

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMENTAL DAN SIMULASI *INVERSE KINEMATICS* PADA TANGAN ROBOTIK UNTUK VALIDASI GERAK DAN DAYA ANGKAT

Oleh

RAIHANDIKA YUDHISTIRA WARDHANA

Tangan robot prostetik menuntut presisi gerak dan kekuatan genggam yang memadai untuk meniru fungsi tangan manusia. Penelitian ini menyajikan studi eksperimental dan simulasi untuk mengevaluasi unjuk kerja sebuah tangan robot prostetik melalui analisis kinematika dan daya angkat. Metode *inverse kinematics* berbasis trigonometri digunakan untuk menghitung konfigurasi sudut sendi (θ_1 , θ_2 , θ_3) saat menggenggam tiga objek uji: botol, *cup*, dan sikat gigi. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan teoritis terhadap pengukuran eksperimental. Hasil menunjukkan model kinematika sangat akurat untuk gerakan menggenggam (*power grip*) pada botol dan *cup*, dengan seluruh sendi berada dalam batas toleransi yang ditetapkan (***error absolut* < 2°** dan ***ketidakpastian relatif* < 5%**). Namun, pada gerakan menjepit (*precision grip*) sikat gigi, ditemukan penyimpangan signifikan pada sendi proksimal, dengan ***error* mencapai 5,707%**, yang terutama disebabkan oleh akumulasi celah mekanis (*backlash*). Analisis daya angkat dengan pendekatan Diagram Benda Bebas (FBD) menghitung kemampuan angkat berdasarkan torsi motor *servo* MG90S (0,183 Nm pada 5V). Hasil perhitungan menunjukkan total **massa angkat maksimum sebesar 334,4 gram**, yang terkonfirmasi secara eksperimental di mana tangan robot berhasil mengangkat *cup* (220 g) namun gagal mengangkat botol berisi air (600 g). Penelitian ini membuktikan efektivitas metode *inverse kinematics* untuk pemodelan gerak, sekaligus menggarisbawahi pentingnya optimasi desain mekanik dan pemilihan motor bertorsi lebih tinggi untuk meningkatkan kapabilitas dan presisi tangan robot di masa depan.

Kata kunci: Tangan prostetik, *inverse kinematics*, gaya genggam, validasi eksperimental, torsi motor, *backlash*.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY AND INVERSE KINEMATICS SIMULATION ON ROBOTIC HAND FOR MOTION AND LIFTING POWER VALIDATION

By

RAIHANDIKA YUDHISTIRA WARDHANA

*Prosthetic robotic hands demand precise motion and adequate grasping strength to mimic human hand functionality. This research presents an experimental study and simulation to evaluate the performance of a prosthetic robotic hand through kinematic and lifting capacity analysis. A trigonometry-based inverse kinematics method was used to calculate the joint angle configurations (θ_1 , θ_2 , θ_3) for grasping three test objects: a bottle, a cup, and a toothbrush. Validation was performed by comparing theoretical calculations with experimental measurements. The results demonstrate that the kinematic model is highly accurate for **power grips** (bottle and cup), with all joints remaining within the established tolerance limits (**absolute error** < 2° and **relative uncertainty** < 5%). However, for the **precision grip** (toothbrush), significant deviations were observed at the proximal joints, with **errors reaching 5.707%**, primarily attributed to mechanical backlash. The lifting capacity analysis, using a Free Body Diagram (FBD) approach based on the MG90S servo motor's torque (0.183 Nm at 5V), calculated a total **maximum lifting capacity of 334.4 grams**. This was experimentally confirmed as the hand successfully lifted a cup (220 g) but failed to lift a water-filled bottle (600 g). This study validates the effectiveness of the inverse kinematics method for motion modeling while highlighting the critical need for mechanical design optimization and higher-torque motors to enhance the capability and precision of future robotic hands.*

Key Words: *Prosthetic hand, inverse kinematics, grip force, experimental validation, motor torque, backlash.*