

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
Intisari .....	xv
<i>Abstract</i> .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II DASAR TEORI .....	8
2.1 Teori MOSFET .....	8
2.1.1 Struktur MOSFET.....	9
2.1.2 Wilayah Operasi MOSFET.....	15
2.2 Drive Semikonduktor.....	18
2.2.1 Perangkat <i>Current-Driven</i> .....	18
2.2.2 Perangkat <i>Voltage-Controlled</i> .....	19
2.3 Gate Driver untuk Konverter Daya .....	20
2.3.1 <i>Floating Supply</i> .....	21
2.3.2 <i>Level Shifting</i> .....	24
2.4 MOSFET Gate Drive .....	28
2.5 Konverter DC-AC (Inverter) .....	30
2.6 Mikrokontroler dsPIC33FJ256MC710 .....	32
2.6.1 <i>Oscillator</i> .....	33
2.6.2 <i>Input/Output Port</i> .....	34
2.6.3 <i>Output Compare</i> .....	35
2.6.4 <i>Analog-to-Digital Converter (ADC)</i> .....	36

2.7	IR2110 .....	37
BAB III PERANCANGAN SISTEM .....		40
3.1	Alat.....	40
3.2	Bahan .....	41
3.3	Jalannya Penelitian .....	42
3.4	Perancangan Sistem Secara Umum .....	44
3.5	Perancangan Rangkaian MOSFET <i>Gate Drive</i> .....	48
3.5.1	Perancangan Catu Daya .....	49
3.5.2	Perancangan <i>Mainboard</i> Mikrokontroler dsPIC33FJ256MC710....	53
3.5.3	Perancangan Isyarat <i>Phase Shifted</i> PWM.....	57
3.5.4	Perancangan <i>Gate Driver</i> .....	60
3.5.5	Perancangan Inverter <i>Full-Bridge</i> .....	69
3.6	Skenario Pengujian .....	71
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		73
4.1	Pengujian Rangkaian Mikrokontroler.....	73
4.1.1	Pengamatan Isyarat PSPWM Keluaran Mikrokontroler.....	73
4.1.2	Pengamatan <i>Dead Time</i> pada Isyarat PWM .....	76
4.2	Pengujian Rangkaian <i>Gate Driver</i> .....	78
4.2.1	Pengamatan Keluaran <i>Gate Driver</i> .....	78
4.2.2	Pengamatan Tunda Waktu Keluaran <i>Gate Driver</i> terhadap Keluaran Mikrokontroler .....	80
4.2.3	Pengamatan Keluaran <i>Gate Driver</i> Saat <i>DC-Link</i> Menyala.....	86
4.3	Pengujian Rangkaian Inverter.....	87
4.4	Pengujian dengan Variasi Resistor <i>Gate</i> ( $R_g$ ).....	90
4.4.1	Pengaruh Variasi Nilai Resistor <i>Gate</i> terhadap Keluaran <i>Gate Driver</i> .....	90
4.4.2	Pengaruh Variasi Nilai Resistor <i>Gate</i> terhadap Keluaran Inverter..	97
4.5	<i>Trade-off</i> Pemilihan Nilai Resistor <i>Gate</i> .....	100
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		102
5.1	Kesimpulan .....	102
5.2	Saran .....	103
DAFTAR PUSTAKA .....		104
LAMPIRAN.....		106

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tegangan keluaran inverter untuk setiap kondisi saklar (Hart, 2010) ..	31
Tabel 2.2 <i>Output compare modes</i> (Microchip, 2009) .....	36
Tabel 4.1 Data tunda waktu transisi <i>on-off</i> MOSFET IRF740 .....	80
Tabel 4.2 Data tunda waktu transisi <i>on-off</i> IR2110 .....	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol MOSFET kanal-n (Rashid, 2011).....	8
Gambar 2.2 (a) Penampakan penampang vertikal MOSFET; (b) representasi yang disederhanakan.....	9
Gambar 2.3 (a) <i>Internal body diode</i> pada MOSFET; (b) Implementasi <i>fast body diode</i> .....	12
Gambar 2.4 (a) Representasi MOSFET ekuivalen termasuk kapasitans <i>parasitic</i> ; (b) Representasi lokasi fisiknya.....	14
Gambar 2.5 Karakteristik <i>i-v</i> MOSFET kanal-n .....	16
Gambar 2.6 Struktur sederhana topologi <i>bridge</i> dan rangkaian <i>drive</i> mengilustrasikan konsep saklar sisi atas.....	21
Gambar 2.7 Teknik <i>bootstrap</i> digunakan untuk membuat <i>floating supply</i> .....	23
Gambar 2.8 Konsep <i>level shifting</i> dan penempatan sinyal kontrol penyaklaran di atas tegangan keluaran inverter .....	24
Gambar 2.9 Kombinasi <i>transformer level shifter</i> dan <i>gate driver</i> .....	25
Gambar 2.10 Bentuk gelombang operasi pada rangkaian transformator pulsa dengan <i>duty cycle</i> berbeda .....	26
Gambar 2.11 <i>Level shifting</i> elektronis digunakan untuk membawa sinyal penyaklaran menuju rangkaian <i>gate drive</i> sisi atas .....	28
Gambar 2.12 Karakteristik <i>drain-to-source blocking</i> pada MOSFET.....	30
Gambar 2.13 Rangkaian dasar inverter <i>full-bridge</i> (Hart, 2010) .....	31
Gambar 2.14 Konfigurasi rangkaian <i>gate driver</i> dengan IR2110 (International Rectifier, 2005) .....	37
Gambar 2.15 Diagram blok fungsional IR2110 (International Rectifier, 2005)...	38
Gambar 2.16 Aliran arus ketika mengisi kapasitor <i>bootstrap</i> .....	39
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	42
Gambar 3.2 Skema perancangan sistem secara umum .....	44
Gambar 3.3 Skema perancangan rangkaian MOSFET <i>gate drive</i> .....	48
Gambar 3.4 Skematik catu daya <i>DC-link</i> .....	50
Gambar 3.5 Skematik catu daya DC 5 V dan 3,3 V .....	52
Gambar 3.6 Skematik catu daya DC 12 V .....	53
Gambar 3.7 Skematik <i>mainboard</i> mikrokontroler dsPIC33FJ256MC710 .....	54
Gambar 3.8 Skematik pin LCD 16x2.....	54
Gambar 3.9 Skematik pin ADC .....	56
Gambar 3.10 Prinsip operasi <i>dual compare continuous pulse mode</i> (Microchip, 2009) .....	58
Gambar 3.11 Diagram alir perancangan isyarat <i>phase shifted PWM</i> .....	59
Gambar 3.12 Skematik <i>gate driver</i> .....	61
Gambar 3.13 Skematik inverter <i>full-bridge</i> .....	70
Gambar 4.1 Isyarat keluaran mikrokontroler untuk <i>duty cycle</i> inverter 95% .....	74
Gambar 4.2 Isyarat keluaran mikrokontroler yang digeser fasenya .....	76
Gambar 4.3 <i>Dead time</i> antara PWM sisi atas (PWM1H) dan sisi bawah (PWM1L) .....	77

Gambar 4.4 Bentuk gelombang keluaran <i>gate driver</i> sebelum <i>DC-link</i> dinyalakan .....	79
Gambar 4.5 Tunda waktu <i>on</i> antara keluaran <i>gate driver</i> dan mikrokontroler.....	82
Gambar 4.6 <i>Rise time</i> pada keluaran <i>gate driver</i> .....	82
Gambar 4.7 Tunda waktu <i>off</i> antara keluaran <i>gate driver</i> dan mikrokontroler ....	83
Gambar 4.8 <i>Fall time</i> pada keluaran <i>gate driver</i> .....	84
Gambar 4.9 Pengaruh tunda waktu <i>off</i> dan <i>fall time</i> terhadap <i>dead time</i> .....	85
Gambar 4.10 <i>Spike</i> tegangan keluaran <i>gate driver</i> saat <i>DC-link</i> dinyalakan.....	87
Gambar 4.11 Bentuk gelombang keluaran inverter <i>full-bridge</i> .....	88
Gambar 4.12 Aliran arus saat gelombang keluaran inverter bernilai positif .....	89
Gambar 4.13 Aliran arus saat gelombang keluaran inverter bernilai negatif .....	89
Gambar 4.14 Posisi resistor <i>gate</i> pada rangkaian <i>gate driver</i> metode <i>bootstrap</i> ..	90
Gambar 4.15 Grafik pengaruh nilai resistor <i>gate</i> terhadap <i>rise time</i> .....	92
Gambar 4.16 Pengaruh nilai resistor <i>gate</i> terhadap <i>fall time</i> .....	93
Gambar 4.17 Ilustrasi rugi penyaklaran saat transisi <i>on</i> dan <i>off</i> .....	93
Gambar 4.18 Penyebab timbulnya <i>negative spike</i> .....	94
Gambar 4.19 <i>Spike</i> yang muncul pada keluaran <i>gate driver</i> .....	95
Gambar 4.20 Pengaruh nilai resistor <i>gate</i> terhadap <i>negative spike</i> .....	96
Gambar 4.21 Pengaruh nilai resistor <i>gate</i> terhadap <i>positive spike</i> .....	97
Gambar 4.22 Posisi <i>spike</i> tegangan pada keluaran inverter .....	98
Gambar 4.23 Pengaruh resistor <i>gate</i> terhadap <i>positive spike</i> inverter .....	99
Gambar 4.24 Pengaruh resistor <i>gate</i> terhadap <i>negative spike</i> inverter .....	99
Gambar 4.25 <i>Trade-off</i> antara <i>turn off fall time</i> dan <i>negative spike</i> tegangan keluaran <i>gate driver</i> .....	100
Gambar 4.26 <i>Trade-off</i> antara <i>turn on rise time</i> dan <i>positive spike</i> tegangan keluaran <i>gate driver</i> .....	101