



**OPTIMASI PENEMPATAN DAN UKURAN
STATIC COMPENSATOR (STATCOM) MENGGUNAKAN
METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)**

SKRIPSI

Oleh

**NOVAN ADI KUSUMA
NIM 071910201066**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**OPTIMASI PENEMPATAN DAN UKURAN
STATIC COMPENSATOR (STATCOM) MENGGUNAKAN
METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat – syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

**Novan Adi Kusuma
071910201066**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Alhadulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT penguasa alam semesta. Atas segala bentuk limpahan nikmat, rahmat, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya dalam bentuk sebuah laporan tugas akhir ini. Dengan segenap rasa syukur ini, laporan tugas akhir ini saya persembahkan untuk,

1. Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT syukur Alhamdulillah selalu terucap yang telah memberikan rahmat & hidayahnya, serta petunjuk sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
2. Salam dan anugerah selalu tercurahkan kepada junjungan nabi besar kita Nabi Muhammad SAW.
3. Ibu tercinta 'Siswaning Ayu' yang telah membimbing aku dan memberikan segenap perhatian, doa dan restu sehingga aku menjadi seperti sekarang.
4. Untuk seluruh keluarga, Pakde & Bude, Mas & Mbak, dan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu saya ucapkan terimakasih atas doa dan suport yang telah kalian berikan.
5. **Bapak Andi Setiawan, S.T M.T** terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan dan bersedia membimbing dengan segenap hati untuk menyelesaikan skripsi ini sampak selesai jasa bapak tidak akan pernah saya lupakan.
6. **Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T** terima kasih telah menjadi pendamping dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
7. Teman-teman Fakultas Teknik Universitas Jember, khususnya Teknik Elektro angkatan 2007 (TELEK 07),
8. Saudara-saudara MAHADIPA FT-UNEJ,
9. Almamaterku tercinta Universitas Jember.

MOTTO

"(Kami jelaskan yang demikian itu) supaya kamu jangan berduka cita terhadap apa yang luput dari kamu dan supaya kamu jangan terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu"

(QS. Al Hadiid 23)

“Tak harus menjadi kuat, tapi untuk merasa kuat. Menguji dirimu setidaknya satu kali. Menemukan dirimu setidaknya sekali dalam kondisi manusia yang paling tua, menghadang batu yang buta dan tuli sendirian, tanpa ada yang menolongmu kecuali tangan dan kepalamu sendiri”

(Chris McCandless)

“Tanjakan itu kalau dijalani tidak seberat yang dibayangkan, tetapi jangan meremehkan”

(Ananda Firman Jauhari)

“Inti dari semangat manusia berasal dari pengalaman baru.”

(Chris McCandless)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novan Adi Kusuma

NIM : 071910201066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : “Optimasi Penempatan Dan Ukuran Static Compensator (Statcom) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2014

Yang menyatakan,

Novan Adi Kusuma

071910201066

SKRIPSI

OPTIMASI PENEMPATAN DAN UKURAN STATIC COMPENSATOR (STATCOM) MENGGUNAKAN METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

Oleh

Novan Adi Kusuma
071910201066

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Andi Setiawan, S.T M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T

PENGESAHAN

Karya ilmiah Skripsi yang berjudul “*Optimasi Penempatan Dan Ukuran Static Compensator (Statcom) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)*”, telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 29 Januari 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Andi Setiawan, ST.,MT
NIP. 19691010 199702 1 001

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T
NIP. 19710402 200312 1 001

Penguji:

Penguji I,

Anggota II,

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.
NIP. 19710614 199702 1 001

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP. 19700404 199601 1 001

Mengesahkan:

Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widiono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Swt atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis diberi kemudahan, kesabaran, kekuatan serta hasil yang terbaik dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul: ***“Optimasi Penempatan Dan Ukuran Static Compensator (STATCOM) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)”*** yang disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi teknik elektro dan mencapai gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik;
2. Bapak Soemardi, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Elektro;
3. Bapak Andi Setiawan, S.T M.T dan Bapak Dr. Bambang sri Kaloko, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota, atas bantuan, bimbingan, semangat dan ilmu yang telah beliau berikan. Sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih lengkap dan bernilai;
4. Bapak dan Ibu tercinta, 'Siswaning Ayu' yang telah membimbing aku dan memberikan segenap perhatian, doa dan restu sehingga aku menjadi seperti sekarang;
5. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2007, Mashuda TE 06, TE 09 yang telah banyak memberikan bantuan dan warna tersendiri dalam penulisan skripsi ini;
6. seluruh pihak yang belum sempat disebutkan diatas yang telah menyalurkan bantuan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga do'a, bimbingan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah Swt. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat konstruktif akan membantu Penulis dalam setiap langkah menuju arah perbaikan. Akhirnya, penulis mengharapkan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 7 Februari 2014

Penulis

Optimasi Penempatan Dan Ukuran Static Compensator (STATCOM) Menggunakan
Metode Particle Swarm Optimization (PSO)

Novan Adi Kusuma

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Kehidupan modern salah satu cirinya adalah pemakaian energi listrik yang besar. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi, induktansi dan kapasitansi. Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan rugi-rugi daya energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif.

Untuk memperbaiki rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan pemasangan Static Compensator (STATCOM). Karena mahalnya peralatan STATCOM, untuk itu perlu suatu optimasi untuk penempatan satu buah STATCOM pada jaringan IEEE 14 Bus System, salah satunya adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa PSO dapat menemukan penyelesaian optimum. Pemasangan satu buah STATCOM pada bus 14 ini memberikan hasil yang paling optimum. Setelah pemasangan STATCOM tersebut tegangan pada bus 14 naik 2,1 %, rugi daya P turun 0,69% dan Q turun 1,3%.

Kata kunci : *Particle Swarm Optimization*, Static Compensator

Placement and Size Optimization of Static Compensator (STATCOM) Method Using
Particle Swarm Optimization (PSO)

Novan Adi Kusuma

Electrical Engineering Department , Faculty of Engineering , University of Jember

ABSTRACT

Modern life is one character is large electrical energy consumption. The amount of energy or electrical load that is used is determined by the reactance, inductance and capacitansi. Reactive power is power that is useless and so can not be converted into energy but needed for the transmission of electrical energy to the load. So that causes power losses of electrical energy is the amount of equipment that is inductive.

To fix the power loss can be done with the installation of Static Compensator (STATCOM). Due to the high cost of equipment STATCOM, it is necessary for an optimization of the placement of the fruit of STATCOM on the IEEE 14 Bus System network, one of which is the Particle Swarm Optimization (PSO).

The calculations were carried out to show that PSO can find the optimum completion. Installation of a single STATCOM at bus 14 provides the most optimum results. After installation of the STATCOM voltage on bus 14 rose 2.1%, the power losses P down 0.69% and the Q down 1.3%.

Keyword : *Particle Swarm Optimization*, Static Compensator

RINGKASAN

Optimasi Penempatan Dan Ukuran Static Compensator (STATCOM) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO); Novan Adi Kusuma; 071910201066; 2014; 59 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kehidupan modern salah satu cirinya adalah pemakaian energi listrik yang besar. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi, induktansi dan kapasitansi. Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan rugi-rugi daya energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif.

Untuk memperbaiki rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan pemasangan Static Compensator (STATCOM). Karena mahalnya peralatan STATCOM, untuk itu perlu suatu optimasi untuk penempatan satu buah STATCOM pada jaringan IEEE 14 Bus System, salah satunya adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Untuk menganalisa rugi-rugi daya, dianalisa menggunakan sebuah software Matlab dengan menggunakan algoritma newton raphson yang telah dibuat. Model sistem transmisi yang digunakan adalah IEEE 14 Bus System. Hasil perhitungan Loadflow didapatkan rugi-rugi daya sebesar $P_{loss} = 15,99$ MW dan $Q_{loss} = 40,02$ MVar.

Setelah diperoleh data profil tegangan dan rugi rugi daya sistem, selanjutnya adalah proses perencanaan penempatan peralatan STATCOM (Static Compensator) optimal menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Dari hasil perencanaan penempatan peralatan tersebut nantinya dapat diketahui titik pemasangan peralatan STATCOM, yaitu pada bus mana yang perlu dipasang peralatan STATCOM, serta berapa besar nilai kompensasi daya yang dibutuhkan dari peralatan yang akan

dipasang tersebut. Setelah mengetahui nilai kompensasi daya yang dibutuhkan, diolah kembali dalam perhitungan loadflow menggunakan metode algoritma Newton Rhapsion untuk mengetahui rugi-rugi daya.

Pemasangan satu buah STATCOM pada bus 14 ini memberikan hasil yang paling optimum. Setelah pemasangan STATCOM tersebut tegangan pada bus 14 naik 2,1 %, rugi daya P turun 0,69% dan Q turun 1,3%. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat mendesain PSO lebih baik lagi dan pemasangan lebih banyak STATCOM dengan memperhitungkan efisiensi biaya rugi daya dan biaya peralatan STATCOM.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN BIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
PRAKATA	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	4
2.2 Prinsip Dasar Tenaga Listrik.....	5
2.3 Sistem Transmisi Tenaga Listrik.....	6
2.4 Sistem Regulasi Tegangan.....	9
2.5 Static Compensator (STATCOM).....	11
2.6 Particle Swarm Optimization.....	12
2.6.1 Prosedur Standar Untuk Menerapkan Algoritma PSO.....	14
2.6.2 Ukuran Swarm Dan Koefisien Akselerasi.....	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	17
3.2 Tahapan Penelitian	18
3.2.1 Studi Literatur.....	18
3.2.2 Sistem Transmisi IEEE 14 Bus System.....	19
3.2.3 Perhitungan Load Flow Menggunakan Metode Newton Raphson.....	22
3.3 Algoritma Dan Flowchart	24
3.3.1 Algoritma PSO	24
3.3.2 Flowchart	25
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Penelitian.....	26
4.2 Pemodelan Sistem Ieee 14 Bus System	27
4.3 Aliran Daya Sistem Transmisi IEEE 14 Bus System.....	28
4.4 Program PSO.....	31
4.5 Optimasi Penempatan Dan Besaran STATCOM	36
4.6 Analisa Hasil Penempatan Dan Besaran STATCOM	58

BAB V. PENUTUP.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1.	Jadwal Kegiatan Penelitian	17
Tabel 3.2.	Data Pembangkit Dan Beban, Dasar = 100 Mva.....	20
Tabel 3.3.	Impedansi Saluran Dalam P.U.....	21
Tabel 4.1.	Scheduled Power Dan Tegangan Awal Ieee 14 Bus System.....	27
Tabel 4.2.	Data Bus Sistem Hasil Algoritma Newton Raphson.....	29
Tabel 4.3.	Data Saluran Hasil Algoritma Newton Raphson.....	30
Tabel 4.4.	Data Bus Sistem Hasil Pso.....	34
Tabel 4.5.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Hasil Optimasi.....	35
Tabel 4.6.	Data Bus Sistem Hasil Perhitungan 1.....	37
Tabel 4.7.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Hasil Perhitungan 1.....	38
Tabel 4.8.	Data Bus Sistem Hasil Perhitungan 2.....	39
Tabel 4.9.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 2.....	40
Tabel 4.10.	Data Bus Sistem Hasil Perhitungan 3.....	41
Tabel 4.11.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 3.....	42
Tabel 4.12.	Data Bus Sistem Hasil Perhitungan 4.....	43
Tabel 4.13.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 4.....	44
Tabel 4.14.	Data Bus Sistem Hasil Perhitungan 5.....	45
Tabel 4.15.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 5.....	46
Tabel 4.16.	Data Bus Sistem Hasil Perhitungan 6.....	47
Tabel 4.17.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 6.....	48
Tabel 4.18.	Data Bus Sistem Pada Perhitungan 7.....	49
Tabel 4.19.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 7.....	50
Tabel 4.20.	Data Bus Sistem Pada Perhitungan 8.....	51
Tabel 4.21.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 8.....	52
Tabel 4.22.	Data Bus Sistem Pada Perhitungan 9.....	53
Tabel 4.23.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 9.....	54
Tabel 4.24.	Data Bus sistem hasil perhitungan 10.....	55
Tabel 4.25.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 10.....	56
Tabel 4.26.	Data Bus sistem hasil perhitungan 11.....	57
Tabel 4.27.	Aliran Daya Dan Rugi Daya Saluran Pada Perhitungan 11.....	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	4
Gambar 2.2. Segitiga Daya.....	6
Gambar 2.3. Single-Line Diagram Sistem Tenaga Sederhana.....	7
Gambar 2.4. Diagram Rangkaian Compensator.....	11
Gambar 2.5. Konfigurasi Svc	12
Gambar 3.1. Sistem Transmisi Tenaga Listrik Ieee 14 Bus System.....	19
Gambar 3.2. Flow Chart Perhitungan Aliran Daya Newton Raphson.....	22
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 4.1. Grafik Perbandingan P Generator Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Statcom.....	59
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan P Generator Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Statcom.....	60
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Ploss Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Statcom.....	60
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Ploss Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Statcom.....	61
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Statcom.....	62