

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 |