembentukannya sebagai model. Perancangan dimulai dari mendesain model dengan menggunakan program microsoft visio dan kemudian model dicetak pada akrilik. Pada tahap ini juga dilakukan pemotongan dan perakitan lengan robot serta pemasangan motor stepper ke lengan robot.

Desain lengan robot ini menggunakan 3 DOF (*Degree of Freedom*) atau 3 derajat kebebasan, dimana pergerakan masing-masing DOF tampak seperti Gambar 3. Sedangkan total tinggi keseluruhan lengan robot ini adalah 60 cm tanpa memperhitungkan ukuran dari gripnya

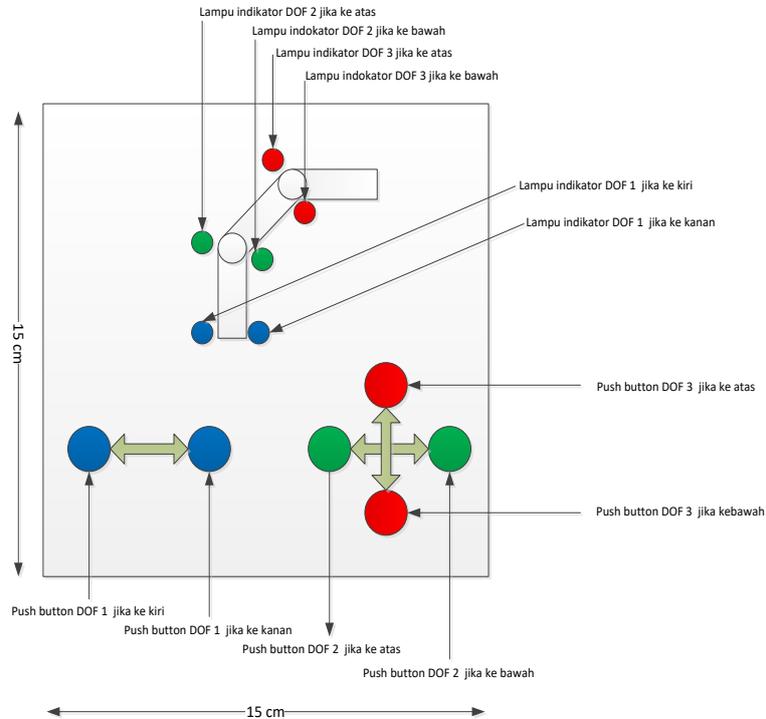


Gambar 3. Desain model lengan robot

Perancangan Modul Input PLC

Setelah modul output dari PLC yaitu lengan robot selesai dirakit, maka langkah selanjutnya adalah membuat modul input PLC. Modul input ini berupa tombol-tombol dari saklar *push button* yang digunakan untuk menggerakkan masing-masing DOF dari lengan robot.

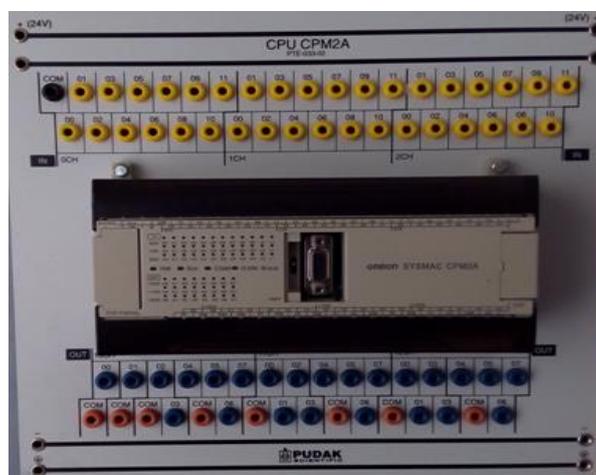
Seperti yang terlihat pada Gambar 4, masing-masing DOF lengan robot diwakili oleh dua buah tombol *push button* dan dua buah lampu LED. DOF lengan robot akan bergerak sesuai dengan arahnya jika tombol *push button* ditekan. Sementara lampu LED merupakan indikator yang menandakan arah pergerakan dari DOF lengan robot.



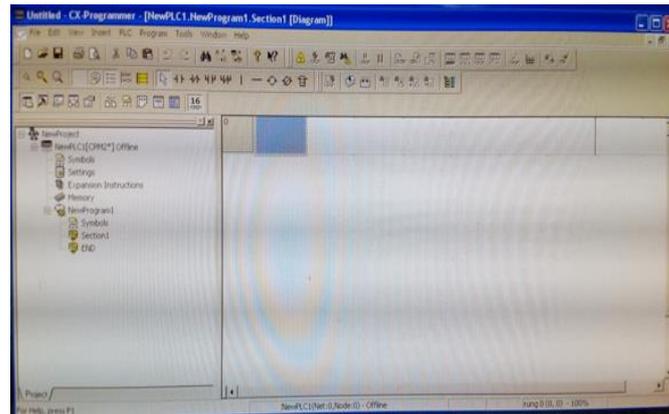
Gambar 4. Modul input PLC

Perancangan Software Program Lengan Robot

Pada penelitian ini PLC yang digunakan adalah PLC Omron CPM2A dengan software programnya CX Programmer. Sedangkan jenis program untuk PLC yang digunakan adalah program Diagram Tangga (*Ladder Diagram*).



Gambar 5. Modul PLC Omron CPM2A

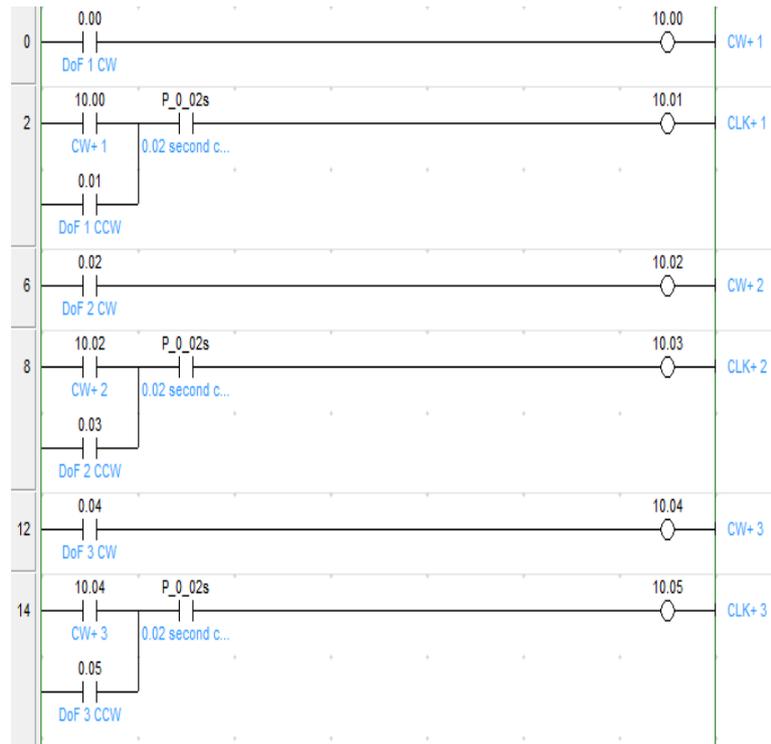


Gambar 6. Tampilan software program CX Programmer

Ladder diagram pengendalian lengan robot pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7. Pada program ini, penulis menggunakan 6 saklar *push button* yang masing-masing mempunyai alamat input yaitu 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, dan 0.05. Sedangkan untuk output dihubungkan ke input driver TB 6560 dengan alamat output PLCnya adalah 10.00, 10.01, 10.02, 10.03, 10.04, 10.05. Sementara itu untuk menghasilkan sinyal pulsa, penulis membangkitkan pulsa internal PLC dengan kecepatan pulsa 0.02 detik per pulsa.

Prinsip kerja dari *ladder diagram* di atas dapat dijelaskan sebagai berikut: ketika saklar *push button* DoF 1 CW (0.00) ditekan maka akan mengaktifkan coil 10.00 yang terhubung pada terminal input CW+ pada driver TB 6560. Alamat 10.00 juga dijadikan sebagai input internal PLC yang akan mengaktifkan sinyal pulsa (P_0_02s) sehingga menghasilkan pulsa dengan durasi 0,02 detik per pulsa. Pulsa ini kemudian dikirim ke terminal input CLK+ dari Driver TB 6560 melalui output PLC dengan alamat 10.01. Proses ini akan membuat motor driver 1 pada lengan robot (DoF) akan bergerak searah dengan jarum jam atau *clockwise* (CW). Ketika saklar *push button* DoF 1 CW (0.00) dilepas maka motor akan berhenti berputar. Sebaliknya jika diinginkan motor berputar berlawanan dengan arah jarum jam atau *counter clockwise* (CCW) maka cukup dengan menekan saklar DoF 1 CCW (0.01). Dimana saklar ini akan mengaktifkan pulsa P_0_02s dan mengirimnya ke terminal masukan CLK+ dari driver motor stepper.

Prinsip kerja yang dijelaskan di atas adalah untuk menggerakkan satu motor stepper (DoF 1), sementara untuk motor stepper yang lain yaitu motor stepper 2 (DoF 2) dan motor stepper 3 (DoF 3) mempunyai prinsip kerja yang sama seperti yang tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Ladder diagram pengendalian lengan robot

Pengujian Lengan Robot

Setelah semua tahapan di atas selesai, maka tahap selanjutnya adalah pengujian terhadap kinerja lengan robot. Pengujian ini bertujuan untuk membuktikan apakah alat tersebut sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Dalam tahap ini dilakukan pengujian terhadap sejauh mana pergerakan dari masing-masing DOF untuk menjangkau sudut pergerakan yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan menekan tombol *push button* dari masing-masing DOF dan melihat apakah motor stepper berputar sesuai dengan tombol *push button* yang ditekan. Apabila pengujian ini berhasil dilakukan, maka hasil dari penelitian ini yaitu berupa lengan robot dapat dipraktikkan pada perkuliahan PLC di Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kampar.

Tabel 1. Hasil pengujian lengan robot

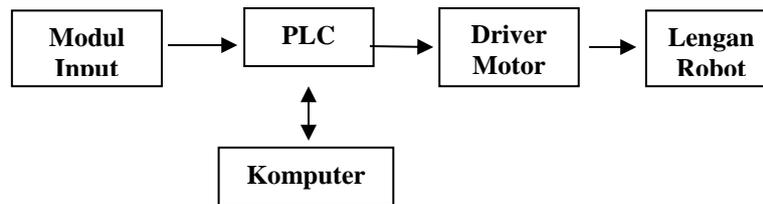
No	Pengujian	Aksi	Arah Putaran
1	Tombol push button DoF 1 CW	Ditekan	Searah jarum jam
		Dilepas	Stop
2	Tombol push button DoF 1 CCW	Ditekan	Berlawanan arah jarum jam
		Dilepas	Stop
3	Tombol push button DoF 2 CW	Ditekan	Searah jarum jam
		Dilepas	Stop
4	Tombol push button DoF 2 CCW	Ditekan	Berlawanan arah jarum jam
		Dilepas	Stop
5	Tombol push button DoF 3 CW	Ditekan	Searah jarum jam
		Dilepas	Stop
6	Tombol push button DoF 3 CCW	Ditekan	Berlawanan arah jarum jam
		Dilepas	Stop

HASIL DAN PEMBAHASAN

Blok Diagram Penelitian Lengan Robot

Secara umum, hasil penelitian ini dapat digambarkan dengan menggunakan blok diagram seperti Gambar 8.

Dari Gambar 8 dapat dijelaskan sebagai berikut: modul input PLC terdiri dari saklar-saklar *push button* yang berfungsi untuk mengendalikan pergerakan dari lengan robot. PLC digunakan sebagai *controller* pulsa-pulsa digital yang diberikan ke driver motor stepper untuk menggerakkan lengan robot. Pulsa-pulsa digital ini diprogram dengan program *ladder diagram* melalui komputer. Sedangkan lengan robot merupakan modul output PLC yang terdiri dari 3 buah motor stepper.

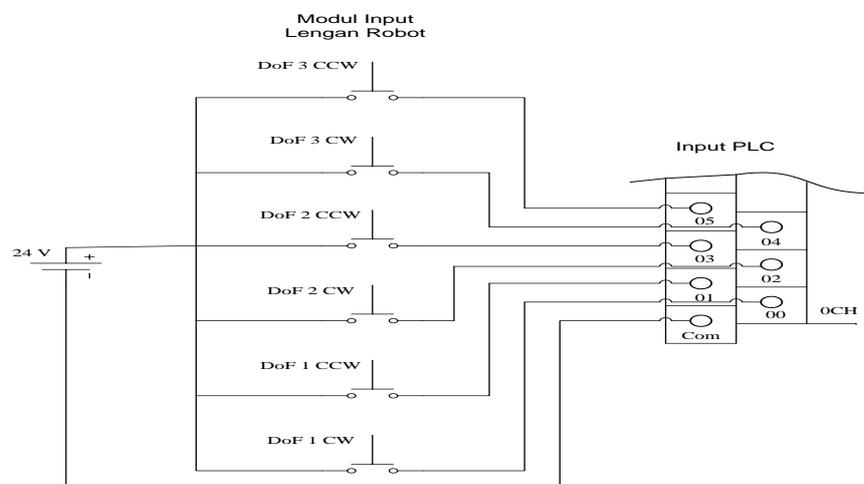


Gambar 8. Blok diagram penelitian lengan robot

Rangkaian Modul Input

Modul input PLC berfungsi mengendalikan pergerakan lengan robot dibuat menggunakan 6 buah saklar *push button* (Gambar 9). Masing-masing saklar *push button* mewakili arah pergerakan dari masing-masing motor stepper. DoF 1 CW mengaktifkan pergerakan motor stepper 1 yang searah jarum jam. DoF 1 CCW mengaktifkan pergerakan motor stepper 1 yang berlawanan arah jarum jam. Sedangkan DoF 2 CW dan DoF 2 CCW mengaktifkan motor stepper 2 untuk bergerak searah jarum jam atau sebaliknya. Begitupula dengan DoF 3 CW dan DoF 3 CCW berfungsi untuk mengaktifkan motor stepper 3 untuk berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam.

Apabila salah satu saklar ditekan, maka lengan robot akan bergerak sesuai arah yang ditentukan pada program PLC. Dan apabila saklar dilepas maka lengan robot akan berhenti bergerak. Tegangan input saklar disesuaikan dengan tegangan nominal PLC yaitu 24 VDC.

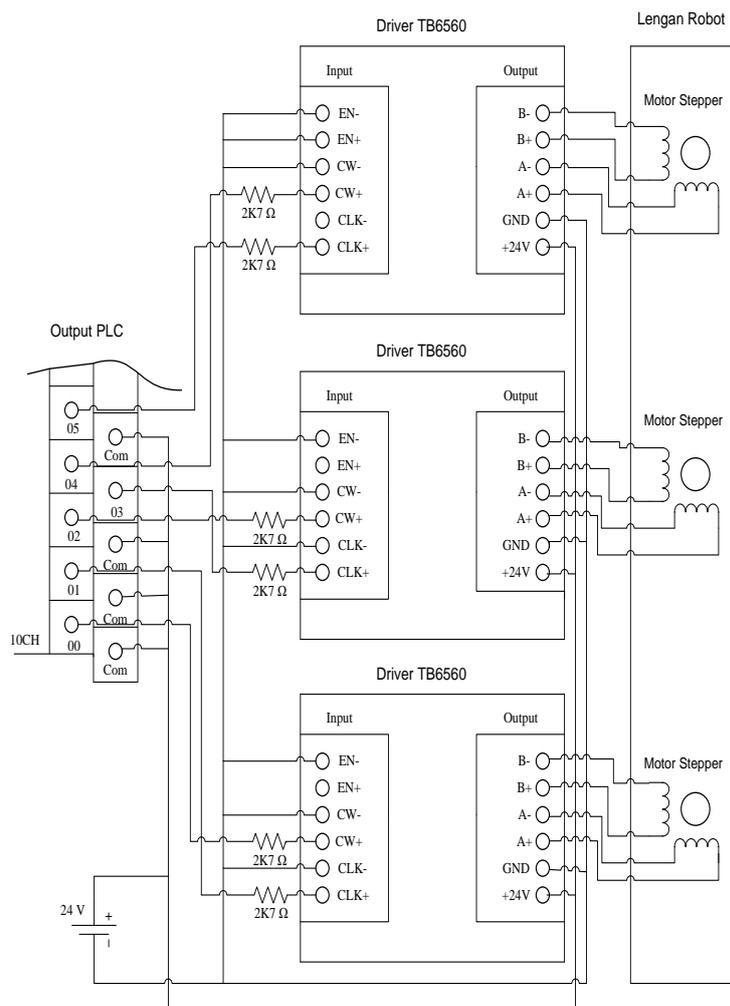


Gambar 9. Rangkaian modul input

Rangkaian Modul Output

Modul output perancangan lengan robot ini terdiri dari 3 buah driver TB6560 dan 3 buah motor stepper. Ketiga buah motor stepper dipasang pada lengan robot sebagai DoF-nya (Degree of Freedom). Gambar 10 menunjukkan rangkaian modul output penelitian lengan robot ini. Sinyal-sinyal pulsa digital dari PLC dikirim ke masing-masing terminal input driver untuk kemudian diolah oleh driver dan diteruskan ke terminal outputnya. Pada terminal output masing-masing driver dihubungkan dengan motor stepper yang berupa lengan robot. motor stepper akan berputar sesuai dengan pulsa yang diterimanya dari output driver.

Pada rangkaian driver digunakan resistor $2K7 \Omega$ yang berfungsi untuk mengurangi tegangan pulsa 24 VDC dari sumber output PLC menjadi 5 VDC. Sehingga pulsa-pulsa digital yang masuk ke driver adalah 5 VDC. Hal ini perlu dilakukan karena tegangan kerja dari driver TB6560 adalah 5 VDC. Sementara itu tegangan kerja dari motor stepper adalah 24 VDC yang langsung dihubungkan dengan sumber tegangan PLC.



Gambar 10. Rangkaian modul output

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan maka dapat disimpul, lengan robot yang direncanakan sudah berhasil dibuat dengan menggunakan motor stepper sebagai penggerak DoFnya. Sedangkan input PLC yang berupa saklar-saklar push button dan sebagai pengendali dari pergerakan lengan robot dapat berfungsi dengan baik dimana jika masing-masing push button ditekan maka lengan robot akan bergerak berputar dengan putaran maksimal yang bisa dijangkau oleh masing-masing lengan robot adalah 360° .

Pada penelitian ini, kecepatan sinyal pulsa digital yang diberikan oleh program PLC untuk menggerakkan motor stepper adalah 0.02 detik per pulsa. Kecepatan sinyal pulsa ini dapat dipercepat maupun diperlambat sesuai kebutuhan untuk menggerakkan motor stepper dan sesuai dengan kemampuan PLC dalam membangkitkan sinyal-sinyal digitalnya.

DAFTAR REFERENSI

- Afandi, M. I. (2009). Simulasi Pergerakan Trajectory Planning pada Robot Lengan Anthropomorphic. *Puslit KIM-LIP*.
- Al-Naib, A. (2022). Design an Industrial Robot Arm Controller Based on PLC. *Przeglad Elektrotechniczny*, 98(7). <https://doi.org/10.15199/48.2022.07.18>
- Ammar, A. A., Elmghairbi, A. A., & Julboub, M. K. (2014). Step Motor Control by Using (PLC) Programmable Logic Controllers. *University Bulletin – ISSUE No.16- Vol. (2) I*, 111-130.
- AR, Darwis. (2023). *Mudah Belajar PLC dan Cx-Programmer*. PolmedPress. Medan
- Azmi, A. (2009). State Program Vs. Ladder Program for Stepper Motor Control. *Proceedings of MUCEET Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology*.
- Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. USA: Elsevier Ltd.
- Irwan, M., & Y, A. (2022). Sistem Kendali Lengan Robot 4-DOF untuk Pemindah Barang. *Jurnal Mosfet*, 2(2). <https://doi.org/10.31850/jmosfet.v2i2.1981>
- Laurean, B. (2011). PLC As A Driver For Stepper Motor Control. *ResearchGate*.
- Lindsay, A. (2004). *Robotics with the Boe-Bot*. USA: Parallax Inc.
- Matulis, M., & Harvey, C. (2021). A robot arm digital twin utilising reinforcement learning. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.01.011>
- Morar, A. (2014). Compact and Intelligent Full/Half Five-Phase Stepping Motor Driver. *ScienceDirect*, 730-739.

- Morar, A. (2014). Unipolar Fixed-current Chopper – 4 Phase Stepper Motor Driver System. *Procedia Technology*, 12, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.458>
- Pitowarno, E. (2006). *Robotika, Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi.
- Ting, H. Z., Zaman, M. H. M., Ibrahim, M. F., & Moubark, A. M. (2021). Kinematic Analysis for Trajectory Planning of Open-Source 4-DoF Robot Arm. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(6). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120690>
- Tung, T. T., Van Tinh, N., Phuong Thao, D. T., & Minh, T. V. (2023). Development of a prototype 6 degree of freedom robot arm. *Results in Engineering*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101049>