

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Metode Penelitian.....	6
Gambar 2.1 Jenis gerakan rehabilitasi tungkai atas yang dirancang untuk pasien stroke adalah sebagai berikut: (g) aksi ekstremitas; (h) kembali aksi ekstremitas; (k) fleksi siku ; (l) ekstensi siku [18].	12
Gambar 2.2 Titik putar (Joint): (b) Joint 3 (J3).....	13
Gambar 2.3 Motor Brushless DC	15
Gambar 2.4 Cylodial Drive [17].	16
Gambar 3.1 Gambar Keseluruhan Sistem Eksoskeleton Rehab Lengan Kanan.....	21
Gambar 3.2 Rancangan Utuh: (a) Desain Umum Sistem Eksoskeleton Lengan; (b) Sub-Sistem Eksoskeleton Sendi Siku.....	22
Gambar 3.3 Diagram Blok Eksoskeleton Sendi Siku	22
Gambar 3.4 <i>Diagram Blok Sistem Umum Eksoskeleton Rehabilitasi Fisioterapi</i>	23
Gambar 3.5 Diagram Blok Level 2 Eksoskeleton Rehabilitasi Fisioterapi.....	23
Gambar 3.6 Motor ke-N Eksoskeleton.....	24
Gambar 3.7 Performa DoF Eksoskeleton Melakukan Gerakan Ekstremitas	25
Gambar 3.8 Performa DoF Eksoskeleton Melakukan Gerakan Fleksi Siku	26
Gambar 3.9 Adaptabilitas Frame Penyangga Atas Eksoskeleton.....	27
Gambar 3.10 Adaptabilitas Frame Titik Poros Siku Eksoskeleton	27
Gambar 3.11 Adaptabilitas Frame Penyangga Bawah Eksoskeleton	27
Gambar 3.12 Detailed Engineering Design Umum Eksoskeleton Joint Siku Rehabilitasi Mekatronika	28
Gambar 3.13 Detailed Engineering Design 1 DOF Cycloidal Joint Siku.....	29
Gambar 3.14 Flowchart Input Umum User Eksoskeleton Rehabilitasi	36
Gambar 3.15 Flowchart Proses Umum Kerja Joint	37
Gambar 3.16 Flowchart Kendali Dinamik Gerak Cycloidal Actuator Sendi Siku	39
Gambar 3.17 Integrasi Sub-Sistem	41
Gambar 3.18 Skematik Kendali Motor BLDC.....	41
Gambar 4.1 Gambar Utuh Sub-sistem Elbow Joint	44
Gambar 4.2 Gambar Actuator Utama Sub-sistem; (a) Motor BLDC, (b) Encoder AS5600, dan (c) Housing Cycloidal Drive	45

Gambar 4.3 Syntax PID Dinamik untuk Kendali Motor Cycloidal	45
Gambar 4.4 Pengujian Encoder AS5600.....	47
Gambar 4.5 Pengujian Encoder AS5600 (12-bit)	48
Gambar 4.6 Implementasi Pembacaan Encoder AS5600 Pada IDE	48
Gambar 4.7 Penggunaan EMA Filter Berdasarkan Parameter α Pada Pembacaan Arus Sensor ACS724.....	50
Gambar 4.8 Implementasi ACS724 Dengan V-Offset Kalibrasi dan Filter Pada IDE ..	51
Gambar 4.9 Pengujian Sub-sistem terhadap RoM dan DoF yang telah ditentukan.....	53
Gambar 4.10 Range of Motion Eksoskeleton	53
Gambar 4.11 Penentuan Ultimate Gain (Ku)	54
Gambar 4.12 Respon Sistem Tuning Ziegler-Nichols	55
Gambar 4.13 Hasil Pengujian pra-PID dinamik; tanpa beban (biru), dan dengan beban (jingga).....	56
Gambar 4.14 Hasil Pengujian pasca-PID dinamik; tanpa beban (kiri), dan dengan beban (kanan)	57
Gambar 4.15 Implementasi Sub-fungsi PID Dinamik Pada IDE.....	57
Gambar 4.16 Pengukuran Dengan Torsimeter Pada Output Putaran Cycloidal Gear	58
Gambar 4.17 Grafik Pengujian Torsi	59
Gambar 4.18 Berat Penyangga Bawah (151,3 gram).....	61
Gambar 4.19 Pengujian Tanpa Beban.....	61
Gambar 4.20 Grafik Gerakan Sudut Eksoskeleton Terhadap Target Tanpa Beban.....	62
Gambar 4.21 Grafik Error Sudut Pengujian Tanpa Beban.....	62
Gambar 4.22 Tren Arus terhadap Gerakan Sudut Eksoskeleton Tanpa Beban	63
Gambar 4.23 Tren Dinamika Koefisien Kp, Ki, dan Kd Selama Pengujian Tanpa Beban	63
Gambar 4.24 Berat Beban beserta Penyangga Bawah (1116,4 gram) Diletakan pada Eksoskeleton	64
Gambar 4.25 Pengujian Dengan beban	64
Gambar 4.26 Grafik Gerakan Sudut Eksoskeleton Terhadap Target Dengan Beban	65
Gambar 4.27 Error Sudut Pengujian Dengan Beban.....	65
Gambar 4.28 Tren Arus terhadap Gerakan Sudut Eksoskeleton Dengan Beban	66
Gambar 4.29 Tren Dinamika Koefisien Kp, Ki, dan Kd Selama Pengujian Tanpa Beban	67

Gambar 4.30 Pengujian Eksoskeleton Kondisi Dengan Beban (3 repetisi ruas kiri) dan Lepas Beban (3 repetisi ruas kanan) Secara Langsung.....	68
Gambar 4.31 Error Sudut Pengujian Gabungan	68
Gambar 4.32 Tren Arus Pengujian Direct.....	69
Gambar 4.33 Tren Dinamika Koefisien Kp, Ki, dan Kd Selama Pengujian Direct.....	69
Gambar 4.34 Error Pengujian Direct; Dengan beban (a) & Lepas Beban (b)	71
Gambar 4.35 Momen Stall dengan Setpoint Otomatis.....	73
Gambar 4.36 Grafik Keseluruhan Pengujian Eksoskeleton Siku.....	74
Gambar 4.37 Grafik Keseluruhan Pengujian Arus.....	76
Gambar 4.38 Keseluruhan Tren Kp Dinamik Pada Setiap Pengujian.....	78
Gambar 4.39 Kesalahan Pembacaan Sensor Arus (A) dan Pembacaan Sensor Arus yang Tepat (B)	79