

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbandingan Motor BLDC dengan Motor DC [6]	2
Gambar 1.2 Perbandingan Motor BLDC dengan Motor Induksi AC [6]	3
Gambar 1.3 Harga kontroler Votol EM-150	3
Gambar 3.1 Diagram Fungsi	10
Gambar 3.2 Sketsa Sistem	10
Gambar 3.3 Diagram Blok Level 0	15
Gambar 3.4 Diagram Blok Level 1	16
Gambar 3.5 Diagram Blok Level 2 : <i>Power Source</i>	18
Gambar 3.6 Diagram Blok Level 2 : Sistem Pengatur Kecepatan Motor BLDC	18
Gambar 3.7 Diagram Blok Level 2 : Sistem <i>Regenerative Braking</i> Motor BLDC	19
Gambar 3.8 Diagram Blok Level 3: Sistem Monitor dan Pemantauan Data Elektrikal Berbasis IoT	19
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Pengatur Kecepatan Motor BLDC	20
Gambar 3.10 <i>Flowchart Regenerative Braking System</i>	21
Gambar 3.11 <i>Flowchart IoT System</i>	22
Gambar 3.12 <i>Loading Screen</i>	28
Gambar 3.13 <i>Home Screen</i>	28
Gambar 3.14 (a) Status Baterai, (b) Status Kontroler	29
Gambar 3.15 <i>Gantt Chart</i> Pembuatan Kontroler 500W 48V	31
Gambar 4.1 Tipikal Koneksi Menggunakan IR2101	33
Gambar 4.2 Ilustrasi <i>Duty Cycle</i>	36
Gambar 4.3 Skematik Rangkaian Motor Driver BLDC untuk (a) Fasa A, (b) Fasa B, dan (c) Fasa C	39
Gambar 4.4 Skematik Rangkaian Sensor <i>Hall</i>	40
Gambar 4.5 Skematik Rangkaian Mikrokontroler	41
Gambar 4.6 Skematik Rangkaian Konektor Fasa Motor ke Kontroler	41
Gambar 4.7 Skematik Rangkaian <i>Step Down</i> (Catu Daya)	41
Gambar 4.8 Skematik Rangkaian Keseluruhan	42
Gambar 4.9 Hasil Pengujian <i>Power Supply</i> 48V	43
Gambar 4.10 Hasil Pengujian <i>Step Down</i> Tegangan 48V ke 15V	43
Gambar 4.11 Hasil Pengujian <i>Step Down</i> Tegangan 15V ke 5V	44

Gambar 4.12 (a) Gelombang <i>Hall</i> BLDC Berbentuk Gelombang AC, (b) <i>Measure</i> Pada Osiloskop dari Gelombang <i>Hall</i>	45
Gambar 4.13 Kodingan Kalibrasi Sensor <i>Hall</i>	46
Gambar 4.14 (a) Gelombang <i>Hall</i> BLDC Berbentuk Gelombang AC, (b) <i>Measure</i> Pada Osiloskop dari Gelombang <i>Hall</i>	47
Gambar 4.15 Sensor <i>Hall</i> Berlogika 100 (<i>Hall</i> A=Kuning, <i>Hall</i> B=Biru, <i>Hall</i> C=Ungu).....	48
Gambar 4.16 Sensor <i>Hall</i> Berlogika 110 (<i>Hall</i> A=Kuning, <i>Hall</i> B=Biru, <i>Hall</i> C=Ungu).....	48
Gambar 4.17 Sensor <i>Hall</i> Berlogika 010 (<i>Hall</i> A=Kuning, <i>Hall</i> B=Biru, <i>Hall</i> C=Ungu).....	49
Gambar 4.18 Sensor <i>Hall</i> Berlogika 011 (<i>Hall</i> A=Kuning, <i>Hall</i> B=Biru, <i>Hall</i> C=Ungu).....	49
Gambar 4.19 Sensor <i>Hall</i> Berlogika 001 (<i>Hall</i> A=Kuning, <i>Hall</i> B=Biru, <i>Hall</i> C=Ungu).....	50
Gambar 4.20 Sensor <i>Hall</i> Berlogika 101 (<i>Hall</i> A=Kuning, <i>Hall</i> B=Biru, <i>Hall</i> C=Ungu).....	50
Gambar 4.21 Kondisi ke-1 : SW1 dan SW6 ON	51
Gambar 4.22 Kondisi ke-2 : SW3 dan SW6 ON	52
Gambar 4.23 Kondisi ke-3 : SW3 dan SW2 ON	52
Gambar 4.24 Kondisi ke-4 : SW5 dan SW2 ON	52
Gambar 4.25 Kondisi ke-5 : SW5 dan SW4 ON	53
Gambar 4.26 Kondisi ke-6 : SW1 dan SW4 ON	53
Gambar 4.27 (a) Gelombang <i>Hall</i> BLDC, (b) Gelombang Fasa A, Fasa B, dan Fasa C, dan (c) Gelombang <i>Hall</i> dan Gelombang Tegangan V_{DS} MOSFET	54
Gambar 4.28 Beban Resistor 2W 1K Ohm.....	56
Gambar 4.29 Kodingan Kalibrasi Gelombang <i>Input</i> pada Rangkaian <i>Bootsrap</i>	56
Gambar 4.30 (a) Gelombang AH (kuning), BH (biru), CH (ungu) yang Memiliki Perbedaan Sebesar 120 Derajat, (b) <i>Measure</i> Pada Osiloskop.....	58
Gambar 4.31 Gelombang AL (kuning), BL (biru), CL (ungu) yang Memiliki Perbedaan Sebesar 120 Derajat.....	59
Gambar 4.32 Gelombang Pada Osiloskop yang Menunjukkan Pergeseran 120 Derajat.....	59
Gambar 4.33 Ilustrasi Penjelasan Pergeseran 120 Derajat pada Gelombang <i>Input Driver</i> MOSFET.....	59
Gambar 4.34 Gelombang AH (kuning) dan AL (biru)	60
Gambar 4.35 Gelombang BH (kuning) dan BL (biru).....	61
Gambar 4.36 Gelombang CH (kuning) dan CL (biru).....	61
Gambar 4.37 Gelombang AH (kuning), BL (biru), dan CL (ungu).....	62
Gambar 4.38 Gelombang BH (kuning), AL (biru), dan CL (ungu).....	62
Gambar 4.39 Gelombang CH (kuning), AL (biru), dan BL (ungu).....	63

Gambar 4.40 Kodingan Kalibrasi Gelombang <i>Output</i> pada Rangkaian <i>Bootstrap</i>	64
Gambar 4.41 (a) Gelombang AH (kuning), BH (biru), CH (ungu) yang Memiliki Perbedaan Sebesar 120 Derajat, (b) <i>Measure</i> Pada Osiloskop.....	66
Gambar 4.42 Gelombang AL (kuning), BL (biru), CL (ungu) yang Memiliki Perbedaan Sebesar 120 Derajat.....	67
Gambar 4.43 Gelombang Pada Osiloskop yang Menunjukkan Pergeseran 120 Derajat.....	67
Gambar 4.44 Ilustrasi Penjelasan Pergeseran 120 Derajat pada Gelombang <i>Output Driver</i> MOSFET.....	67
Gambar 4.45 Gelombang AH (kuning) dan AL (biru)	68
Gambar 4.46 Gelombang BH (kuning) dan BL (biru).....	69
Gambar 4.47 Gelombang CH (kuning) dan CL (biru).....	69
Gambar 4.48 Gelombang AH (kuning), BL (biru), dan CL (ungu).....	70
Gambar 4.49 Gelombang BH (kuning), AL (biru), dan CL (ungu).....	70
Gambar 4.50 Gelombang CH (kuning), AL (biru), dan BL (ungu).....	71
Gambar 4.51 Kodingan Kalibrasi Gelombang Fasa pada Rangkaian <i>Bootstrap</i>	72
Gambar 4.52 Gelombang Fasa A dari Kontroler	74
Gambar 4.53 Gelombang Fasa B dari Kontroler	74
Gambar 4.54 Gelombang Fasa C dari Kontroler	75
Gambar 4.55 Hasil Pembacaan Pengukuran Gelombang Fasa Kontroler pada Osiloskop.....	75
Gambar 4.56 Bentuk Fasa A, Fasa B, dan Fasa C dalam 1 <i>Frame</i> Untuk Melihat Pergeseran Sebesar 120 Derajat	76
Gambar 4.57 Skematik Rangkaian Kalibrasi Potensiometer	77
Gambar 4.58 Kodingan Kalibrasi Potensiometer	78
Gambar 4.59 Hasil Kalibrasi Potensiometer Kondisi <i>Forward</i>	78
Gambar 4.60 Hasil Kalibrasi Potensiometer Kondisi <i>Backward</i>	79
Gambar 4.61 Rangkaian Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> Data Elektrikal	80
Gambar 4.62 <i>Wiring</i> Sistem <i>Monitoring</i> Kontroler BLDC	81
Gambar 4.63 Pengujian Sensor Tegangan	82
Gambar 4.64 <i>Source Code</i> Pengujian Sensor Tegangan	83
Gambar 4.65 Pengujian Sensor Arus	84
Gambar 4.66 <i>Source Code</i> Pengujian Sensor Arus	85
Gambar 4.67 Hygrometer	86
Gambar 4.68 <i>Source Code</i> Pengujian Sensor Suhu	87
Gambar 4.69 <i>Source Code</i> Komunikasi CANBUS	88

Gambar 4.70 Pengujian Pengiriman Data CANBUS	89
Gambar 4.71 Pengujian Pembacaan CANBUS	89
Gambar 4.72 (a) Tampilan Layar Pemantauan Baterai, (b) Tampilan Layar Pemantauan Kontroler	90
Gambar 4.73 Skematik Rangkaian Kalibrasi Potensiometer	92
Gambar 4.74 Kodingan Kalibrasi Potensiometer	92
Gambar 4.75 Hasil Kalibrasi Potensiometer Kondisi <i>Forward</i>	93
Gambar 4.76 Hasil Kalibrasi Potensiometer Kondisi <i>Backward</i>	93
Gambar 4.77 <i>Three Phase Rectifier</i>	94
Gambar 4.78 Hasil Pengujian <i>Three Phase Rectifier</i> dengan Kapasitor	95
Gambar 4.79 Hasil Pengujian <i>Three Phase Rectifier</i> Tanpa Kapasitor.....	95
Gambar 4.80 Analisis Pengerjaan Implementasi Sistem	96
Gambar 4.81 Integrasi Sistem Kontroler	97
Gambar 4.82 Integrasi Sistem <i>Monitoring</i>	97
Gambar 4.83 Integrasi Sistem <i>Regenerative Braking</i>	97
Gambar 4.84 Skematik Hasil Integrasi Sistem	98
Gambar 4.85 <i>Casing Hardware</i>	98
Gambar 5.1 Kodingan motor DC.....	110
Gambar 5.2 Prototipe Aplikasi <i>Monitoring</i>	115
Gambar 5.3 <i>Feedback</i> calon <i>User</i> untuk UI aplikasi.....	116
Gambar 5.4 <i>Feedback</i> calon Teknisi untuk UI aplikasi.....	116