

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Sinyal mentah EMG (kiri) dan sinyal terfilter (kanan).....                                                                                                    | 12 |
| Gambar 2.2 Penempatan elektroda: (a) biceps brachii, (b) deltoid anterior.....                                                                                           | 13 |
| Gambar 3.1 Diagram blok sistem keseluruhan.....                                                                                                                          | 22 |
| Gambar 3.2 Diagram blok pengolahan sinyal.....                                                                                                                           | 23 |
| Gambar 3.3 Diagram blok alat end-effector.....                                                                                                                           | 26 |
| Gambar 3.4 Desain perangkat EMG-Gyro.....                                                                                                                                | 26 |
| Gambar 3.5 Desain visualisasi alat: a) Tampak samping, b) Tampak samping<br>beserta spesifikasi.....                                                                     | 27 |
| Gambar 3.6 Rangkaian skematik EMG-Gyro.....                                                                                                                              | 29 |
| Gambar 3.7 Rangkaian skematik End-effector.....                                                                                                                          | 30 |
| Gambar 3.8 Elektroda permukaan.....                                                                                                                                      | 34 |
| Gambar 3.9 (a) Penempatan elektroda otot biceps brachii, (b) penempatan<br>elektroda otot deltoid anterior, (c) penempatan elektroda referensi prosesus<br>spinosus..... | 35 |
| Gambar 3.10 EMG BioAmp dan IC TI074CN.....                                                                                                                               | 35 |
| Gambar 3.11 Skematik modul EMG.....                                                                                                                                      | 36 |
| Gambar 3.12 Alur Rangkaian modul EMG BioAmp.....                                                                                                                         | 36 |
| Gambar 3.13 Arduino Nano.....                                                                                                                                            | 37 |
| Gambar 3.15 Modul NRF24L01.....                                                                                                                                          | 39 |
| Gambar 3.16 Potensiometer.....                                                                                                                                           | 39 |
| Gambar 3.17 Baterai Lithium Polymer (Li-Po).....                                                                                                                         | 40 |
| Gambar 3.18 Motor stepper 12V.....                                                                                                                                       | 41 |
| Gambar 3.19 Motor Driver.....                                                                                                                                            | 42 |
| Gambar 3.20 Aluminium.....                                                                                                                                               | 42 |
| Gambar 3.21 Pulley (katrol).....                                                                                                                                         | 43 |
| Gambar 3.21 Arduino Mega.....                                                                                                                                            | 44 |
| Gambar 3.22 Flowchart sistem pengolahan sinyal EMG-Gyro.....                                                                                                             | 45 |
| Gambar 3.23 Flowchart sistem kontrol end-effector EMG-Gyro.....                                                                                                          | 47 |
| Gambar 4.1 Realisasi perangkat EMG-Gyro: (a) EMG, (b) Gyroscope.....                                                                                                     | 48 |
| Gambar 4.2 Realisasi alat end-effector.....                                                                                                                              | 49 |
| Gambar 4.3 Diagram blok pengujian sistem EMG-Gyro.....                                                                                                                   | 49 |
| Gambar 4.4 Sinyal EMG terfilter pada otot biceps brachii.....                                                                                                            | 51 |
| Gambar 4.5 Visualisasi gerakan fleksi siku.....                                                                                                                          | 53 |
| Gambar 4.6 Visualisasi gerakan fleksi bahu.....                                                                                                                          | 54 |
| Gambar 4.7 Representasi (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS<br>untuk deteksi niat gerak otot.....                                                      | 54 |
| Gambar 4.8 Display timbangan koper.....                                                                                                                                  | 55 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.9 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot biceps brachii pada responden 1.....                                                                                                                               | 56 |
| Gambar 4.10 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot deltoid anterior pada responden 1.....                                                                                                                            | 56 |
| Gambar 4.11 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot biceps brachii pada responden 2.....                                                                                                                              | 57 |
| Gambar 4.12 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot deltoid anterior pada responden 2.....                                                                                                                            | 58 |
| Gambar 4.13 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot biceps brachii pada responden 3.....                                                                                                                              | 59 |
| Gambar 4.14 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot deltoid anterior pada responden 3.....                                                                                                                            | 59 |
| Gambar 4.15 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot biceps brachii pada responden 4.....                                                                                                                              | 60 |
| Gambar 4.16 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot deltoid anterior pada responden 4.....                                                                                                                            | 60 |
| Gambar 4.17 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot biceps brachii pada responden 5.....                                                                                                                              | 61 |
| Gambar 4.18 (a) Sinyal EMG terfilter, (b) Penentuan threshold RMS untuk deteksi niat gerak otot deltoid anterior pada responden 5.....                                                                                                                            | 62 |
| Gambar 4.19 Ilustrasi pengujian akurasi sensor gyroscope MPU6050 dengan sensor gyroscope pada smartphone sebagai referensi (fleksi siku).....                                                                                                                     | 64 |
| Gambar 4.20 Ilustrasi pengujian akurasi sensor gyroscope MPU6050 dengan sensor gyroscope pada smartphone sebagai referensi (fleksi bahu).....                                                                                                                     | 66 |
| Gambar 4.21 Ilustrasi pengujian kuantitatif untuk mengukur gaya angkat maksimum yang dihasilkan oleh motor.....                                                                                                                                                   | 68 |
| Gambar 4.22 Ilustrasi pengujian beban tarik statis; (a) Konfigurasi A menunjukkan tanda kegagalan pada beban terukur 19,70 kg. (b) Konfigurasi B menunjukkan tanda kegagalan pada beban terukur 14,46 kg.....                                                     | 72 |
| Gambar 4.23 Grafik Respons Sistem P-Control Fleksi Siku dengan Beban 0 kg, 0,5 kg, 1,0 kg.....                                                                                                                                                                    | 74 |
| Gambar 4.24 Grafik respons sistem P-Control fleksi bahu dengan beban 0 kg, 0,5 kg, 1,0 kg.....                                                                                                                                                                    | 75 |
| Gambar 4.25 Sesi pengujian fungsional dengan Responden 1, mendemonstrasikan sistem end-effector saat memberikan bantuan untuk gerakan fleksi bahu.....                                                                                                            | 80 |
| Gambar 4.26 Pengujian fungsional pada Responden 2. Gambar ini menunjukkan momen saat end-effector menahan lengan pada sudut fleksi bahu tertentu, sementara sensor referensi (smartphone) digunakan untuk memvalidasi akurasi sudut yang dicapai oleh sistem..... | 84 |
| Gambar 4.27 Pengujian fungsional pada Responden 3.....                                                                                                                                                                                                            | 87 |
| Gambar 4.28 Pengujian fungsional pada Responden 4.....                                                                                                                                                                                                            | 90 |
| Gambar 4.29 Pengujian fungsional pada Responden 5.....                                                                                                                                                                                                            | 94 |
| Gambar 4.30 Akurasi Deteksi EMG Responden.....                                                                                                                                                                                                                    | 97 |