

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Workspace</i> Lengan robot .....	6
Gambar 2.2 <i>End effector gripper</i> servo-elektrik.....	7
Gambar 2.3 Konfigurasi <i>gear rack and pinion</i> .....	7
Gambar 3.1 <i>Overall Function</i> Lengan Robot 3 DOF dengan kendali LQR.....	15
Gambar 3.2 <i>Function Tree</i> Lengan Robot 3 DOF Dengan Kendali LQR.....	16
Gambar 3.3 Ilustrasi Konsep.....	17
Gambar 3.4 Diagram Blok Lengan Robot Level 0 .....	18
Gambar 3.5 Diagram Blok Level 1 .....	20
Gambar 3.6 Diagram Blok Level 2-1 .....	21
Gambar 3.7 Diagram Blok Level 2-2 .....	22
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Sistem .....	23
Gambar 3.9 <i>Flowchart Pre-defined process</i> Menggerakkan lengan robot.....	24
Gambar 3.10 Tampak belakang dan depan.....	27
Gambar 3.11 Desain Sistem Keseluruhan .....	28
Gambar 3.12 <i>Timeline</i> dan pembagian tugas anggota Tim.....	29
Gambar 4.1 Skematik sirkuit komunikasi UART Dynamixel AX-12A .....	30
Gambar 4.2 <i>Tri-State buffer Active-High</i> dan <i>Active-Low</i> serta Tabel Kebenaran.....	31
Gambar 4.3 Skematik sirkuit dengan <i>buffer</i> 74LS241.....	31
Gambar 4.4 Tabel Kebenaran 74LS241.....	32
Gambar 4.5 Skematik Arduino Mega 2560 dengan IC 74LS241, Servo Dynamixel AX-12 dan Servo MG-90S .....	32
Gambar 4.6 Pengujian memindai servo .....	36
Gambar 4.7 Pengujian gerak servo ke sudut tertentu .....	36
Gambar 4.8 Pengujian mengatur nilai torsi dan gerak ke sudut tertentu .....	36
Gambar 4.9 Diagram Alir Aplikasi Kalkulasi LQR .....	39
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> Aplikasi Robot Arm Control App .....	40
Gambar 4.11 <i>Flowchart pre-defined process</i> Mengirimkan data ke mikrokontroler.....	41
Gambar 4.12 <i>Flowchart pre-defined process</i> Menampilkan log torsi dan <i>trajectory</i> .....	42
Gambar 4.13 Tampilan Aplikasi Kalkulasi LQR .....	43
Gambar 4.14 Jendela Awal Aplikasi Robot Arm Control App .....	44
Gambar 4.15 Jendela utama aplikasi Robot Arm Control App .....	44
Gambar 4.16 Hasil uji kalkulasi nilai <i>gain</i> .....	52

Gambar 4.17 Hasil uji komunikasi serial.....	52
Gambar 4.18 Hasil uji simpan data tujuh iterasi.....	53
Gambar 4.19 Hasil uji simpan data empat iterasi .....	54
Gambar 4.20 Hasil uji membaca data konfigurasi tujuh iterasi.....	55
Gambar 4.21 Hasil uji membaca data konfigurasi empat iterasi .....	55
Gambar 4.22 Hasil pengujian pengiriman data tujuh iterasi.....	56
Gambar 4.23 Hasil pengujian pengiriman data empat iterasi .....	56
Gambar 4.24 Hasil Uji Plot <i>Trajectory</i> .....	57
Gambar 4.25 Hasil uji Plot Torsi .....	58
Gambar 4.26 Hasil uji Log Torsi dan <i>Trajectory</i> .....	59
Gambar 4.27 Hasil penyimpanan <i>file</i> log torsi .....	59
Gambar 4.28 Hasil penyimpanan <i>file</i> log <i>trajectory</i> .....	60
Gambar 4.29 <i>Closed loop</i> pada kendali LQR .....	61
Gambar 4.30 Diagram <i>input</i> dan <i>output</i> pada sistem kendali LQR.....	62
Gambar 4.31 Lengan robot 3 DOF tampak atas .....	63
Gambar 4.32 Lengan robot 3 DOF tampak samping.....	63
Gambar 4.33 Lengan robot 3 DOF tampak depan .....	83
Gambar 4.34 Lengan robot 3 DOF tampak samping.....	83
Gambar 4.35 <i>Circuit box</i> .....	83
Gambar 4.36 Desain keseluruhan perangkat keras dan elektronik .....	84
Gambar 4.37 Aplikasi Kalkulasi LQR dan Robot Arm Control.....	84
Gambar 4.38 Plot torsi tiap <i>joint</i> .....	85
Gambar 4.39 Plot koordinat X,Y,Z.....	85
Gambar 5.1 Respon <i>step joint 1</i> .....	95
Gambar 5.2 Respon <i>step joint 2</i> .....	96
Gambar 5.3 Respon <i>step joint 3</i> .....	96
Gambar 5.4 <i>Closed-loop pole</i> sistem .....	96
Gambar 5.5 Posisi <i>waypoint trajectory 1</i> pada <i>workspace</i> .....	98
Gambar 5.6 Posisi <i>waypoint trajectory 2</i> pada <i>workspace</i> .....	99
Gambar 5.7 Plot grafik Torsi joint base, tengah dan atas konfigurasi 1 dengan beban .....	105
Gambar 5.8 Plot grafik <i>Trajectory</i> X,Y,Z konfigurasi 1 dengan beban .....	107
Gambar 5.9 Plot grafik Torsi <i>joint base</i> , tengah dan atas konfigurasi 2 tanpa beban .....	109
Gambar 5.10 Plot grafik <i>Trajectory</i> X,Y,Z konfigurasi 1 tanpa beban .....	111
Gambar 5.11 Plot grafik Torsi <i>joint base</i> , tengah dan atas konfigurasi 2 dengan beban.....	113

Gambar 5.12 Plot grafik <i>Trajectory X,Y,Z</i> konfigurasi 2 dengan beban .....	115
Gambar 5.13 Plot grafik Torsi <i>joint base</i> , tengah dan atas konfigurasi 2 tanpa beban .....	116
Gambar 5.14 Plot grafik <i>Trajectory X,Y,Z</i> konfigurasi 2 tanpa beban .....	118
Gambar 6.1 Lampiran CD2: <i>Free body diagram</i> dari lengan robot 3 DOF .....	136
Gambar 6.2 Lampiran CD2: Grafik efisiensi dari servo Dynamixel .....	137
Gambar 6.3 Lampiran CD4: Lengan robot tampak atas .....	141
Gambar 6.4 Lampiran CD4: Lengan robot tampak samping.....	141
Gambar 6.5 Lampiran CD5: Pengujian <i>inverse kinematic</i> .....	150
Gambar 6.6 Lampiran CD5: <i>Tuning</i> matriks Q dan R.....	150
Gambar 6.7 Lampiran CD5: Pengujian respon <i>step</i> .....	151