



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**IMPLEMENTASI KAPASITOR BANK UNTUK
MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
MENINGKATKAN FAKTOR DAYA DI PT. KUTAI TIMBER
INDONESIA PROBOLINGGO**

Satria Abimanyu
NIM 13.12.028

Dosen Pembimbing

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Agustus 2019



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK IMPLEMENTASI KAPASITOR BANK UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN MENINGKATKAN FAKTOR DAYA DI PT. KUTAI TIMBER INDONESIA PROBOLINGGO

Satria Abimanyu
NIM 13.12.028

Dosen Pembimbing

Dr. Irrine Budi Sulistiawati ST,MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

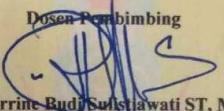
IMPLEMENTASI KAPASITOR BANK UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN MENINGKATKAN FAKTOR DAYA DI PT. KUTAI TIMBER INDONESIA PROBOLINGGO

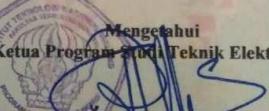
SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :
SATRIA ABIMANYU
NIM : 13.12.028

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing

Dr. Irine Budi Sulistawati ST, MT
NIP.197706152005012002

Mengatahi
Ketua Program Studi Teknik Elektro S1

Dr. Irine Budi Sulistawati ST, MT
NIP.197706152005012002

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2019

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat-Nya, sehingga penyusunan laporan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari tanpa adanya usaha dan bantuan dari berbagai pihak, maka laporan skripsi ini tidak dapat terselesaikan.

Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, kesabaran serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua, keluarga dan calon istri yang selalu memberikan dukungan moral, doa serta semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. selaku Rektor ITN Malang.
4. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST.,MT selaku dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
5. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST.,MT selaku ketua program studi teknik elektro S-1 ITN Malang.
6. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing.
7. Seluruh rekan-rekan teknik Elektro S-1 ITN Malang.

Meski demikian, penulis banyak menyadari masih banyak sekali kekurangan dan kekeliruan di penulisan skripsi ini, baik dari segi tanda baca, tata bahasa maupun isi. Sehingga penulis secara terbuka menerima segala kritik dan saran positif dari pembaca.

Demikian apa yang penulis sampaikan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk masyarakat umumnya dan penulis sendiri khususnya.

Malang, Agustus 2019

Penulis

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Satria Abimanyu
NIM : 1312028
Jurusan/Peminatan : Teknik Elektro / Teknik Energi Listrik S-1
NIK/KTP : 3574040101950003
Judul Skripsi : Implementasi Kapasitor Bank Untuk
Memperbaiki Profil Tegangan dan
Meningkatkan Faktor Daya Di PT. Kutai
Timber Indonesia Probolinggo

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil plagiatisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata didalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarism, maka saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang undangan yang berlaku.

Malang, 9 September 2019
Yang membuat pernyataan



Satria Abimanyu
NIM 13.12.028

Implementasi Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Profil Tegangan dan
Meningkatkan Faktor Daya di
PT. Kutai Timber Indonesia Probolinggo

Satria Abimanyu

Dr. Irrine Budi Sulistiawati ST,MT
s.abimanyu666@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas daya dalam sistem tenaga merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan untuk menjaga stabilitas dan continuitas sistem tenaga listrik dalam suatu industri. Diantara permasalahan kualitas daya yang timbul salah satunya adalah penurunan nilai power faktor yang menyebabkan konsumsi daya menjadi berlebih. Seperti pada industri-industri besar pada umumnya. Perusahaan pengelolaan kayu PT. Kutai Timber Indonesia Probolinggo juga memiliki permasalahan kualitas daya pada sistem kelistrikkannya, disebabkan karena mempunyai banyak motor-motor berkapasitas besar untuk proses produksinya. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dilakukan pengontrolan daya reaktif salah satunya dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor yang optimal untuk memperbaiki profil tegangan dan meningkatkan faktor daya sehingga dapat memaksimalkan kapasitas penyaluran daya sistem.

Penelitian ini akan menerapkan *Optimal Capacitor Placement* (OCP) yang merupakan salah satu tool dalam software ETAP Power Station untuk menentukan penempatan dan kapasitas optimal kapasitor pada sistem dengan menerapkan metode *Genetic Algorithm* (GA). Maka pengujian di lakukan pada sistem kelistrikan PT. Kutai Timber Indonesia Probolinggo dengan total bus 76. Dari hasil analisis didapat bus untuk penempatan dan kapasitas kapasitor optimal yaitu pada bus 72 dengan total kapasitas sebesar 1700 kVar dan dapat meningkatkan profil tegangan serta mereduksi rugi-rugi daya dari 67,6 kW dan 258,9 kVar menjadi 57,2 kW dan 226,4 kVar.

Kata Kunci—Optimal Capacitor Plecement (OCP), Power Faktor, Kapasitor Bank.

Implementation of Bank Capacitors to Improve the Voltage Profile and Increase the Power Factor at PT. Kutai Timber Indonesia Probolinggo

Satria Abimanyu
Dr. Irrine Budi Sulistiawati ST,MT
s.abimanyu666@gmail.com

ABSTRACT

Power quality in the power system is very important and must be considered to maintain the stability and continuity of the electric power system in an industry. Among the power quality problems that arise one of which is a decrease in the value of power factors that cause excessive power consumption. As in large industries in general. Timber management company PT. Kutai Timber Indonesia Probolinggo also has power quality problems in its electrical system, due to having many large capacity motors for its production process. To anticipate this, reactive power control needs to be done, one of which can be done by installing an optimal capacitor to improve the voltage profile and increase the power factor so as to maximize the system's power distribution capacity. The function of the capacitor is to reactive power supply so that the capacitor can improve the power factor and voltage drop so as to minimize power loss in the system. This study will apply the Optimal Capacitor Placement (OCP) which is one of the tools in the ETAP Power Station software to determine the optimal placement and capacity of capacitors in the system by applying the Genetic Algorithm (GA) method. Then the testing was carried out on the electrical system of PT. Kutai Timber Indonesia Probolinggo with a total of 76 buses. From the analysis results obtained bus for optimal placement and capacitor capacity, namely on bus 72 with a total capacity of 1700 kVar and can increase the voltage profile and reduce power losses of 67.6 kW and 258.9 kVar to 57.2 kW and 226.4 kVar.

Keywords — Optimal Capacitor Placement (OCP), Power Factor, Bank Capacitors.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Prosedur Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
Kajian Pustaka	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Kapasitor Bank	6
2.3 Pengaruh Kapasitor Bank	7
2.3.1 Koreksi Faktor Daya	8
2.4 Fungsi Kapasitor	10
2.5 Kapasitor Seri	10
2.6 Kapasitor Parallel	11
2.7 Kapasitor Untuk Regulasi Tegangan	12
2.8 Rugi-Rugi Pada Sistem Tenaga Listrik	14
2.9 Sistem Distribusi	14
2.10 Kompensasi Daya Reaktif Sistem Distribusi	15
2.11 Jatuh Tegangan (<i>Drop Voltage</i>).....	16
2.12 Aliran Daya Listrik (<i>Load Flow</i>)	17
2.12.1 Bus Refrensi (<i>Slack Bus</i>)	18
2.12.2 Bus Generator (<i>Voltage Controller Bus</i>)	18
2.12.3 Bus Beban (<i>Load Bus</i>)	18
2.13 Persamaan Aliran Daya (<i>Load Flow</i>)	18
2.14 Aliran Daya dan Rugi-Rugi Daya Pada Saluran	20
2.15 Aliran Daya Dengan Metode Newton Raphson	21
2.16 Algoritma Genetika Pada OCP	26

2.16.1 Pengkodean	28
2.16.2 Nilai Fitnes	29
2.16.3 Reproduksi	29
2.16.4 Crossover	30
2.16.5 Mutasi	30
2.16.6 Fungsi Objektif	31
2.16.7 Kendala Operasional	32
2.17 Strategi Penempatan dan Penentuan Kapasitor Optimal	32
BAB III	35
Metode Penelitian	35
3.1 Alur Penelitian	35
3.2 Teknik Analisis Data	36
BAB IV	37
Hasil dan Analisa	37
4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT.KTI Probolinggo	37
4.2 Data Transformator, Beban, Saluran PT.KTI Probolinggo	38
4.3 Simulasi Load Flow Pada ETAP	40
4.4 Grafik Profil Tegangan Sebelum Pemasangan Kapasitor	44
4.5 Penempatan Kapasitor Optimal Pada Program OCP	45
4.6 Penentuan Bus Kandidat	46
4.7 Grafik Profil Tegangan Sesudah Pemasangan Kapasitor	50
4.8 Hasil Perbandingan Total Ploss dan Qloss	54
BAB V	55
Kesimpulan	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1 Kapasitor Bank	6
2.2 Ilustrasi Dari Koreksi Faktor Daya	9
2.3 Vektor Diagram Pada Jaringan Dengan Pemasangan Kapasitor	9
2.4 Kapasitor Rangkaian Seri	11
2.5 Kapasitor Rangkaian Parallel	11
2.6 Tipikasi Bus Dari Sistem Tenaga	20
2.7 Model saluran transmisi untuk perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran	20
2.8 Pengkodean dalam <i>Genetic Algorithm</i>	28
2.9. Proses mutasi pada Algoritma Genetika	30
3.2 <i>Flowchart</i> Penggerjaan	36
4.1 Single Line Sistem Kelistrikan PT. KTI Probolinggo	37
4.2 Single Line Sistem Kelistrikan PT. KTI Probolinggo Pada SoftwareEtap	38
4.3 Simulasi Load Flow Sebelum Pemasangan Kapasitor pada kondisi Base Case	41
4.4 Grafik 1-3 Profil Tegangan Sebelum Pemasangan Kapasitor Kondisi <i>Base Case</i> pada Sistem Kelistrikan di PT. KTI Probolinggo	45
4.5 Lokasi dan Kapasitas Kapasitor	46
4.6 Simulasi dijalankan kembali dengan <i>load flow</i> setelah penempatan kapasitor	48
4.7 Grafik 1-3 Perbandingan Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Kondisi <i>Base Case</i> pada Sistem Kelistrikan di PT. KTI Probolinggo	53
4.8 Ploss (kW) dan Qloss (kVar) Kondisi <i>Base Case</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor	54

DAFTAR TABEL

4.1 Data Transformator	38
4.2 Data Beban	38
4.3 Profil Tegangan Sebelum Pemasangan Kapasitor pada kondisi Base Case	41
4.4 Penentuan kandidat bus yang akan dipilih untuk diempatkan Kapasitor	46
4.5 Hasil Lokasi dan kapasitas kapasitor dengan <i>Optimal Capacitor Placement</i> (OCP)	47
4.6 Perbandingan Profil Tegangan Sesudah dan Sebelum Pemasangan Kapasitor pada kondisi Base Case	48
4.7 Perbandingan total Ploss dan Qloss kondisi Base Case Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor	54