

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
INTISARI	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Kebaharuan dan Kontribusi Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Studi Terdahulu	8
2.2 Perbandingan Pilihan Platform Pengendali untuk RL <i>Real-Time</i>	18
2.3 Posisi Penelitian terhadap Studi Sebelumnya	21
BAB III LANDASAN TEORI	24
3.1 Robot	24
3.1.1 Kecerdasan Robot.....	25
3.1.2 Karakteristik Kecerdasan Robot.....	26
3.1.3 Kecerdasan Buatan	27
3.1.4 Kendali Robot.....	29
3.2 <i>Degree of Freedom</i> (DoF).....	34
3.3 <i>Robot Operating System</i> (ROS)	36
3.4 Pemodelan dengan <i>State Space</i>	37
3.5 <i>Deep Learning</i>	40
3.5.1 <i>Reinforcement Learning</i>	41
3.5.2 Model Pembelajaran <i>Reinforcement Learning</i>	43



3.5.3 Penerapan <i>Reinforcement Learning</i>	44
BAB IV METODE PENELITIAN.....	46
4.1 Analisis Masalah	46
4.2 Rancang Bangun Sistem.....	48
4.2.1 Tahapan Penelitian	48
4.2.2 Pemodelan Robot Lengan	50
4.2.3 Pemodelan Kinematika Robot Lengan 5-DoF	51
4.2.4 Arsitektur Algoritma <i>Reinforcement Learning</i>	63
4.2.5 Perancangan Fungsi <i>Reward</i>	71
4.2.6 Integrasi Teensy 4.1 sebagai <i>Embedded Controller</i>	75
4.2.7 Komunikasi Servo Dynamixel	81
4.2.8 Arsitektur Komunikasi micro-ROS dan Sinkronisasi Waktu.....	82
4.3 Rencana Pengujian dan Metrik Evaluasi.....	88
4.3.1 Perancangan Lingkungan Pengujian	88
4.3.2 Rencana Pengujian	91
BAB V IMPLEMENTASI	96
5.1 Implementasi ROS 2 pada OpenManipulator-X.....	96
5.2 Implementasi <i>Firmware</i> micro-ROS dan Komunikasi Servo pada Teensy 4.1	100
5.2.1 Strategi <i>Deployment</i> Aktor SAC-CQL-SI ke Mikrokontroler	102
5.3 Implementasi <i>Node Host</i> PC untuk Pelatihan, Supervisi, dan Integrasi SAC-CQL-SI.....	103
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....	108
6.1 <i>Benchmarking</i> Teensy	108
6.1.1 Perhitungan Skor CoreMark dan Maknanya terhadap <i>Resource Utility</i>	112
6.2 Analisis Pengaruh <i>Overclocking</i> terhadap <i>Timing Margin</i> Komunikasi UART... 114	
6.2.1 Analisis Ketidakstabilan Sistem pada Frekuensi di Atas 800 MHz.....	115
6.3 Kecepatan Komunikasi Data Servo Dynamixel.....	116
6.4 Analisis <i>Timing</i> UART 1 Mbps dan Risiko <i>Misalignment Sampling</i>	121
6.5 Peran DDS dalam micro-ROS untuk Determinisme dan Sinkronisasi	123
6.6 Fungsionalitas dan Performa Kendali	124
6.6.1 Analisis <i>Bottleneck</i> antara Komputasi, Komunikasi, dan Mekanika Robot	128
6.7 Analisis Penempatan Objek Berdasarkan Area.....	129
6.8 Analisis Residu Kegagalan pada Pengujian Area 2	138



6.8.1	<i>Jitter</i> Mekanis pada Bus Servo Dynamixel.....	139
6.8.2	Interferensi Komunikasi pada Antarmuka USB micro-ROS	140
6.8.3	<i>Edge-Case</i> Numerik pada Kebijakan SAC-CQL-SI	141
6.8.4	Sintesis Analisis Kegagalan	143
6.9	Hubungan Batas Kinematika dengan Tingkat Keberhasilan Area 3	143
6.10	Domain Gap antara Simulasi, PC <i>Workstation</i> , dan <i>Deployment Real-World</i>	146
6.11	Performa <i>Drop</i> antara Pengujian PC <i>Workstation</i> dan Teensy	146
6.12	Generalisasi Target di Luar Area Pelatihan	147
6.12.1	Kerangka Generalisasi pada SAC-CQL-SI	147
6.12.2	Generalisasi Interpolatif	148
6.12.3	Generalisasi Ekstrapolatif.....	148
6.12.4	Zona Generalisasi Target.....	149
6.12.5	Implikasi terhadap Rancangan Sistem.....	150
6.13	Sintesis Hasil dan Implikasi terhadap Embedded RL <i>Control</i>	150
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		153
7.1	Kesimpulan.....	153
7.2	Saran	153
DAFTAR PUSTAKA.....		156