

**PERANCANGAN KEBUTUHAN KAPASITOR DAYA LISTRIK PADA
PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK
TUGAS AKHIR**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Listrik Tenaga



oleh

Deri Rio Heryanto

NIM 1503711

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2019

LEMBAR PENGESAHAN

Deri Rio Heryanto
NIM. E.5051.1503711

**PERANCANGAN KEBUTUHAN KAPASITOR DAYA LISTRIK PADA
PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

Dr. I Wayan Ratnata, S.T., M.Pd.

NIP. 19580214 198603 1 002

Pembimbing II

Wasimudin Surya S, S.T. M.T.

NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro

Prof. Dr. Hj. Budi Mulyanti, M.Si.

NIP. 19630109 199402 2 001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul "Perancangan Kebutuhan Kapasitor Daya Listrik pada PT. Pupuk Kujang Cikampek" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan tersebut, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Maret 2019

Yang membuat pernyataan

Deri Rio Heryanto

NIM. 1503711

PERANCANGAN KEBUTUHAN KAPASITOR DAYA LISTRIK PADA PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK

ABSTRAK

Oleh

Deri Rio Heryanto

1503711

PT. Pupuk Kujang Cikampek merupakan industri yang bergerak pada produksi berbagai jenis pupuk. Sebagaimana industri pada umumnya, banyak beban induktif digunakan yang menyebabkan permasalahan kualitas daya yaitu faktor daya rendah. Nilai faktor daya yang rendah menimbulkan berbagai kerugian bagi industri. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai faktor daya maksimal yaitu mendekati satu. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai faktor daya adalah memasang kapasitor daya. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan perangkat lunak *Electric Transient and Analysis Program (ETAP) 16.0* untuk mengetahui aliran daya dan penempatan optimal kapasitor daya melalui simulasi *load flow analysis* dan *optimal capacitor placement*. Pada hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan kapasitor daya sebesar 9600 kVAR yang terbagi pada tiga bus yang berbeda dapat meningkatkan faktor daya menjadi mendekati satu. Dengan melakukan pemasangan kapasitor tersebut, maka kualitas daya listrik ikut meningkat.

Kata Kunci: Faktor Daya, Kapasitor Daya, Daya Reaktif, ETAP 16.0

DESIGN OF POWER CAPACITOR NEEDS ON PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK

ABSTRACT

By

Deri Rio Heryanto

1503711

PT. Pupuk Kujang Cikampek is an industry engaged in the production of various types of fertilizers. As with industry in general, many inductive loads are used which cause power quality problems, specifically low power factors. Low power factor values cause various costs for the industry. The purpose of this study is to get the maximum power factor value that is close to one. One way to increase the value of the power factor is to install a power capacitor. In this study, the authors used the Electric Transient and Analysis Program (ETAP) 16.0 software to determine the power flow and optimal placement of power capacitors through a simulation of load flow analysis and optimal capacitor placement. The simulation results show that installing a capacitor of 9600 kVAR divided into three different buses can increase the power factor to close to one. By installing these capacitors, the quality of electric power also increases.

Keywords: *Power Factor, Power Capacitor, Reactive Power, ETAP 16.0*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan anugerah serta berkah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Perancangan Kebutuhan Kapasitor Daya Listrik pada PT. Pupuk Kujang Cikampek**”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik yang penulis tempuh selama mengikuti studi di Program Studi Teknik Elektro di Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan pada tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu serta berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak.

Bandung, Maret 2019

Penulis,

Deri Rio Heryanto

NIM. 1503711

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, ridha rahmat dan curahan nikmat Iman dan Islam yang tiada terbatas, sehingga penulis mendapatkan kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, motivasi, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, hingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Kenikmatan-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua yang penulis cintai Suheri Haryanto dan Dedeh Mardiah yang telah membesarkan, mendidik, dan selalu mendoakan kesuksesan penulis sehingga penulis mendedikasikan tugas akhir ini untuk mereka.
3. Revani Primalia yang setiap harinya memberikan pengertian, dukungan, bantuan, dan kebersamaan kepada penulis dengan sepenuh hati sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
4. Ibu Prof. Dr. Budi Mulyanti, M.Si. selaku ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro dan Bapak Dr. Aip Saripudin, M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Dr. I Wayan Ratnata, S.T. dan Bapak Wasimudin Surya S, S.T. M.T. Terima kasih telah membimbing penulis dengan segala kesabarannya serta ilmu dan saran yang telah diberikan selama penulis menyusun tugas akhir dan menjalani pendidikan di Program Studi Teknik Elektro.
6. Bapak Anung Budhi A.Md., Judo Utomo S.T., Nugraha Agung M.T., dan seluruh karyawan PT. Pupuk Kujang Cikampek yang telah membimbing dan membantu penulis dalam kegiatan penelitian di lapangan.
7. Bapak dan Ibu dosen pengajar dan staf Program Studi Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan baru serta banyak membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.

8. Hendra Permana, Giri Firmansyah, Rizal Daffa, dan Rifky Fathurrahman yang setiap hari menemani penulis baik di dalam maupun di luar perkuliahan dari semester awal hingga sekarang.
9. Fahmi Pratama, Syilva Rizkiani Putri, dan Givani Maghfirah, terima kasih telah menjadi sahabat yang memberikan banyak pengalaman dan kenangan berharga semenjak awal kepengurusan OSIS SMAN 8 Bandung hingga sekarang.
10. Dimas Rizki, Chandra Wisnu, Fino Alfaris, Raka Sabar, Tyara Ardita, Salsabila, dan Annisa Maharani, sahabat yang dengan sabar selalu mendengarkan keluh kesah penulis, dan memberikan dukungan semenjak bangku SMA.
11. Lau Ardhy, Reza Putra, Virezo Georgian dan seluruh teman-teman basket angkatan 2015 yang tidak hanya menjadi tempat penulis menyalurkan hobinya, namun menjadi sahabat yang selalu ada dalam keadaan apa pun.
12. HME FPTK UPI, terima kasih atas kesempatan, ilmu dan pengalaman yang diberikan.
13. Alfin Agusman, Nadia Asti, Tastaftyan, Adhiswara, dan seluruh teman-teman Program Studi Teknik Elektro 2015 yang telah menjadi teman perjuangan selama lebih kurang empat tahun menempuh pendidikan di Universitas Pendidikan Indonesia ini.
14. Seluruh pihak yang telah banyak membantu untuk penulisan tugas akhir ini.

Terima kasih kepada semua pihak, baik yang dapat penulis sebutkan maupun tidak. Semoga Allah SWT memberikan balasan berlipat ganda atas semua bimbingan, bantuan, motivasi dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis dan kita semua.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Teoritis	4
1.5.2 Manfaat Praktis	4
1.6 Sistematika	4
BAB II	6
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	6
2.1.1 Sistem Pendistribusian Langsung	7
2.1.2 Sistem Pendistribusian Tak Langsung	7
2.2 Klasifikasi Beban Listrik	7
2.2.1 Beban Resistif	8

2.2.2	Beban Induktif	8
2.2.3	Beban Kapasitif.....	9
2.3	Daya Listrik.....	10
2.3.1	Daya Aktif.....	11
2.3.2	Daya Reaktif	11
2.3.3	Daya Semu	11
2.4	Kualitas Daya Listrik	11
2.5	Segitiga Daya	12
2.6	Faktor Daya Listrik	12
2.6.1	Faktor Daya Satu	13
2.6.2	Faktor Daya Mendahului	13
2.6.3	Faktor Daya Terbelakang.....	14
2.7	Kapasitor Daya.....	14
2.7.1	Kegunaan Kapasitor Daya	15
2.7.2	Prinsip Kerja Kapasitor Daya	15
2.7.3	Jenis Kapasitor Daya	15
2.7.4	Komposisi Panel Kapasitor Daya	17
2.8	Perbaikan Faktor Daya.....	18
2.8.1	Penyebab Faktor Daya Rendah.....	18
2.8.2	Kerugian Akibat Rendahnya Faktor Daya.....	19
2.8.3	Keuntungan Perbaikan Faktor Daya	21
2.8.4	Kerugian Akibat Pemasangan Kapasitor Daya.....	21
2.8.5	Metode Pemasangan Kapasitor Daya	22
2.9	ETAP.....	22
BAB III.....		25
3.1	Desain Penelitian	25

3.2	Partisipan dan Tempat Penelitian.....	26
3.3	Jenis Data Penelitian	27
3.4	Metode Pengumpulan Data	27
3.5	Analisis Data	28
3.6	Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Daya	29
3.7	Simulasi Menggunakan <i>Software</i> ETAP 16.0.....	30
BAB IV		36
4.1	Temuan Data Penelitian	36
4.2	<i>Single Line Diagram</i> PT. Pupuk Kujang Cikampek	38
4.3	Simulasi Aliran Daya	40
4.4	Perhitungan Kapasitor Daya	42
4.5	Penempatan Kapasitor Daya	43
4.6	Penentuan Step Kapasitor Daya	44
4.7	Simulasi Pemasangan Kapasitor Daya.....	46
4.8	Hasil dan Pembahasan.....	50
BAB V.....		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Implikasi.....	54
5.3	Rekomendasi.....	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN.....		58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Penelitian	26
Tabel 4.1 Jenis Beban, Beban Maksimum, dan Faktor Daya Bus 1 K1A PT. Pupuk Kujang Cikampek	37
Tabel 4.2 Jenis Beban, Beban Maksimum, dan Faktor Daya Bus 2 K1A PT. Pupuk Kujang Cikampek	37
Tabel 4.3 Jenis Beban, Beban Maksimum, dan Faktor Daya pada Bus K1B PT. Pupuk Kujang Cikampek	38
Tabel 4.4 Hasil Simulasi Aliran Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Daya.....	41
Tabel 4.5 Rugi Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Daya	41
Tabel 4.6 Rasio Pemasangan Kapasitor Daya pada Setiap Bus	45
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Aliran Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Daya	48
Tabel 4.8 Rugi Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Daya.....	48
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Simulasi Aliran daya Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Daya.....	49
Tabel 4.10 Perbandingan Rugi Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Daya.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik.....	6
Gambar 2.2 Rangkaian dan Gelombang Beban Resistif Murni.....	8
Gambar 2.3 Rangkaian dan Gelombang Beban Induktif Murni	9
Gambar 2.4 Rangkaian dan Gelombang Beban Kapasitif Murni	10
Gambar 2.5 Segitiga Daya	12
Gambar 2.6 Diagram Fasor Faktor Daya Satu.....	13
Gambar 2.7 Diagram Fasor Faktor Daya <i>Leading</i>	13
Gambar 2.8 Diagram Fasor Faktor Daya <i>Lagging</i>	14
Gambar 2.9 Kapasitor Daya	14
Gambar 2.10 Diagram Satu Garis dan Diagram Fasor Kapasitor Seri	15
Gambar 2.11 Diagram Satu Garis dan Diagram Fasor Kapasitor Paralel.....	16
Gambar 2.12 Motor Induksi.....	18
Gambar 2.13 Rangkaian Induktif.....	19
Gambar 2.14 Logo ETAP	22
Gambar 2.15 <i>Single Line Diagram</i>	23
Gambar 2.16 <i>ETAP Library</i>	23
Gambar 2.17 Standar pada ETAP	24
Gambar 2.18 (a) <i>Load Flow Study Case</i> (b) <i>Optimal Capacitor Placement Study Case</i>	24
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Logo PT. Pupuk Kujang Cikampek	26
Gambar 3.3 Diagram Perbaikan Faktor Daya	29
Gambar 3.4 Jendela Parameter <i>Generator Editor</i>	30
Gambar 3.5 Jendela <i>Power Grid Editor</i>	31
Gambar 3.6 Jendela <i>Bus Editor</i>	31
Gambar 3.7 Jendela <i>Transformator Editor</i>	32
Gambar 3.8 Jendela <i>Cable Editor</i>	32
Gambar 3.9 Jendela <i>Switch Editor</i>	33
Gambar 3.10 Jendela <i>Circuit Breaker Editor</i>	34
Gambar 3.11 Jendela <i>Lumped Load Editor</i>	34
Gambar 3.12 Jendela <i>Capacitor Editor</i>	35

Gambar 4.1 Pabrik PT. Pupuk Kujang Cikampek	36
Gambar 4.2 <i>Single Line Diagram</i> PT. Pupuk Kujang Cikampek	39
Gambar 4.3 Nilai Arus dan Faktor Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Daya	40
Gambar 4.4 Nilai Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Drop Tegangan Sebelum Pemasangan Kapasitor Daya.....	40
Gambar 4.5 Kapasitor Daya Tegangan Menengah	43
Gambar 4.6 <i>Optimal Capacitor Placement</i>	44
Gambar 4.7 Grafik Daya Reaktif Terhadap Waktu	45
Gambar 4.8 Power Factor Controller	46
Gambar 4.9 Pemasangan Kapasitor Daya Listrik pada PT. Pupuk Kujang Cikampek	46
Gambar 4.10 Nilai Arus dan Faktor Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Daya.	47
Gambar 4.11 Nilai Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Drop Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor Daya.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Overall Single Line Diagram.....	59
Lampiran 2. Pengukuran Daya Aktif Pabrik Kujang 1A	60
Lampiran 3. Pengukuran Daya Reaktif Pabrik Kujang 1A.....	61
Lampiran 4. Pengukuran Faktor Daya Pabrik Kujang 1A	62
Lampiran 5. Pengukuran Daya Aktif Pabrik Kujang 1B	63
Lampiran 6. Pengukuran Daya Reaktif Pabrik Kujang 1B	64
Lampiran 7. Pengukuran Faktor Daya Pabrik Kujang 1B	65
Lampiran 8. Step Kapasitor Daya pada Bus 1 K1A	66
Lampiran 9. Step Kapasitor Daya pada Bus 1 K1A	68
Lampiran 10. Step Kapasitor Daya pada Bus K1B.....	70
Lampiran 11. Laporan Sebelum Pemasangan Kapasitor ETAP 16.0	72
Lampiran 12. Laporan Optimal Capacitor Placement ETAP 16.0	73
Lampiran 13. Laporan Setelah Pemasangan Kapasitor ETAP 16.0	74
Lampiran 14. Surat Tugas Pembimbing I	75
Lampiran 15. Surat Tugas Pembimbing II.....	76

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, T. (2006). *Electric Power Distribution Electric Power Distribution Equipment and Systems*.
- Anwar, M. Khairil. 2012. *Motode Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank untuk Mengurangi Daya Reaktif untuk Peningkatan Kualitas Daya Listrik pada Industri*. Teknik Elektro-STEI, Institut Teknologi Bandung.
- Asharyanti, J. (2018). *Analisis Bank Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya pada Sistem Kelistrikan di PT. Nikkatsu Electric Works*.
- Bishop, O. (2004). *Dasar-Dasar Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- Brunello, G., & Wester, C. (2003). Shunt Capacitor Bank Fundamentals and Protection. *Conference For Protective Relay Engineers, 2003*, 1–17.
- Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., & Beaty, H. W. (2004). Distributed Generation and Power Quality. *Electrical Power Systems Quality*, 373–435.
- Epcos AG. *Film Capacitors – Power Factor Correction Dynamic and Hybrid Power Factor Controller*. [Online]. Diakses dari https://www.tdk-electronics.tdk.com/inf/20/50/ds/B440666R74_7612E230.pdf
- Fehr, R. E. (2016). *Industrial Power Distribution. Industrial Power Distribution*.
- Fuan Zhongzhi Pump Co. *3 Phase Induction Motor*. [Online]. Diakses dari <http://www.electricmotorwaterpump.com/supplier-155988-3-phase-induction-motor>
- Glisson, T. H. (2011). *Introduction to circuit analysis and design. Introduction to Circuit Analysis and Design* (1st ed.). Netherlands: Springer.
- Handriyani, S. (2012). Analisa Perbaikan Faktor Daya untuk Penghematan Biaya Listrik di KUD Tani Mulyo Lamongan, 1–6.
- Hardiranto, W. (2017). Analisa Optimasi Perbaikan Faktor Daya dan Drop Tegangan Dengan Menggunakan Kapasitor Bank pada Line 5 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk
- Irinjila Kranti Kiran. (2011) Shunt versus Series Compensation in

The Improvement of Power System Performance. *International Journal Of Applie Engineering Research*, Dindigul Volume 2, No 1

Khadafi Alland, E. A. Z. (2013). Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Linemess I Di Pt. Bumi Lamongan Sejati (Wbl).

Mendis, S. R., Bishop, M. T., Blooming, T. M., & Moore, R. T. (1995). Improving system operations with the installation of capacitor\filter banks in a paper facility with multiple generating units. *Conference Record of 1995 Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference*, 125–130.

OpenStaxCollege. *Electromagnetic Induction, AC Circuits, and Electrical Technologies*. [Online]. Diakses dari <https://opentextbc.ca/physicstestbook2/chapter/reactance-inductive-and-capacitive/>

PT. Pupuk Kujang. (2010). One Line Wiring Diagram Main/13.8 kV SWGR Modification.

PT. Yokomindo Makmur Perkasa. *Capacitor Bank Vishay 75kVar 525V Oil Type*. [Online]. Diakses dari <https://en.indotrading.com/product/capacitor-bank-vishay-p540174.aspx>

Sager, B. dan Erlich, I. (2017). Optimal Allocation and Sizing of Capacitor Bank for Maximum Power Transfer to Selected Areas.

Sebayang, F. Ruamta., Hasibuan, A.Rachman. (2013). *Analisis Pebaikan Faktor Daya Beban Resistif, Induktif, Kapasitif Generator Sinkron 3 Fasa Menggunakan Metode Pottier*. Teknik Energi Listrik, Universitas Sumatra Utara.

Short, T. (2003). *Electric Power Distribution Handbook*.

Stevenson, W. D. (1955). Elements of power system analysis. *McGraw-Hill Electrical and Electronic Engineering Series*.

Storr, Wayne. *Inductive Reactance*. [Online]. Diakses dari <http://www.electronicstutorials.ws/inductor/ac-inductors.html>

Sudirham, Sudaryatno. (2012). Analisis Sistem Tenaga. Bandung : Darpublic

- Suhadi. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik* (Vol. 93). Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Suswanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Edisi 1*, 201–244. Universitas Negeri Padang