

**ANALISIS PERBAIKAN KESTABILAN TEGANGAN
MENGUNAKAN SVC DAN OLTC PADA
SUBSISTEM SUMBAGUT 150 KV PROVINSI ACEH**

SKRIPSI

Diajukan Guna Melengkapi Sebagian Syarat
Dalam Mencapai Gelar Sarjana S-1
Program Studi Teknik Elektro



**Disusun oleh :
Lilik Priyo Atmojo
141220000020**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NAHDLATUL ULAMA
JEPARA
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul:

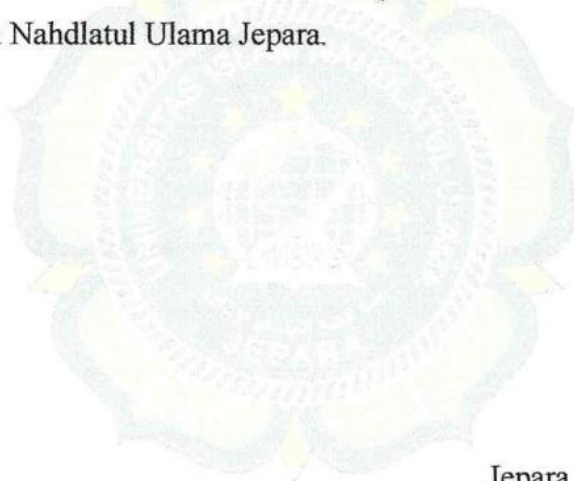
Analisis Perbaikan Kestabilan Tegangan Menggunakan SVC dan OLTC pada Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh

Oleh:

Lilik Priyo Atmojo

14122000020

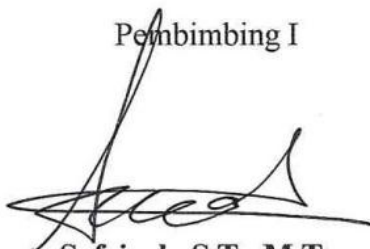
Telah disetujui pembimbing dan siap untuk dipertahankan di hadapan Dewan Penguji program Sarjana Strata 1 (S1) Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.



Jepara, 29 Maret 2019

Mengetahui,

Pembimbing I



Safrizal, S.T., M.T.

NIY. 3 751227 13 123

Pembimbing II



Zaenal Arifin, S.T., M.T.

NIY. 4 890621 17 231

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

Analisis Perbaikan Kestabilan Tegangan Menggunakan SVC dan OLTC pada Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh

Oleh:

Lilik Priyo Atmojo

14122000020

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 21 Maret 2019 oleh tim penguji Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.

Jepara, 29 Maret 2019

Mengetahui,

Sekretaris Sidang

Ketua Sidang



Dias Prihatmoko, ST. M.Eng.

NIY. 3 831212 13 098



Safrizal, S.T., M.T.

NIY. 3 751227 13 123

Penguji I



Dias Prihatmoko, ST. M.Eng.

NIY. 3 831212 13 098

Penguji II



M. Sagaf, S.T., M.T.

NIDN. 0623037705

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UNISNU JEPARA



Ir. Gun Sudiryanto, M.M.

NIY. 3 650524 98 104

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Lilik Priyo Atmojo

N.I.M : 141220000020

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Analisis Perbaikan Kestabilan Tegangan Menggunakan
SVC dan OLTC pada Subsistem Sumbagut 150 kV
Provinsi Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jepara, 29 Maret 2019

Penulis,



Lilik Priyo Atmojo

NIM. 141220000020

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lilik Priyo Atmojo
NIM : 141220000020
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

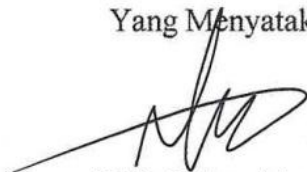
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, Hak Bebas Royalti Non Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Perbaikan Kestabilan Tegangan Menggunakan SVC
dan OLTC pada Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh**

Beserta perangkat yang ada, Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Jepara
Pada Tanggal : 29 Maret 2019

Yang Menyatakan



Lilik Priyo Atmojo

NIM. 141220000020

Abstrak

Sistem tenaga listrik, nilai tegangan bersifat fluktuatif karena dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain adalah impedansi jaringan dan aliran daya reaktif dalam sistem. Sistem tenaga listrik harus memiliki nilai tegangan yang tidak melebihi batas toleransi dan rugi-rugi daya yang izinkan. Batas toleransi yang diperbolehkan untuk variasi nilai tegangan adalah 5% diatas tegangan nominal dan 10% dibawah tegangan nominal. Tegangan berlebih dapat mempersingkat masa pakai peralatan, sedangkan tegangan di bawah standar dapat mengurangi performa dan efisiensi dari peralatan. Salah satu cara untuk melakukan perbaikan tegangan dengan pemasangan SVC (*Static Var Compensator*). SVC dapat mengkompensasi tegangan yang nilai variasinya melebihi toleransi. Studi kasus dalam penelitian ini adalah Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan, simulasi dan analisis. Simulasi aliran daya dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Simulasi dalam penelitian ini dilakukan pada kondisi waktu beban puncak (tingkat pembebanan 100%) dan waktu beban dasar (tingkat pembebanan 30%). Untuk memperoleh hasil yang lebih optimal juga dilakukan penggantian *tap* pada transformator. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemasangan SVC dan pengaturan OLTC dapat memperbaiki kualitas tegangan pada Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh. Tegangan terendah untuk kondisi waktu beban puncak adalah 95,18% dari tegangan nominal sedangkan kondisi waktu beban dasar tegangan tertingginya adalah 103,93% dari tegangan nominal

Kata kunci: *Perbaikan Tegangan, On Load Tap-Changer, Static Var Compensator, ETAP 12.6*

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan judul **“Analisis Perbaikan Kestabilan Tegangan Menggunakan SVC dan OLTC pada Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh”**.

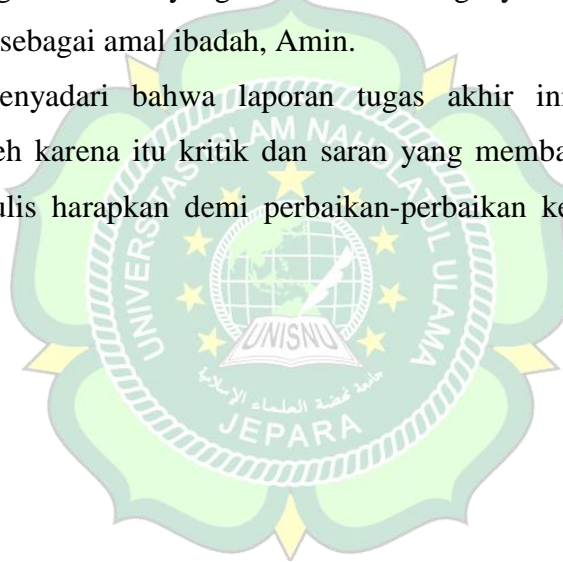
Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide, pemikiran maupun doa. Oleh karena itu dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberi bantuan moril maupun materil baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga, terutama kepada yang saya hormati:

1. Bapak Dr. Sa'dullah Assa'idi. M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.
2. Bapak Ir. Gun Sudiryanto, M.M., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.
3. Bapak Dias Prihatmoko ST.,M.Eng. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.
4. Bapak Safrizal ST.,MT. dan Bapak Zaenal Arifin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Skripsi atas segala bantuan dan bimbingannya yang telah diberikan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.
6. Bakti Mulyoso ST. selaku pemilik hak cipta sumber data Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh yang digunakan dalam penelitian ini.
7. Orang tua tercinta, Alm. Guntomo Rajin dan Ibu Karsih yang selalu memberikan dorongan dan inspirasi kepada penulis.

8. Kawan seperjuangan selama kuliah prodi teknik elektro angkatan kedua yaitu Abi Wafa, Agung Prasetyo, Aris Mahmuddin, Candra Rio, Ricky Apriyandi, Muh Anggarda Noru Toga, Yusuf Amsyary dan Agung Listio yang telah memberikan banyak motivasi dan bantuan.
9. Teman-teman KKN Unisnu 2018 Desa Blingoh Kecamatan Donorojo yang telah memberikan banyak motivasi kepada penulis.
10. Kawan-kawan alumni SDN Sukodono 03 lulusan 2008 yang telah memberikan banyak motivasi dan bantuan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segenap dukungannya.

Semoga segala bantuan yang tidak ternilai harganya ini mendapat imbalan di sisi Allah SWT sebagai amal ibadah, Amin.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan-perbaikan ke depan. *Amin Yaa Robbal 'Alamiin.*



Jepara, 29 Maret 2019

Penulis,

Lilik Priyo Atmojo

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN KEASLIAN SKRIPSI | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI..... | v |
| ABSTRAK | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 3 |
| | |
| BAB II LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.2 Sistem Transmisi..... | 7 |
| 2.3 Variasi Tegangan | 8 |
| 2.3.1. Jatuh Tegangan | 8 |
| 2.4 Daya | 9 |
| 2.4.1. Daya Aktif | 9 |
| 2.4.2. Daya Reaktif | 10 |
| 2.4.3. Daya Semu..... | 10 |
| 2.4.4. Faktor Daya | 10 |
| 2.4.5. Rugi - Rugi Daya..... | 11 |

| | | |
|--------------------------------|--|----|
| 2.5 | Sistem Per Unit | 11 |
| 2.6 | Studi Aliran Daya | 12 |
| 2.6.1. | Bentuk Persamaan Aliran Daya Secara Umum..... | 13 |
| 2.6.2. | Bilangan Kompleks | 15 |
| 2.7 | ETAP 12.6..... | 16 |
| 2.8 | Studi Aliran Daya pada ETAP | 19 |
| 2.8.1. | <i>Load Flow Toolbar</i> | 20 |
| 2.8.2. | <i>Study Case Editor</i> | 23 |
| 2.8.3. | Data yang Diperlukan untuk Simulasi <i>Load Flow</i> | 26 |
| 2.8.4. | Menyesuaikan Data yang Tersedia dengan Data yang Disyaratkan..... | 29 |
| 2.8.5. | <i>Optimal Capacitor Placement</i> | 31 |
| 2.9 | <i>Static VAR Compensator (SVC)</i> | 32 |
| 2.9.1. | Jenis-jenis SVC | 33 |
| 2.9.2. | Regulasi Tegangan pada SVC | 36 |
| 2.9.3. | Kontrol Daya Reaktif dan Koordinasi pada SVC..... | 37 |
| 2.9.4. | Penentuan Letak dan Kapasitas SVC | 38 |
| 2.10 | Pengaturan <i>Tap</i> Transformator | 40 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | | 41 |
| 3.1 | Diagram Alir Langkah Penelitian | 41 |
| 3.2 | Penjelasan dari Diagram Alur Penelitian | 42 |
| 3.2.1. | Studi Literatur dan Pengumpulan Data | 42 |
| 3.2.2. | Merumuskan Masalah | 42 |
| 3.2.3. | Membuat <i>One Line Diagram</i> dan Memasukkan Data pada <i>Software</i> ETAP | 42 |
| 3.2.4. | Melakukan Simulasi Aliran Daya | 43 |
| 3.2.5. | Mengatur <i>Tap Changer</i> pada Transformator..... | 43 |
| 3.2.6. | Menentukan Kandidat Bus & Menghitung Ukuran SVC..... | 43 |
| 3.2.7. | Penyusunan Laporan | 44 |
| 3.3 | Jadwal Penelitian | 44 |
| 3.4 | Alat dan Bahan..... | 45 |

| | |
|--|----|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 46 |
| 4.1 Hasil Simulasi Aliran Daya pada Kondisi Normal | 46 |
| 4.1.1 Hasil Perhitungan Impedansi Penghantar..... | 46 |
| 4.1.2 Profil Tegangan Setelah Simulasi pada Kondisi Normal | 46 |
| 4.2 Hasil Pengaturan <i>Tap</i> pada Transformator | 49 |
| 4.2.1 Pengaturan <i>Tap</i> pada Pembebanan 100%..... | 49 |
| 4.2.2 Pengaturan <i>Tap</i> pada Pembebanan 30%..... | 51 |
| 4.3 Hasil Penempatan SVC pada Jaringan..... | 53 |
| 4.3.1 Hasil Perhitungan Q_c Untuk Kompensasi Tegangan pada Beban Puncak | 53 |
| 4.3.2 Hasil Kombinasi SVC dan <i>Tap</i> Transformator untuk Kompensasi Jatuh Tegangan..... | 57 |
| 4.3.3 Hasil Perhitungan Q_L Untuk Kompensasi Lonjakan Tegangan pada Beban Dasar..... | 59 |
| 4.4 Kapasitas SVC dan <i>Setting</i> OLTC yang Tepat untuk Perbaikan Kualitas Tegangan pada Subsistem Sumbagut 150 kV Provinsi Aceh..... | 63 |
| BAB V PENUTUP..... | 65 |
| 5.1 Kesimpulan | 65 |
| 5.2 Saran | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA | 67 |
| LAMPIRAN..... | 69 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Perbandingan Tipe-tipe SVC | 35 |
| Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian..... | 44 |
| Tabel 3. 2 Alat dan Bahan | 45 |
| Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Impedansi Per Fasa..... | 46 |
| Tabel 4. 2 Profil Tegangan Hasil Simulasi Aliran Daya..... | 47 |
| Tabel 4. 3 Profil Tegangan Setelah Pengaturan <i>Tap</i> untuk Pembebanan 100% .. | 49 |
| Tabel 4. 4 Profil Tegangan untuk <i>Tap</i> yang Paling Sesuai pada Pembebanan 30% | 51 |
| Tabel 4. 5 Arus yang dikonsumsi beban setelah simulasi <i>Load Flow</i> | 54 |
| Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Q_c Melalui Perhitungan Manual dan Simulasi..... | 55 |
| Tabel 4. 7 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan SVC Hasil Perhitungan Manual | 56 |
| Tabel 4. 8 Profil Tegangan dari Hasil Penempatan SVC dan Pengaturan <i>Tap</i> | 57 |
| Tabel 4. 9 Profil Tegangan pada Pembebanan 30% dengan Pengaturan <i>Tap</i> dan Pemasangan SVC (Q_c) | 59 |
| Tabel 4. 10 Profil Tegangan Setelah Perhitungan Reaktor SVC | 61 |
| Tabel 4. 11 Profil Tegangan Setelah Perhitungan Reaktor SVC dengan Penyesuaian <i>Tap</i> | 62 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gambar 2. 1 | Gelombang Terjadinya <i>Overvoltage</i> dan <i>Undervoltage</i> | 8 |
| Gambar 2. 2 | Segitiga Daya untuk Hubungan antara <i>S, P & Q</i> | 10 |
| Gambar 2. 3 | Bus dengan Jalur Sumber, Beban dan Keluaran | 14 |
| Gambar 2. 4 | Logo Perangkat Lunak ETAP | 16 |
| Gambar 2. 5 | Elemen-elemen Input untuk <i>One Line Diagram</i> ETAP 12.6 | 18 |
| Gambar 2. 6 | Contoh <i>One Line Diagram</i> yang Telah Dibuat | 19 |
| Gambar 2. 7 | Ikon untuk <i>Load Flow Analysis</i> | 20 |
| Gambar 2. 8 | Ikon pada <i>Load Flow Toolbar</i> | 20 |
| Gambar 2. 9 | Ikon <i>Load Flow Study Case Editor</i> | 23 |
| Gambar 2. 10 | Pilihan Menu pada <i>Load Flow Study Case Editor</i> | 23 |
| Gambar 2. 11 | Setting Alert pada <i>Load Flow Study Case Editor</i> | 25 |
| Gambar 2. 12 | Ikon <i>Optimal Capacitor Placement</i> | 31 |
| Gambar 2. 13 | Hasil Simulasi <i>Optimal Capacitor Placement</i> | 31 |
| Gambar 2. 14 | Rangkaian SVC Tipe FC-TCR..... | 33 |
| Gambar 2. 15 | Rangkaian SVC tipe TSC-TC | 34 |
| Gambar 2. 16 | Rangkaian SVC tipe Inverter Self-Commutated | 34 |
| Gambar 2. 17 | Rangkaian SVC tipe Saturated Reactor (SR) | 35 |
| Gambar 2. 18 | Blok Diagram SVS Automatic Voltage Regulator..... | 36 |
| Gambar 2. 19 | Kurva SVC dengan regulasi tegangan yang lamban | 37 |
| Gambar 2. 20 | Kurva Karakteristik SVC | 38 |
| Gambar 2. 21 | Kurva Daya Reaktif pada Segitiga Daya..... | 39 |
| Gambar 3. 1 | Diagram Alur Langkah-langkah Penelitian..... | 41 |
| Gambar 4. 1 | Grafik Profil Tegangan antara Tingkat Pembebanan 30% dan 100% | 48 |
| Gambar 4. 2 | Grafik Profil Tegangan dengan <i>Tap Setting</i> Satu Sisi pada Tingkat Pembebanan 100% | 50 |
| Gambar 4. 3 | Grafik Profil Tegangan dengan <i>Tap</i> Pilihan Dibandingkan Kondisi Normal..... | 52 |

Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan antara Kondisi Awal, Setelah *Tap*,
Pemasangan SVC dan Kombinasi SVC+*Tap*..... 58

Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan antara Kondisi Awal, Setelah *Tap*,
Pemasangan Reaktor SVC dan Kombinasi Akhir SVC+*Tap*..... 63

