

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini, dihasilkan sistem kendali robot manipulator 4-DOF dengan implementasi *image processing* serta klasifikasi sinyal *electrooculography* untuk mengontrol robot manipulator melalui lirikan dan kedipan, menggunakan fitur amplitudo dan periode sinyal, dengan metode *k-nearest neighbor*. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan sistem kontrol robot manipulator dengan empat derajat kebebasan untuk pergerakan di ruang 3 dimensi. Pengujian dengan jarak yang berbeda yakni 15cm, 20cm dan 25cm, menunjukkan bahwa posisi *end-effector* berhasil dicapai dalam lima kali percobaan untuk setiap jarak. Sistem ini menawarkan solusi efektif dalam mengendalikan pergerakan robot manipulator di ruang 3 dimensi.
2. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi dengan rata-rata akurasi pada sumbu x, y, dan z di bawah 1 mm, yang menunjukkan bahwa metode ini mampu mempertahankan presisi yang baik. Deviasi yang kecil tidak mengurangi kualitas hasil secara keseluruhan, melainkan memberikan gambaran keandalan metode ini dalam mencapai target. Dengan tingkat akurasi tersebut, metode Inverse Kinematic sangat cocok untuk tugas-tugas yang membutuhkan ketelitian dan presisi tinggi.
3. Sistem ini mampu mengendalikan gerakan robot manipulator dengan baik, meskipun terdapat beberapa kesalahan pada klasifikasi gerakan lirik atas dan kedip sadar dengan TPR tertinggi sebesar 78,43% dan FNR terendah sebesar 2,64%, menandakan pengenalan gerakan mata yang sangat presisi.
4. Sistem dua kamera yang digunakan berhasil mengukur posisi objek dengan akurasi rata-rata sebesar 95,90% pada sumbu Z dan 99,52% pada sumbu X dan Y. Penggunaan dua kamera dan sinyal EOG memungkinkan robot untuk menavigasi dan mengambil objek dengan tingkat kesalahan pengukuran minimal, menjadikannya alat yang andal dalam operasi di ruang 3D.

5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, sehingga diperlukan beberapa saran tambahan yang diharapkan dapat berguna untuk pengembangan penelitian ini sehingga diharapkan dapat berguna untuk kelanjutan penelitian.

1. Integrasi pembelajaran *machine learning* untuk inverse kinematic algoritma *machine learning* seperti *reinforcement learning* dapat digunakan untuk mengoptimalkan kontrol pergerakan robot secara lebih presisi dalam situasi dinamis. Dengan pelatihan yang berkelanjutan, robot dapat beradaptasi di lingkungan yang kompleks, sehingga mengurangi deviasi posisi.

2. Sistem dua kamera dengan kalibrasi dinamis melalui metode triangulasi atau fusion data memungkinkan pengukuran objek lebih akurat pada sumbu X, Y, dan Z. Kalibrasi berbasis *deep learning* akan membantu sistem beradaptasi secara *real-time* terhadap variasi kondisi operasional.
3. Penerapan *deep learning* pada klasifikasi sinyal EOG mengganti KNN dengan CNN atau RNN memungkinkan deteksi pola sinyal EOG yang lebih kompleks. *Deep learning* dapat meningkatkan akurasi klasifikasi gerakan mata, terutama dengan *transfer learning* pada dataset yang terbatas.

