

**KAJIAN TERHADAP PERANCANGAN *ELECTRONIC LOAD*
CONTROLLER MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
ATMEGA16 SEBAGAI PENGENDALI BEBAN KOMPLEMEN
RESISTIF DAN DINAMIK**

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

MUHAMMAD KHOLIFATULLOH

NIM. 0810630070 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2012

LEMBAR PERSETUJUAN

**KAJIAN TERHADAP PERANCANGAN *ELECTRONIC LOAD CONTROLLER*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA16 SEBAGAI
PENGENDALI BEBAN KOMPLEMEN RESISTIF DAN DINAMIK**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:
MUHAMMAD KHOLIFATULLOH
NIM. 0810630070 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Teguh Utomo, M.T.
NIP. 19650913 199103 1 003

Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.
NIP. 19680122 199512 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN TERHADAP PERANCANGAN *ELECTRONIC LOAD CONTROLLER*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA16 SEBAGAI
PENGENDALI BEBAN KOMPLEMEN RESISTIF DAN DINAMIK**

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

MUHAMMAD KHOLIFATULLOH

NIM. 0810630070 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 20 Desember 2012

DOSEN PENGUJI

Ir. Soemarwanto, M.T.

NIP. 19500715 198003 1 002

Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19730520 200801 1 013

Drs. Ir. Moch. Dhofir, M.T.

NIP. 19600701 199002 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.

NIP. 19580728 198701 1 001

PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul "Kajian Terhadap Perancangan *Electronic Load Controller* Menggunakan Mikrokontroler ATmega16 Sebagai Pengendali Beban Komplemen Resistif dan Dinamik". Ide skripsi ini berawal dari penelitian Bapak Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Ir. Wijono, M.T., Ph.D. mengenai aplikasi ELC sebagai pengendali pengalihan daya pada PLTMH. Skripsi ini merupakan pengembangan dari penelitian tersebut dan dapat dikembangkan untuk benar-benar diaplikasikan pada PLTMH yang membutuhkan.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam penyelesaian skripsi ini, baik kendala yang berasal dari diri pribadi penulis maupun dari lingkungan sekitar. Kendala utama yang sering dihadapi adalah proses menjaga kemandirian dan ketekunan dalam pengerjaan dan penyusunan penelitian ini. Permasalahan tersebut dapat diatasi berkat bantuan dari pihak-pihak yang telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut diantaranya:

1. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.Sc, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Mochammad Rif'an S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang tak kenal lelah membimbing penulis dalam penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro.
6. Ibu, Ayah, dan segenap anggota keluarga atas segala bentuk dukungan moral dan panjatan doa yang tidak terputus.
7. Theo Aji Caraka, Dzulhidwandarusadi, Ardhito Primatama, Cholik, dan Edwin Gutama.
8. Rekan-rekan mahasiswa Paket A angkatan 2008.

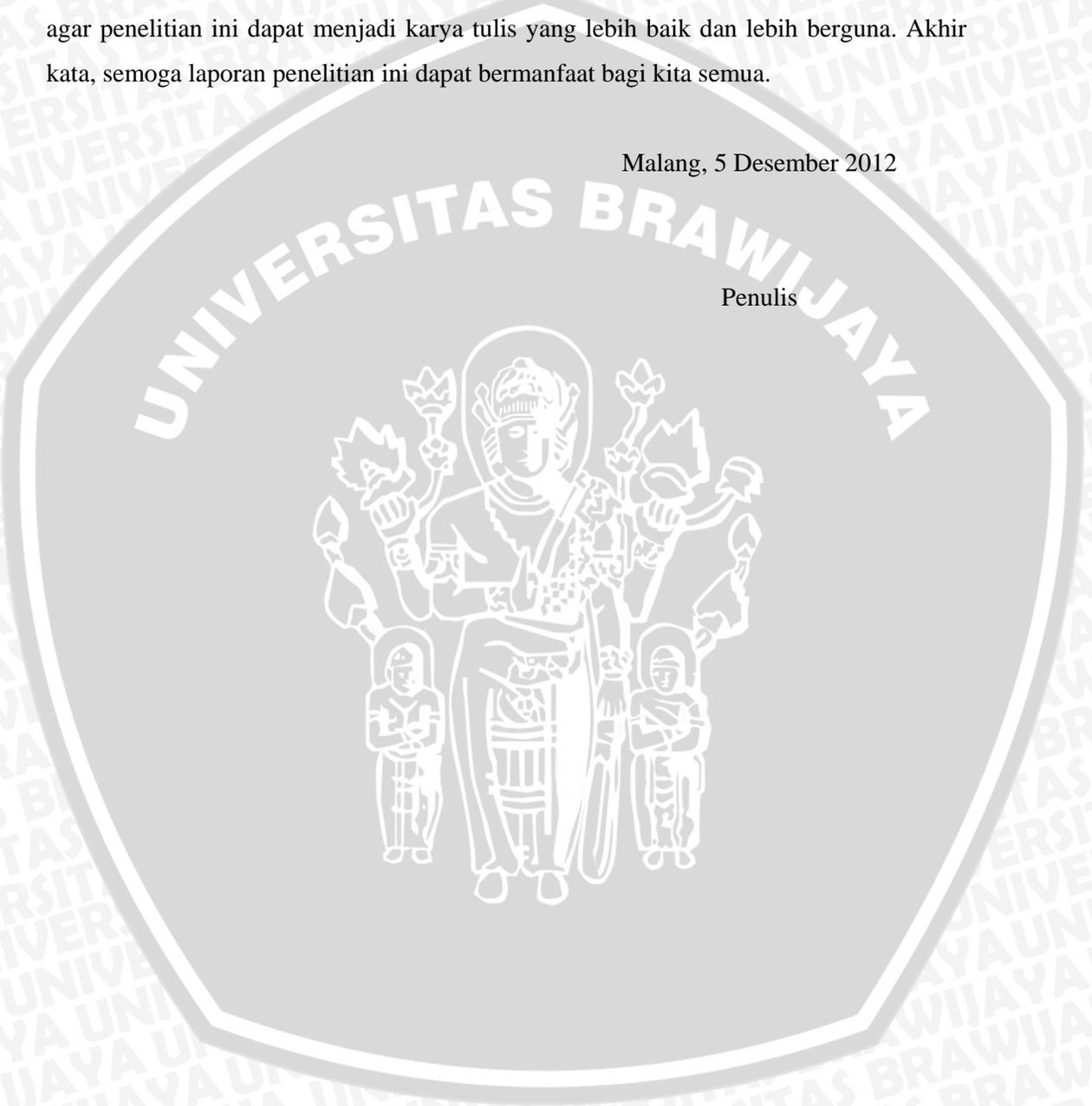
9. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro UB angkatan 2008.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini dirasa masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis. Saran dan kritik ditujukan agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 5 Desember 2012

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....iii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBAR..... vi

DAFTAR LAMPIRAN..... viii

RINGKASAN.....ix

BAB I PENDAHULUAN..... 1

 1.1 Latar Belakang 1

 1.2 Rumusan Masalah..... 2

 1.3 Batasan Masalah 2

 1.4 Tujuan 3

 1.5 Sistematika Penulisan Skripsi..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4

 2.1 Generator Sinkron4

 2.2 Beban Komplemen 7

 2.2.1 Beban Komplemen Resistif 8

 2.2.2 Motor Induksi Sebagai Beban Dinamik..... 8

 2.3 *Electronic Load Controller (ELC)* 10

 2.3.1 TRIAC (*Triode for Alternating Current*)..... 12

 2.3.2 Mikrokontroler ATmega16 13

 2.3.3 *Optocoupler* 15

 2.3.4 Sensor Arus ACS712 16

BAB III METODE PENELITIAN..... 18

 3.1 Studi Literatur 18

 3.2 Perancangan Beban Utama, Beban Komplemen, dan ELC 19

3.3 Pembuatan Alat.....	20
3.4 Pengujian Alat dan Analisis.....	20
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	21
BAB IV PERANCANGAN	22
4.1 Kondisi Pembebanan	22
4.2 Blok Diagram Sistem.....	23
4.3 Beban Komplemen	24
4.4 Perancangan Perangkat Keras Modul ELC	27
4.4.1 Perancangan Rangkaian ELC	27
4.4.2 Penentuan Komponen TRIAC	30
4.4.3 Perancangan Pengaman Terhadap Laju Pertambahan Arus di/dt	30
4.4.4 Perancangan Pengaman Terhadap Laju Pertambahan Tegangan dv/dt	31
4.5 Perancangan Perangkat Lunak ELC	32
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS	37
5.1 Pengujian Pembebanan Generator Sinkron Dengan Beban Utama (Konsumen) .	37
5.2 Pengujian Pembebanan Generator Dengan Motor Induksi.....	41
5.3 Pengujian Rangkaian Pendeteksi Arus Beban Utama	43
5.4 Pengujian Pembebanan Generator Dengan ELC Untuk Beban Komplemen Dinamik (Motor Induksi) dan Beban Komplemen Resistif.....	45
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	58
6.1 Kesimpulan	58
6.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Rating TRIAC yang umum disertakan.....	12
Tabel 4.1	Nilai kenaikan arus beban untuk penambahan lampu pijar.....	25
Tabel 4.2	Kombinasi beban komplemen.....	26
Tabel 5.1	Pengaruh kenaikan daya beban utama.....	38
Tabel 5.2	Pengaruh penurunan daya beban utama.....	39
Tabel 5.3	Pengujian generator berbeban motor induksi.....	43
Tabel 5.4	Data tegangan keluaran sensor arus.....	44
Tabel 5.5	Tabulasi pemakaian beban untuk pengujian.....	45
Tabel 5.6	Fluktuasi arus beban utama.....	46
Tabel 5.7	Hasil pengujian pembebanan generator sinkron tanpa ELC.....	49
Tabel 5.8	Hasil pengujian pembebanan generator sinkron dengan ELC.....	50
Tabel 5.9	Nilai daya beban total generator sinkron tanpa ELC.....	51
Tabel 5.10	Nilai daya beban total pada pembebanan dengan penggunaan ELC	52
Tabel 5.11	Tabulasi daya beban.....	53
Tabel 5.12	Tabulasi respon putaran generator.....	54
Tabel 5.13	Tabulasi respon frekuensi.....	55
Tabel 5.14	Tabulasi respon tegangan.....	57

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Konstruksi generator sinkron.....	5
Gambar 2.2	Rangkaian pengganti generator sinkron dengan beban induktif.....	6
Gambar 2.3	Diagram fasor generator sinkron dengan beban induktif.....	6
Gambar 2.4	Karakteristik generator sinkron berbeban.....	7
Gambar 2.5	Daya generator = daya beban konsumen + daya beban komplemen..	8
Gambar 2.6	Mekanisme pengasutan dengan kapasitor.....	9
Gambar 2.7	Rangkaian penyearah gelombang penuh.....	11
Gambar 2.8	Bentuk fisik voltage regulator 7805.....	12
Gambar 2.9	Simbol dan karakteristik v-i dari TRIAC.....	13
Gambar 2.10	Diagram pin ATMega16.....	15
Gambar 2.11	Contoh rangkaian aplikasi penggunaan <i>optocoupler</i>	16
Gambar 2.12	Skema sensor arus ACS712.....	17
Gambar 2.13	Bentuk fisik sensor arus ACS712.....	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 4.1	Fluktuasi pemakaian daya beban utama.....	22
Gambar 4.2	Blok diagram sistem ELC.....	23
Gambar 4.3	Beban komplemen.....	26
Gambar 4.4(a)	Rangkaian pemecuan beban komplemen.....	27
Gambar 4.4(b)	Rangkaian minimum mikrokontroler ATMega16.....	28
Gambar 4.5	Rangkaian snubber pada ELC.....	31
Gambar 4.6	Diagram alir program ELC.....	34
Gambar 5.1	Blok diagram pengujian pembebanan generator sinkron dengan beban utama.....	37

Gambar 5.2	Grafik pengaruh kenaikan daya beban utama terhadap tegangan generator.....	39
Gambar 5.3	Grafik pengaruh kenaikan daya beban utama terhadap putaran generator.....	40
Gambar 5.4	Grafik pengaruh penurunan daya beban utama terhadap tegangan generator.....	40
Gambar 5.5	Grafik pengaruh penurunan daya beban utama terhadap putaran generator.....	41
Gambar 5.6	Blok diagram pengujian pembebanan generator dengan motor induksi.....	42
Gambar 5.7	Arus motor induksi.....	42
Gambar 5.8	Rangkaian pengujian sensor arus.....	44
Gambar 5.9	Bentuk keluaran sensor untuk arus 0,5 A.....	45
Gambar 5.10	Blok diagram pengujian pembebanan generator sinkron tanpa ELC	48
Gambar 5.11	Blok diagram pengujian pembebanan generator sinkron dengan ELC.....	49
Gambar 5.12	Fluktuasi daya beban total pada pengujian tanpa ELC.....	51
Gambar 5.13	Fluktuasi daya beban total pada pengujian dengan ELC.....	52
Gambar 5.14	Fluktuasi putaran generator tanpa penggunaan ELC.....	53
Gambar 5.15	Fluktuasi putaran generator dengan penggunaan ELC.....	53
Gambar 5.16	Fluktuasi frekuensi tanpa penggunaan ELC.....	54
Gambar 5.17	Fluktuasi frekuensi dengan penggunaan ELC.....	55
Gambar 5.18	Fluktuasi tegangan pada pengujian tanpa ELC.....	56
Gambar 5.19	Fluktuasi tegangan pada pengujian dengan ELC.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Perhitungan nilai induktansi motor.....	61
Lampiran 2	Dokumentasi.....	62
Lampiran 3	Datasheet Sensor Arus ACS712.....	66
Lampiran 4	Datasheet Komponen TRIAC BTA16-600B.....	68
Lampiran 5	Datasheet Komponen Optocoupler 3021.....	71
Lampiran 6	Datasheet ATmega16.....	73
Lampiran 7	Listing Program Mikrokontroler.....	75



RINGKASAN

Muhammad Kholifatulloh, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2012, *Kajian Terhadap Perancangan Electronic Load Controller Menggunakan Mikrokontroler ATmega16 Sebagai Pengendali Beban Komplemen Resistif dan Dinamik*, Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Utomo, M.T., Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.

Pada sistem pembangkit listrik yang menggunakan generator sinkron, misalnya pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, fluktuasi pemakaian daya oleh beban konsumen berpengaruh pada frekuensi dan tegangan keluaran generator. Untuk mengatasi hal ini, *Electronic Load Controller* (ELC) dapat digunakan. ELC mempertahankan kestabilan frekuensi dan tegangan keluaran generator dengan cara mengalihkan daya keluaran generator ke beban komplemen saat terjadi penurunan pemakaian daya beban konsumen.

Selama ini, beban komplemen yang digunakan hanya berupa beban komplemen resistif. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan ELC untuk beban komplemen resistif serta dinamik, yaitu motor induksi dan motor penggerak kipas angin. Kapasitas dari ELC ini disesuaikan dengan spesifikasi generator yang digunakan, yaitu generator sinkron satu fasa dengan spesifikasi 230 V; 8,7 A; 50 Hz; 1500 rpm; dan daya pembebanan 1 kW. ELC dirancang menggunakan sensor arus ACS712 sebagai pendeteksi arus menuju beban utama, mikrokontroler ATmega16 sebagai kontrol utama pemicu *gate* TRIAC BTA16-600B dengan *optocoupler* MOC3021 sebagai komponen isolasinya. Pengujian yang dilakukan antara lain pembebanan generator sinkron dengan beban resistif dan dinamik, pengujian rangkaian pendeteksi arus beban utama, dan pengujian pembebanan generator sinkron dengan membandingkan pembebanan tanpa ELC dan dengan ELC.

Dari hasil pengujian ELC, diketahui nilai penurunan tegangan generator akibat pembebanan generator, yang selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan kapan saat yang tepat bagi beban komplemen resistif dan/atau beban komplemen dinamik untuk aktif. Sensor arus ACS712 menghasilkan tegangan yang linear sebesar 16 mV untuk perubahan arus beban utama tiap sebesar 0,5 A. ELC mampu menjaga nilai tegangan keluaran generator dengan fluktuasi rata-rata sebesar -1% dan nilai frekuensi keluaran generator dengan fluktuasi rata-rata sebesar +1,38%. ELC juga mampu mengaktifkan beban komplemen resistif saat terjadi penurunan arus beban utama lebih besar dari 0,5 A dan beban komplemen dinamik saat terjadi penurunan arus beban utama lebih besar dari 2,5 A.

Kata Kunci—beban komplemen resistif dan dinamik, ELC, sensor arus ACS712, TRIAC