



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
Intisari	xiii
Abstract	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
Bab II DASAR TEORI	4
2.1 Motor Brushless Direct Current (BLDC).....	4
2.1.1 Sensor Hall Motor BLDC	5
2.2 Inverter	11
2.3 Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor IRFB4410.....	14



2.4	Mikrokontroler XMC4500	17
2.5	Sensor arus ACS712	19
2.6	Rangkaian driver IR2110	21
2.7	Regulator Tegangan.....	23
2.7.1	LM2596HVS DC-DC Converter Step-Down Power Supply.....	24
2.7.2	XH-M161	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Perancangan Perangkat Keras	26
3.2	Perancangan Sistem Elektronis	28
3.2.1	Rangkaian Pencatu Daya	28
3.2.2	Mikrokontroler	29
3.2.3	Masukan Sistem.....	31
3.2.4	Rangkaian Gate Driver	32
3.2.5	Inverter 3 Fase	34
3.2.6	Printed Circuit Board.....	36
3.3	Perancangan Algoritma Program.....	38
3.3.1	Diagram Alur Program	38
3.3.2	Pulse Width Modulation (PWM).....	39
3.3.3	Metode Komutasi 6-Step Trapezoidal	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Pengujian Rangkaian Pencatu Daya	41
4.2	Pengujian Masukan Sistem	43



4.2.1	Pengujian Masukan ADC Potensiometer.....	43
4.2.2	Pengujian Sinyal Fault	44
4.2.3	Pengujian Sinyal Sensor Hall	46
4.3	Pengujian Keluaran PWM Mikrokontroler	47
4.4	Pengujian Rangkaian Gate Driver	49
4.5	Pengujian Sinyal Motor	51
4.6	Pengujian Efisiensi Pengendali Motor BLDC.....	52
4.7	Pengujian Suhu Pengendali Motor BLDC Tanpa Beban.....	54
4.8	Pengujian Suhu dan Arus Kondisi Berbeban	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampilan Struktur Motor BLDC	5
Gambar 2.2 Tipe Ukuran dari Elemen Hall	6
Gambar 2.3 Hall Effect	6
Gambar 2.4 Prinsip Dasar Motor BLDC Menggunakan Elemen Hall	8
Gambar 2.5 Gambar Pembangkitan Torsi, Revolusi, dan Switching	9
Gambar 2.6 Gelombang Output Sensor Hall Digital	9
Gambar 2.7 Sinyal Pencatuan Inverter	10
Gambar 2.8 Konfigurasi rangkaian VSI 3 Fase.....	11
Gambar 2.9 Konfigurasi rangkaian CSI 3 Fase.....	11
Gambar 2.10 Konfigurasi topologi bridge dan rangkaian gate drive	13
Gambar 2.11 MOSFET Infineon IRFB4410.....	14
Gambar 2.12 Karakteristik MOSFET	15
Gambar 2.13 Losses pada MOSFET	16
Gambar 2.14 Spesifikasi IRFB4410	17
Gambar 2.15 XMC4500-RelaxKit.....	18
Gambar 2.16 Sistem XMC4500	19
Gambar 2.17 Modul ACS-712	20
Gambar 2.18 Skema umum rangkaian penggerak IR2110	22
Gambar 2.19 Driver IR2110.....	22
Gambar 2.20 LM2596HVS	24
Gambar 2.21 XH-M161	25
Gambar 3.1 Sistem Pengendali Secara Umum.....	26
Gambar 3.2 Konfigurasi Pin XMC4500	30



Gambar 3.3 Rangkaian Komparator Arus.....	31
Gambar 3.4 Masukan Sistem.....	32
Gambar 3.5 Rangkaian IR2110	33
Gambar 3.6 Inverter 3 – Fase Paralel.....	35
Gambar 3.7 Desain PCB sisi <i>Low Voltage</i>	37
Gambar 3.8 Desain PCB sisi <i>High Voltage</i>	37
Gambar 3.9 Diagram Alur Program	38
Gambar 3.10 PWM 6-Step.....	40
Gambar 3.11 Sinyal 6-Step Trapezoidal pada Driver 3-Fase.....	40
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Proteksi Arus Lebih.....	45
Gambar 4.2 Keluaran Sensor Hall	46
Gambar 4.3 Sinyal PWM 40%	47
Gambar 4.4 Sinyal PWM 100%	48
Gambar 4.5 Sinyal PWM Mikrokontroler XMC4500 (kuning) dan IR2110(biru).....	49
Gambar 4.6 T-on switching IR2110	50
Gambar 4.7 T-off switching IR2110.....	51
Gambar 4.8 Sinyal Tegangan antara Fase dan Arus.....	51
Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Rangkaian Pengendali	53
Gambar 4.10 Citra Panas Mikroprosesor (kiri) dan Mosfet (kanan)	55
Gambar 4.11 Hasil Uji Beban Pengendali Motor BLDC 60V 1200W	57
Gambar 5.1 Hasil Cetak Desain PCB Inverter Sisi Front	62
Gambar 5.2 Hasil Cetak Desain PCB Inverter Sisi Back	62
Gambar 5.3 Rangkaian Inverter Sisi Front.....	63
Gambar 5.4 Rangkaian Inverter Sisi Back	63
Gambar 5.5 Hasil Cetak Desain PCB Sisi Front	64



Gambar 5.6 Gambar 5.7 Hasil Cetak Desain PCB Driver Sisi Back.....	64
Gambar 5.8 Rangkaian Mikrokontroler dan Gate Driver Sisi Front	65
Gambar 5.9 Rangkaian Mikrokontroler dan Gate Driver Sisi Back.....	65
Gambar 5.10 Keseluruhan Rangkaian Pengendali Motor BLDC	66
Gambar 5.11 Pengujian Rangkaian Pengendali Motor BLDC.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pin IR2110 dan Fungsinya.....	23
Tabel 2.2 Spesifikasi LM2596HVS.....	24
Tabel 2.3 Spesifikasi XH-M161.....	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tegangan Pencatu Daya.....	42
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Arus Rangkaian Pengendali.....	42
Tabel 4.3 Tegangan Masukan Potensiometer.....	43
Tabel 4.4 Pengujian Sinyal FAULT.....	46
Tabel 4.5 Perbandingan <i>Duty Cycle</i> Terhadap Kecepatan Motor.....	48
Tabel 4.6 Efisiensi Pengendali Motor BLDC.....	53
Tabel 4.7 Suhu Komponen.....	56