

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
CATATAN REVISI DOKUMEN .....	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
RINGKASAN EKSEKUTIF .....	xiv
A. PENDAHULUAN .....	1
B. PROSES PERANCANGAN SISTEM .....	2
1. Batasan Permasalahan .....	2
2. Dasar Motor DC Eksitasi Terpisah .....	3
2.1. Spesifikasi motor yang digunakan .....	4
3. Spesifikasi Desain Pengendali .....	5
4. Strategi Pengendalian .....	6
5. Pemilihan Perangkat Keras .....	7
5.1. Konverter daya .....	7
5.2. Mikrokontroler .....	8
5.3. <i>Gate Driver</i> .....	9
5.4. MOSFET .....	10
5.5. Sensor Arus .....	11
5.6. Sensor Suhu.....	12
6. Gambaran Umum Sistem .....	13
7. DAVE Apps yang Digunakan .....	15
8. Perancangan Diagram Alir Kerja Pengendali .....	16

9. Perancangan Sistem Pendingin dan <i>Enclosure</i> .....	17
9.1. Perancangan <i>Heatsink</i> .....	17
9.2. Simulasi <i>Heatsink</i> .....	19
9.3. Pemilihan Bahan <i>Enclosure</i> Produk.....	21
C. PROSES IMPLEMENTASI PERANGKAT.....	22
1. Desain Elektronis Pengendali.....	22
1.1. Rangkaian Pencatu Daya.....	23
1.2. Rangkaian <i>Gate Driver</i> .....	24
1.3. Rangkaian <i>Converter Half-Bridge</i> .....	25
1.4. Rangkaian <i>Converter Full-Bridge</i> .....	30
1.5. Rangkaian Mikrokontroler .....	33
1.6. Kapasitor DC <i>Bus</i> .....	35
2. Algoritma Pengendali.....	37
2.1. Pengolahan Data Sensor Arus .....	37
2.2. Pengolahan Data Sensor Tegangan .....	38
2.3. Pengolahan Data ADC <i>Throttle Pedal</i> .....	39
2.4. Implementasi Algoritma PI <i>Controller</i> .....	40
2.5. Pengendalian Arus .....	41
2.6. Pengolahan Data Sensor Suhu .....	42
2.7. <i>Thermal Protection</i> .....	43
3. Desain Produk .....	45
3.1. <i>Case Enclosure</i> .....	45
3.2. Sistem Pendingin.....	45
3.3. Aplikasi pada Mobil Golf.....	46
D. HASIL PRODUK, PENGUJIAN, DAN ANALISIS .....	47
1. Hasil Produk.....	48
2. Pengujian Fitur Maju-Mundur Kendaraan .....	50

3. Pengujian Metode <i>Current Control</i> .....	50
4. Pengujian <i>Thermal Protection</i> .....	53
5. Pengujian Efisiensi Tanpa Beban.....	55
6. Pengujian Mekanisme <i>Field Weakening</i> .....	55
7. Pengujian Dengan Beban .....	57
E. KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
1. Kesimpulan.....	61
2. Saran.....	61
REFERENSI.....	62
LAMPIRAN .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel B-1. Tabel spesifikasi desain pengendali .....	6
Tabel B-2. Perbandingan Bahan Alternatif <i>Heatsink</i> [13] .....	17
Tabel B-3. Perbandingan Bahan Dasar Filamen [14] .....	21
Tabel C-1. Algoritma PI <i>controller</i> .....	41
Tabel C-2. Tabel <i>mapping</i> koefisien suhu .....	44
Tabel D-1. Spesifikasi Desain Produk .....	48
Tabel D-2. Tabel keterangan hasil produk pengendali .....	49
Tabel D-3. Data daya masukan dan keluaran pengendali fitur Power Quality Test .....	55
Tabel D-4. Tabel nilai arus medan terhadap RPM pada ban .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar B-1. Motor dc SepEx XP-2067-S .....	2
Gambar B-2 Mobil Golf e-Semar .....	2
Gambar B-3. Rangkaian ekivalen motor dc eksitasi terpisah .....	3
Gambar B-4 <i>Name plate</i> motor dc SepEx XP-2067-S .....	5
Gambar B-5. Tampak atas motor dc SepEx XP-2067-S .....	5
Gambar B-6 Grafik mode torsi konstan dan daya konstan dari motor dc eksitasi terpisah .....	6
Gambar B-7. Block diagram pengendali yang diancang .....	7
Gambar B-8. (a) Komponen AMS1117 .....	8
Gambar B-9. Bentuk package dari Infineon XMC1302-TO38X0200AB .....	9
Gambar B-10. Komponen FAN73711MX .....	9
Gambar B-11. MOSFET IPT015N10N5 .....	10
Gambar B-12. Komponen ACS758 .....	11
Gambar B-13. Thermistor NTCALUG02A103FA .....	12
Gambar B-14. Gambaran umum sistem pengendali .....	13
Gambar B-15. <i>App dependency tree</i> dari DAVE Apps yang digunakan .....	15
Gambar B-16. Diagram alir dari pengendali .....	16
Gambar B-17. Sistem Pendingin .....	18
Gambar B-18. Pendingin yang didesain .....	19
Gambar B-19. Simulasi dengan <i>power dissipation</i> tiap MOSFET diatur menjadi 150 W .....	20
Gambar B-20. Simulasi dengan <i>power dissipation</i> tiap MOSFET diatur menjadi 300 W .....	20
Gambar B-21. Simulasi dengan <i>power dissipation</i> tiap MOSFET diatur menjadi 375 W .....	21
Gambar C-1 Desain 3d rangkaian pengendali .....	22
Gambar C-2 (a) Skematik LM2596 HVS Module (b) Skematik rangkaian AMS117-5 .....	23
Gambar C-3. (merah) Letak Module LM2596 HVS pada PCB yang di desain; .....	23
Gambar C-4. Rangkaian <i>Gate Driver</i> .....	24
Gambar C-5. (merah) Letak <i>gate driver</i> untuk MOSFET medan pada PCB; .....	24
Gambar C-6 Skematik rangkaian konverter <i>half bridge armature</i> .....	26
Gambar C-7. Letak MOSFET <i>armature</i> pada PCB .....	27
Gambar C-8. (a) Kondisi PWM S1 <i>on</i> dan PWM S2 <i>off</i> saat konverter pada mode <i>motoring</i> .....	29
Gambar C-9. Proses <i>slow decay braking</i> .....	30
Gambar C-10. Skematik rangkaian konverter <i>full bridge</i> medan .....	30
Gambar C-11. Letak MOSFET medan pada PCB .....	31
Gambar C-12. (a) Skema aliran arus pada konverter medan saat kendaraan bergerak maju .....	32

Gambar C-13. Skematik rangkaian mikrokontroler .....	33
Gambar C-14. Letak mikrokontroler pada PCB.....	34
Gambar C-15. Letak kapasitor dc bus pada PCB.....	35
Gambar C-16. Kalibrasi arus <i>armature</i> .....	37
Gambar C-17. Kalibrasi arus medan .....	38
Gambar C-18. Kalibrasi sensor tegangan.....	39
Gambar C-19. Kurva nilai <i>throttle</i> (rasional) terhadap <i>current set</i> (rasional) .....	40
Gambar C-20. Kalibrasi sensor suhu.....	43
Gambar C-21. Kalibrasi <i>thermal protection</i> .....	44
Gambar C-22. (a) Tampak Atas <i>Enclosure</i> ; (b) Tampak Bawah <i>Enclosure</i> .....	45
Gambar C-23. Sistem Pendingin pada board .....	46
Gambar C-24. (a) Aplikasi pada mobil (1); (b) Aplikasi pada mobil (2).....	47
Gambar D-1. Skema pengujian .....	47
Gambar D-2. Hasil akhir produk pengendali .....	49
Gambar D-3. Hasil pengujian saklar maju-mundur. ....	50
Gambar D-4. Hasil pengujian pengendalian arus medan dengan $K_p=0.5$ dan $K_i=8$ . ....	51
Gambar D-5. Hasil pengujian pengendalian arus <i>armature</i> dengan $K_p=0.5$ dan $K_i=4.6$ . ....	52
Gambar D-6. Grafik hubungan antara suhu terbaca dengan nilai koefisien suhu.....	53
Gambar D-7. Hasil pengujian proteksi suhu. Koefisien suhu (biru). <i>Current set</i> (kuning). Arus terbaca(ungu).....	54
Gambar D-8. Kurva hubungan antara arus medan dengan RPM maksimal pada ban .....	56
Gambar D-9. Rute pengujian kendaraan dengan beban pada area Fakultas Teknik UGM .....	57
Gambar D-10. Dokumentasi pengujian melalui jalan menanjak. ....	58
Gambar D-11. Hasil <i>capture thermal cam</i> pada rangkaian konverter medan.....	58
Gambar D-12. Hasil <i>capture thermal cam</i> pada rangkaian konverter <i>armature</i> . ....	59
Gambar D-13. Hasil <i>capture thermal cam</i> pada rangkaian konverter sisi <i>armature</i> . ....	60