

RANCANGAN SISTEM KENDALI NIRKABEL LENGAN ROBOT LIMA DERAJAT KEBEBASAN BERBASIS ANDROID DAN ARDUINO UNO DENGAN FITUR REKAMAN GERAKAN

Muhammad Fazar Alfi Yasien¹, Setyawan Ajie Sukarno²

^{1,2}Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung; Jl. Kanayakan No.21, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat, 40135. ;Telepon : (022) 2500241

Received: 2 Januari 2025
Accepted: 14 Januari 2025
Published: 20 Januari 2025

Keywords:

5 Dof Robot Arm, Arduino Uno, Bluetooth, Motion Recording, MIT APP Inventor

Correspondent Email:

fajaralfi86882@gmail.com

Abstrak. Projek ini berfokus pada implementasi sistem kendali nirkabel untuk robot arm 5 Degrees of Freedom (DoF) berbasis Android dan Arduino Uno dengan fitur motion recording. Sistem ini dirancang untuk mendukung kegiatan akademis di bidang robotika, memberikan alat pembelajaran yang interaktif dan aplikatif bagi mahasiswa dan peneliti. Pengguna dapat mengontrol robot arm secara real-time melalui aplikasi Android menggunakan komunikasi Bluetooth, serta merekam dan menyimpan pergerakan robot. Fitur motion recording memungkinkan pergerakan yang terekam untuk diputar ulang secara otomatis, sehingga mendukung proses simulasi dan eksperimen dalam berbagai skenario. Arduino Uno digunakan sebagai mikrokontroler utama karena kemudahannya penggunaannya dan relevansi dalam konteks pendidikan teknik. Pengujian sistem ini menunjukkan performa yang baik, dengan antarmuka aplikasi yang dikembangkan melalui MIT APP Inventor diharapkan akan mudah dipahami oleh pengguna. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan riset dalam bidang otomatisasi dan kontrol robotik, serta membuka peluang pengembangan lebih lanjut di tingkat akademik.

Abstract. This project focuses on the implementation of wireless control system for 5 Degrees of Freedom (DoF) robot arm based on Android and Arduino Uno with motion recording feature. This system is designed to support academic activities in the field of robotics, providing interactive and applicable learning tools for students and researchers. Users can control the robot arm in real-time through the Android application using Bluetooth communication, as well as record and store robot movements. The motion recording feature allows the recorded movements to be replayed automatically, thus supporting the simulation and experimentation process in various scenarios. Arduino Uno was used as the main microcontroller due to its ease of use and relevance in the context of engineering education. Testing of the system showed good performance, with the application interface developed through MIT APP Inventor expected to be easily understood by users. The system is expected to improve the quality of learning and research in the field of automation and robotic control, and open up opportunities for further development at the academic level.

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai lengan robot telah mengalami perkembangan yang signifikan, terutama dalam hal kendali nirkabel dan integrasi teknologi

seluler. Lengan robot dengan lima derajat kebebasan (DOF) menjadi fokus utama banyak studi, karena memberikan fleksibilitas dan kemampuan manipulasi yang lebih baik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa

penggunaan platform seperti Arduino dan perangkat berbasis Android dapat meningkatkan interaksi pengguna dengan sistem robotik [1]. Misalnya, penelitian oleh Ahmed A. Radhi (2018) mengembangkan sistem kendali lengan robot *mobile* menggunakan Bluetooth dan *smartphone*, yang menunjukkan sistem pengendalian robot lengan secara langsung menggunakan *smartphone* android [2]. Selain itu, fitur rekaman gerakan memungkinkan pengguna untuk merekam serangkaian gerakan yang dilakukan oleh lengan robot dan mengulanginya secara otomatis, sehingga mampu meningkatkan efisiensi tugas berulang [3].

Meskipun ada kemajuan yang signifikan dalam pengembangan lengan robot, masih terdapat kesenjangan yang perlu diatasi. Banyak sistem kendali yang ada saat ini belum sepenuhnya mengintegrasikan fitur rekaman gerakan dengan kontrol *real-time* yang efektif. Hal ini menciptakan tantangan dalam penerapan praktis di lingkungan industri dan pendidikan, di mana akurasi dan efisiensi sangat penting. Penelitian yang ada juga seringkali terbatas dalam hal antarmuka pengguna, sehingga menyulitkan pengguna non-teknis untuk mengoperasikan sistem tersebut secara optimal. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem kendali nirkabel yang tidak hanya responsif tetapi juga mudah digunakan oleh berbagai kalangan [1].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali nirkabel untuk lengan robot lima derajat kebebasan berbasis Android dan Arduino Uno dengan fitur rekaman Gerakan yang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi robotika serta meningkatkan pemahaman tentang aplikasi praktis dari mekatronika dalam konteks industri dan pendidikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Lengan robot merupakan sistem mekanik yang terdiri dari beberapa bagian yang saling terhubung, yang disebut *link*, dan dihubungkan oleh *joint*. *Joint* ini memungkinkan pergerakan relatif antara *link*, Derajat kebebasan (*DoF*) dari lengan robot ditentukan oleh jumlah *joint* yang ada, di mana setiap *joint* memberikan satu arah

gerakan independen yang memiliki aktuator motor servo [4].

End effector adalah perangkat yang terpasang di ujung lengan robot untuk melakukan tugas tertentu, seperti mengambil atau memindahkan objek. Tipe *end effector* dapat bervariasi, termasuk *gripper* dan alat khusus lainnya. Selain itu, ruang kerja dari lengan robot adalah volume total yang dapat dijangkau oleh *end effector* saat melakukan Gerakan [4].

Sistem ini dapat melakukan serangkaian Gerakan terkontrol dan berulang secara presisi baik manual maupun otomatis memanfaatkan fitur rekaman Gerakan yang menjadi salah satu fokus dalam makalah ini, berikut adalah teori-teori yang menjadi dasar dalam penelitian dan pengembangan alat ini agar konsep yang diinginkan dapat diimplementasikan.

2.1 Arduino Uno

Penelitian ini menggunakan Arduino uno sebagai kontroler lengan robot, Arduino uno memiliki 14 pin input/output digital, di mana 6 pin di antaranya dapat digunakan untuk output dengan modulasi lebar pulsa (PWM) yang dihubungkan dengan servo dalam penelitian kali ini, serta 6 pin input analog. Papan ini beroperasi pada tegangan 5volt dan dapat menerima arus maksimum 40 mA per pin, dengan resistor pull-up internal sebesar 20-50 kOhm. Papan ini dilengkapi dengan koneksi USB untuk pemrograman dan komunikasi, jack power untuk sumber daya eksternal, serta tombol reset untuk memulai ulang program.

Arduino Uno dapat diprogram menggunakan Arduino IDE (Integrated Development Environment), yang kompatibel dengan berbagai sistem operasi, termasuk Windows, macOS, dan Linux. Pemrograman dilakukan melalui koneksi USB, dan papan ini dilengkapi dengan bootloader yang memungkinkan pengunggahan kode tanpa memerlukan perangkat keras tambahan[5].

2.2 Motor Servo MG90 & MG996

Mikroservo MG90 dan MG996 adalah dua jenis servo motor yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi robotika dan proyek elektronik.

MG90 adalah mikroservo yang ringan dengan berat sekitar 9 gram dan dimensi 22.2 x 11.8 x 31 mm. Servo ini memiliki torsi stall

sebesar 1.8 kgf-cm dan kecepatan operasi 0.1 detik per 60 derajat pada tegangan 4.8 V hingga 5 V. Rentang suhu operasinya berkisar antara 0°C hingga 55°C, menjadikannya cocok untuk aplikasi tidak terlalu berat[6].

Sementara itu, MG996 adalah servo yang lebih kuat dengan berat sekitar 55 gram dan dimensi 40.7 x 19.7 x 42.9 mm. Servo ini menawarkan torsi stall yang lebih tinggi, yaitu 9 kgf-cm pada tegangan 4.8 V dan hingga 11 kgf-cm pada tegangan 6 V, dengan kecepatan operasi sekitar 0.19 detik per 60 derajat pada tegangan tersebut. MG996 dilengkapi dengan gear logam yang memberikan daya tahan lebih baik dan stabilitas saat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kekuatan lebih seperti pada *joint* basis dan siku lengan robot[6].

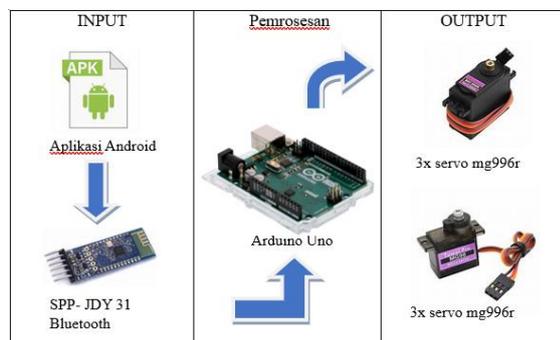
2.3 Modul Bluetooth JDY 31 SPP

modul *Bluetooth* JDY-31 merupakan perangkat nirkabel dan dirancang untuk komunikasi serial menggunakan protokol *Serial port Profile (SPP)*. yang menyediakan koneksi serial transparan antara dua perangkat *Bluetooth*, sehingga perangkat yang terhubung secara nirkabel dapat berfungsi seolah-olah terhubung melalui kabel serial RS-232[7].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Perancangan Sistem Kontrol

Di bawah ini terdapat diagram blok desain arsitektur sistem yang digunakan untuk mengendalikan lengan robot.

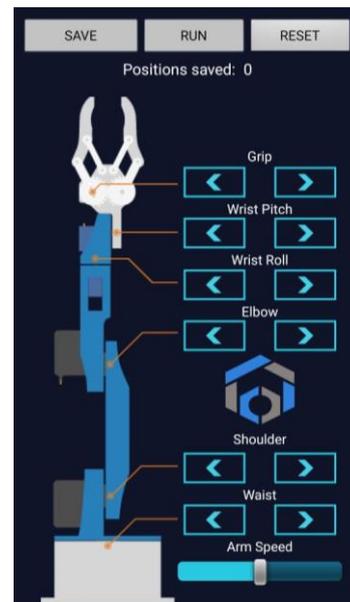


Gambar 3. 1 Diagram Blok Desain Arsitektur Sistem

Sistem pengendalian lengan robot menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang disandingkan dengan modul *Bluetooth* JDY-31 yang merupakan perangkat nirkabel dan dirancang untuk komunikasi serial menggunakan protokol *Serial port Profile*

(*SPP*). yang menyediakan koneksi serial transparan antara dua perangkat *Bluetooth*, sehingga perangkat yang terhubung secara nirkabel dapat berfungsi seolah-olah terhubung melalui kabel serial RS-232[7][8].

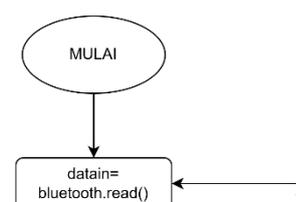
Dalam kasus ini, perangkat yang digunakan untuk mengendalikan lengan robot adalah *Smartphone* android yang telah diinstal aplikasi kostum yang dibuat melalui sebuah aplikasi pengembang “MIT APP inventor” seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Aplikasi kendali berbasis Android

Prinsip kerja pengendalian lengan robot oleh aplikasi yang telah dibuat adalah dengan mengirimkan serangkaian Angka Dimana angka tersebut telah di tentukan pada setiap tombol-tombol yang ditekan, dan diterima oleh modul *bluetooth* yang terhubung melalui komunikasi serial dengan kontroler seperti pada gambar 3.1.

Setelah angka diterima, proses berikutnya kontroler akan menampung angka yang diterima dari modul *Bluetooth* yang ditampung dan diolah untuk memicu keluaran yang diinginkan pada lengan robot seperti diagram blok berikut.



Pergerakan robot dapat disimpan melalui posisi sudut terakhir masing-masing servo kedalam sebuah array[11] Ketika tombol simpan ditekan secara bertahap untuk setiap langkah.

Kemudian Ketika tombol *Run* ditekan, sebuah fungsi kostum “*runStep()*” akan menjalankan data array posisi servo menggunakan beberapa fungsi *for* dan *while loop*[10] hingga tombol *stop* atau reset ditekan dan menghapus seluruh index data array posisi servo.

Serangkaian pergerakan lengan robot yang telah disimpan menyimulasikan otomatisasi suatu tugas berulang diindustri Ketika fungsi “*runStep()*” dijalankan, seperti memindahkan barang dari titik A ke B[4].

Hal yang harus diperhatikan dalam menyimpan pergerakan lengan robot, posisi akhir lengan robot harus berada pada posisi awal saat tombol simpan ditekan, hal ini bertujuan agar servo dapat bergerak secara halus dan membentuk suatu pergerakan berulang.

Gambar 3. 3 Diagram Blok Pemrosesan Data

Sudut servo pada setiap *Joint* dapat ditambah atau dikurangi melalui proses *increment & decrement*[9] variabel “*Servo01..06PPOS*” yang menampung posisi terakhir servo dan juga parameter yang diinputkan pada perintah jalankan servo didalam progam. Proses ini dipicu oleh sebuah fungsi *while*[10] yang menyatakan bahwa selama Variable “*M*” dalam fungsi berisi angka dari “*datain*”, maka variabel akan bertambah atau berkurang 1 derajat.

```
while (m == 27) {
    if (bluetooth.available() >= 1 ) {
        m = bluetooth.read();
    }
    servo06.write(servo6PPos);
    servo6PPos--;
    delay(10);
    if (servo6PPos < 0) {
        servo6PPos = 0;
    }
}
```

Gambar 3. 4 Program Arduino

3.2 Metode Perekaman Gerakan

3.3 Metode Pengujian

Tahap ini meliputi pengujian alat yang merupakan bagian penting untuk mengetahui apakah alat mampu berjalan sesuai dengan rencana. Beberapa parameter yang diuji pada lengan robot diantara lain pengujian konektivitas aplikasi kendali berbasis android dengan kontroler, pengujian kirim data *Bluetooth*, pengujian pergerakan setiap servo *joint*, pengujian rekaman gerak robot, pengujian perulangan gerak robot, dan pengujian waktu respon.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian didapatkan bahwa lengan robot dapat memenuhi seluruh parameter yang diujikan, berikut adalah tabel hasil pengujian lengan robot.

Tabel 1. 1 Hasil Pengujian

PENGUJIAN	DESKRIPSI	HASIL	KETERANGAN
KONEKTIVITAS	APAKAH BLUETOOTH TERHUBUNG DENGAN BAIK?	YA	APLIKASI PENGENDALI BERHASIL TERHUBUNG DENGAN KONTROLER
TRANSMISI DATA	APAKAH PERINTAH	YA	ARDUINO UNO MENERIMA DATA

	DARI APLIKASI TERIKIRIM?		ANGKA MELALUI MODUL JDY-31 SPP
PERGERAKAN SERVO	APAKAH LENGAN ROBOT DAPAT BERGERAK?	YA	SAAT KONTROLER MENDETEKSI DATA MASUK DARI SERIAL, FUNGSI YANG DIBUAT UNTUK MENGGERAKAN MASING-MASING SERVO BERJALAN DENGAN BAIK
PEREKAMAN SUDUT SERVO	APAKAH PERGERAKAN LENGAN DAPAT DISIMPAN?	YA	PERGERAKAN LENGAN ROBOT TERSIMPAN SECARA BERTAHAP SETIAP TOMBOL SIMPAN DI TEKAN
PERULANGAN GERAKAN	APAKAH LENGAN ROBOT BERGERAK SESUAI TITIK PADA SAAT PERGERAKAN DISIMPAN?	YA	PERGERAKAN LENGAN ROBOT SESUAI DENGAN TITIK PADA SAAT POSISI TOMBOL SIMPAN DITEKAN DAN MEMBENTUK SERANGKAIAN PERGERAKAN SECARA KONSISTEN
WAKTU RESPON	APAKAH ADA KETERLAMBATAN RESPON DARI LENGAN ROBOT?	TIDAK	SECARA KESELURUHAN, TIDAK ADA KETERLAMBATAN RESPON KETIKA INPUT DIBERIKAN



Gambar 4. 1 Uji Coba Pick & Place

5. KESIMPULAN

- Dari hasil yang didapatkan selama penelitian dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengendalian lengan robot 5 derajat kebebasan dapat dikembangkan dengan aplikasi android sederhana untuk keperluan edukasi, sehingga mahasiswa dapat mengamati bagaimana tahap-tahap pengendalian dapat mempengaruhi pergerakan pada lengan robot.
- Lengan robot bekerja sesuai dengan rencana, dapat dikendalikan melalui aplikasi android, konektivitas yang cukup baik dengan kontroler, waktu respon yang baik ketika input diberikan yaitu kurang dari 0.5 detik, Serta fitur rekaman gerakan yang mampu menggerakkan lengan robot sesuai dengan pergerakan yang disimpan secara presisi dan konsisten.

Namun ada beberapa hal yang perlu ditingkatkan agar implementasi nyata pada beban kerja yang lebih berat dapat terwujud, seperti mempertimbangkan kekuatan motor servo yang lebih baik, pasukan daya yang lebih stabil, juga mempertimbangkan faktor keselamatan sehingga cakupan pemanfaatan lengan robot 5 derajat kebebasan ini tidak hanya pada keperluan edukasi dan menjangkau keperluan yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi

dukungan terhadap penelitian ini, sehingga penelitian dapat diwujudkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Prasetyawan, Y. Ferdianto, S. Ahdan, dan F. Trisnawati, "Pengendali Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 7, no. 2, hlm. 104–109, Jul 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133715.
- [2] "Design and Implementation of Wireless Mobile Robotic arm Controller based Smart phone and Embedded System via Bluetooth," *Aust J Basic Appl Sci*, 2018, doi: 10.22587/ajbas.2018.12.8.11.
- [3] M. Ramdani, M. Mujirudin, Y. Dewanto, M. Haris, M. Khir, dan H. Ramza, "Sistem Kontrol Lengan Robot Menggunakan Rekaman Gerakan," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [4] B. Kartadinata dan L. Wijayanti, "Pengendalian Lengan Robot untuk Proses Pemindahan Barang."
- [5] Arduino.cc, "get started with uno." Diakses: 3 Desember 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>
- [6] Zaitronics, "Exploring SG90, MG90S, and MG996R Servos." Diakses: 3 Desember 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://zaitronics.com.au/blogs/guides/exploring-sg90-mg90s-and-mg996r-servos>
- [7] M. Curry, "JDY-31 SPP Bluetooth 3.0 Module." Diakses: 3 Desember 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.martyncurrey.com/jdy-31-spp-bluetooth-module/>
- [8] M. T. Tamam, "PROTOTIPE ROBOT PEMBERSIH LANTAI BERBASIS MIKROKONTROLER," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, Agu 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3285.
- [9] andre, "Jenis-jenis Operator Increment & Decrement Bahasa C++." Diakses: 4 Desember 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.duniailkom.com/tutorial-belajar-c-plus-plus-jenis-jenis-operator-increment-decrement-bahasa-c-plus-plus/>
- [10] O. Astrachan dan E. Wallingford, "Loop Patterns," 1998. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.cs.duke.edu/~ola/patterns/plopdp/loops.html>
- [11] R. Suganda, "TIPE DATAARRAY ROBI(1)-2018-07-13T13_20_07.523Z".