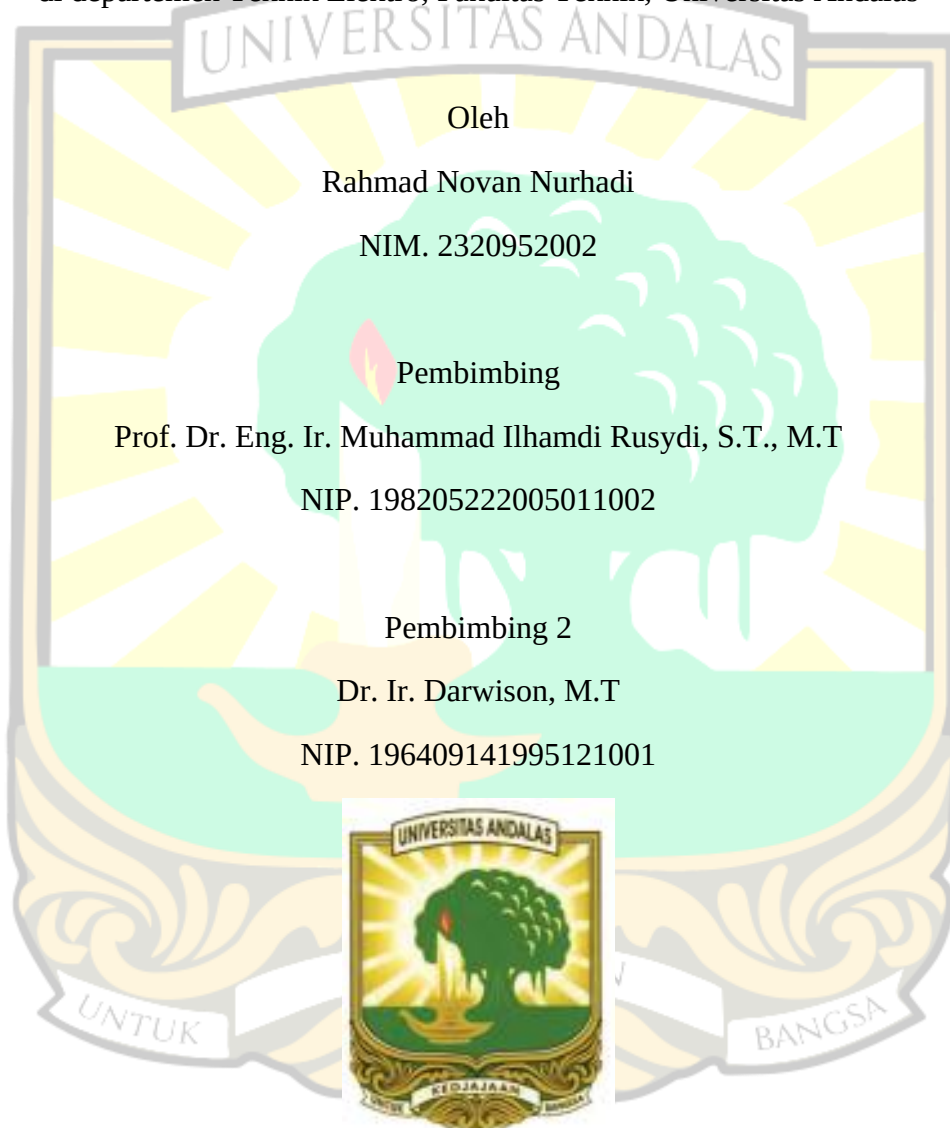


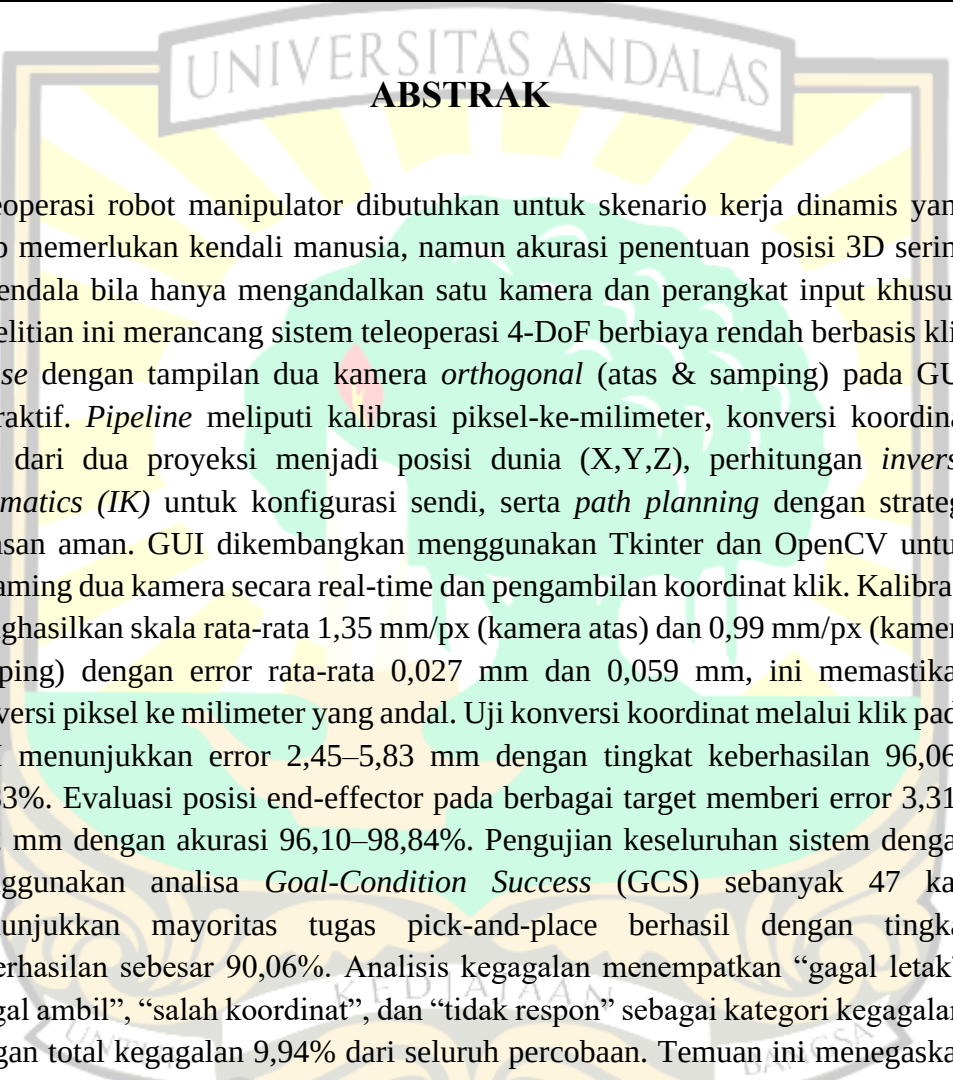
**PERANCANGAN SISTEM TELEOPERASI ROBOT MANIPULATOR
4-DOF BERBASIS INPUT MOUSE DENGAN TAMPILAN DUA KAMERA
ORTHOGONAL PADA ANTARMUKA INTERAKTIF**

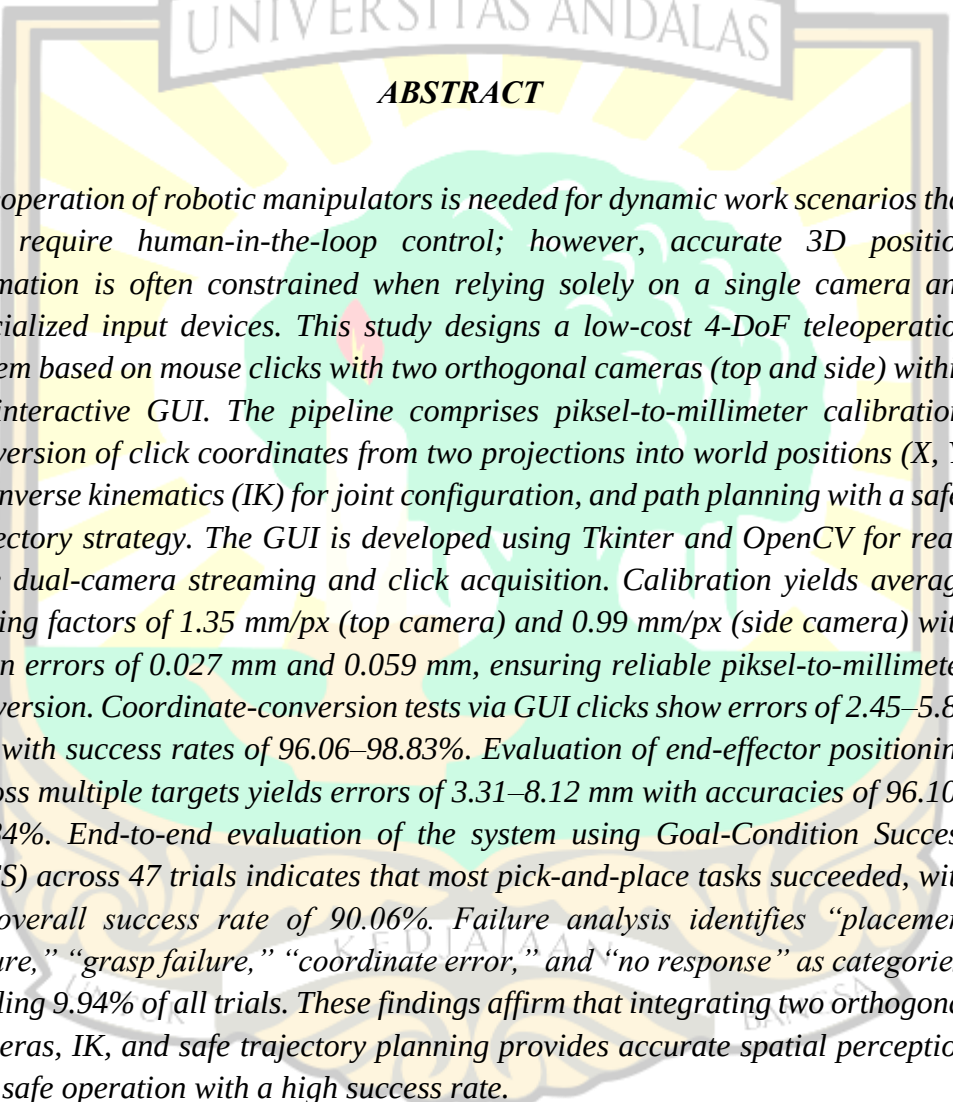
TESIS

Karya ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata dua (S-2)
di departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas



**Program Studi Magister
Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Andalas
2026**

Judul	Perancangan Sistem Teleoperasi Robot Manipulator 4-Dof Berbasis Input <i>Mouse</i> dengan Tampilan Dua Kamera <i>Orthogonal</i> Pada Antarmuka Interaktif	Rahmad Novan Nurhadi
Program Studi	Magister Teknik Elektro	2320952002
Fakultas Teknik Universitas Andalas		
 ABSTRAK Teleoperasi robot manipulator dibutuhkan untuk skenario kerja dinamis yang tetap memerlukan kendali manusia, namun akurasi penentuan posisi 3D sering terkendala bila hanya mengandalkan satu kamera dan perangkat input khusus. Penelitian ini merancang sistem teleoperasi 4-DoF berbiaya rendah berbasis klik <i>mouse</i> dengan tampilan dua kamera <i>orthogonal</i> (atas & samping) pada GUI interaktif. <i>Pipeline</i> meliputi kalibrasi piksel-ke-milimeter, konversi koordinat klik dari dua proyeksi menjadi posisi dunia (X,Y,Z), perhitungan <i>inverse kinematics (IK)</i> untuk konfigurasi sendi, serta <i>path planning</i> dengan strategi lintasan aman. GUI dikembangkan menggunakan Tkinter dan OpenCV untuk streaming dua kamera secara real-time dan pengambilan koordinat klik. Kalibrasi menghasilkan skala rata-rata 1,35 mm/px (kamera atas) dan 0,99 mm/px (kamera samping) dengan error rata-rata 0,027 mm dan 0,059 mm, ini memastikan konversi piksel ke milimeter yang andal. Uji konversi koordinat melalui klik pada GUI menunjukkan error 2,45–5,83 mm dengan tingkat keberhasilan 96,06–98,83%. Evaluasi posisi end-effector pada berbagai target memberi error 3,31–8,12 mm dengan akurasi 96,10–98,84%. Pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan analisa <i>Goal-Condition Success (GCS)</i> sebanyak 47 kali menunjukkan mayoritas tugas pick-and-place berhasil dengan tingkat keberhasilan sebesar 90,06%. Analisis kegagalan menempatkan “gagal letak”, “gagal ambil”, “salah koordinat”, dan “tidak respon” sebagai kategori kegagalan, dengan total kegagalan 9,94% dari seluruh percobaan. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi dua kamera <i>orthogonal</i>, <i>IK</i>, dan lintasan aman mampu memberi persepsi spasial yang akurat dan operasi yang aman dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi. Kata Kunci: Teleoperasi, Robot Manipulator, <i>Inverse kinematic</i>, Klik <i>Mouse</i>, Dual-kamera, Perencanaan Lintasan		

<i>Title</i>	<i>Design of a 4-DOF Robot Manipulator Tele-Operation System Based on Mouse Input with Dual Orthogonal Camera Display on an Interactive Interface</i>	<i>Rahmad Novan Nurhadi</i>
<i>Mayor</i>	<i>Master Degree of Electrical Engineering Department</i>	<i>2320952002</i>
<i>Engineering Faculty Universitas Andalas</i>		
 ABSTRACT <i>Teleoperation of robotic manipulators is needed for dynamic work scenarios that still require human-in-the-loop control; however, accurate 3D position estimation is often constrained when relying solely on a single camera and specialized input devices. This study designs a low-cost 4-DoF teleoperation system based on mouse clicks with two orthogonal cameras (top and side) within an interactive GUI. The pipeline comprises piksel-to-millimeter calibration, conversion of click coordinates from two projections into world positions (X, Y, Z), inverse kinematics (IK) for joint configuration, and path planning with a safe-trajectory strategy. The GUI is developed using Tkinter and OpenCV for real-time dual-camera streaming and click acquisition. Calibration yields average scaling factors of 1.35 mm/px (top camera) and 0.99 mm/px (side camera) with mean errors of 0.027 mm and 0.059 mm, ensuring reliable piksel-to-millimeter conversion. Coordinate-conversion tests via GUI clicks show errors of 2.45–5.83 mm with success rates of 96.06–98.83%. Evaluation of end-effector positioning across multiple targets yields errors of 3.31–8.12 mm with accuracies of 96.10–98.84%. End-to-end evaluation of the system using Goal-Condition Success (GCS) across 47 trials indicates that most pick-and-place tasks succeeded, with an overall success rate of 90.06%. Failure analysis identifies “placement failure,” “grasp failure,” “coordinate error,” and “no response” as categories, totaling 9.94% of all trials. These findings affirm that integrating two orthogonal cameras, IK, and safe trajectory planning provides accurate spatial perception and safe operation with a high success rate.</i> Keywords: <i>teleoperation, robot manipulator, inverse kinematics, mouse-click, dual-cameras, path planning.</i>		