



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SINGKATAN	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Metode Kendali <i>Autonomous Excavator</i> Berbasis <i>Vision</i> dan <i>Inverse Kinematics</i>	6
2.1.2 Metode Kendali <i>Arm Excavator</i> Menggunakan PID	7
2.1.3 Metode Kendali <i>Excavator</i> Menggunakan <i>Deep Reinforcement Learning</i>	8
2.1.4 Penerapan <i>Model Predictive Control</i> pada <i>Trajectory Planning Dump Truck</i>	8
2.2 Dasar Teori	11
2.3 <i>Model Predictive Control</i> (MPC)	11
2.3.1 Pendahuluan	11
2.3.2 Prinsip Kerja	13
2.3.2.1 Model Proses	13
2.3.3 Optimasi Model	15
2.3.3.1 Penerapan <i>Constraint</i>	17
2.3.4 Prediksi	17
2.3.5 Matriks Pembobotan	19
2.3.5.1 Matriks Pembobotan Q	19



2.3.5.2	Matriks Pembobotan R	20
2.3.5.3	Proses Diskritisasi	20
2.3.5.4	<i>Solving Cost Function</i> pada MPC.....	21
2.3.6	Metode <i>Proportional, Integral, Derivative</i> (PID)	22
2.3.7	Pendahuluan Pengendali PID	22
2.3.7.1	Parameter Metode Kendali PID	24
2.3.7.2	Cara Kerja PID	26
2.3.7.3	<i>Gain Scheduled</i> PID	28
2.3.8	Deteksi Warna berbasis HSV	29
2.3.8.1	Pendahuluan	29
2.3.8.2	Ruang Warna dalam Pengolahan Citra	30
2.3.8.3	Proses Deteksi Warna Menggunakan OpenCV	31
2.3.9	Model <i>Excavator</i>	32
2.3.9.1	<i>Undercarriage</i>	33
2.3.9.2	Model Dinamis Manipulator 2-DOF.....	36
2.3.9.3	Model Geometris <i>Arm Excavator</i>	38
BAB III Alur Penelitian dan <i>Excavator Design</i>		40
3.1	Alur Penelitian	40
3.2	Bagian <i>Excavator</i>	41
3.2.1	<i>Bucket</i>	41
3.2.2	<i>Stick</i>	42
3.2.3	<i>Boom</i>	42
3.2.4	<i>Body</i> atau <i>Upper Structure</i>	43
3.2.5	<i>Undercarriage</i>	43
3.3	3D <i>Design</i>	44
3.3.1	Spesifikasi	44
3.3.2	Aktuator	46
3.3.2.1	<i>Boom</i>	46
3.3.2.2	<i>Stick</i>	47
3.3.2.3	<i>Bucket</i>	47
3.3.2.4	<i>Swing</i>	47
3.3.2.5	Penggerak <i>Track</i>	47
3.3.2.6	Pertimbangan Desain Aktuator	48
3.3.3	Sensor.....	48
3.3.3.1	Sensor Sudut (Potensiometer).....	48
3.3.3.2	Sensor Kamera	49
3.3.4	Desain Kelistrikan dan Komunikasi.....	50
3.3.4.1	Sistem Kelistrikan <i>Arm</i>	50
3.3.4.2	Sistem Kelistrikan <i>Undercarriage</i>	51



3.3.4.3	Sistem Kelistrikan <i>Swing</i>	52
3.3.4.4	Sistem Komunikasi	53
3.3.4.5	Konfigurasi Kamera	55
3.3.5	Hasil <i>Design</i>	57
BAB IV Implementasi dan Hasil		60
4.1	<i>Trajectory Tracking</i>	60
4.1.1	Simulasi	60
4.1.2	Hasil Simulasi	60
4.1.3	Analisis Hasil	67
4.1.4	Uji Coba <i>Hardware</i> Prototipe	67
4.1.4.1	Konversi PWM Menjadi Kecepatan Sudut	68
4.1.4.2	Lintasan Uji Coba	70
4.1.4.3	Parameter Uji Coba	71
4.1.4.4	Hasil Uji Coba Hardware	71
4.2	<i>Pick and Place</i>	74
4.2.1	Uji Coba	74
4.2.1.1	<i>Boom</i>	75
4.2.1.2	<i>Stick</i>	77
4.2.1.3	Kesimpulan <i>Tuning Gain Scheduled PID</i> untuk <i>Pick and Place</i>	80
4.3	Implementasi <i>Trajectory Planning, Pick, dan Place</i>	81
4.3.1	Deteksi dan Navigasi Menuju Lokasi <i>Pick</i>	83
4.3.2	Proses <i>Pick</i>	84
4.3.3	Navigasi Menuju Lokasi <i>Place</i>	85
4.3.4	Proses <i>Place</i>	87
BAB V Kesimpulan dan Saran		89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA		91