Perancangan dan Implementasi Sistem Teleoperation Robot Arm dengan ROS 2

Anak Agung Ngurah Rai Ando Pradana[1], Romy Budhi Widodo[2], Mochamad Subianto[3]
Teknik Informatika, Universitas Ma Chung

e-mail: 312210004@student.machung.ac.id [1], romy.budhi@machung.ac.id [2], mochamad.subianto@machung.ac.id [3]

Kata Kunci:

Teleoperation
OpenManipulator-X
ROS 2 Humble
Joystick PS4
Robot Manipulator

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem teleoperation pada robot OpenManipulator-X untuk operasi pemindahan gelas ukur plastik menggunakan joystick PlayStation 4 berbasis Robot Operating System 2 (ROS 2). Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem. Sistem dikembangkan menggunakan Ubuntu 22.04, ROS 2 Humble, MoveIt Servo, OpenManipulator-X, komunikasi serial dengan interface U2D2, dan joystick PS4 sebagai perangkat kendali. Input joystick diproses oleh node ROS 2 yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C++ dan diterjemahkan menjadi perintah gerakan robot secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai perancangan. Pengujian pemindahan gelas ukur plastik yang dilakukan oleh lima operator memperoleh tingkat keberhasilan 100%, dengan seluruh proses pengambilan, pemindahan, dan peletakan objek berhasil diselesaikan. Selain itu, sistem mampu memberikan respons kendali yang stabil dan real-time sehingga efektif mendukung pengoperasian robot manipulator secara teleoperation.

Keyword:

Teleoperation
OpenManipulator-X
ROS 2 Humble
PlayStation 4 Joystick
Robotic Manipulator

ABSTRACT

This study aims to design and implement a teleoperation system for the OpenManipulator-X robot to perform plastic measuring cup transfer operations using a PlayStation 4 joystick based on the Robot Operating System 2 (ROS 2). The research employed an experimental method consisting of requirement analysis, system design, hardware and software implementation, and system testing. The system was developed using Ubuntu 22.04, ROS 2 Humble, MoveIt Servo, OpenManipulator-X, serial communication using U2D2, and a PS4 joystick as the control device. Joystick inputs were processed by a ROS 2 node developed in C++ and translated into real-time robot motion commands. The experimental results demonstrate that all system functions operated as designed. Performance testing involving the transfer of a plastic measuring cup by five operators achieved a 100% success rate, with all grasping, transferring, and placement tasks completed successfully. Furthermore, the system provided stable and real-time control performance, demonstrating its effectiveness in supporting teleoperation of the robotic manipulator.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika yang pesat telah mendorong penerapan robot dalam berbagai bidang, seperti industri manufaktur, kesehatan, pendidikan, serta eksplorasi lingkungan berbahaya [1]. Salah satu teknologi yang berkembang adalah sistem teleoperation, yaitu sistem yang memungkinkan operator mengendalikan robot dari jarak jauh secara real-time [2]. Teknologi ini memiliki peranan penting pada kondisi yang berisiko bagi manusia, seperti penanganan bahan berbahaya, operasi penyelamatan, dan eksplorasi lingkungan ekstrem. Dengan teleoperation, operator dapat mengendalikan robot tanpa harus berada secara langsung di lokasi kerja sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional.

Salah satu jenis robot yang sesuai untuk sistem teleoperation adalah robot manipulator karena memiliki kemampuan melakukan gerakan kompleks dan manipulasi objek secara presisi. Robot manipulator banyak digunakan pada berbagai aktivitas, seperti pemindahan dan penempatan objek, perakitan, serta penelitian robotika [3]. Dalam pengoperasiannya, robot dapat dikendalikan menggunakan berbagai perangkat input, salah satunya joystick. Joystick memiliki keunggulan berupa kontrol yang fleksibel, responsif, dan intuitif sehingga dapat memudahkan operator dalam memberikan perintah gerakan robot [4]. Oleh karena itu, penggunaan joystick sebagai perangkat kendali menjadi salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kemudahan pengoperasian robot manipulator.

Dalam penelitian ini digunakan OpenManipulator-X sebagai robot manipulator dan DualShock 4 Wireless Controller sebagai perangkat kendali. Sistem dikembangkan menggunakan Robot Operating System 2 (ROS 2) sebagai middleware yang menghubungkan perangkat kendali dengan robot. ROS 2 menyediakan mekanisme komunikasi berbasis node, topic, dan message sehingga proses pertukaran data antarperangkat dapat dilakukan secara modular dan mendukung pengembangan sistem robotika secara fleksibel. Data masukan dari joystick diproses oleh sistem berbasis ROS 2 dan diterjemahkan menjadi perintah gerakan untuk mengendalikan robot secara real-time.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, diperlukan suatu sistem teleoperation yang mampu menerjemahkan input joystick menjadi gerakan robot manipulator secara responsif dan mudah digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem teleoperation pada OpenManipulator-X menggunakan DualShock 4 Wireless Controller berbasis ROS 2 untuk mendukung pengendalian gerakan robot secara real-time.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem teleoperation dikembangkan untuk mengendalikan robot manipulator OpenManipulator-X secara real-time menggunakan

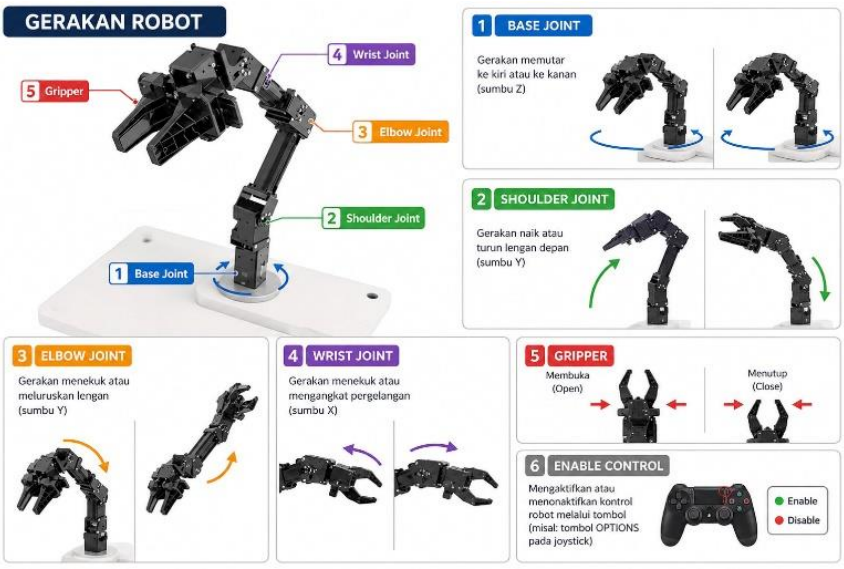
Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

DualShock 4 Wireless Controller sebagai perangkat input. Perangkat keras yang digunakan meliputi OpenManipulator-X, servo Dynamixel XM430-W350-T, DualShock 4 Wireless Controller, dan U2D2 sebagai perangkat komunikasi. Perangkat lunak yang digunakan terdiri atas Ubuntu 22.04, Robot Operating System 2 (ROS 2) Humble, MoveIt Servo, serta bahasa pemrograman C++. Pada tahap implementasi, input dari joystick dibaca dan diproses oleh node ROS 2 yang dikembangkan menggunakan C++. Data masukan tersebut kemudian dipetakan menjadi perintah gerakan dan dikirimkan melalui MoveIt Servo untuk mengendalikan gerakan robot secara real-time. Topologi perangkat diilustrasikan di Gambar 1.



Gambar 1. Topologi pemasangan perangkat

Untuk mempermudah pemahaman mengenai proses pemetaan kontrol antara joystick dan robot manipulator, perlu diketahui terlebih dahulu letak serta fungsi setiap joint yang terdapat pada robot OpenManipulator-X. Setiap joint memiliki karakteristik gerakan yang berbeda dan berperan dalam menentukan posisi serta orientasi lengan robot selama proses manipulasi objek. Identifikasi posisi joint ini menjadi dasar dalam perancangan sistem teleoperation karena setiap input yang diberikan melalui joystick akan diterjemahkan menjadi pergerakan pada joint tertentu. Gambar 2 menunjukkan posisi Base Joint, Shoulder Joint, Elbow Joint, Wrist Joint, Gripper, serta fungsi gerakan yang dihasilkan oleh masing-masing bagian pada robot OpenManipulator-X.



Gambar 2. Identifikasi Joint dan Gerakan pada Robot OpenManipulator-X

Gambar 2 menunjukkan identifikasi bagian-bagian joint pada robot OpenManipulator-X yang digunakan sebagai acuan dalam proses pemetaan kontrol joystick. Robot manipulator ini terdiri dari

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

beberapa joint utama, yaitu Base Joint, Shoulder Joint, Elbow Joint, Wrist Joint, dan Gripper yang masing-masing memiliki fungsi dan karakteristik gerakan yang berbeda. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur Enable Control yang digunakan untuk mengaktifkan reset position robot melalui joystick. Fitur ini berfungsi sebagai mekanisme keamanan untuk mencegah robot bergerak secara tidak sengaja ketika joystick terhubung ke sistem.

Tabel 1 menunjukkan proses pemetaan antara input pada joystick PS4 dengan gerakan yang dihasilkan oleh robot manipulator. Setiap analog stick digunakan untuk mengontrol joint tertentu pada robot, sedangkan tombol dan trigger digunakan sebagai gerakan tambahan. Sistem ini dirancang dengan mengadopsi konsep gerakan ekskavator agar lebih intuitif dan mudah digunakan oleh operator. Input analog digunakan untuk menghasilkan gerakan kecepatan yang proporsional terhadap besar kecilnya pergerakan joystick. Semakin jauh analog stick digerakkan dari posisi netral, maka semakin cepat pergerakan joint robot. Sebaliknya, pergerakan kecil pada joystick akan menghasilkan gerakan robot yang lebih lambat dan presisi.

Tabel 1. Mapping Joystick

No	Input Joystick PS4	Jenis Input	Gerakan Robot	Arah Gerakan	Deskripsi
1	Left Stick Horizontal	Analog	Base Joint	← →	Mengontrol rotasi base robot ke kiri dan kanan
2	Left Stick Vertical	Analog	Shoulder Joint	↑ ↓	Mengontrol pergerakan shoulder naik dan turun
3	Right Stick Vertical	Analog	Elbow Joint	↑ ↓	Mengontrol gerakan elbow maju dan mundur
4	Right Stick Horizontal	Analog	Wrist Joint	← →	Mengontrol rotasi wrist kiri dan kanan
5	▢ Button	Button	Gripper	Tekan	Menutup gripper
6	◯ Button	Button	Gripper	Tekan	Membuka gripper
7	X Button	Button	Enable Control	ON/OFF	Mengaktifkan sistem kontrol robot / Reset Robot

Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan mengoperasikan robot menggunakan joystick untuk menyelesaikan tugas pemindahan tabung reaksi dari posisi awal ke posisi tujuan. Pengujian dilakukan oleh beberapa subjek untuk mengetahui konsistensi kinerja sistem. Setiap percobaan diamati berdasarkan keberhasilan robot dalam menjalankan seluruh tahapan operasi, mulai dari menerima perintah joystick, menggerakkan manipulator menuju objek, mengambil tabung reaksi, memindahkan objek, hingga meletakkannya pada posisi tujuan. Pengujian dinyatakan berhasil apabila seluruh tahapan dapat dilakukan sesuai perintah tanpa terjadi kegagalan pengambilan, kesalahan posisi tujuan, maupun kegagalan peletakan objek. Tingkat keberhasilan sistem dihitung berdasarkan perbandingan jumlah percobaan yang berhasil terhadap seluruh percobaan yang dilakukan. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan tugas teleoperation secara real-time serta menilai konsistensi dan keandalan sistem.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan perangkat lunak teleoperation dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++ pada lingkungan Robot Operating System 2 (ROS 2) Humble. Perangkat lunak yang dikembangkan berfungsi untuk membaca data masukan dari joystick DualShock 4 Wireless Controller, melakukan pemetaan (mapping) terhadap setiap tombol dan analog joystick, kemudian menerjemahkannya menjadi perintah gerakan yang dapat dipahami oleh robot OpenManipulator-X. Perintah yang dihasilkan selanjutnya dikirimkan melalui komunikasi ROS 2 dan diteruskan ke aktuator Dynamixel menggunakan perangkat U2D2 sebagai media komunikasi serial antara komputer dan robot. Tahapan dalam pengembangan perangkat lunak adalah: 1) Pembacaan data joystick, 2) Implementasi mapping joystick, 3) Implementasi dead zone, 4) Pembentukan perintah gerakan robot, 5) Pengiriman perintah ke Robot melalui interface U2D2. Yang kesemuanya menggunakan perintah inti pada Gambar 4 hingga Gambar 8.

```
1    joy_sub_ = this->create_subscription<sensor_msgs::msg::Joy>(
2        "/joy",
3        10,
4        std::bind(&TeleopNode::joyCallback,
5                  this,
6                  std::placeholders::_1)
7    );
```

Gambar 3. Pembacaan data joystick

```
1 float left_h  = msg->axes[0];
2 float left_v  = msg->axes[1];
3
4 float right_h = msg->axes[3];
5 float right_v = msg->axes[4];
```

Gambar 4. Implementasi mapping joystick

```
6    float applyDeadzone(float value, float threshold)
7    {
8        if (std::fabs(value) < threshold)
9            return 0.0;
10
11       return value;
12   }
```

Gambar 5. Implementasi dead zone

```
13   twist_msg.twist.linear.x = elbow_cmd;
14   twist_msg.twist.linear.y = base_cmd;
15   twist_msg.twist.linear.z = shoulder_cmd;
16
17   twist_msg.twist.angular.z = wrist_cmd;
```

Gambar 6. Pembentukan perintah gerakan robot

```
18 twist_pub_->publish(twist_msg);
```

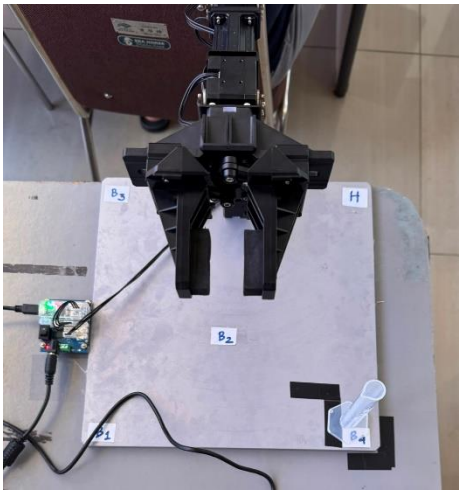
Gambar 7. Pengiriman perintah ke Robot melalui interface U2D2

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem teleoperation dalam mengendalikan OpenManipulator-X untuk melakukan operasi pemindahan tabung reaksi. Pengujian dilakukan dengan kondisi yang sama pada setiap percobaan, yaitu memindahkan tabung reaksi dari posisi B4 ke posisi B1 menggunakan DualShock 4 Wireless Controller. Pengujian operasi

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

pemindahan tabung reaksi dilakukan pada area kerja yang telah diberi penanda posisi untuk memudahkan identifikasi lokasi objek. Susunan area pengujian ditunjukkan pada Gambar 9. Disamping itu sebelumnya juga dilakukan beberapa pengujian untuk memastikan sistem berjalan dengan baik sebelum pengujian pemindahan barang. Adapun beberapa pengujian koneksi adalah sebagai berikut:

1. Pengujian koneksi joystick
2. Pengujian komunikasi ke robot arm
3. Pengujian gerakan robot arm dengan lima tombol joystick



Gambar 8. Ilustrasi Pemindahan Tabung Reaksi

Sebanyak lima subjek melakukan pengoperasian robot secara bergantian. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Operasi Pemindahan Tabung Reaksi

No	Tugas	No Subjek	Berhasil / tidak
1	Memindahkan Tabung Reaksi dari posisi B4 ke B1	Subjek 1	Berhasil
2	Memindahkan Tabung Reaksi dari posisi B4 ke B1	Subjek 2	Berhasil
3	Memindahkan Tabung Reaksi dari posisi B4 ke B1	Subjek 3	Berhasil
4	Memindahkan Tabung Reaksi dari posisi B4 ke B1	Subjek 4	Berhasil
5	Memindahkan Tabung Reaksi dari posisi B4 ke B1	Subjek 5	Berhasil

Berdasarkan Tabel 2, seluruh subjek berhasil menyelesaikan tugas pemindahan tabung reaksi dari posisi B4 ke posisi B1. Robot mampu menjalankan tahapan pengambilan, pemindahan, dan peletakan objek sesuai dengan perintah yang diberikan oleh operator. Dari lima percobaan yang dilakukan, sebanyak lima percobaan dinyatakan berhasil dan tidak terdapat kegagalan, sehingga tingkat keberhasilan sistem mencapai 100%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem teleoperation yang dikembangkan mampu menjalankan tugas pemindahan objek secara konsisten pada kondisi pengujian yang dilakukan. Keberhasilan seluruh percobaan juga menunjukkan bahwa integrasi antara DualShock 4 Wireless Controller, ROS 2 Humble, MoveIt Servo, dan OpenManipulator-X dapat menjalankan alur kendali

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

dari input operator hingga eksekusi gerakan robot dengan baik. Sistem mampu menerjemahkan masukan joystick menjadi perintah gerakan manipulator sehingga operator dapat melakukan proses pemindahan objek secara langsung.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem teleoperation berbasis ROS 2 Humble dan MoveIt Servo yang dikembangkan telah mampu mengendalikan OpenManipulator-X untuk melakukan tugas pemindahan tabung reaksi dengan tingkat keberhasilan 100% pada lima percobaan yang dilakukan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi fungsi dasar teleoperation yang ditetapkan dalam penelitian, khususnya dalam memberikan kendali gerakan robot secara langsung melalui joystick.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem teleoperation robot manipulator berbasis ROS 2 menggunakan DualShock 4 Wireless Controller berhasil diimplementasikan pada OpenManipulator-X. Sistem mampu menerjemahkan input joystick menjadi perintah gerakan robot melalui node ROS 2 dan MoveIt Servo sehingga robot dapat dikendalikan secara real-time.

Pemetaan input joystick terhadap gerakan robot berhasil diterapkan sesuai rancangan, sehingga tombol dan analog pada DualShock 4 dapat digunakan untuk mengendalikan pergerakan manipulator. Hasil pengujian operasi pemindahan tabung reaksi dari posisi B4 ke B1 menunjukkan bahwa seluruh lima percobaan berhasil dilakukan tanpa kegagalan, dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menjalankan fungsi teleoperation dan mendukung pengendalian OpenManipulator-X untuk tugas pemindahan objek pada skenario pengujian yang dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

[1] A. Alim, G. F. Yuyen, I. G. Evangelina, and K. Lie, “The Future Perspective of Collaborative Robotics in a 6G- Based Digital Economy,” *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 186–196, 2025.

[2] M. A. Radityoadji, “Pengembangan Sistem Kendali Pada Purwarupa Robot Humanoid UntukAutism Spectrum Disorder Berbasis IoT,” *J. Tek. Elektro*, vol. Volume 14, pp. 34–42, 2025.

[3] M. A. Jati, “Simulasi Manipulator Robot Bergerak Dengan Menggunakan Kontroler Logika Fuzzy Pada Perangkat Lunak Coppeliasim,” *Tugas Akhir, Fak. Tek. Univ. Lampung*, 2025.

[4] M. D. Ramadhany, R. Hartayu, and K. Setyadjit, “Pengembangan Kontrol Robot ARM 4 DOF Berbasis Robot Operating System (ROS),” *Semin. Nas. Fortei7-7*, pp. 310–314, 2025.

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076