

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyandang disabilitas adalah individu yang menghadapi hambatan dalam berbagai aspek kehidupan karena adanya gangguan pada fungsi fisik, mental, atau sensorik[1]. Salah satu jenis disabilitas yang menghadapi tantangan adalah tetraplegia. Tetraplegia menggambarkan kondisi seseorang mengalami ketidakmampuan menggunakan sebagian atau seluruh anggota tubuh, yang mengakibatkan kesulitan yang signifikan dalam melakukan gerakan dan aktivitas sehari-hari. Kondisi ini dapat disebabkan oleh cacat, cedera, atau penyakit yang mempengaruhi saraf motorik manusia[2].

Menurut data dari Badan Pusat Statistik, jumlah individu penyandang disabilitas di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2022, tercatat ada 17 juta individu penyandang disabilitas yang berada di rentang usia produktif[3]. Penelitian dari BKF-Prospera pada tahun 2023 mengestimasi bahwa sekitar 60% individu di Indonesia penyandang disabilitas sedang hingga berat tidak menggunakan perangkat bantu[4]. Perangkat seperti alat bantu prostesis (Perangkat yang berfungsi menggantikan bagian tubuh yang mengalami kehilangan sebagian atau seluruh fungsi anggota badan)[5] adalah jenis-jenis alat bantu yang masih memiliki tingkat ketersediaan yang masih rendah[6]. Salah satu contoh spesifik adalah prostesis tangan, yang ketersediaannya sangat terbatas, sehingga banyak penyandang disabilitas tetraplegia mengalami kesulitan untuk mendapatkan alat bantu ini[7]. Untuk mengatasi kondisi ini, diperlukan penelitian yang bertujuan merancang model alat bantu bagi penyandang disabilitas tetraplegia dengan keterbatasan pada tangan.

Tujuan penggunaan alat bantu adalah untuk meningkatkan kemandirian fungsional individu penyandang disabilitas tetraplegia, terutama dalam melakukan aktivitas sehari-hari[8]. Penelitian ini berfokus dalam pengembangan tangan prostetik sebagai alat bantu untuk mendukung individu penyandang disabilitas tetraplegia yang mengalami keterbatasan pada tangan[9]. Tangan prostetik juga dikenal sebagai salah satu jenis robot manipulator[10].

Robot manipulator adalah jenis robot yang dirancang untuk mengangkat dan memindahkan objek dengan berat tertentu dari satu lokasi ke lokasi lain yang telah ditentukan sebelumnya[11]. Robot lengan manipulator memiliki bentuk mirip dengan struktur tangan manusia, dimana pangkal lengan bersifat tetap atau tidak bergerak, sedangkan ujung lengan dapat bergerak secara bebas. Oleh karena itu, robot manipulator memberikan kesempatan untuk meningkatkan fungsionalitas tangan prostetik, memungkinkan berbagai gerakan seperti menggenggam benda, melakukan tugas rumit, dan memanipulasi objek dengan baik[12]. Komponen

utama dari robot lengan terdiri dari rangkaian (*link*), sendi (*joint*), dan *end-effector*[13]. *Joint* pada robot lengan adalah hubungan antara komponen benda tegar (*link*), sedangkan *link* adalah komponen benda tegar yang terhubung dengan *joint*. *End effector* merupakan bagian ujung dari lengan robot yang dapat dipasang perangkat tambahan seperti sensor, kamera, dan lainnya[14].

Pada proses pergerakan robot manipulator, penerapan metode inverse kinematic sangat penting untuk diimplementasikan karena melibatkan penghitungan presisi sudut-sudut sendi yang diperlukan untuk memastikan posisi lengan robot secara akurat[15]. Penelitian yang dilakukan oleh M. Sani dkk menggunakan metode tradisional seperti analisis kinematika analitik serta metode numerik seperti Newton-Raphson atau invers Jacobian[16]. Namun, metode-metode ini memiliki keterbatasan terkait struktur atau kecepatan robot manipulator. Metode invers kinematik diterapkan untuk mengoptimalkan perhitungan sudut-sudut sambungan yang dibutuhkan, sehingga robot manipulator dapat mengarahkan *end effector* ke posisi yang diinginkan dengan presisi[17].

Selain metode inverse kinematic, penggunaan input eksternal juga memiliki peran penting dalam pengoperasian robot manipulator. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Alexandre L.C. Bissoli dkk[18], mereka mengembangkan antarmuka yang menggunakan gerakan mata dan kepala sebagai input. Sistem dengan *end-effector* yang dikendalikan oleh gerakan mata ini dianggap sebagai solusi ideal dan menjadi target untuk robot manipulator. Penggunaan antarmuka untuk menghubungkan interaksi dengan perangkat eksternal telah banyak diimplementasikan, diantaranya.

- a. Penelitian oleh Eduardo Iáñez dkk[19] menunjukkan bahwa lengan robot dapat digunakan untuk memindahkan objek dengan mengendalikan arah lengan melalui gerakan mata. Hal ini membuktikan bahwa kita dapat mengarahkan robot untuk melaksanakan tugas tertentu menggunakan arah gerakan mata. Namun, metode ini membutuhkan serangkaian gerakan mata yang cukup luas sebagai parameter input, serta mekanisme pendukung lainnya (seperti RFID) untuk membantu secara akurat menemukan posisi dan tujuan objek.
- b. Penelitian yang dilakukan oleh K. Sakurai dkk[20] mengusulkan peningkatan akurasi estimasi dengan menggabungkan EOG dan Kinect. Kinect digunakan untuk mendeteksi gerakan pupil mata guna menentukan posisi pandangan, dan data dari EOG serta Kinect memberikan presisi yang lebih tinggi.
- c. Penelitian yang dilakukan oleh M. Yan dkk[21] mengusulkan model matematika fuzzy untuk meningkatkan tingkat presisi. Pengguna diminta untuk melihat beberapa titik target di layar, dan data ini digunakan untuk menentukan parameter konversi dari gerakan mata serta estimasi pandangan pada fase kalibrasi. Namun, pengendalian ini masih belum memadai untuk aplikasi pengambilan objek di ruang 3 dimensi, mengingat EOG hanya dapat berfungsi dalam bidang 2 dimensi dan tidak bisa diimplementasikan langsung dalam ruang 3 dimensi. Karena sinyal EOG memiliki keterbatasan dalam

mengendalikan lengan robot di ruang 3 dimensi, sehingga dibutuhkan metode tambahan untuk mengatasi kendala ini.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memungkinkan robot lengan mengambil objek di ruang 3 dimensi, sehingga pengguna dapat memindahkan objek dari suatu koordinat menuju koordinat lain menggunakan citra kamera dan sinyal EOG. Mengingat keterbatasan sinyal EOG dalam mengendalikan lengan robot di ruang 3 dimensi, fungsi pengenalan objek berbasis analisis citra kamera diperkenalkan untuk membantu tugas pengambilan objek tersebut, sehingga pengguna dapat memindahkan objek dengan lebih akurat. Sistem yang dikembangkan ini menggabungkan data dari sinyal EOG dengan hasil analisis citra kamera untuk meningkatkan akurasi pengambilan objek di ruang 3 dimensi. Properti sinyal EOG yang digunakan sebagai input kendali dalam penelitian ini mencakup kedipan mata, lirik kanan, lirik kiri, lirik atas dan lirik bawah[22]. Proses pengendalian ini juga dibantu oleh dua kamera untuk menentukan lintasan yang akan diikuti oleh robot manipulator saat mengambil objek. Robot manipulator bergerak dalam ruang 3 dimensi dengan menerapkan metode *inverse kinematic*, yang menentukan sudut servo pada setiap joint robot untuk mencapai koordinat baru. Berdasarkan penjelasan ini, akan dilakukan penelitian dengan judul “Perancangan Sistem Kendali Robot Manipulator 4-DoF dengan Implementasi *Image Processing* dan *Electrooculography* Untuk Pengambilan Objek di Ruang 3 Dimensi”.

1.2 Rumusan Masalah

Robot manipulator dapat membantu penyandang disabilitas tetraplegia dalam aktivitas sehari-hari dengan menggunakan sinyal EOG dan citra kamera sebagai metode pengendalian. Diperlukan pendekatan yang efektif untuk mengendalikan robot ini dalam mengambil dan memindahkan objek di ruang tiga dimensi. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara merancang sistem kendali untuk robot manipulator agar dapat mengambil objek di ruang 3 dimensi?
2. Bagaimana cara memanfaatkan kemampuan anggota tubuh, khususnya dengan menggunakan sinyal EOG dari lirikan dan kedipan mata, untuk mengoperasikan robot manipulator?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, tujuan penelitian dari tugas akhir ini dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Merancang sistem robot manipulator dengan empat derajat kebebasan sebagai solusi inovatif untuk mengontrol pergerakan robot manipulator dalam ruang 3 dimensi.

2. Menguji tingkat akurasi metode kontrol pada robot manipulator dengan empat derajat kebebasan untuk mencapai posisi objek yang ditargetkan.
3. Merancang sistem yang dapat mengklasifikasikan pergerakan robot manipulator berdasarkan gerakan mata, seperti lirikan atas, lirikan bawah, lirikan kanan, lirikan kiri, serta kedipan sadar dan tidak sadar.
4. Merancang sistem yang dapat mengintegrasikan data dari sinyal EOG dengan analisis citra kamera untuk membantu pengambilan objek di ruang 3 dimensi.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memastikan pendekatan yang lebih terfokus dan mencapai tujuan penelitian secara maksimal, penting untuk mengidentifikasi kendala-kendala yang mungkin terjadi. Batasan masalah untuk penelitian tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Perancangan ini berfokus pada sistem kendali robot manipulator dengan empat derajat kebebasan.
2. Penelitian ini menggunakan enam jenis data gerakan mata, yaitu kedipan sadar, kedipan tidak sadar, lirik atas, lirik bawah, lirik kanan dan lirik kiri.
3. Metode sistem kontrol diuji pada kondisi orang normal.
4. Penelitian ini menggunakan dua kamera, dimana kamera pertama untuk pemindaian objek pada bidang x dan y, sementara kamera kedua digunakan untuk pemindaian objek pada bidang z.
5. Penelitian ini menggunakan satu kubus 3cm x 3cm x 3cm berwarna merah sebagai sampel.
6. Kamera 1 dipasang dan ditempatkan pada *base joint* di robot manipulator.
7. Kamera 2 terletak di atas robot manipulator, menghadap ke arah *bese board*, dan tidak menyatu dengan robot manipulator, melainkan berdiri terpisah.
8. Jarak kamera 2 dari *base board* adalah 127 cm.
9. Luas objek dalam pengujian diarahkan sejajar atau tegak lurus dengan kamera 1.
10. Pandangan objek dari kamera 2 sejajar dengan arah objek ke kamera 1.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat untuk memajukan pengembangan perangkat bantu dan penerapan sinyal EOG serta citra kamera sebagai sistem kendali robot manipulator. Perangkat bantu ini bisa menjadi solusi yang berguna bagi individu dengan disabilitas tetraplegia dalam menjalankan aktivitas harian, terutama dalam pengambilan objek.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembagian laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar lebih mudah dipahami sesuai dengan panduan penulisan tugas akhir Departemen Teknik

Elektro, Fakultas Teknik Universitas Andalas. Sistematika penulisan laporan dipaparkan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, keuntungan penelitian, batasan masalah, dan susunan penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan pembahasan mengenai dasar-dasar teori yang mendukung penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini memuat penjelasan mengenai jenis dan langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dibahas dalam penelitian.

