UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI LOKASI DAN KAPASITAS STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV GORONTALO MENGGUNAKAN ALGORITMA TEACHINGâ€“LEARNING-BASED OPTIMIZATION (TLBO)
Muhammad Budianoor Yudhifani, Ir. Roni Irnawan, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
PRAKATA v
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN vii
ABSTRACT ix
INTISARI x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
BAB I PENDAHULUAN 15
1.1 Latar Belakang 15
1.2 Rumusan Masalah 16
1.3 Batasan Penelitian 17
1.4 Tujuan Penelitian 17
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian 18
1.6 Manfaat Penelitian 19
1.7 Sistematika Penulisan 19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 21
2.1 Tinjauan Pustaka 21
2.2 Landasan Teori 23
2.2.1 Aliran Daya Sistem Tenaga 23
2.2.2 Metode *Newton–Raphson* 25
2.2.3 Rugi-rugi Daya Aktif Jaringan 27
2.2.4 *Static Var Compensator* (SVC) 28
2.2.5 *Algoritma Teaching–Learning-Based Optimization (TLBO)* 31
2.3 Pertanyaan Penelitian 32
2.4 Hipotesis 32
BAB III METODOLOGI 33
3.1 Alat dan Bahan 33
3.1.1 Alat 33
3.1.2 Bahan 33
3.2 Alur Penelitian 34
3.3 Perancangan dan Pemodelan Sistem Transmisi 35
3.3.1 Data Sistem Gorontalo 37
3.3.2 Klasifikasi Bus 39

UNIVERSITAS GADJAH MADA
OPTIMASI LOKASI DAN KAPASITAS STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV GORONTALO MENGGUNAKAN ALGORITMA TEACHINGâ€“LEARNING-BASED OPTIMIZATION (TLBO)
Muhammad Budianoor Yudhifani, Ir. Roni Irnawan, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.3 Skenario Pengujian 40
3.4 Validasi Model Sistem dan SVC 40
3.4.1 Validasi Model Sistem terhadap Data SCADA 40
3.4.2 Validasi Model SVC dan Integrasi Python–DIgSILENT 44
3.5 Optimasi Penempatan dan Kapasitas SVC 46
3.5.1 Variabel Keputusan dan Batasan Optimasi 47
3.5.2 Fungsi Objektif Optimasi 48
3.5.3 Implementasi dan Parameter Algoritma TLBO 49
3.6 Cara Analisis 51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 52
4.1 Kondisi Sistem Gorontalo Tanpa Pemasangan SVC (*Base Case*) 52
4.1.1 Kondisi Sistem Tahun 2025 Tanpa Pemasangan SVC (*Base*) 52
4.1.2 Kondisi Sistem Tahun 2026 Tanpa Pemasangan SVC 54
4.1.3 Kondisi Sistem Tahun 2027 Tanpa Pemasangan SVC 56
4.2 Sistem Gorontalo dengan Pemasangan SVC Menggunakan TLBO 59
4.2.1 Kondisi Sistem Tahun 2025 dengan Pemasangan SVC 59
4.2.2 Kondisi Sistem Tahun 2026 dengan Pemasangan SVC 61
4.2.3 Kondisi Sistem Tahun 2027 dengan Pemasangan SVC 62
4.3 Analisis Konvergensi Algoritma TLBO 64
4.4 Evaluasi Teknis–Ekonomis dan Rekomendasi Pemasangan SVC 67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN L1
1. Aliran Daya Sistem Gorontalo Tahun 2025 ..... L1
2. Aliran Daya Sistem Gorontalo Tahun 2026 ..... L5
3. Aliran Daya Sistem Gorontalo Tahun 2027 ..... L9
4. Konvergensi Algoritma TLBO L13

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI LOKASI DAN KAPASITAS STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV GORONTALO MENGGUNAKAN ALGORITMA TEACHINGâ€“LEARNING-BASED OPTIMIZATION (TLBO)
Muhammad Budianoor Yudhifani, Ir. Roni Irnawan, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Model representasi bus dalam analisis aliran daya [37]..... 25
Gambar 2. 2. Pemodelan konfigurasi SVC [40] 29
Gambar 2. 3. Karakteristik umum V-I (a) dan V-Q (b) SVC [5]..... 30

Gambar 3. 1. Diagram alir penelitian..... 35
Gambar 3. 2. Diagram blok perancangan sistem 37
Gambar 3. 3. Diagram saluran tunggal sistem Gorontalo tahun 2025 38
Gambar 3. 4. Diagram saluran tunggal sistem Gorontalo tahun 2026 38
Gambar 3. 5. Diagram saluran tunggal sistem Gorontalo tahun 2027 39
Gambar 3. 6. Diagram saluran tunggal sistem Gorontalo bulan Maret 2025 41
Gambar 3. 7. Diagram blok integrasi Python dan DIgSILENT 47

Gambar 4. 1. Profil tegangan sistem Gorontalo 2025 tanpa SVC 54
Gambar 4. 2. Profil tegangan sistem Gorontalo 2026 tanpa SVC 56
Gambar 4. 3. Profil tegangan sistem Gorontalo 2027 tanpa SVC 58
Gambar 4. 4. Profil tegangan sistem Gorontalo 2025 menggunakan SVC..... 60
Gambar 4. 5. Profil tegangan sistem Gorontalo 2026 menggunakan SVC..... 62
Gambar 4. 6. Profil tegangan sistem Gorontalo 2027 menggunakan SVC..... 64
Gambar 4. 7. Kurva konvergensi TLBO skenario 2025-BPT SVC (a) dan 2025-BRT SVC (b) 65
Gambar 4. 8. Kurva konvergensi TLBO skenario 2026-BPT SVC (a) dan 2026-BRT SVC (b) 66
Gambar 4. 9. Kurva konvergensi TLBO skenario 2027-BPT SVC (a) dan 2027-BRT SVC (b) 67
Gambar 4. 10. Profil tegangan kondisi BPT *base case* dan setelah optimasi SVC 69
Gambar 4. 11. Profil tegangan kondisi BRT *base case* dan setelah optimasi SVC 69
Gambar 4. 12. Grafik perbandingan rugi daya dan biaya instalasi SVC 71

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI LOKASI DAN KAPASITAS STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV GORONTALO MENGGUNAKAN ALGORITMA TEACHINGâ€“LEARNING-BASED OPTIMIZATION (TLBO)
Muhammad Budianoor Yudhifani, Ir. Roni Irnawan, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Data perbandingan daya aktif dan daya reaktif pembangkit 42
Tabel 3. 2. Data perbandingan pembebanan transformator..... 42
Tabel 3. 3. Data perbandingan tegangan busbar 43
Tabel 3. 4. Data perbandingan aliran daya saluran 43
Tabel 3. 5. Validasi konsistensi respons SVC 45
Tabel 3. 6. Parameter Normalisasi Fungsi Objektif..... 49
Tabel 3. 7. Parameter Algoritma TLBO 50
Tabel 3. 8. Pseudocode Algoritma TLBO 51

Tabel 4. 1. Ringkasan Aliran Daya Sistem Gorontalo 2025 Tanpa SVC 53
Tabel 4. 2. Ringkasan Aliran Daya Sistem Gorontalo 2026 Tanpa SVC 55
Tabel 4. 3. Ringkasan Aliran Daya Sistem Gorontalo 2027 Tanpa SVC 58
Tabel 4. 4. Ringkasan Aliran Daya Sistem Gorontalo 2025 dengan SVC 60
Tabel 4. 5. Ringkasan Aliran Daya Sistem Gorontalo 2026 dengan SVC 61
Tabel 4. 6. Ringkasan Aliran Daya Sistem Gorontalo 2027 dengan SVC 62
Tabel 4. 7. Ringkasan Hasil Optimasi SVC 70
Tabel 4. 8. Hasil Sensitivitas Bobot pada Skenario 2027-BPT..... 72

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI LOKASI DAN KAPASITAS STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV GORONTALO
MENGGUNAKAN ALGORITMA TEACHINGâ€“LEARNING-BASED OPTIMIZATION (TLBO)
Muhammad Budianoor Yudhifani, Ir. Roni Irnawan, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

API = *Application Programming Interface*

B = Susceptansi

B_{SVC} = Susceptansi ekuivalen SVC

BPT = Beban Puncak Tahunan

BRT = Beban Rendah Tahunan

$C_{\text{inst},i}$ = Biaya instalasi SVC pada solusi ke-i

$C_{\max}$ = Biaya instalasi maksimum sebagai parameter normalisasi

FACTS = *Flexible AC Transmission Systems*

$f(x_i)$ = Nilai fungsi objektif pada solusi ke-i

GI = Gardu Induk

Grid Code = Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik

I = Arus listrik

$P_{\text{loss},i}$ = Rugi daya aktif total sistem pada solusi ke-i

$P_{\text{loss,base}}$ = Rugi daya aktif total sistem pada kondisi awal (*base case*)

P_{ij} = Daya aktif dari bus i ke bus j

PQ bus = Bus beban dengan daya aktif dan daya reaktif diketahui

PV bus = Bus generator dengan daya aktif dan tegangan diketahui

Q = Daya reaktif

Q_i = Kapasitas daya reaktif SVC pada solusi ke-i

Q_{SVC} = Daya reaktif yang diinjeksikan atau diserap oleh SVC

r_i = Bilangan acak pada interval $[0, 1]$

RUPTL = Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik

Slack bus = Bus referensi sistem tenaga listrik

SVC = *Static Var Compensator*

T_F = *Teaching Factor* pada algoritma TLBO

TLBO = *Teaching–Learning-Based Optimization*

V = Tegangan

$V_{\max}$ = Tegangan maksimum sistem

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI LOKASI DAN KAPASITAS STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV GORONTALO MENGGUNAKAN ALGORITMA TEACHINGâ€“LEARNING-BASED OPTIMIZATION (TLBO)
Muhammad Budianoor Yudhifani, Ir. Roni Irnawan, S.T., M.Sc., Ph.D., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$V_{\min}$ = Tegangan minimum sistem

w = Koefisien pembobot dalam fungsi objektif

x_i = Kandidat solusi ke-i dalam populasi

X_{mean} = Nilai rata-rata populasi pada iterasi tertentu dalam algoritma TLBO

Y_{ij} = Elemen matriks admitansi antara bus $i$dan bus j

Y_{bus} = Matriks admitansi sistem tenaga listrik

θ = Sudut fasa tegangan