

**OPTIMASI SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN
KAPASITOR BANK DENGAN SIMULASI ALIRAN BEBAN
MEMAKAI ETAP APLIKASI SISTEM 115 kV DAN 13,8 kV PT
PERTAMINA HULU ROKAN**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan Strata
Satu (S-1)*

Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

Oleh:

Anggi Eldika

NPM : 2210017111067



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2024**

LEMBARAN PENGESAHAN

OPTIMASI SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR
BANK DENGAN SIMULASI ALIRAN BEBAN MEMAKAI ETAP
APLIKASI SISTEM 115 kV DAN 13,8 kV PT PERTAMINA HULU
ROKAN

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S-1)
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

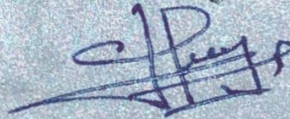
Oleh:

Anggi Eldika

NPM : 2210017111067

Disetujui Oleh:

Pembimbing



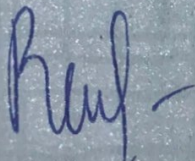
Ir. Cahayahati, MT

NIK : 930 500 331

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST, MT

NIK : 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



Ir. Arzul., MT

NIK : 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI

OPTIMASI SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR
BANK DENGAN SIMULASI ALIRAN BEBAN MEMAKAI ETAP
APLIKASI SISTEM 115 kV DAN 13,8 kV PT PERTAMINA HULU
ROKAN
SKRIPSI

Oleh.

Anggi Eldika
NPM : 2210017111067

Dipertahankan di depan penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang
Hari : Sabtu, Tanggal : 03 Februari 2024

No Nama

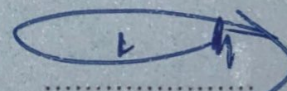
Tanda Tangan

1. Ir. Cahayahati., MT
(Ketua dan Penguji)



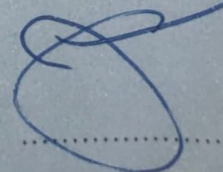
.....

2. Ir. Armita., MT
(Penguji)



.....

3. Dr. Ir. Indra Nisja., M.Sc.
(Penguji)



.....

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul "**OPTIMASI SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK DENGAN SIMULASI ALIRAN BEBAN MEMAKAI ETAP APLIKASI SISTEM 115 kV DAN 13,8 kV PT PERTAMINA HULU**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 03 Februari 2024



Anggi Eldika

NPM: 2210017111067

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (Q.S. AL-Insyirah : 6-8)

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi tepat waktu. Dan shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sebagai ungkapan terimakasih dan syukur, skripsi ini penulis persembahkan untuk:

❖ Orang tua tercinta

Ayah dan ibu, serta Istriku Kiki Radha Anggraini dan Anak perempuan tersayang Clarissa Alea Eldika, Anak Ganteng Alvaro Gifari Eldika dan Anak Bungsu Alvendra Ahza Eldika Saya berharap tuhan selalu memberikanmu kesehatan dan umur yang panjang. Terima kasih karena selalu menjaga dalam doa - doa ayah dan ibu dan keluarga kecilku serta selalu membiarkan saya mengejar impian saya apa pun itu. Skripsi ini saya persembahkan untuk ayah dan ibu dan keluarga kecilku yang telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan. Terima kasih atas semua cinta yang telah ayah dan ibu dan keluarga kecilku berikan kepada saya.

❖ Dosen pembimbing (Bapak Ir. Cahayahati., MT)

Terimakasih yang tak terhingga untuk bapak Ir. Cahayahati., MT. selaku dosen pembimbing skripsi. Bapak yang telah memberikan banyak ilmu dan dengan sabar membimbing saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

Tanpa bantuan bapak mungkin saya tidak bisa menyelesaikan skripsi ini. Saya sangat bersyukur menjadi salah satu mahasiswa bimbingan bapak, Semoga tuhan selalu memberikan kesehatan dan mempermudah segala urusan bapak.

❖ Dosen Teknik Elektro Universitas Bung Hatta

Terimakasih untuk seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Bung Hatta, ibu Ir.Arнита, M.T, bapak Ir. Arzul, M.T, bapak Ir. Cahayahati, M.T, bapak Dr. Ir. Hidayat,MT,IPM, bapak Dr. Ir. Ija Darmana, bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.sc, MT,IPM., bapak Mirzazoni, S.T, M.T dan bapak Ir. Yani Ridal,MT. Terimakasih untuk ilmu, nasehat, serta bimbingannya selama saya mengikuti perkuliahan di Universitas Bung Hatta.

❖ Kelas mandiri teknik elektro 2022

Sukses buat kita semua teman-teman kelas mandiri teknik elektro 2022 , terima kasih sudah mengisi dan saling membantu selama 3 semester bersama-sama. Meskipun kita belum saling bertemu, namun seiring dengan waktu dan nasib seperjuangan yang sama, kita saling membantu, memberikan dukungan, mendoakan dan peduli satu sama lain. Terimakasih keluarga “kelas mandiri teknik elektro 2022”.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal skripsi dengan judul “Optimasi Sistem Tenaga Listrik Dengan Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya dan Drop Tegangan di PT. Pertamina Hulu Rukan Dengan Simulasi Aliran Beban Menggunakan Etap 19.0” Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun proposal ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

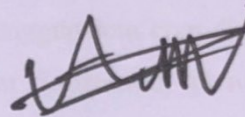
- Dosen Pembimbing Ir. Cahayahati, MT

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

1. Kepada kedua Orang tua saya yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayangnya hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.
2. Ibuk Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST. MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir. Arzul, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Ir. Eddy Soesilo, M. Eng selaku Penasehat Akademis.
5. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
6. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan proposal ini.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan proposal ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam proposal ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan proposal ini. Akhir kata penulis berharap semoga proposal ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Dumai, 03 Februari 2024



Anggi Eldika

ABSTRAK

Energi listrik setiap tahunnya mengalami peningkatan kebutuhan yang sangat signifikan dan menuntut penyedia tegangan listrik untuk memberikan suplai tenaga listrik yang cukup berkualitas. Peningkatan kebutuhan energi juga di ikuti dengan permintaan daya reaktif akibat beban yang bersifat induktif juga meningkat. PT. Pertamina Hulu Rokan merupakan salah satu pengguna beban induktif yang cukup besar, karena hampir disetiap titik lokasi pengeboran minyak terdapat beban induktif yang terpasang diantaranya transformer dan motor – motor induksi. Dalam penulisan ini hasil Analisa dari simulasi load flow menggunakan etap diperlukan optimasi dengan pemasangan kapasitor pada Balam Substation, pemasangan kapasitor 300 kVAr, 41,79 micro-farad meningkatkan cosphi dari 0.84 ke 0,93 dan dapat mengoptimasi pada generator yang awalnya 291.38 MVAr turun menjadi 286.139 MVAr, daya semu yang awalnya 492.648 MVA turun menjadi 489.395 MVA serta faktor daya yang awalnya 0.8 menjadi 0.81, serta mengatasi drop tegangan di BUS BLM sehingga naik 3.9% dan berpengaruh juga terhadap beberapa BUS lainnya dengan kenaikan tegangan 0.1% hingga 1.8%, mengurangi Losses 21,86 kW pada Balam Substation.

Kata Kunci : *Aliran beban, kapasitor bank, factor daya, drop tegangan dan ETAP*

ABSTRACT

Every year the need for electrical energy experiences a very significant increase and requires electricity providers to provide sufficient quality electricity supply. The increase in energy demand is also followed by the demand for reactive power due to inductive loads also increasing. PT. Pertamina Hulu Rokan is a fairly large user of inductive loads, because at almost every point in the oil drilling location there are inductive loads installed, including transformers and induction motors. In this paper, the results of the analysis of the load flow simulation using etap require optimization by installing capacitors at Balam Substation, installing a 300 kVAr capacitor, 41.79 micro-farad increases the cosphi from 0.84 to 0.93 and can optimize the generator which was initially 291.38 MVAr down to 286,139 MVAr, the apparent power which was initially 492,648 MVA decreased to 489,395 MVA and the power factor which was originally 0.8 became 0.81, as well as overcoming the voltage drop on the BLM BUS so that it increased by 3.9% and also affected several other BUS with a voltage increase of 0.1% to 1.8%, reducing Losses 21.86 kW at Balam Substation.

Keywords : Load flow, capacitor bank, power factor, voltage drop and ETAP

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PENGUJI	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah.....	I-3
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	II-4
2.2 Sistem Tenaga Listrik	II-6
2.3 Persamaan Daya.....	II-7
2.4 Faktor Daya.....	II-10
2.4.1 Penyebab Rendahnya Faktor Daya	II-12
2.4.2 Kerugian Akibat Faktor Daya	II-12
2.4.3 Faktor Daya "Leading"	II-16
2.4.4 Faktor Daya "Legging"	II-17
2.5 Beban Sistem Tenaga.....	II-18
2.5.1 Beban Resistif	II-18
2.5.2 Beban Induktif.....	II-19
2.5.3 Beban Kapasitif.....	II-20
2.6 Kapasitas Kapasitor Bank.....	II-22
2.6.1 Tipe Kapasitor Berdasarkan Bahan Dielektrik	II-23

2.6.2	Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank	II-26
2.6.2.1	Global Compensation.....	II-26
2.6.2.2	Group Compensation	II-27
2.6.2.3	Individual Compensation	II-28
2.6.2.4	Perhitungan Kapasitor Bank Delta Dan Bintang	II-28
2.7	Metode Kompensasi Daya.....	II-30
2.7.1	Kompensasi Tetap.....	II-30
2.7.2	Kompensasi Otomatis	II-31
2.8	(Electric Transient and Analysis Program) Etap	II-31
2.8.1	Simply In Data Entry	II-32
2.8.2	Elemen AC Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik	II-34
2.8.3	Elemen-Elemen Di Etap.....	II-36
2.8.4	Elemen Aliran Daya.....	II-38
2.8.5	Elemen Hubungan Singkat.....	II-39
2.8.6	Memberi Gangguan Pada Bus.....	II-39
2.8.7	Toolbar ANSI Standard.....	II-40
2.8.8	Toolbar IEC Standard	II-41
BAB III METODE PENELITIAN		III-42
3.1	Alat Dan Bahan Penelitian.....	III-42
3.1.1	Alat Penelitian.....	III-42
3.1.1.1	Hardware Dan Software.....	III-42
3.1.1.2	Aliran Daya	III-42
3.1.1.3	persamaan Aliran Daya.....	III-47
3.1.1.4	Metode Newton Rapshon Untuk Aliran Daya	III-54
3.1.1.5	Etap	III-57
3.1.2	Bahan Penelitian.....	III-58
3.1.2.1	SLD Diagram Kelistrikan PT. Pertamina Hulu Rokan ..	III-58
3.1.2.2	Data Komponen-Komponen Sistem Tenaga.....	III-60
3.1.2.3	Pengolahan Data	III-60
3.1.2.4	Hasil Penelitian	III-60
3.2	Alur Penelitian	III-61

3.3	Flowchat Penelitian.....	III-62
3.4	Deskripsi Penelitian	III-62
3.4.1	Aliran Daya	III-63
3.4.2	Penempatan Kapasitor Bank	III-63
3.4.3	Rumus Kapasitor Bank	III-64
3.4.4	Optimasi Tegangan Dan Faktor Daya.....	III-64
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		IV-65
4.1	Deskripsi Penelitian PT. Pertamina Hulu Rokan.....	IV-65
4.2	Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Milik PT. Pertamina Hulu Rokan	IV-65
4.2.1	Central Duri Gas Turbin (Power Steam Generator North) ...	IV-65
4.2.2	Minas Gas Turbin (MGT)	IV-67
4.2.3	North Duri Cogeneration (NDC)	IV-68
4.2.4	Duri Gas Turbine (DGT).....	IV-69
4.3	Data Komponen Sistem Tenaga Listrik (PLTG) PT. Pertamina Hulu Rokan	IV-70
4.3.1	Data PEmbangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)	IV-70
4.3.2	Data Transformator Pada Gardu Induk PT. Pertamina Hulu Rokan	IV-71
4.3.3	Data Bus Di PT. Pertamina Hulu Rokan.....	IV-74
4.3.4	Data Jaringan Transmisi Di PT. Pertamina Hulu Rokan	IV-81
4.3.5	Data Beban Pada Bus 13,8kV dan 4160 V di PT. Pertamina Hulu Rokan	IV-86
4.4	Simulasi Aliran Beban Sistem Tenaga Listrik di PT. Pertamina Hulu Rokan	IV-93
4.4.1	Hasil Aliran Beban Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank..	IV-93
4.4.2	Analisa Aliran Daya Sebelum Dipasang Kapasitor	IV-97
4.4.3	Perhitungan Dan Hasil Faktor Daya Awal Sebelum Pemasangan Kapsaitor	IV-98
4.4.3.1	Daya Semu	IV-98
4.4.3.2	Daya Aktif.....	IV-98

4.4.3.3 Daya Reaktif	IV-99
4.4.3.4 Faktor Daya Awal (CosPhi).....	IV-99
4.4.4 Perhitungan Dan Hasil Pemasangan Kapasitor Bank	IV-100
4.4.4.1 Perhitungan Kapasitas kapasitor Bank.....	IV-101
4.5 Analisa Hasil.....	IV-101
4.5.1 Analisa Aliran Daya Setelah Pemasangan Kapasitor.....	IV-101
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-106
5.1 Kesimpulan.....	V-106
5.2 Saran.....	V-106
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Vektor Segi Tiga Daya.....	II-9
Gambar 2. 2 Rangkaian Dan Diagram Vektor	II-13
Gambar 2. 3 Faktor Daya "Leading"	II-17
Gambar 2. 4 Segitiga Daya Untuk Beban Kapasitif	II-17
Gambar 2. 5 Faktor Daya "Lagging"	II-17
Gambar 2. 6 Segi Tiga Daya Untuk Beban Induktif.....	II-18
Gambar 2. 7 (a) Rangkaian Resistif Dan (b) Vektor Resistif	II-19
Gambar 2. 8 Grafik Sinusoidal Resistif	II-19
Gambar 2. 9 (a) Rangkaian Induktif dan (b) Vektor Induktif	II-20
Gambar 2. 10 Arus, Tegangan Dan GGL Induksi Pada Beban Induktif.....	II-20
Gambar 2. 11 Rangkaian Dan Vektor Kapasitif	II-21
Gambar 2. 12 Arus, Tegangan dan GGL Induksi Pada Beban Kapasitif.....	II-21
Gambar 2. 13 Konstruksi Kapasitor.....	II-22
Gambar 2. 14 Prinsip Kerja Sebuah Kapasitor	II-23
Gambar 2. 15 Kapasitor Elco	II-25
Gambar 2. 16 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank	II-26
Gambar 2. 17 Hubungan Delta.....	II-29
Gambar 2. 18 Hubungan Bintang.....	II-29
Gambar 2. 19 Tampilan Layar Pada ETAP	II-33
Gambar 2. 20 Komponen Elemen AC Pada ETAP.....	II-34
Gambar 2. 21 Simbol Transformator 2 Kawat Di ETAP.....	II-34
Gambar 2. 22 Simbol Generator Di ETAP	II-35
Gambar 2. 23 Simbol Beban Statis Dan Dinamis Di ETAP	II-35
Gambar 2. 24 Simbol Pemutus Rangkaian Di ETAP	II-36
Gambar 2. 25 Simbol Bus Di ETAP	II-36
Gambar 2. 26 Toolbar Load Flow Di ETAP.....	II-38
Gambar 2. 27 Toolbar Short Circuit Di ETAP	II-39
Gambar 2. 28 Toolbar Short Circuit ANSI Standar Di ETAP.....	II-40

Gambar 3. 1 Diagram impedansi pada sistem tenaga listrik sederhana	46
Gambar 3. 2 Diagram admitansi untuk sistem tenaga listrik sederhana	46
Gambar 3. 3 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PT.PH.....	59
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penyusunan Skripsi.....	62
Gambar 4. 1 Central Duri Gas Turbin.....	IV-66
Gambar 4. 2 CDGT Dashboard.....	IV-66
Gambar 4. 3 Minas Gas Turbin.....	IV-67
Gambar 4. 4 Minas Gas Turbin <i>Dashboard</i>	IV-68
Gambar 4. 5 North Duri Cogeneration Plant	IV-69
Gambar 4. 7 Simulasi Aliran Beban pada Gardu Induk Balam (V, VA, A, and PF)	IV-96
Gambar 4. 8 Simulasi Aliran Beban pada Gardu Induk Balam (V, W, and Var)IV- 96	
Gambar 4. 9 Tegangan bus Balam 13.8 Kv dan 115 kV sesudah perbaikan	IV-103
Gambar 4. 10 Laporan Daya secara keseluruhan setelah pemasangan kapasitorIV- 104	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	III-42
Tabel 3. 2 Bahan Penelitian	III-60
Tabel 4. 1 Spesifikasi Central Duri Gas Turbin.....	IV-67
Tabel 4. 2 Spesifikasi Minas Gas Turbin.....	IV-68
Tabel 4. 3 Spesifikasi North Duri Cogeneration Plant.....	IV-69
Tabel 4. 4 Spesifikasi Duri Gas Turbin.....	IV-70
Tabel 4. 5 Data Seluruh Pembangkitan.....	IV-70
Tabel 4. 6 Data Transformer di PT. Pertamina Hulu Rokan.....	IV-71
Tabel 4. 7 Data Bus di PT. Pertamina Hulu Rokan.	IV-74
Tabel 4. 8 Tegangan Transmisi dan Distribusi PT. Pertamina Hulu Rokan ...	IV-81
Tabel 4. 9 Data Saluran Transmisi PT. Pertamina Hulu Rokan.....	IV-82
Tabel 4. 10 Data Beban Pada Bus 13,8kV dan 4160V di PT. Pertamina Hulu Rokan.	IV-86
Tabel 4. 11 Data <i>Actual Load</i> Pembangkitan.....	IV-93
Tabel 4. 12 Ringkasan Total Beban dan Rugi-Rugi Daya.	IV-94
Tabel 4. 13 Ringkasan Daya Sebelum Perbaikan Faktor Daya	IV-97
Tabel 4. 14 Ringkasan Daya Sesudah Perbaikan Faktor Daya.	IV-103
Tabel 4. 15 Tabel Daya yang dibangkitkan dari turbin sebelum perbaikan..	IV-104
Tabel 4. 16 Tabel Daya yang dibangkitkan dari turbin sesudah perbaikan ..	IV-105