

SKRIPSI

**PERBAIKAN TEGANGAN JATUH SISTEM TENAGA
LISTRIK 150 KV SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN TAP
CHANGER BERBASIS LOAD FLOW DENGAN ETAP**

SYARIFUL IKHSAN

2010017111008



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

LEMBARAN PENGESAHAN
PERBAIKAN TEGANGAN JATUH SISTEM TENAGA LISTRIK 150 KV
SUMATERA BARAT MEGGUNAKAN TAP CHANGER BERBASIS
LOAD FLOW DENGAN ETAP

SKRIPSI

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

Oleh :

SYARIFUL IKHSAN
2010017111008

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Ir. Cahayahati, M.T
NIK : 930 500 331

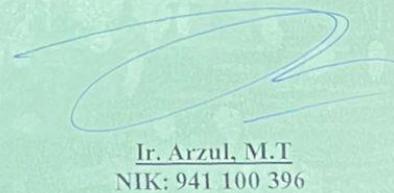
Diketahui Oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST, MT
NIK: 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,



Ir. Arzul, M.T
NIK: 941 100 396

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI

PERBAIKAN TEGANGAN JATUH SISTEM TENAGA LISTRIK 150 KV
SUMATERA BARAT MEGGUNAKAN TAP CHANGER BERBASIS LOAD
FLOW DENGAN ETAP



Oleh :

Syariful Ikhsan
2010017111008

Penguji I / Dosen Pembimbing

(Ir. Cahayahati, MT)
NIK/NIP: 930 500 331

Penguji II

(Dr. Ir. Hidavat, MT., IPM)
NIK/NIP: 960 700 420

Penguji III

(Dr. Ir. Ija Darmana, MT., IPM)
NIK/NIP: 940 700 335

ABSTRAK

Pada suatu sistem tenaga listrik umumnya menggunakan jaringan tegangan tinggi untuk menyalurkan daya listrik dari suatu pembangkit menuju ke pusat beban yang mempunyai jarak cukup jauh maka diperlukan transformator daya. Pada umumnya suatu sistem transmisi tegangan tinggi banyak mengalami gangguan, di mana salah satu gangguan tersebut adalah gangguan beban lebih, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tegangan pada sisi bagian ujung beban. Dengan mempertimbangkan kejadian di atas dan guna memulihkan kembali tegangan agar pelayanan beban maksimal maka perlu diambil beberapa alternatif di antaranya dengan menggunakan Tap Changer. Maksud dari penggunaan tap changer pada transformator agar transformator daya dapat bekerja lebih efisien. Di samping itu juga untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik dari tegangan jaringan primer yang berubah ubah. Hasil dari penelitian perbaikan under voltage dimulai dari tegangan yang mengalami under voltage terbesar yaitu pada bus 77 yang memiliki tegangan 19.421 kV. Setelah dilakukan perbaikan pada tap changer, tegangan pada bus 77 naik sebesar 20.164 kV. Pada simulasi kedua, under voltage terjadi pada bus 57 dengan tegangan 19.410 kV. Setelah dilakukan perbaikan tap changer, tegangan pada bus 57 naik sebesar 10.148 kV. Pada simulasi ketiga, under voltage terjadi pada bus 75 dan 76 yang memiliki tegangan 19.418. Setelah dilakukan perbaikan tap changer, tegangan pada bus 75 naik sebesar 20.161 kV. Namun terjadi penurunan pada bus 76 menjadi 19.494 kV.

Kata Kunci : Aliran Daya; Metoda Newton-Rapshon; Tap Changer; ETAP 19.0.1

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “*Perbaikan Tegangan Jatuh Sistem Tenaga Listrik 150 kV Sumatera Barat Menggunakan Tap Changer Berbasis Load Flow Dengan Etap*”

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.

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

1. Kepada kedua Orang tua saya yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayang hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.
2. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir. Arzul, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Ir. Arzul, M.T selaku Penasehat Akademis.
5. Bapak Ir. Cahayahati, M.T Selaku pembimbing Pembimbing Skripsi yang telah memberikan masukan yang banyak, dorongan dan pengarahan.
6. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Elektro angkatan 20 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.

Namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, 14 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|----------------------------|-----|
| 1.1 Latar Belakang Masalah | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-2 |
| 1.3 Batasan Masalah | I-2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | I-3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | I-3 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|-------|
| 2.1 Tinjauan Penelitian | II-4 |
| 2.2 Landasan Teori | II-6 |
| 2.2.1 Jatuh Tegangan | II-6 |
| 2.2.2 Studi Aliran Daya | II-7 |
| 2.2.3 Metode Newton-Raphson untuk Aliran Daya | II-9 |
| 2.2.4 Tap Changer | II-16 |
| 2.2.4.1 Fungsi Tap Changer pada Transformator | II-16 |
| 2.2.4.2 Cara Kerja Tap Changer | II-16 |
| 2.2.5 Penempatan On Load Tap Changer pada Sistem Tenaga | II-18 |
| 2.3 Hipotesis | II-19 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | |
|--|--------|
| 3.1 Alat dan Bahan Penelitian | III-20 |
| 3.1.1 Alat Penelitian | III-20 |
| 3.1.2 Bahan Penelitian | III-32 |
| 3.2 Studi Aliran Beban | III-34 |
| 3.3 Perbaikan tegangan sistem dengan tap changer trafo | III-40 |
| 3.4 Studi Aliran Beban | III-40 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|-----------|-------|
| 4.1 Hasil | IV-43 |
|-----------|-------|

| | |
|--|-------|
| 4.1.1 Sistem Kelistrikan Sumatera Barat | IV-43 |
| 4.1.2 Hasil Simulasi ETAP Load Flow Dalam Kondisi Normal | IV-49 |
| 4.1.3 Hasil Aliran Daya Pada Kondisi Normal Untuk Tegangan Bus 150 kV | IV-50 |
| 4.1.4 Hasil Aliran Daya Pada Kondisi Normal Untuk Tegangan Bus 20 kV | IV-52 |
| 4.1.5 Perhitungan Perubahan Tab Changer pada Trafo | IV-52 |
| 4.1.6 Simulasi Perbaikan Under Voltage dengan Perhitungan Perubahan Tab Changer Trafo | IV-53 |
| 4.1.6.1 Simulasi Perbaikan Pertama | IV-53 |
| 4.1.6.2 Simulasi Perbaikan Kedua | IV-55 |
| 4.1.6.3 Simulasi Perbaikan Ketiga | IV-57 |
| 4.2 Pembahasan | IV-58 |
| 4.2.1 Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat Kondisi Normal | IV-58 |
| 4.2.2 Simulasi Perbaikan Under Voltage dengan Perhitungan Perubahan Tab Changer Trafo | IV-59 |
| 4.2.2.1 Simulasi Perbaikan Pertama | IV-59 |
| 4.2.2.1 Simulasi Perbaikan Kedua | IV-59 |
| 4.2.2.1 Simulasi Perbaikan Ketiga | IV-60 |
| 4.3 Analisa | IV-60 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------|------|
| 5.1 Kesimpulan | V-62 |
| 5.2 Saran | V-63 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|--------|
| Gambar 2.1 Rangkaian Tap C | II-17 |
| Gambar 2.2 Penempatan OLTC | II-18 |
| Gambar 3.1 Logo Perangkat Lunak ETAP | III-20 |
| Gambar 3.2 Elemen-elemen Input untuk One Line Diagram ETAP 19.0.1 | III-21 |
| Gambar 3.3 Ikon untuk Load Flow Analysis | III-24 |
| Gambar 3.4 Ikon pada Load Flow Toolbar | III-24 |
| Gambar 3.5 Ikon Load Flow Study Case Editor | III-27 |
| Gambar 3.6 Pilihan Menu pada Load Flow Study Case Editor | III-27 |
| Gambar 3.7 Setting Alert pada Load Flow Study Case Editor | III-29 |
| Gambar 3.8 Alur Metode Penelitian | III-39 |
| Gambar 3.9 Diagram Alur Penelitian | III-41 |
| Gambar 4.1 Sebelum perbaikan 1 | IV-54 |
| Gambar 4.2 Setting tap trafo | IV-54 |
| Gambar 4.3 Setelah perbaikan 1 | IV-54 |
| Gambar 4.4 Sebelum perbaikan 2 | IV-55 |
| Gambar 4.5 Setting tap trafo | IV-56 |
| Gambar 4.6 Setelah perbaikan 2 | IV-56 |
| Gambar 4.7 Sebelum perbaikan 3 | IV-57 |
| Gambar 4.8 Setting tap trafo | IV-57 |
| Gambar 4.9 Setelah perbaikan 3 | IV-58 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-------|
| Tabel 4.1 Data Pembangkit | IV-43 |
| Tabel 4.2 Data Transformator | IV-43 |
| Tabel 4.3 Data Saluran Transmisi | IV-45 |
| Tabel 4.4 Data Bus Sistem | IV-47 |
| Tabel 4.5 Data Penghantar | IV-48 |
| Tabel 4.6 Hasil Aliran Daya Sistem Sumatera Barat Kondisi Normal | IV-49 |
| Tabel 4.7 Hasil Tegangan Tiap Bus Sumatera Barat | IV-51 |
| Tabel 4.8 Hasil Gangguan Under Voltage Bus Sumatera Barat | IV-52 |
| Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Posisi Tap Changer | IV-53 |
| Tabel 4.10 Hasil Simulasi Perbaikan Pertama | IV-55 |
| Tabel 4.11 Hasil Simulasi Perbaikan Kedua | IV-56 |
| Tabel 4.12 Hasil Simulasi Perbaikan Ketiga | IV-58 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem tenaga listrik merupakan bagian yang sangat vital serta perlu dijaga keandalan dan stabilitasnya karena berkaitan erat dengan sektor-sektor pemerintahan serta kelangsungan hidup manusia (Suripto, 2016).

Pembangkit, transmisi, dan distribusi saling terintegrasi dalam rangka menjaga kestabilan penyaluran energi listrik, karena ketidakstabilan sistem tenaga listrik dapat mengganggu kontinuitas pelayanan daya ke beban (Tanjung, 2021).

Terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi dalam penyaluran energi listrik diantaranya adalah “Jatuh Tegangan”. Jatuh tegangan dapat menyebabkan kerugian berupa kerusakan peralatan elektronik maupun mesin listrik untuk kegiatan produksi. Besarnya jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung pada beberapa faktor diantaranya jenis dan panjang saluran penghantar, sistem pembebanan transformator, faktor daya, besarnya jumlah daya terpasang dan faktor sambungan (*jointing*) kabel (Nopianto, 2015).

Jatuh tegangan didefinisikan sebagai selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan pada suatu jaringan (Asy'ari H., 2011).

Sistem kelistrikan merupakan salah satu kebutuhan yang harus terpenuhi dalam mendukung keberlangsungan aktivitas masyarakat. Pertumbuhan beban dari waktu ke waktu semakin bertambah dan harus diikuti dengan penyediaan daya listrik yang handal. Perubahan beban, komposisi unit pembangkit yang beroperasi, dan perubahan konfigurasi jaringan akan berdampak pada bervariasinya level tegangan pada gardu induk. Sistem transmisi dipaksa beroperasi pada batas stabilnya agar dapat mengikuti pertumbuhan yang berjalan sehingga sistem sering kali mengalami gangguan

maupun kerusakan. Umumnya, gardu-gardu listrik yang berada jauh dari pusat pembangkit listrik akan mengalami penurunan level tegangan yang cukup besar, sehingga diperlukan sistem kompensasi daya reaktif yang dapat mengikuti perubahan tegangan tersebut (Bangun, 2016).

Tap pengubah sadapan merupakan salah satu peralatan listrik yang banyak diaplikasikan dalam optimasi tenaga listrik. Optimasi penggunaan tap pengubah sadapan dilakukan dengan bantuan berbagai algoritma optimasi seperti algoritma genetika adaptif (Ganguly & Samajpati, 2017) dan Simulated Annealing Teaching Learning Based Optimization (Hosseinpour & Bastae, 2015).

Dari latar belakang tersebut penulis mengambil judul **“Perbaikan Tegangan Jatuh Sistem Tenaga Listrik 150 kV Sumatera Barat Menggunakan Tap Changer Berbasis Load Flow Dengan Etap”**.

Pada penelitian ini, peralatan tegangan tinggi yang menjadi fokus penelitian adalah transformator tenaga khususnya pada bagian tap trafo (Load Tap Changer). Melalui simulasi dengan software *Electric Transient And Program (ETAP)* 19.0.1 akan mempermudah proses penelitian dalam melihat dampak yang diberikan oleh tap trafo dalam memperbaiki tegangan di sisi terima. Dari penelitian ini akan dianalisis alokasi daya yang dibutuhkan untuk meningkatkan tegangan yang diteliti dengan menggunakan pengaturan posisi tap trafo di sistem kelistrikan Sumatera Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan yaitu bagaimana meminimalisir drop tegangan pada sistem kelistrikan Sumatera Barat dengan menggunakan tap changer ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan pembatasan masalah hanya melingkupi hal berikut :

1. Peralatan tegangan tinggi yang digunakan sebagai pengatur tegangan untuk perbaikan rugi daya transmisi hanya transformator, khususnya tap

trafo (Tap Changer).

2. Perbaiki parameter sistem hanya terkait perbaikan aliran daya sistem tidak membahas perbaikan $\cos \phi$ dan frekuensi.
3. Perbaiki sistem tenaga dilakukan saat on load.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai ialah untuk meminimalisir drop tegangan dengan menggunakan tap changer serta mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan tap changer trafo pada sistem kelistrikan Sumatera Barat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini bisa menambah pengetahuan tentang load flow, meningkatkan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang sistem tenaga listrik dan menjadi referensi bagi mahasiswa yang menyusun Tugas Akhir yang sama.