

RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT PICK AND PLACE 6 AXIS MENGUNAKAN ARDUINO MEGA

1

Muhammad Aziz Al Qadhar¹⁾, Hariyadi²⁾, Aggrivina Dwiharzandis³⁾,
Dytchia Septi Kesuma⁴⁾, Ade Usra Berli^{5)*}

¹⁾Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang, Indonesia, muhammad03aziz@gmail.com

²⁾Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang, Indonesia, hariefamily@yahoo.co.id

³⁾Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang, Indonesia, aggrivina@gmail.com

⁴⁾Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang, Indonesia, dytchia@gmail.com

^{5)*}Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang, Indonesia, adeusra@gmail.com⁵

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan industri terhadap sistem otomatis yang efisien, akurat, dan aman untuk menggantikan proses manual, serta memanfaatkan kemudahan teknologi seperti Arduino dalam sistem robotik. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun prototype lengan robot 6-axis dengan sistem *pick and place* yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega menggunakan metode *inverse kinematic* untuk memindahkan objek secara otomatis dan akurat. Penelitian menggunakan metode eksperimen rekayasa dengan tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem. Gerakan robot dikendalikan untuk mencapai posisi target secara tepat. Hasil pengujian menunjukkan sistem berfungsi stabil dengan akurasi tinggi. Tegangan pada Arduino Mega tercatat sebesar 4,929 VDC saat aktif, masih dalam toleransi $\pm 5\%$ dari 5 V. Sensor infrared berfungsi baik dengan respon logika digital stabil. Motor servo menerima suplai rata-rata 10,30 VDC, dengan tegangan terendah 10,14 V pada servo 5 saat proses peletakan objek. Ini menunjukkan beban lebih berat pada gripper. Secara keseluruhan, sistem dapat menjalankan tugas *pick and place* dengan baik meskipun masih memiliki keterbatasan ruang gerak karena bentuk prototipe. Keberhasilan ini menunjukkan potensi implementasi sistem robotik berbasis Arduino dalam otomasi industri.

Kata Kunci: *sistem otomatis, rekayasa, inverse kinematic, otomasi industri*

Abstract

This research is motivated by the industrial need for automated systems that are efficient, accurate, and safe to replace manual processes, supported by the ease of using technologies such as Arduino in robotic systems. The objective of this study is to design and develop a prototype of a 6-axis robotic arm with a pick-and-place system controlled by an Arduino Mega microcontroller, utilizing the inverse kinematic method to move objects automatically and precisely. The research employs an engineering experimental method, involving the design, construction, and testing phases. The robot's movements are controlled to reach target positions accurately. Test results indicate that the system operates stably with high accuracy. The voltage measured on the Arduino Mega during operation was 4.929 VDC, which is within the $\pm 5\%$ tolerance range of the 5 V reference. The infrared sensor functioned properly, delivering stable digital logic responses. The servo motors received an average input voltage of 10.30 VDC, with the lowest recorded at 10.14 V on servo 5 during the object placement process, indicating a heavier load on the gripper. Overall, the system successfully performed pick-and-place tasks, despite some limitations in movement range due to the prototype form. This success demonstrates the potential of Arduino-based robotic systems in industrial automation.

Keywords: *automated system, engineering, inverse kinematic, industrial automation*

PENDAHULUAN

Di tengah meningkatnya tuntutan produktivitas dan keselamatan kerja di sektor industri, proses pemindahan barang secara manual masih banyak dilakukan, sehingga menimbulkan kendala efisiensi, ketepatan, serta potensi kelelahan dan kecelakaan kerja. Hal tersebut mendorong perlunya inovasi dalam bentuk alat bantu yang mampu mendukung proses kerja menjadi lebih efektif dan aman. Salah satu inovasi yang berkembang pesat yaitu pemanfaatan teknologi robotik.

Robot merupakan sebuah perangkat yang dapat diprogram dan memiliki sistem penggerak (manipulator) yang dirancang untuk memindahkan objek dalam rangka menyelesaikan suatu tugas [1]. Robot ini dijadikan sebagai alat bantu dalam proses pemindahan objek secara otomatis. Salah satu jenis robot yang paling umum digunakan dalam sektor industri yaitu robot lengan. Robot lengan meniru lengan manusia dan biasanya terdiri dari beberapa segmen atau sambungan (*joints*) yang dihubungkan oleh motor penggerak. Gerakan dari robot lengan ini dapat bergerak dengan arah gerak rotasi dan arah gerak linear (maju/mundur). Oleh karena itu robot lengan termasuk bagian dari robot manipulator yang mampu melakukan tugas pemindahan objek melalui kendali terprogram. Salah satu robot manipulator yang efisien yaitu robot dengan mekanisme *pick and place* [2].

Sistem *pick and place* merupakan mekanisme yang dirancang untuk mengangkat, memindahkan dan meletakkan objek secara otomatis sehingga dapat membantu meringankan beban kerja manusia [3]. Sistem ini memindahkan objek yang diinginkan dari suatu titik ke titik lain yang telah ditetapkan sebelumnya menggunakan komputerisasi. Proses pemindahan objek harus dilakukan dengan tepat dan teliti. Ketepatan dan ketelitian gerakan lengan robot menjadi faktor dalam menentukan keberhasilan suatu proses otomatisasi. Supaya diperoleh gerakan lengan robot yang akurat digunakan perhitungan menggunakan metode *inverse kinematic*.

Metode *inverse kinematic* merupakan teknik penting dalam pengendalian robot yang digunakan untuk menentukan posisi sudut sendi pada robot berdasarkan posisi dan orientasi ujung lengan (*end-effector*) yang diinginkan [4]. Penerapan metode ini sangat krusial dalam rancang bangun robot lengan karena memungkinkan gerakan yang presisi dan fleksibel sesuai kebutuhan tugas, sehingga meningkatkan efisiensi dan ketelitian dalam proses otomatisasi industri [5]. Untuk mengimplementasikan metode *inverse kinematic* tersebut dalam kendali lengan robot, diperlukan perangkat mikrokontroler yang mampu memproses perhitungan dan mengatur gerakan motor secara real-time [6]. Perangkat mikrokontroler yang banyak digunakan salah satunya yaitu Arduino Mega.

Arduino Mega sebagai sistem pengendali lengan robot karena memiliki keunggulan dalam jumlah pin I/O yang melimpah dan kemampuan pemrosesan yang mumpuni, sehingga sangat cocok untuk mengendalikan lengan robot dengan banyak derajat kebebasan. Sistem kendali tersebut harus dapat memproses sinyal dari pengguna atau sensor, kemudian mengubahnya menjadi perintah gerak pada motor penggerak lengan robot. Dengan Arduino Mega, perhitungan sudut sendi hasil dari metode *inverse kinematic* dapat diubah menjadi sinyal kontrol yang akurat untuk menggerakkan motor servo, sehingga lengan robot dapat melakukan tugas sesuai posisi dan orientasi yang diinginkan secara efektif [7].

Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sebuah sistem lengan robot *pick and place* dengan enam derajat kebebasan (*6-axis*) yang dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega. Lengan robot ini diharapkan mampu melakukan proses pemindahan objek dari satu titik ke titik lainnya secara otomatis, akurat, dan efisien. Dengan mengimplementasikan metode *inverse kinematic*, sistem ini dirancang agar mampu menghasilkan gerakan yang presisi dan fleksibel sesuai kebutuhan posisi dan orientasi ujung lengan. Penggunaan Arduino Mega sebagai pusat kendali memungkinkan pengolahan data dan pengaturan gerakan motor servo secara real-time, sehingga robot dapat menjalankan tugas pemindahan objek secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi otomasi yang aplikatif dan ekonomis guna mendukung peningkatan produktivitas serta keselamatan kerja di lingkungan industri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengimplementasikan pendekatan eksperimental dalam merancang dan membangun prototipe lengan robot 6 sumbu (*6-axis robotic arm*) yang dapat melakukan tugas *pick and place* secara otomatis. Rangkaian sistem dikembangkan dengan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak berbasis mikrokontroler Arduino Mega, didukung oleh aktuatur motor servo MG996R serta sensor infrared IR FC-51 sebagai pendeteksi objek.

Komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem lengan robot ini mencakup berbagai perangkat keras yang saling terintegrasi secara fungsional. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560, yang berperan sebagai pusat kendali utama dalam memproses input dari sensor dan menghasilkan sinyal kendali ke aktuator. Untuk penggerak mekanis, digunakan enam unit motor servo tipe MG996R yang masing-masing disesuaikan sudut putarnya berdasarkan fungsi gerak pada setiap sumbu lengan robot. Sensor yang digunakan terdiri dari dua unit infrared IR FC-51, yang berfungsi sebagai pendeteksi objek dan memicu aktivasi sistem pengangkatan. Sistem suplai daya mengandalkan power supply 220VAC yang dikonversi menjadi 5VDC menggunakan modul step-down converter LM2596 agar sesuai dengan kebutuhan tegangan seluruh komponen. Selain itu, terdapat juga komponen pendukung seperti kabel jumper, breadboard, papan PCB, dan rangkaian penyearah tegangan yang berfungsi sebagai jalur koneksi serta integrasi sistem secara keseluruhan. Semua komponen tersebut disusun dan dirakit mengikuti skema blok diagram yang menggambarkan hubungan kerja antar subsistem input, pemrosesan, dan output, sehingga membentuk satu sistem yang berfungsi secara terkoordinasi dan efisien.

Desain penelitian ini terbagi ke dalam dua fokus utama, yaitu perancangan mekanik dan perancangan elektronik. Pada tahap perancangan mekanik, kegiatan difokuskan untuk menentukan struktur fisik lengan robot serta menetapkan rasio rotasi pada masing-masing sumbu gerak, dengan tujuan utama mencegah terjadinya konflik mekanis antarbagian lengan saat sistem dioperasikan. Sementara itu, pada tahap perancangan rangkaian elektronik, dilakukan penyusunan skematik koneksi antara sensor infrared, mikrokontroler Arduino Mega, dan enam motor servo sebagai aktuator, disertai dengan pengaturan sistem catu daya agar tegangan yang disuplai sesuai dengan kebutuhan operasional komponen. Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini dimulai dari penyusunan diagram blok sistem yang memetakan aliran data dan daya, dilanjutkan dengan proses perakitan perangkat keras sesuai desain, penulisan program kendali menggunakan platform Arduino IDE, serta pengujian sistem secara bertahap mulai dari unit terkecil hingga sistem terintegrasi secara menyeluruh. Setelah itu, dilakukan pengambilan data berdasarkan pergerakan lengan robot dan respons sensor terhadap objek yang terdeteksi, sebagai dasar dalam evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

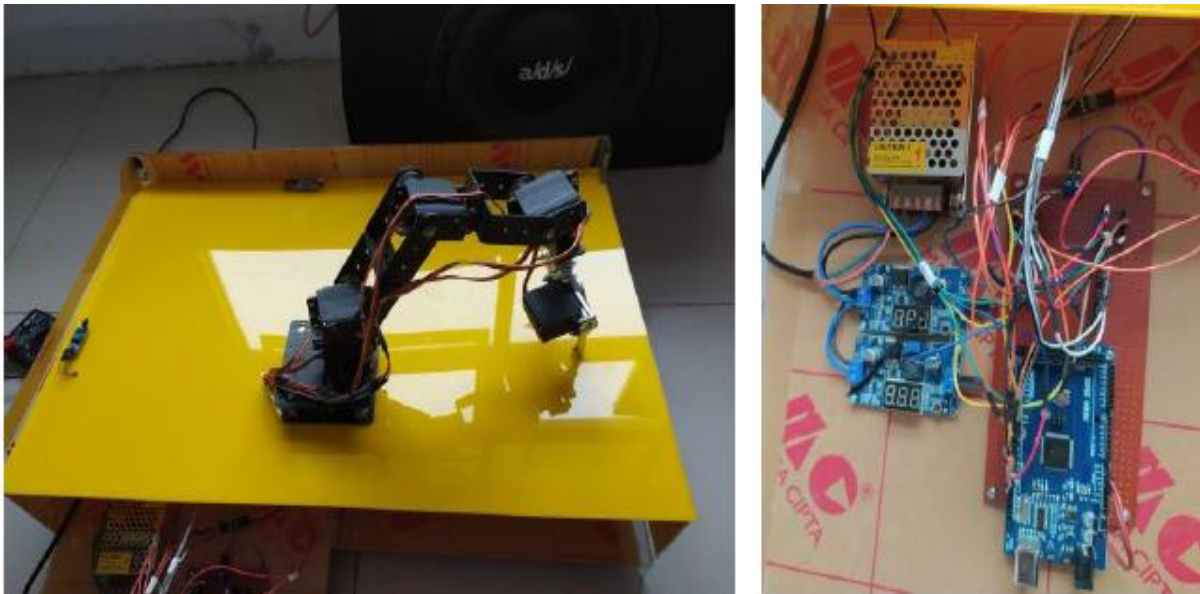
Pengujian sistem dilakukan dengan cara mengaktifkan seluruh rangkaian dan mensimulasikan kehadiran objek pada dua posisi berbeda yang telah ditentukan. Sensor infrared akan mendeteksi keberadaan objek pada masing - masing titik, kemudian mengirimkan sinyal digital ke mikrokontroler Arduino Mega sebagai pusat pemrosesan data. Mikrokontroler selanjutnya menerjemahkan sinyal tersebut menjadi sinyal PWM yang digunakan untuk mengatur pergerakan motor servo. Proses kerja lengan robot berlangsung secara berurutan, dimulai dari mendeteksi objek, kemudian mengangkat, memindahkan, dan akhirnya meletakkan objek di lokasi tujuan. Setiap respons pergerakan lengan selama proses tersebut diamati dan dicatat untuk menilai tingkat akurasi posisi serta waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu siklus kerja.

Analisis data dalam penelitian ini difokuskan pada pengamatan terhadap pengaruh besarnya tegangan terhadap pergerakan alat, khususnya dalam kondisi sensor infrared berinteraksi maupun tidak berinteraksi dengan objek. Pengukuran dilakukan dengan mencatat tegangan yang masuk ke sistem saat servo bergerak menjalankan tugas berdasarkan sinyal dari sensor, serta saat sistem berada dalam kondisi standby tanpa aktivitas sensor. Perbandingan tegangan dalam dua kondisi tersebut dianalisis untuk mengetahui konsistensi suplai daya terhadap kestabilan gerak lengan robot. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi apakah fluktuasi tegangan memiliki dampak terhadap respons motor servo, seperti kecepatan gerak, kekuatan dorongan, atau keterlambatan eksekusi perintah. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam menilai efisiensi sistem kelistrikan yang digunakan serta kesiapan alat dalam menghadapi kondisi operasional nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap implementasi sistem, perancangan alat dilakukan dengan menempatkan dua posisi *pick* dan satu titik *place* sebagai area tujuan akhir peletakan objek. Lengan robot ini dibuat menggunakan bahan utama berupa besi tuang yang kokoh dan kuat, kemudian dirangkai secara modular menggunakan enam motor servo sebagai penggerak pada setiap sumbu (*axis*). Desain struktural lengan robot disusun sedemikian rupa agar mampu menjangkau titik pengambilan dan peletakan secara presisi. Sementara itu, bidang kerja serta rangkaian kelistrikan ditempatkan dalam satu wadah berbentuk box berbahan polimetil metakrilat (akrilik) berwarna kuning cerah, yang tidak hanya berfungsi sebagai bidang operasi tetapi juga sebagai tempat penyimpanan komponen elektronik utama seperti arduino mega, modul sensor, dan power supply. Gambar 1 berikut memperlihatkan tampilan fisik dari lengan robot dan rangkaian elektronik yang telah dirakit sebagai satu kesatuan sistem otomatisasi *pick and place*.

Gambar 1. Rangkaian keseluruhan alat



Pengukuran sumber tegangan input pada arduino dilakukan untuk memastikan bahwa mikrokontroler menerima suplai daya sesuai dengan spesifikasi teknis. Pengujian dilakukan pada pin Vcc, baik dalam kondisi menyala (*on*) maupun tidak menyala (*off*).

Tabel 1. Tegangan Vcc Arduino

Titik pengukuran	Hasil pengukuran (V)	
	On	Off
Vcc	4,929	0

Berdasarkan hasil pengukuran sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1 didapatkan bahwa tegangan saat kondisi menyala adalah sebesar 4,929 volt DC, sementara saat kondisi mati tegangan berada pada 0 volt. Nilai tegangan tersebut berada dalam rentang ideal operasi arduino mega, dengan toleransi $\pm 5\%$ dari tegangan standar 5 volt, sebagaimana tercantum dalam lembar data resmi (*datasheet*). Hal ini menunjukkan bahwa sistem catu daya telah memenuhi syarat kelistrikan yang diperlukan agar arduino dapat berfungsi secara optimal dalam mengendalikan sistem *pick and place* pada lengan robot yang dirancang.

Pengujian sensor infrared dilakukan untuk memastikan bahwa komponen ini bekerja pada tegangan kerja yang sesuai dan mampu memberikan sinyal digital yang stabil saat mendeteksi keberadaan objek. Pengukuran dilakukan pada terminal Vcc dan GND sensor, baik dalam kondisi menyala maupun mati.

Tabel 2. Tegangan Vcc sensor infrared

Titik pengukuran Vcc	Hasil pengukuran (V)	
	On	Off
Infrared 1 / IR1	4,758	0
Infrared 2 / IR2	4,873	0

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 2, diketahui bahwa sensor IR1 bekerja pada tegangan 4,758 V saat aktif dan 0 V saat tidak aktif, sedangkan IR2 bekerja pada 4,873 V saat aktif dan 0 V saat mati. Selanjutnya, pengukuran dilakukan pula saat sensor dalam kondisi mendeteksi maupun tidak mendeteksi objek (Tabel 3).

Tabel 3. Tegangan kerja sensor infrared

Sensor	Hasil pengukuran (V)	
	On	Off
IR1	4,867	4,870
IR2	4,744	4,757

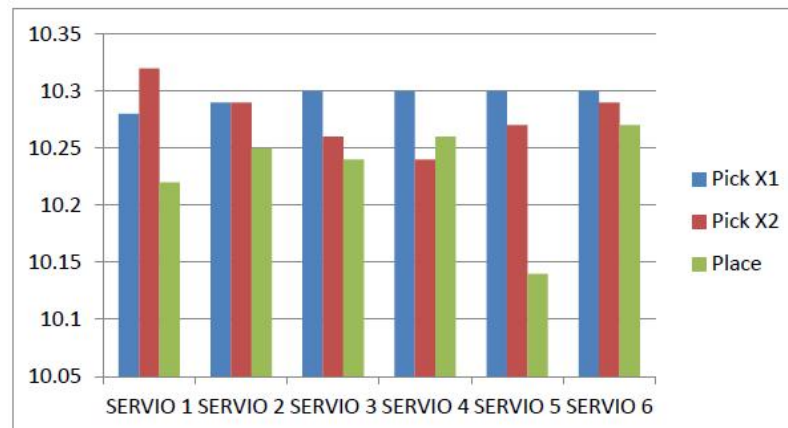
Berdasarkan Tabel 3. hasilnya menunjukkan bahwa pada saat IR1 mendeteksi objek, tegangan outputnya adalah 4,867 V, sedangkan saat tidak mendeteksi naik sedikit menjadi 4,870 V. Begitu pula pada IR2, saat mendeteksi objek tegangan adalah 4,744 V, dan saat tidak mendeteksi menjadi 4,757 V. Meskipun selisih tegangan sangat kecil, perbedaan tersebut cukup untuk dikategorikan sebagai logika digital, di mana logika LOW (0) mengindikasikan objek terdeteksi, dan logika HIGH (1) berarti tidak ada objek. Logika ini menjadi dasar perintah eksekusi pick and place yang ditanamkan pada sistem pemrograman Arduino IDE. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan output logika yang stabil dan dapat diandalkan dalam mendukung sistem otomasi pick and place yang dirancang pada lengan robot.

Untuk mendapatkan gambaran kinerja motor servo secara lebih menyeluruh, dilakukan pengujian lanjutan dengan kondisi dinamis, yakni ketika lengan robot melakukan proses pengambilan objek (*pick*) dan penempatan objek (*place*). Pengujian tegangan awal motor dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Pengukuran Vcc input motor servo

Titik pengukuran Vcc	Hasil pengukuran (V)	
	On	Off
Servo 1	10.30	0
Servo 2	10.30	0
Servo 3	10.30	0
Servo 4	10.30	0
Servo 5	10.30	0
Servo 6	10.30	0

Pengujian dilakukan pada dua posisi pengambilan (X1 dan X2) dan satu posisi peletakan. Hasil pengukuran tegangan kerja pada masing-masing servo axis menunjukkan adanya variasi tegangan yang relatif kecil namun signifikan, tergantung pada beban kerja yang sedang dijalankan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengukuran tegangan motor servo lengan robot

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa tegangan tertinggi terjadi pada servo 1 saat proses pick X2, yakni mendekati 10,32 V, sedangkan tegangan terendah tercatat pada servo 5 saat proses place, yakni sebesar 10,14 V. Hal ini menunjukkan bahwa servo 5 mengalami beban paling besar karena bertugas menahan *gripper* beserta objek sebelum dijatuhkan ke posisi akhir. Variasi tegangan ini juga mencerminkan beban mekanis dan distribusi daya yang tidak merata antar axis, tergantung dari posisi dan tugasnya. Meskipun demikian, keseluruhan nilai tegangan masih berada dalam batas aman dan fungsional untuk motor servo, serta menunjukkan bahwa sistem kelistrikan telah mampu mempertahankan performa yang stabil selama operasi robot berlangsung. Untuk menjaga stabilitas tegangan ini, sistem dilengkapi dengan modul step-down DC-DC (LM2596) yang bertugas menjaga rentang tegangan tetap sesuai kebutuhan operasional motor servo.

PENUTUP

Dari seluruh rangkaian pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem lengan robot 6 axis yang dibangun telah mampu bekerja dengan baik dalam menjalankan fungsi pick and place secara otomatis. Penggunaan Arduino Mega sebagai pengendali utama terbukti cukup efisien dan responsif dalam mengeksekusi logika sensor dan mengontrol aktuator. Meskipun terdapat perbedaan kecil dalam tegangan komponen saat beroperasi, sistem ini tetap menunjukkan kestabilan dalam kinerja secara keseluruhan. Penurunan tegangan pada servo axis tertentu, terutama pada saat membawa beban, merupakan gejala normal dan dapat diantisipasi dengan penggunaan catu daya serta modul pengatur tegangan yang sesuai.

Selama proses pengujian, kendala yang dihadapi yaitu keterbatasan ruang gerak pada lengan robot. Hal ini disebabkan karena alat yang dirancang masih dalam bentuk prototipe sederhana sehingga belum sepenuhnya optimal dalam menjangkau area kerja secara luas. Keterbatasan ini memengaruhi fleksibilitas gerakan lengan saat melakukan proses *pick and place*. Meskipun demikian, prototipe ini tetap mampu menunjukkan prinsip kerja sistem secara umum dan dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Budi Utomo, M. (2013). Analisa Forward dan Inverse Kinematics pada Simulator Arm Robot 5 Derajat Kebebasan. *Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 1, No. 3*, 13.
- Farozi, I., Maulana, R., & Kurniawan, W. (2019). Implementasi sensor warna pada robot lengan pemindah barang menggunakan inverse kinematics. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(7), 7284–7293.
- Hanif, M. h., Triwiyatno, A., & Riyadi, M. A. (2017). Perancangan Sistem Otomasi Penyimpanan Barang Bebas Klasifikasi RFID Pada Robot Pick and Place Menggunakan Programable Logic Controller (PLC) Omron CPM1A. *Transmisi*, 1-7.
- Oktama, R., Maulana, R., & Setyawan, G. E. (2018). Implementasi robot lengan pemindah barang 3 DOF menggunakan metode inverse kinematics. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2810–2816.

- Putra, T. R., Maulana, R., & Kurniawan, W. (2018). Implementasi komputasi paralel dalam pergerakan lengan robot menggunakan inverse kinematic. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(9), 2516–2521.
- Sartika, E. M., Sarjono, R., & Chrisophras, H. X. (2019). Sistem Pick and Place Dua Derajat Kebebasan menggunakan Metode Regesi. *ELKOMIKA*, 521-532.
- W Putra, Y. A. (2015). *Robot adalah sesuatu yang dapat diprogram ulang, memiliki penggerak atau manipulator dan didesain untuk memindahkan barang, alat atau komponen khusus guna menyelesaikan suatu tugas*. Yogyakarta: JURNAL ELEKTRO