OPERASI PWM INVERTER SEBAGAI CURRENT INJECTOR DENGAN KENDALI dsPIC33FJ16GS502

TUGAS AKHIR

Oleh :

MICHAEL ANDRI

09.50.0021

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA

SEMARANG 2015

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "**Operasi PWM Inverter Sebagai *Current Injector* Dengan Kendali dsPIC33FJ16GS502**" diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini disetujui pada tanggal . . . Mei 2015 dan siap untuk diajukan ke ujian proposal tugas akhir.

Semarang, . . . Mei 2015

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT.

058.1.1992.110

Menyetujui

Kaprogdi Teknik Elektro

Dr. F. Budi Setiawan, ST., MT

058.1.1994.150

ABSTRAK

Perkembangan elektronika daya yang cukup pesat saat ini menuntut inovasi dengan berbagai penyempurnaan dari perangkat elektronika sebelumnya. Dewasa ini perangkat konvereter ini mengalami perkembangan yang cukup pesat. Pada mulanya, teknik kendali yang digunakan berbasis sistem analog, namun sistem ini memiliki kerumitan dalam pengendalian sistem dan hardware. Dengan adanya sistem digital, hal ini semakin memudahkan dalam pengendalian serta hardware lebih sederhana.

Tugas Akhir ini mengkaji inverter yaitu konverter yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC menggunakan kontrol digital berbasis

dsPIC33FJ16GS502. Tujuan utamanya adalah menggantikan sistem analog yang rumit menjadi sistem digital yang lebih sederhana. Dengan metode hysteresis, sinyal refrensi dan sinyal aktual dikomparasi untuk mengaktifkan pensaklaran.

Kata kunci: Inverter, Digital signal controller, Grid

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta laporan Tugas Akhir yang berjudul "**Operasi PWM Inverter Sebagai *Current Injector* Dengan Kendali dsPIC33FJ16GS502**" yang menjadi tugas studi penulis sebagai mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata.

Pembuatan Tugas Akhir dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini tak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan perlindungannya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT.; selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dan yang juga memberikan saran, kritik, dan semangat pada saya.
3. Keluarga yang selalu memberi dukungan secara moral maupun materi kepada penulis.
4. Teman–teman elektro : Arifin, Mocos, Ram, Catur, Yuni, dan seluruh rekan yang lain, terimakasih atas doa dan berbagi pengetahuan serta pengalaman yang yang mendukung selesainya Tugas Akhir ini
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, yang telah banyak membantu memberikan fasilitas sehingga pengerjaan Tugas Akhir ini dapat berjalan lancar.
6. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, yang pada kesempatan ini tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, maka penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik dari berbagai pihak untuk

perbaikan dimasa yang akan datang. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat hal – hal yang kurang berkenan dalam penulisan laporan ini.

Akhirnya besar harapan penulis bahwa laporan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi kemajuan ilmu dan teknologi di lingkungan kampus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Semarang, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i

HALAMAN PENGESAHAN..... ii

ABSTRAK iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL xi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Pembatasan Masalah 3

1.4 Tujuan dan Manfaat 4

1.5 Metodologi Penelitian 4

1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB II LANDASAN TEORI 7

2.1 Pendahuluan 7

2.2 Inverter 8

2.2.1 Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh 11

2.2.2 Inverter Satu Fasa Gelombang Penuh Bipolar 12

2.2.3 *Grid-Tie* Inverter 13

2.3 *Pulse-Width Modulation* (PWM) 16

2.4 Sumber Arus Terkendali (*Hysteresis*) 19

2.5 Sensor Arus 20

2.6 Saklar Daya IGBT FGA15N120ANTD 22

2.7 *Digital Signal Control* dsPIC33FJ16GS502 23

2.8 *Optocoupler* HCPL 2531 23

2.9 *Driver* IR2132 24

2.10 *Voltage Devider* 26

BAB III INVERTER SATU FASA JEMBATAN PENUH DENGAN KENDALI BERBASIS ARUS 27

3.1 Pendahuluan 28

3.2 Skema Rangkaian Kontrol 28

3.3 Skema Rangkaian Driver 31

3.4 Skema Rangkaian Daya 33

3.5 Skema Rangkaian *Voltage Devider* 35

3.6 Perancangan Sistem Digital 37

BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN ANALISIS 39

4.1 Pendahuluan 39

4.2 Hasil Simulasi 39

4.3 Hasil Pengujian Alat 46

4.4 Pembahasan 51

BAB V PENUTUP 54

5.1 Kesimpulan 54

5.2 Saran 55

DAFTAR PUSTAKA 56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Inverter Satu Fasa Setengah Jembatan 10

Gambar 2.2 Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh 10

Gambar 2.3 Inverter satu fasa jembatan penuh (a) skema rangkaian (b) Sinyal Keluaran Inverter 11
Gambar 2.4 Inverter satu fasa jembatan penuh (a) Skema Setengah Siklus Positif (b) Skema Setengah Siklus Negatif (c) Gelombang Sinyal Setengah Siklus Positif (d) Gelombang Sinyal Setengah Siklus Negatif 13
Gambar 2.5 *Grid-Tie* Inverter 14
Gambar 2.6 *Grid-Tie* Inverter *with battery back-up* 15
Gambar 2.7 *Grid-Tie* Inverter *Stand Alone* 15
Gambar 2.8 PWM komparasi gelombang Segitiga dan tegangan DC murni.. 17
Gambar 2.9 PWM komparasi gelombang Segitiga dan gelombang Sinus (SPWM) 17
Gambar 2.10 Hysteresis *Band* 19
Gambar 2.11 Cara kerja hysteresis 20
Gambar 2.12 Cara mengatur sensor arus 21
Gambar 2.13 Konfigurasi IGBT FGA15N120ANTD 22
Gambar 2.14 Pengaturan IGBT pada inverter satu fasa *full-bridge* 22
Gambar 2.15 Konfigurasi pin *dsPIC33FJ16GS502* 23
Gambar 2.16 Konfigurasi pin HCPL 2531 24
Gambar 2.17 Spesifikasi pin IR2132 25
Gambar 2.18 Pengaturan *Voltage Devider* 26
Gambar 3.1 Skema inverter satu fasa grid secara garis besar 28
Gambar 3.2 Skema rangkaian Kontrol 28

Gambar 3.3 Konfigurasi PIN HD74LS14P 31

Gambar 3.4 Skema Rangkaian Driver 32

Gambar 3.5 Skema Rangkaian Daya tampak Atas 33

Gambar 3.6 Skema Rangkaian Daya tampak samping 34

Gambar 3.7 Skema Rangkaian Daya pengaturan IGBT 35

Gambar 3.8 Rangkaian *Voltage Devider* 35

Gambar 3.9 Skema Rangkaian *Voltage Devider* 36

Gambar 3.10 Konfigurasi Pin LM324N 37

Gambar 3.11 Skema Rangkaian kontrol secara analog dengan metode hysteresis 38

Gambar 3.12 *Flowchart* sistem kontrol dengan metode hysteresis 38

Gambar 4.1 Inverter satu fasa terkendali arus dengan metode *hysteresis* 40

Gambar 4.2 Nilai error 40

Gambar 4.3 Inverter satu fasa dengan (a) sinyal aktual (b) refrensi gelombang sinus 41

Gambar 4.4 Inverter satu fasa dengan (a) sinyal aktual (b) refrensi gelombang segitiga 41

Gambar 4.5 Inverter satu fasa dengan (a) sinyal aktual (b) refrensi gelombang kotak 41

Gambar 4.6 gambar dari atas ke bawah (a) sinyal error (b) saklar S1 dan S4 (c) saklar S2 dan S3 42

Gambar 4.7 Inverter satu fasa grid 43

Gambar 4.8 Inverter satu fasa (a) Sinyal actual dan (b) sinyal refrensi 44

Gambar 4.9 hasil komparasi sinyal refrensi dan sinyal actual (*error*) 44

Gambar 4.10 Inverter satu fasa grid (a) arus PLN, dan (b) arus beban, (c) arus inverter..... 45

Gambar 4.11 Inverter satu fasa grid (a) arus PLN, dan (b) arus beban, (c) arus inverter..... 45

Gambar 4.12 (a) sinyal actual dan (b) sinyal refrensi (sinus) 46

Gambar 4.13 (a) sinyal actual dan (b) sinyal refrensi (segitiga) 47

Gambar 4.14 *Voltage Devider*..... 47

Gambar 4.15 hasil masukan dan keluaran VD 48

Gambar 4.16 Hasil close loop antara sinyal aktual dan refrensi dari VD 48

Gambar 4.17 Hasil tracking antara sinyal aktual dan refrensi pada sistem grid 49

Gambar 4.18 Beban 10 ohm sebanyak 3 buah yang dipasang paralel 50

Gambar 4.19 Sinyal (a) arus beban, (b) arus PLN, (c) arus inverter..... 50

Gambar 4.20 Beban sebesar 47 ohm sebanyak 1 buah 51

Gambar 4.21 Sinyal (a) arus beban, (b) arus PLN, (c) arus inverter..... 51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pensaklaran Bipolar dan Unipolar 11

Tabel 3.1 Fitur dsPIC33FJ16FJ502 29

Tabel 3.2 Fitur IR2132 32

Tabel 3.3 Fitur HCPL 2531 33

Tabel 3.4 Fitur LM324N 37