

**PERENCANAAN KAPASITOR BANK UNTUK MENGURANGI
DROP TEGANGAN PADA SISTEM 150 KV GARDU INDUK**

DUMAI

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan

Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

Oleh:

FADIL AKHDAN

2410017111108



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

PADANG

2026

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN KAPASITOR BANK UNTUK MENGURANGI DROP
TEGANGAN PADA SISTEM 150 KV GARDU INDUK DUMAI

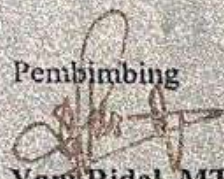
SKRIPSI

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

Oleh :

Fadil Akhdan
NPM : 241001711108

Disetujui Oleh :

Pembimbing

Ir. Yam Ridal, MT
NIDN : 1024016101

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Prof. Dr.Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T
NIK : 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,

Dr. Ir. Indra Nista, M.Sc
NIK/NIP : 201810683

LEMBAR PENGUJI
PERENCANAAN KAPASITOR BANK UNTUK MENGURANGI DROP
TEGANGAN PADA SISTEM 150 KV GARDU INDUK DUMAI

SKRIPSI

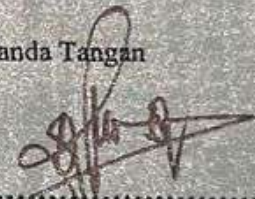


Fadil Akhdan
NPM : 241001711108

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari : Senin, 9 Februari 2026*

No. Nama

Tanda Tangan

1. Ir. Yani Ridal, MT
(Ketua dan Penguji)
2. Mirza Zoni, S.T., M.T
(Penguji)
4. Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc
(Penguji)


.....

.....

.....

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul “ Perencanaan Kapasitor Bank Untuk Mengurangi Drop Tegangan Pada Sistem 150 kV Gardu Induk Dumai” 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.

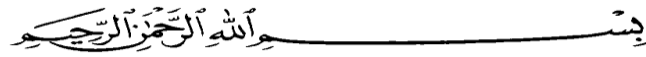
Padang, 09 Februari 2026



Faail Akhdan

NPM : 2410017111108

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dengan judul **“PERENCANAAN KAPASITOR BANK UNTUK MENGURANGI DROP TEGANGAN PADA SISTEM 150 KV GARDU INDUK DUMAI”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan yang tak terhingga baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih tersebut penulis tujukan kepada:

1. Kedua Orang tua yang telah mendo’akan, mendidik dan membesarkan penulis beserta selalu mendukung setiap langkah penulis
2. PT PLN (Persero) Unit Induk Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera, yang telah memberikan kesempatan untuk mengakses data teknis jaringan interkoneksi Sumatera
3. Bapak Ir. Yani Ridal, M.T. selaku Pembimbing penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran.
4. Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
5. Bapak Dr. Indra Nisja, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta
6. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta yang telah mendidik kami selama menjalani pendidikan di kampus
7. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2024 dengan penulis selama penelitian ini berlangsung

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

Padang, 09 Februari 2026

Fadil Akhdan

ABSTRAK

Gardu Induk (GI) 150 kV di PT. PLN (Persero) Unit Induk Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Suamtera, khususnya GI Dumai, sering mengalami drop tegangan yang signifikan, terutama pada saat Waktu Beban Puncak (WBP). Drop tegangan terjadi akibat tingginya beban konsumen dan panjang jaringan dengan rata-rata 139 kV saat WBP di ujung GI. Tegangan yang tercatat di GI Dumai rata-rata 139 kV saat WBP dan dapat turun hingga 130 kV (-13.3 % dari 150 kV tegangan Nominalnya), sedangkan pada hari libur atau di luar WBP tegangan rata-rata meningkat menjadi 148 kV, mendekati nominal 150 kV. Kondisi ini berdampak pada kualitas daya listrik dan kepuasan konsumen, khususnya bagi pelanggan industri dan pusat bisnis dengan kebutuhan daya tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab drop tegangan dan memberikan solusi agar tegangan sistem tetap stabil sesuai SPLN No. 1:1995 (-10% hingga +5%). Solusi yang diajukan adalah pemasangan kapasitor bank secara paralel pada BUSBAR 150 kV GI Dumai. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan kapasitor 1×25 MVAR meningkatkan tegangan pada jam 10.00 dari 143,6 kV menjadi 151,1 kV, jam 16.00 dari 140,8 kV menjadi 148,3 kV, dan jam 19.00 dari 130 kV menjadi 139,2 kV. Pemasangan kapasitor ganda 2×25 MVAR menaikkan tegangan lebih tinggi: jam 10.00 menjadi 160 kV, jam 16.00 157,5 kV, dan jam 19.00 menjadi 148,4 kV, menunjukkan efektivitas kompensasi daya reaktif untuk mengatasi drop tegangan. Dengan penerapan kapasitor bank, tegangan dapat dikendalikan sehingga peralatan listrik PT. PLN (Persero) maupun peralatan konsumen tetap aman, gangguan peralatan dapat diminimalkan, dan lampu penerangan tidak redup. Solusi ini lebih tepat diterapkan pada pelanggan dengan beban besar, seperti industri dan pusat bisnis, karena kebutuhan daya reaktifnya signifikan, sementara pelanggan rumah tangga umumnya diatur melalui jaringan distribusi dan trafo distribusi. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan kapasitor bank efektif dalam meningkatkan kualitas tegangan, mencegah undervoltage, dan menjaga stabilitas tegangan pada jaringan radial 150 kV, khususnya di GI.

Kata kunci : Tegangan rendah, DIgSILENT, GI Dumai, Kapasitor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	21
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Tinjauan Penelitian	3
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik	6
2.2.2 Tegangan Jatuh	7
2.2.3 Tegangan Transmisi Dan Rugi–Rugi Daya Saluran Transmisi	9
2.2.4 Perbaikan Faktor Daya.....	12
2.2.5 Daya	15
2.2.6 Faktor Daya.....	16
2.2.7 Teori Dasar Kapasitor Bank.....	18
2.2.8 Sifat-Sifat Beban Listrik	22
2.2.9 Pengertian Sistem Proteksi.....	28
2.2.10 Relay Proteksi UVLS (Under Voltage Load Shedding)	28
2.2.11 Single Line Diagram	30
2.2.12 <i>Program DigSILENT PowerFactory</i>	33
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1 Metode Penelitian	38
3.2 Lokasi Penelitian.....	38
3.3 Data Yang Dibutuhkan.....	38
3.4 Metode Pengambilan Data	40
3.5 Metode Perhitungan Data.....	40

3.6	Data Beban Trafo Dumai	41
3.7	Tahapan Analisis dan Simulasi	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1	Data Sistem Kelistrikan Gardu Induk Dumai	45
4.2	Perhitungan Kapasitor Bank	49
4.2.1.	Data Beban.....	49
4.2.2.	Perhitungan Faktor Daya Awal.....	49
4.2.3.	Perhitungan Drop Tegangan	49
4.2.4.	Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank.....	50
4.2.5.	Penentuan Kapasitas Kapasitor Bank.....	50
4.2.6.	Perhitungan Kapasitansi Fisik Kapasitor Bank.....	51
4.3	Analisa Kondisi Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank.....	52
4.3.1.	Kondisi Sistem Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank	52
4.3.2.	Kondisi Sistem Setelah Pemasangan Kapasitor Bank 50 MVAR.....	52
4.3.3.	Analisis Teknik	52
4.4	Skenario Variasi kapasitor siang, sore dan malam.....	53
4.4.1.	Skenario Variasi Kapasitor Pada Siang Hari	53
4.4.2.	Skenario Variasi Kapasitor Pada Sore Hari	56
4.4.3.	Skenario Variasi Kapasitor Pada Malam Hari	59
4.4.4.	Simulasi Pemasangan Kapasitor Bank 24 Jam	68
4.5	Pembahasan Hasil Simulasi	69
4.5.1.	Kondisi Sebelum Pemasangan Kapasitor.....	69
4.5.2.	Kondisi Setelah Pemasangan Kapasitor 1 x 25 MVAR.....	70
4.5.3.	Kondisi Setelah Pemasangan Kapasitor 2 x 25 MVAR.....	71
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....		74
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Pusat Listrik yang dihubungkan ke Gardu Induk.....	7
Gambar 2. 2 Segitiga Daya	15
Gambar 2. 3 Arus Sephasa Dengan Tegangan.....	17
Gambar 2. 4 Arus Tertinggal dari Tegangan Sebesar Sudut ϕ	18
Gambar 2. 5 Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ	18
Gambar 2. 6 Kapasitor Bank.....	22
Gambar 2. 7 Sifat Beban Resistif.....	24
Gambar 2. 8 Sifat Beban Induktif	25
Gambar 2. 9 Sifat Beban Kapasitif	28
Gambar 2. 10 Single Line Diagram	32
Gambar 3. 1 Tampilan Awal Pada Software DIgSILENT Powerfactory	39
Gambar 3. 2 Data SCADA PLN mendekati jam 18.00.....	39
Gambar 3. 3 Flowchart Analisis Data Hasil Pengujian	44
Gambar 4. 1 Single Line Diagram GI Dumai	46
Gambar 4. 2 Grafik monitoring tegangan 150 kV Juni 2025 pada Dumai Jam 19.00.....	48
Gambar 4. 3 simulasi tegangan jam 10.00 siang sebelum pemasangan kapasitor	53
Gambar 4. 4 simulasi tegangan jam 10.00 siang setelah pemasangan kapasitor 1 x 25 MVAR (C5DUMAI 1).....	54
Gambar 4. 5 simulasi tegangan jam 10.00 siang setelah pemasangan kapasitor 2 x 25 MVAR (C5DUMAI 2).....	55
Gambar 4. 6 simulasi tegangan jam 16.00 sore sebelum pemasangan kapasitor..	56
Gambar 4. 7 simulasi tegangan jam 16.00 sore setelah pemasangan kapasitor 1 x 25 MVAR (C5DUMAI 1).....	57
Gambar 4. 8 simulasi tegangan jam 16.00 sore setelah pemasangan kapasitor 2 x 25 MVAR (C5DUMAI 2).....	58
Gambar 4. 9 simulasi tegangan jam 19.00 malam sebelum pemasangan kapasitor	59

Gambar 4. 10 simulasi tegangan jam 19.00 malam setelah pemasangan kapasitor 1 x 25 MVAR (C5DUMAI 1).....	60
Gambar 4. 11 simulasi tegangan jam 19.00 malam setelah pemasangan kapasitor 2 x 25 MVAR (C5DUMAI 2).....	61
Gambar 4. 12 Grafik Drop Tegangan tanggal 6 JUNI 2025	64
Gambar 4. 13 Grafik setelah pemasangan kapasitor waktu 10.00	65
Gambar 4. 14 Grafik setelah pemasangan kapasitor waktu 16.00	65
Gambar 4. 15 Grafik setelah pemasangan kapasitor waktu 19.00	66
Gambar 4. 16 Grafik Simulasi Peasangan Kapasitor 1 x 25 MVAR & 2 x 25 MVAR selama 24 Jam	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Beban Trafo Dumai Jam 10.00 , 16.00 & 19.00.....	42
Tabel 4. 1 Monitoring Tegangan Bus 150 kV Juni 2025 Pada Jam 19.00.....	47
Tabel 4. 2 Hasil simulasi DIgSILENT dengan 3 skenario siang, sore dan malam	63
Tabel 4. 3 Hasil simulasi DIgSILENT dengan skenario 24 jam.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem Tenaga Listrik Sumatera yang secara singkat sering disebut Sistem Sumatera, terbentang dari ujung utara Provinsi Nangroe Aceh Darussalam hingga ujung selatan Provinsi Lampung. Sistem Sumatera dibagi lagi menjadi 3 buah subsistem, yaitu Sumatera Bagian Utara (SBU), Sumatera Bagian Tengah (SBT), dan Sumatera Bagian Selatan (SBS). Untuk saat ini sistem sudah terinterkoneksi. Tujuan dari sistem interkoneksi ini antara lain untuk meningkatkan kemampuan suplai tenaga listrik, agar pada saat terjadi gangguan pada salah satu pusat pembangkit tidak terlalu berpengaruh pada konsumen.

Karena kondisi pembangkitan pada subsistem Sumatera Bagian Tengah tidak sebanding dengan kebutuhan beban konsumen, sedangkan kondisi pembangkitan subsistem Sumatera Bagian Selatan melebihi dari pada kebutuhan konsumen, maka transfer daya terjadi dari subsistem Sumatera Bagian Selatan ke subsistem Sumatera Bagian Tengah. Untuk kondisi saat ini, GI Dumai terletak di ujung sebelum GI KID dan GI Bagansiapi-api. Tegangan paling rendah yang diperbolehkan berdasarkan Aturan Sistem Ketenagalistrikan Sumatera Tahun 2010 ada pada 135 kV. Apabila beban Riau mulai naik ketika beban puncak, maka tegangan akan turun kurang dari 135 kV. Dan apabila tegangan pada GI Dumai lebih rendah dari 135 kV, maka harus dilakukan pemadaman di sistem Sumbagteng terkhususnya pada Subsistem Riau. Karena apabila tegangannya lebih rendah dari pada nominalnya maka akan berpengaruh pada tegangan di sisi konsumen, pada peralatan proteksi di GI, dan over excitacy pada pembangkit.

Untuk meminimalisir pemadaman yang terjadi di Subsistem Riau dengan cara menambah pembangkitan di Riau atau memasang kapasitor pada GI Dumai. Berdasarkan hal di atas penulis ingin melihat dan menganalisa, apa pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap permasalahan tegangan rendah pada GI Dumai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka penulis merumuskan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah kapasitas kapasitor bank yang optimal untuk mengurangi masalah penurunan tegangan di GI Dumai?
2. Bagaimana pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap stabilitas tegangan pada sistem 150 kV di GI Dumai?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Penelitian ini berupa simulasi menggunakan aplikasi DIGSILENT yang diperlukan untuk memperbaiki Drop tegangan di Gardu Induk Dumai pada tegangan 150 kV.
2. Menganalisis dampak pemasangan kapasitor bank terhadap profil tegangan sistem 150 kV di GI Dumai.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki drop tegangan GI Dumai.
2. Mengevaluasi sebelum dan sesudah pemasangan Kapasitor.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan solusi teknis dalam meningkatkan stabilitas tegangan sistem tenaga listrik di GI Dumai.
2. Sebagai bahan referensi teknis bagi pihak operator sistem kelistrikan dalam merencanakan pengembangan sistem kelistrikan yang lebih andal.