

ROBOT MANIPULATOR 4-DOF DALAM MEMINDAHKAN OBJEK MENGGUNAKAN REMOTE CONTROL BERBASIS SIMULASI KOMPUTER

Rendyansyah^{1*}, H. Hikmarika¹, Irmawan¹, I. Pratama¹ dan M. F. Alrizki¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: rendyansyah.unsri@gmail.com

ABSTRAK: Teknologi robot banyak diterapkan pada Industri, robot yang ber-aktivitas secara terus menerus dalam sistem kendali terintegrasi dengan prosesor. Pada robot manipulator menjadi bagian dari sistem otomasi yang perlu untuk dipelajari oleh operator. Mempelajari sistem robot bertujuan untuk mengetahui cara menggunakannya dan memberikan perintah atau tugas. Adapun tujuan dari projek ini sebagai media belajar dalam mempelajari tentang robot manipulator dalam skala simulasi berbasis program visual komputer. Di dalam *study* ini, Robot manipulator 4-DoF dirancang dalam bentuk simulasi berbasis program visual komputer. Robot ini memiliki empat derajat kebebasan, dengan panjang link/lengan masing-masing $d_1=15$ cm, $a_2=20$ cm, $a_3=20$ cm dan $a_4=20$ cm. Di dalam program simulasi ini terdapat dua *view* yaitu tampak atas dan samping. Tampilan visual memberikan enam perintah pergerakan robot manipulator 4-DoF dalam mengambil dan memindahkan objek diantaranya gerakan “Left”, “Right”, “Forward”, “Backward”, “Take the Object”, dan “Release the Object”. Di dalam percobaan ini, bahwa simulasi untuk robot dapat beraktivitas sesuai dengan perintah yang dipilih oleh operator. Simulasi pada robot manipulator 4-DoF ini dapat memberikan pengalaman belajar siswa dalam matakuliah Robotika di Jurusan Teknik Elektro UNSRI.

Kata Kunci: Perintah manual, Robot manipulator 4-DoF, Simulasi

ABSTRACT: Robot technology is widely applied in industry, robots that operate continuously in an integrated control system with a processor. In robot manipulators, they are part of the automation system that operators need to learn. Studying a robot system aims to learn how to use it and give tasks. This project aims to be a learning medium for exploring robot manipulators on a simulation scale based on computer visual programs. In this study, a 4-DoF robot manipulator is designed as a simulation based on a computer graphic program. This robot has four degrees of freedom, with link/arm lengths of $d_1=15$ cm, $a_2=20$ cm, $a_3=20$ cm, and $a_4=20$ cm. In the simulation program, there are two views, namely, the top and side views. The visual display provides six movement commands for the 4-DoF robot manipulator in picking up and moving objects, including the movements "Left," "Right," "Forward," "Backward," "Take the object," and "Release the object." In this experiment, the robot simulation can carry out activities according to the commands chosen by the operator. This simulation on a 4-DoF robot manipulator can provide students with learning experiences in the UNSRI Department of Electrical Engineering Robotics course.

Keywords: Command manual, Manipulator robot, Simulation

PENDAHULUAN

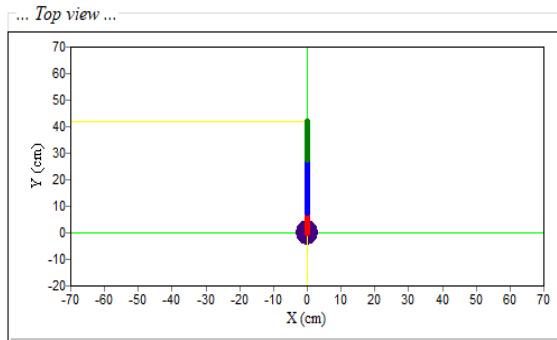
Teknologi robotik banyak berkembang, terutama dalam kawasan Industri. Robot industri merupakan jenis robot yang beraktivitas secara kontinyu, terprogram dalam kendali otomatis, dan manipulator serbaguna dalam area kerja kartesian. Salah satu dari robot Industri adalah Robot manipulator. Robot manipulator umumnya berbentuk lengan yang dimanfaatkan oleh operator dalam aktivitas merakit (Kanade et al., 2020), memotong (Pollak & Dobransky, 2020) dan pengelasan logam (Huda et al., 2022), dan lain-lain. Adanya keterbatasan manusia

dalam beraktivitas menyebabkan tidak konsistennya dalam penyelesaian pekerjaan, oleh karena itu teknologi robot dimanfaatkan untuk membantu aktivitas seorang pekerja.

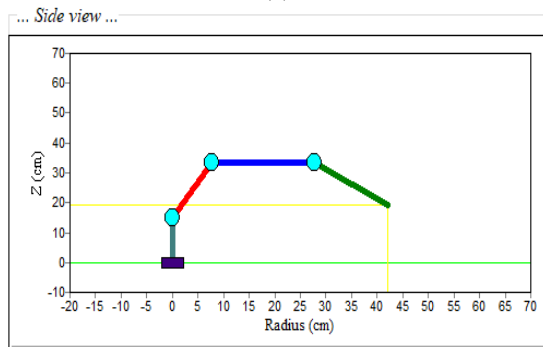
Penerapan pada robot manipulator banyak dilakukan oleh kalangan *hobby* dalam memahami, mempelajari dan simulasi (Purwoto et al., 2020). Robot dalam skala laboratorium di-desain khusus supaya aktivitas menengah kebawah. Salah satunya seperti robot lengan dengan kendali manual *joystick*, *smartphone* (Nurfaizal et al., 2020), dan komputer (Supriyono et al., 2022). Adapun kendali secara manual sebagai langkah awal dalam

mempelajari robot manipulator untuk pekerjaan tingkat pemula. Disisi lain, penerapan simulasi juga penting dilakukan untuk menambah pemahaman sebelum seseorang melakukan praktek. Tujuan simulasi mengurangi resiko kegagalan manusia dalam melakukan praktek.

Simulasi robot lengan juga dilakukan oleh Pamungkas & Noviansyah, (2021). Simulasi robot tersebut dirancang berbasis tampilan visual komputer. Adapun robot lengan dalam simulasi itu memiliki dua derajat kebebasan. Dalam tampilan simulasi robot tersebut menggunakan komponen “*Scrollbar*” untuk menggerakkan nilai joint. Tampilan simulasi tersebut di-desain dari satu sisi yaitu dua dimensi



(a)



(b)

Gambar 1. Robot manipulator 4-DoF. (a) tampak atas, dan (b) tampak samping.

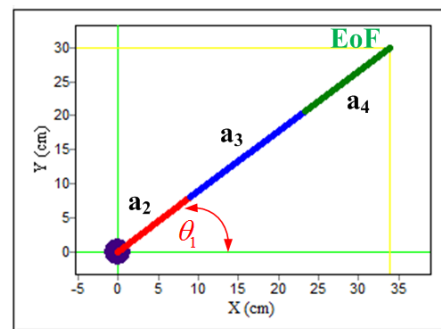
Di dalam studi ini, kami merancang simulasi robot manipulator 4-DoF sebagai sarana belajar siswa. Robot dapat dilihat dari dua sisi yaitu tampak atas dan samping. Simulasi dalam proyek ini diberikan pilihan perintah untuk menggerakkan robot. Perintah-perintah dalam simulasi ini menggunakan komponen “*Button*”. Robot manipulator ini menggunakan persamaan *Forward Kinematic* yang di-embedd di dalam program komputer. Penerapan simulasi dalam pembelajaran robot manipulator tersebut seseorang perlu memahami konsep terlebih dahulu beserta komputasi yang diberikan pada robot mulai dari tingkat dasar sampai pada tingkat lanjut. Adapun dalam pembuatan simulasi robot manipulator berorientasi fungsi memerlukan logika algoritma berdasarkan pemahaman dan keinginan dari seorang

operator. Logika-logika tersebut kemudian di-transfer ke dalam prosesor robot baik itu berbasis mikrokontroler ataupun mikrokomputer, sebagai media belajar dalam matakuliah Robotika di Jurusan Teknik Elektro UNSRI.

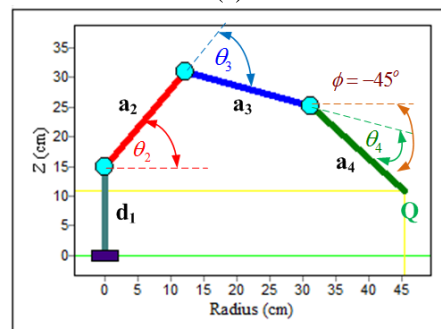
METODE PENELITIAN

Robot manipulator merupakan aplikasi robot yang beraktivitas secara kontinyu, dapat diprogram ulang sesuai kebutuhan dan juga mesin otomatis. Robot manipulator 4-DoF di dalam studi ini yaitu sudut joint_1, joint_2, joint_3, dan joint_4. Adapun panjang lengan masing-masing $d_1 = 15$ cm, $a_2 = 20$ cm, $a_3 = 20$ cm dan $a_4 = 20$ cm. Pada Gambar 1 menunjukkan bentuk simulasi dari robot manipulator.

Bentuk robot manipulator dalam Gambar 1, memperlihatkan tampilan dalam dua sisi yaitu tampak atas dan samping. Tampilan visual tersebut berguna dalam memberikan informasi terkait arah dan pergerakan robot. Simulasi robot manipulator 4-DoF dirancang menggunakan program visual yang berjalan di dalam Sistem Operasi *Windows*. Program visual ini dalam bentuk form dengan penyusunan beberapa komponen dan *button-button* sebagai *Guide User Interface* dalam memudahkan interaksi manusia dengan komputer.



(a)



(b)

Gambar 2. Ilustrasi pergerakan robot manipulator 4-DoF. (a) tampak atas, dan (b) tampak samping.

Pada robot manipulator tidak terlepas dari perumusan Kinematik. Di dalam studi ini, robot manipulator menggunakan *Forward Kinematic*. Gambar 2 menunjukkan sketsa arah pergerakan masing-masing joint

pada robot manipulator 4-DoF. *Forward kinematic* merupakan teknik pergerakan robot yang memetakan nilai joint terhadap posisi kartesian (Prasetyo et al., 2017). Masing-masing joint pada robot menjadi input dan dikonversi oleh *forward kinematic* menjadi nilai koordinat (x, y dan z). Adapun persamaan *forward kinematic* menggunakan (1). Persamaan (1) diperoleh dari uraian dalam Denavit-Hartenberg (DH) parameter (Ekaputra & Setiawan, 2017).

$$\begin{aligned}
 x &= (a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_4 \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)) \cos \theta_1 \\
 y &= (a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_4 \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)) \sin \theta_1 \\
 z &= d_1 + a_2 \sin \theta_2 + a_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + a_4 \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Dari persamaan (1) menunjukkan bahwa nilai-nilai joint memberi pengaruh untuk posisi x, y dan z. Posisi nilai dan y sebagai representasi arah horizontal, dan posisi z menunjukkan arah vertikal.



Gambar 3. Button-button sebagai perintah manual untuk robot manipulator 4-DoF.

Joint 1 :	<input type="text" value="90"/>	degree
Joint 2 :	<input type="text" value="90"/>	degree
Joint 3 :	<input type="text" value="-90"/>	degree
Joint 4 :	<input type="text" value="-45"/>	degree
<hr/>		
X :	0.00 cm	
Y :	34.14 cm	
Z :	20.86 cm	

Gambar 4. Tampilan informasi nilai-nilai joint dan posisi koordinat.

Berdasarkan Gambar 3, button-button tersebut mempunyai perintah masing-masing. Pada button “*Left*”, ketika button ditekan atau click maka robot diperintah untuk aktivitas gerak ke kiri. Button “*Right*” sebagai perintah gerak ke kanan. Pada perintah “*Left*” dan “*Right*” artinya kita mengaktifkan joint_1 untuk bergerak ke kiri dan kanan.

Button “*Forward*” dan “*Backward*” masing-masing untuk perintah gerak maju dan mundur. Perintah-perintah ini mengaktifkan joint_2 dan joint_3. Pada button “*Take the Object*” dan “*Release the Object*” digunakan untuk mengambil dan melepaskan objek sebagai ilustrasi buka dan tutup pada *gripper* yaitu joint_3 dan joint_4. Adapun informasi dari masing-masing nilai joint dan posisi ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasarkan informasi pada Gambar 4, bahwa seorang operator dapat melihat informasi nilai-nilai joint dan posisi *end-effector* dalam Cartesian x, y dan z.

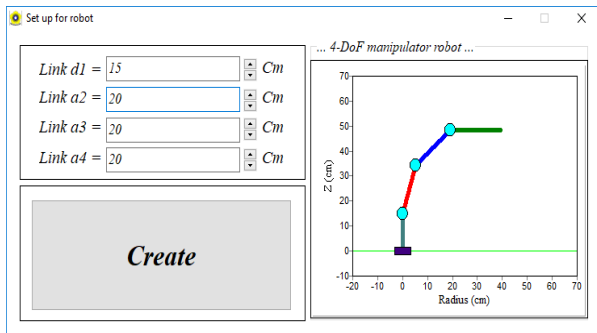


Gambar 5. Simulasi komputer untuk robot manipulator 4-DoF.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Robot manipulator 4-DoF dalam simulasi berbasis program visual ditunjukkan pada Gambar 5. Robot pada saat diaktifkan dalam posisi original yaitu $joint_1 = 90^\circ$, $joint_2 = 90^\circ$, $joint_3 = -90^\circ$ dan $joint_4 = -45^\circ$. Pada $joint_3$ dan $joint_4$ terdapat nilai negative karena sudut dibentuk berdasarkan kuadran menurut aturan *forward kinematic* untuk robot lengan (lihat Gambar 2). Pada $joint_4$ bernilai -45° artinya *gripper* dalam posisi terbuka.

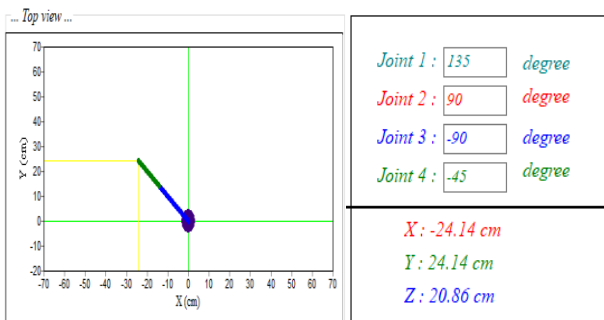
Pertama kali, simulasi di klik bagian menu “Robot” untuk menentukan panjang masing-masing link, tampilannya seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Di dalam studi ini, simulasi di-*create* untuk $d_1 = 15$ cm, $a_2 = 20$ cm, $a_3 = 20$ dan $a_4 = 20$ cm. Nilai-nilai link tersebut dapat diganti sesuai jangkauan terjauh berdasarkan tampilan simuasi.



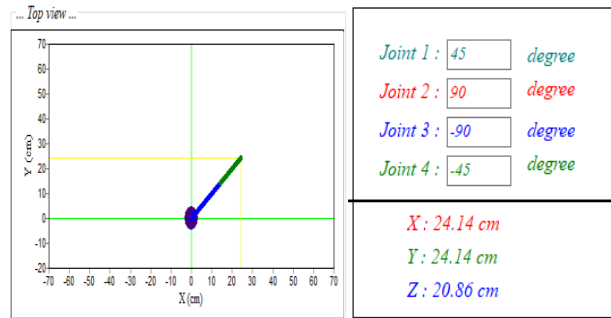
Gambar 6. Form setting untuk robot manipulator 4-DoF.

Percobaan pertama, robot bergerak ke kiri dengan menekan button “Left”, maka terlihat dalam simulasi robot menuju arah kiri, terlihat pada Gambar 7. Robot menuju arah kiri menunjukkan bahwa nilai $joint_1$ bertambah jika button “Left” terus ditekan. Penambahan nilai $joint$ karena sudut terbaca atau terbentuk dari sumbu-x terhadap robot lengan.

Gambar 8 menunjukkan robot menuju arah kanan ketika button “Right” di tekan. Pada keadaan tersebut, nilai $joint_1$ terlihat berkurang. Berdasarkan pada Gambar 7 dan 8, bahwa nilai $joint_1$ terjadi penurunan nilai sudutnya. Artinya perintah “Right” berlawanan arah dari perintah “Left”.



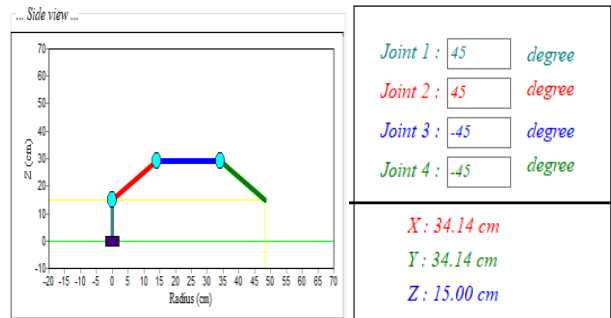
Gambar 7. Robot menuju arah kiri.



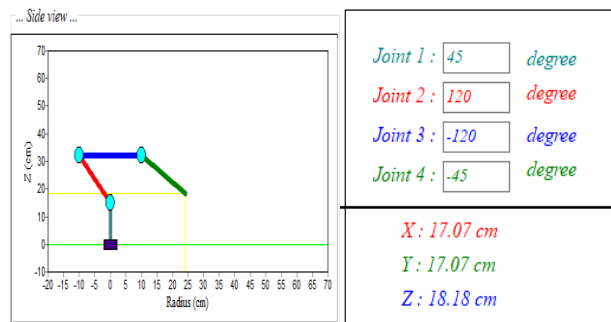
Gambar 8. Robot menuju arah kanan.

Percobaan kedua, robot bergerak arah maju jika menekan button “Forward”. Gambar 9 menunjukkan simulasi robot bergerak arah maju. Pada saat robot bergerak maju terjadi pengurangan nilai plus $joint_2$ dan minus $joint_3$. Nilai $joint_2$ terbentuk dari sumbu-x terhadap link a_2 . Nilai $joint_3$ terbentuk dari posisi link a_2 terhadap link a_3 , dan nilai yang terbaca di-simulasi dalam tanda minus (Lihat Gambar 2).

Button “Backward” berfungsi untuk mengaktifkan robot bergerak arah mundur. Gambar 10 menunjukkan robot bergerak mundur. Mirip pada perintah “Forward”, untuk perintah “Backward” yang terus di-tekan atau *click* maka terjadi penambahan nilai plus $joint_2$ dan minus $joint_3$. Adapun nilai plus dan minus pada $joint_2$ dan $joint_3$ merupakan kombinasi untuk menentukan link a_3 dalam arah horizontal (menghadap ke depan), sehingga arah pada link a_4 (*end effector*) dalam posisi siap mengambil objek.



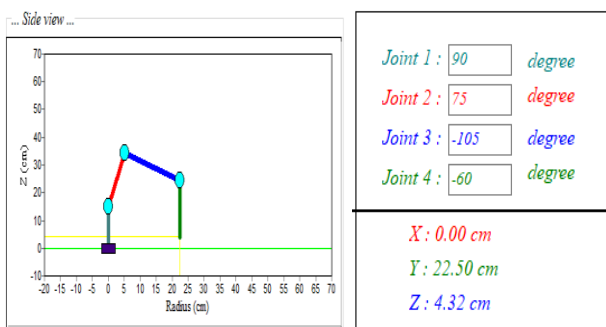
Gambar 9. Robot bergerak maju.



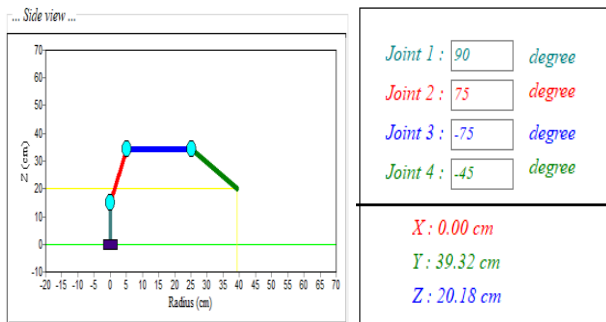
Gambar 10. Robot bergerak mundur.

Percobaan ketiga, robot dalam posisi mengambil objek ketika menekan button “Take the Object”. Gambar 11 menunjukkan posisi robot dalam mengambil objek. Pada keadaan ini, terjadi penambahan nilai minus joint_3 dan joint 4. Nilai joint_4 terbentuk dari posisi link a_3 terhadap link a_4 (lihat Gambar 2). Pada link a_4 menghadap ke bidang (arah bawah) untuk mengambil objek dengan cara mengambilnya dari atas.

Button “Release the Object” memerintahkan robot untuk melepaskan objek. Gambar 12 menunjukkan posisi robot dalam melepaskan objek. Pada kondisi ini, ada perubahan penurunan nilai minus joint_3 dan joint_4. Posisi robot dalam melepaskan objek menyesuaikan *end-effector* dalam posisi semula yaitu nilai joint_4 pada -45° . Ilustrasi untuk posisi ini adalah gripper saat melepaskan objek dan link a_4 menjauh dari objek.



Gambar 11. Robot dalam posisi mengambil objek.



Gambar 12. Robot melepaskan objek.

Berdasarkan percobaan pada simulasi robot manipulator 4-DoF dapat beraktivitas berdasarkan perintah yang dipilih oleh operator. Arah horisontal dan vertikal pada robot menyesuaikan rute pergerakan dari arah sudut joint (lihat Gambar 2). Nilai-nilai joint tersebut diproses dengan *Forward Kinematic* dan menghasilkan posisi Cartesian x , y dan z . Secara ilustrasi dan simulasi bahwa robot dapat bergerak sesuai perintah yang terprogram dalam masing-masing button. Indikator keberhasilan dari simulasi berdasarkan perubahan pergerakan masing-masing link pada robot, perubahan joint, dan perubahan posisi yang telah ditampilkan pada Gambar 7 sampai Gambar 12.

KESIMPULAN

Di dalam studi ini, kami merancang simulasi untuk robot manipulator 4-DoF. Ada empat sudut joint yaitu joint_1, joint_2, joint_3, dan joint_4. Kombinasi dari empat buah joint tersebut membentuk arah pergerakan robot dan posisi end-effector. Di dalam tampilan simulasi ada enam button perintah diantaranya perintah “Left”, “Right”, “Forward”, “Backward”, “Take the Object” dan “Release the Object”. Percobaan simulasi telah dilakukan, secara keseluruhan robot dapat beraktivitas dengan baik sesuai dengan perintah yang ditentukan oleh operator. Studi ini dalam bentuk simulasi berbasis program visual, yang mana ini berbeda dengan sudut real pada robot yang sebenarnya. Simulasi ini sebagai media belajar dalam memahami pergerakan dari robot manipulator. Adapun untuk studi berikutnya akan memanfaatkan aplikasi Android Smartphone dalam mengontrol pergerakan robot manipulator secara real.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian/ Publikasi artikel ini dibiayai oleh PNBP Fakultas Teknik pada DIPA Badan Layanan Umum (BLU) Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2023. SP DIP A-023.17.2.677515/2023 tanggal 30 November 2022. Surat Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya nomor : 0601/UN9.FT/TU.SK/2023, tanggal 07 Juli 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Ekaputra, I. M. W., & Setiawan, J. D. (2017). Pengembangan Wearable Robotic Arm Input dan Virtual Instrument untuk Pengendalian dan Pemantauan Lengan Robot. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2), 109–119.
- Huda, M. A. N., Susilo, S. H., & Adhi, P. M. (2022). Implementation Of Inverse Kinematic And Trajectory Planning on 6-DoF Robotic Arm For Straight-Flat Welding Movement. *LOGIC: Journal of Engineering Design and Technology*, 22(1), 51–61.
- Kanade, P., Alva, P., Kanade, S., & Ghatwal, S. (2020). Automated Robot ARM using Ultrasonic Sensor in Assembly Line. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(12), 615–620.
- Nurfaizal, H., Makhsun, & Djaksana, Y. M. (2020). Prototype Sistem Kendali Robot ARM Gripper Manipulator menggunakan Flex Sensor Dan MPU6050 Berbasis Internet of Things. *Faktor Exacta*, 13(4), 191–199.
- Pamungkas, D. S., & Noviansyah, M. S. (2021). Simulator Robot Lengan Dua Derajat Kebebasan. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovati (SENTRINOV)*, 51–57.

- Pollak, M., & Dobransky, J. (2020). Structural Design and Material Cutting Using a Laser End Effector on a Robot Arm. *TEM Journal*, 9(4), 1455–1459.
- Prasetyo, A. P. P., Rendyansyah, & Exaudi, K. (2017). Implementasi Trajectory Planning pada Robot Manipulator 4 DOF untuk Mencari Kebocoran Gas. *Jurnal J-Innovation*, 6(2), 1–8.
- Purwoto, B. H., Rhokhim, D. R., & Indraswari, D. (2020). Pemodelan Robot Kinematik Manipulator Menggunakan Matlab. *Jurnal Teknik Elektro*, 20(2), 141–146.
- Supriyono, J., Wahjudi, D., & Watiningsih, T. (2022). Prototype Robot Manipulator 4 DOF berbasis Raspberry Pi Zero W. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 4(1), 25–38.