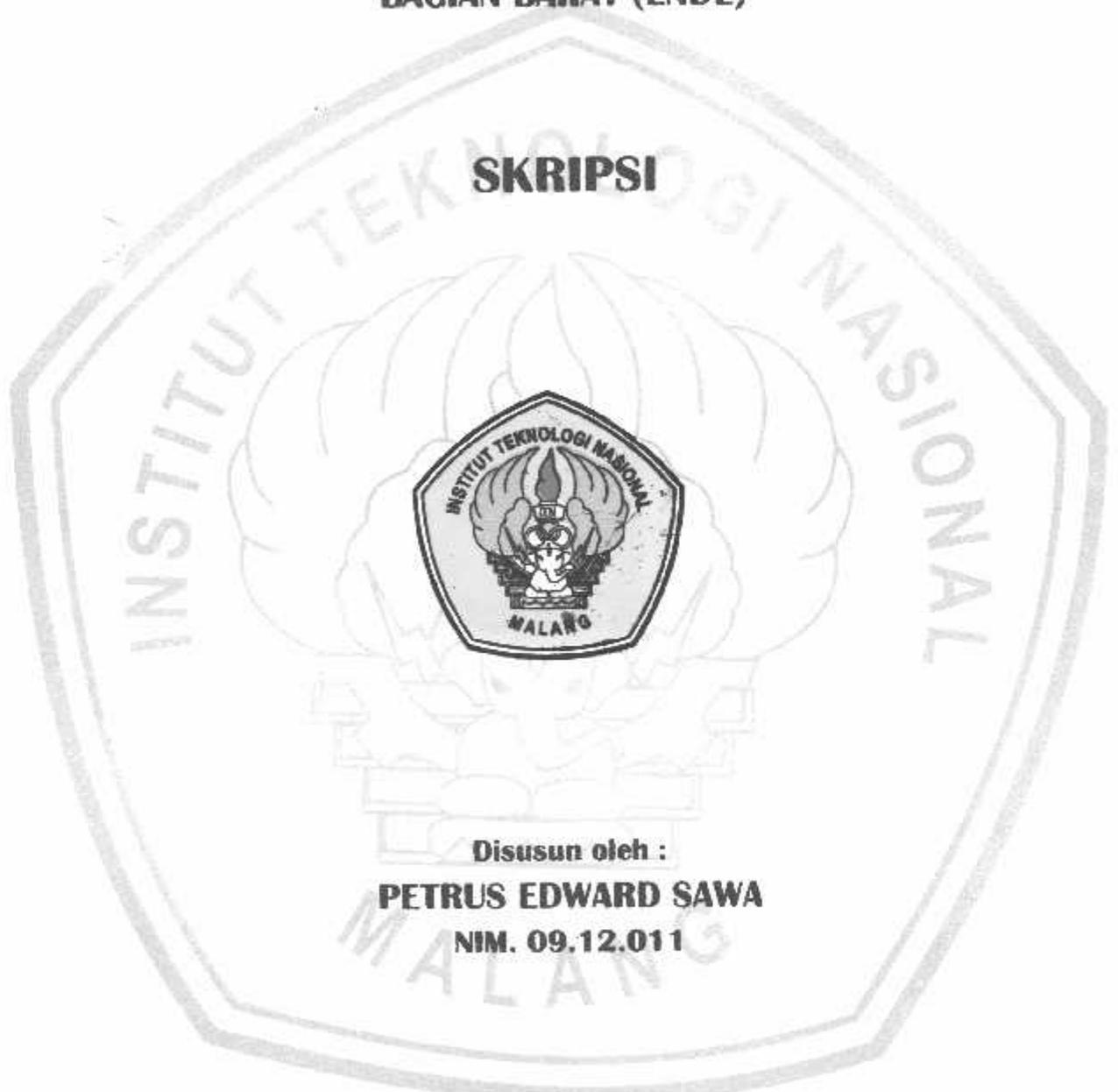


**PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC)
TRANSFORMATOR DAYA UNTUK MENGATASI
KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA JARINGAN SITEM
TENAGA LISTRIK DI PT.PLN (PERSERO) AREA FLORES
BAGIAN BARAT (ENDE)**

SKRIPSI



Disusun oleh :

PETRUS EDWARD SAWA

NIM. 09.12.011

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2014

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Petrus Edward Sawa
NIM : 09.12.011
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang telah dibuat adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran penuh, apabila di kemudian hari terdapat pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya selaku pembuat sekaligus penulis Skripsi ini bersedia menerima sanksinya.

Malang, Maret 2014

Pembuat pernyataan,



Petrus Edward Sawa
NIM. 09.12.011

**PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC) TRANSFORMATOR
DAYA UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA
JARINGAN SITEM TENAGA LISTRIK DI PT.PLN (PERSERO) AREA
FLORES BAGIAN BARAT (ENDE)**

Petrus Edward Sawa, NIM : 0912011

Dosen Pembimbing :

Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi,MSEE dan Bambang Prio,ST,MT

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

E-mail: edward_edoardosawa@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu masalah yang terdapat dalam sistem tenaga listrik adalah perubahan atau penurunan tegangan yang sering kali terjadi didalam penyaluran tenaga listrik. Untuk mengantisipasi tegangan keluaran transformator berubah-ubah, transformator utama gardu induk dilengkapi dengan pengubah sadapan berbeban (on load tap changer) yang bekerja terhadap setiap perubahan bebanya, sehingga tetap dapat terjaga agar tegangan yang diinginkan tetap konstan. Bila beban meningkat, alat pengatur tegangan ini akan menaikkan tegangan di gardu induk dengan mengatur sadapan transformator, guna mengatasi jatuhnya tegangan pada saluran distribusinya.

Dalam skripsi ini akan dibahas mengenai peralatan pengubah sadapan berbeban (on load tap changer) untuk menjaga pengoperasian transformator untuk menjaga kestabilan tegangan keluarannya. Dari analisa diperoleh bahwa dengan menaikkan tegangan pada gardu induk melalui perubahan tap pada transformator daya dan dapat meningkatkan tegangan ujung pelayanan hingga ke batas-batas toleransi.

Kata kunci: On Load Tap Changer, Transformator daya, drop tegangan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GRAFIK.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1. Teori Dasar.....	4
2.1.1. Transformator.....	4
2.1.2 Konstruksi Transformator	4
2.1.3 Prinsip Kerja Transformator	6
2.1.4 Keadaan Transformator Tanpa Beban	7
2.1.5 Keadaan Transformator Berbeban	8
2.1.6 Rangkaian Ekuivalen Transformator	8
2.2. Sistem Pengaturan	9
2.3. Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan	10
2.3.1 Analisa Aliran Daya	10
2.3.2 Faktor Daya	12
2.4. Pengaturan Dengan Menggunakan Transformator	13
2.4.1 Pengaturan Tegangan	14
2.4.1. Pengaruh Dari Jatuh Tegangan	15
2.4.3 Pengaturan Tegangan Pada Beban	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. konstruksi transformator tipe inti.....	5
Gambar 2.2. konstruksi lempengan logam inti transformator bentuk L dan U.....	5
Gambar 2.3. transformator tipe cangkang	5
Gambar 2.4. Konstruksi lempengan logam inti transformator bentuk E, I dan F	6
Gambar 2.5. Transformator Tanpa Beban	7
Gambar 2.6. Transformator dalam Keadaan Berbeban	8
Gambar 2.7. Rangkaian Ekuivalen Sebuah Transformator	9
Gambar 2.8. Rangkaian Sederhana Pembebanan Generator	10
Gambar 2.9. Segitiga Daya	13
Gambar 2.10. Dangkaian Diagram Satu Fasa	14
Gambar 2.11. Konstruksi sebuah auto transformator dengan sadapan pada belitan serinya	15
Gambar 2.12. Pengubah sadapan berbeban Tipe MS III 300 Y	16
Gambar 2.1.3. Penggunaan Pengubah Sadapan Berbeban Dalam Berbagai Rangkaian Belitan.....	17
Gambar 2.14. Bentuk Fisik On Load Tap Changer	18
Gambar 2.15. Posisi Perubahan Tap Transformator Dalam Keadaan Berbeban	19
Gambar 2.16. Bagian-Bagian Tap changer	20
Gambar 2.17. Oil Tap Changer	24
Gambar 2.18. Vacuum Tap Changer	24
Gambar 2.19. Switch Selector, Tap Selector, dan Diverter Switch	26
Gambar 2.20. Penampang Motor Drive	27
Gambar 3.1. Single Line Sistem Kelistrikan di PT PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende).....	31
Gambar 3.2. Program ETAP Power Station	36
Gambar 3.3. Flowchart Shortcircuit menggunakan <i>software ETAP power station</i>	37
Gambar 3.4. Single line sistem jaringan PT PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)	38

Gambar 3.5. <i>Input Rating Generator di ETAP Powerstation</i>	39
Gambar 3.6. <i>input Rating Trafo Penyulang (RSU)</i>	39
Gambar 3.7. <i>input Rating Trafo Penyulang Nangapanda</i>	40
Gambar 3.8. <i>input Rating Trafo Penyulang Arubara</i>	40
Gambar 3.9. <i>input Rating Trafo Penyulang Kota</i>	41
Gambar 3.10. <i>input Rating Trafo Penyulang Wolowaru</i>	41
Gambar 3.11. <i>input Rating Trafo Penyulang Ndona</i>	42
Gambar 4.1. Single line sistem kelistrikan PT.PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende).....	43
Gambar 4.2. Simulasi jatuhnya tegangan pada bus-bus Sebelum menggunakan sadapan berbeban (<i>On Load Tap Changer</i>) Menggunakan <i>software</i> <i>ETAP power station</i>	44
Gambar 4.3. Simulasi jatuhnya tegangan pada ujung penyulang atau tegangan ujung pada <i>software ETAP powerstation</i> sebelum menggunakan sadapan berbeban (<i>on load tap changer</i>)... ..	45
Gambar 4.4. Trafo penyulang Rumah Sakit Umum setelah memasang <i>OLTC</i>	47
Gambar 4.5. Trafo penyulang Nangapanda setelah memasang <i>OLTC</i>	48
Gambar 4.6. Trafo penyulang Arubara setelah memasang <i>OLTC</i>	48
Gambar 4.7. Trafo penyulang Kota setelah memasang <i>OLTC</i>	49
Gambar 4.8. Trafo penyulang Ndona setelah memasang <i>OLTC</i>	49
Gambar 4.9. Simulasi jatuhnya tegangan pada ujung penyulang atau tegangan ujung pada <i>software ETAP power station</i> sebelum menggunakan sadapan berbeban (<i>on load tap changer</i>).....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Parameter Pembangkit Sistem Tenaga Listrik DI PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (ENDE).....	32
Tabel 3.2. Data Parameter Trafo Tenaga Listrik DI PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)....	32
Tabel 3.3. Data Saluran Penyulang R.S.U (Trafo 1).....	33
Tabel 3.4. Data Saluran Penyulang Nangapanda (Trafo 2).....	33
Tabel 3.4. Data Saluran Penyulang Arubara (Trafo 3).....	33
Tabel 3.5. Data Saluran Penyulang Kota (Trafo 4).....	34
Tabel 3.6. Data Saluran Penyulang Wolowaru (Trafo 5).....	34
Tabel 3.7. Data Saluran Penyulang Ndonga (Trafo 6).....	35
Tabel 4.1 Hasil simulasi jatuhnya tegangan pada masing-masing bus yang masih mengalami tegangan kritis/ <i>critical</i> sebelum menggunakan <i>On Load Tap Changer</i>	46
Tabel 4.2. Transformator Setelah Di <i>On Load Tap Changer (OLTC)</i>	50
Tabel 4.3. Hasil simulasi jatuhnya tegangan pada masing-masing bus yang masih <i>critical</i> akan menjadi <i>marginal</i> setelah menggunakan <i>On Load Tap Changer</i>	51
Tabel 4.4. Perbandingan tegangan hasil <i>on load tap changer</i> pada setiap bus.....	52
Tabel 4.5 Perbandingan aliran daya reaktif sebelum dan sesudah pemasangan <i>On Load Tap Changer</i>	53

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Perbandingan Hasil <i>On Load tap Changer (OLTC)</i> Sebelum dan Sesudahnya.....	53
Grafik 4.2 Rugi-Rugi Tegangan.....	53

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan tenaga listrik saat ini terus meningkat, dan masyarakat semakin banyak yang menggunakan peralatan elektronik, dimana peralatan elektronik menghendaki tegangan yang konstan. Karena pada umumnya peralatan elektronik menggunakan tenaga listrik yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik, maka hal tersebut menimbulkan suatu pemikiran yaitu bagaimana memberikan pelayanan tenaga listrik yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. [Bina Citakarya purba, 2009]

PT.PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) sebagai pengelola listrik berusaha untuk meningkatkan penyediaan tenaga listrik dan meningkatkan mutu pelayanan. Salah satu mutu tenaga listrik dinilai dari stabilitas tegangannya. Namun pada kenyataannya sulit mendapatkan tegangan yang konstan, karena adanya kerugian pada hantaran atau peralatan distribusi yang disebabkan pembagian beban listrik pada konsumen yang tidak merata. Untuk mempertahankan tegangan keluaran transformator tetap konstan, maka perlu adanya pemasangan pengubah sadapan berbeban (*on load tap changer*) pada transformator daya dan bekerja secara otomatis terhadap setiap perubahan bebannya, maka tegangan pengirim dapat dinaikan dan diturunkan sesuai dengan keadaan beban tersebut.

Adapun tujuan dari pemasangan menggunakan alat pengubah sadapan berbeban (*on load tap changer*) adalah agar penggunaan daya dan tegangan menjadi lebih ekonomis dan tidak merugikan bagi penggunaannya. Penelitian ini juga akan membahas pengaturan tegangan pada jaringan distribusi 20 KV menggunakan *on load tap changer* pada transformator daya, sehingga besarnya tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan perbaikan jatuh tegangan pada tegangan ujung terima yang berada jauh dari gardu induk. Sehingga di-harapkan setelah pemasangan *on load tap changer* yaitu agar profil tegangannya akan meningkat dan losses pada sistem akan berkurang.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang timbul adalah:

Bagaimana cara memperbaiki kualitas tegangan yang sering terjadi jatuhnya tegangan pada sisi ujung terima yang berada jauh dari sumber tenaga listrik. menggunakan pengubah sadapan berbaban (*on load tap changer*) dengan *software Etap powerstation*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Untuk mengetahui penggunaan pengubah sadapan berbaban (*on load tap changer*) sebagai usaha untuk memperbaiki kualitas tegangan pada jaringan distribusi, dengan cara diseting Tap nya pada *on load tap changer* transformator daya yang terletak di gardu induk itu sendiri.
2. sehingga besarnya tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan perbaikan jatuh tegangan pada tegangan ujung terima yang berada jauh dari gardu induk.

1.4. Batasan Masalah

Utuk lebih menyederhanakan permasalahan dalam skripsi ini maka di berikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *ETAP 7.0.0* untuk menentukan tap sating nya pada *on load tap changer* yang mengalami jatuh tegangan.
2. Analisa dilakukan membahas tentang jatuhnya tegangan untuk mengatasi kebutuhan daya reaktif pada jaringan sistem tenaga listrik menggunakan pengubah sadapan berbaban (*on load tap changer*)
3. Studi dilakukan di PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

1.5. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini antara lain:

1. Mencari bahan-bahan referensi yang berkaitan dengan *On Load Tap Changer (OLTC) Transformator, Daya reaktif* sebagai sumber literatur.

2. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)*
3. Menarik kesimpulan dari perbandingan sistem yang setelah menggunakan alat *On Load Tap Changer (OLTC) Transformator* dan sebelum menggunakan *On Load Tap Changer (OLTC) Transformator*

Adapun sumber data yang digunakan sebagai bahan untuk menyusun skripsi ini meliputi:

1. Sumber data primer yaitu: sumber data yang berasal dari peninjauan langsung pada objek pengamatan.
2. Dari *website* internet yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan sub bab, adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I :PENDAHULUAN

Berisi penguraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB II:KAJIAN PUSTAKA

Membahas tentang teori dasar tentang transformator daya, prinsip kerja transformator, serta pengaturantegangan menggunakan sadapan berbeban (*on load tap changer*)

BAB III: PENGATURAN DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN SADAPAN BERBEBAN (OLTC)TRANSFORMATOR

Berisi penguraian penjelasan mengenai data pengamatan serta perhitungan jatuh tegangan.

BAB IV:HASIL DAN ANALISA HASIL

Menguraikan tentang hasil simulasi dengan menganalisa hasil simulasi

BAB V: PENUTUP

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar Transformator

2.1.1. Transformator

Transformator merupakan komponen yang sangat penting peranannya dalam sistem tenaga listrik. Transformator adalah suatu peralatan listrik elektromagnetis statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandengan magnet dan bekerja prinsip kerja induksi elektromagnetis dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya, dan selain itu arus yang besar juga akan membutuhkan penampang kawat atau kabel yang besar dan ini akan memerlukan biaya yang lebih besar. Penyaluran tenaga listrik dari pembangkit (generator) ke pemakai (beban) biasanya menempuh jarak yang jauh. Sehingga untuk mengurangi susut daya yang diakibatkan oleh adanya rugi - rugi, maka diperlukan Transformator untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Transformator yang berkapasitas besar yang ada di pusat pembangkit dan di gardu induk disebut dengan Transformator Daya dan yang biasanya untuk melayani konsumen dikenal disebut dengan Transformator Distribusi. [Bima Citakarya, 2009]

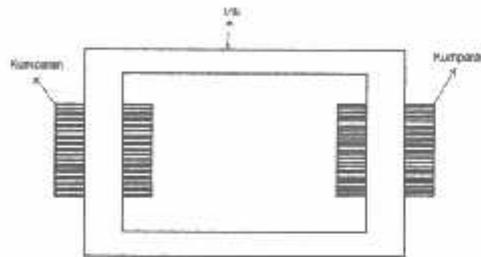
2.1.2. Konstruksi Transformator

Pada dasarnya transformator terdiri dari kumparan primer dan sekunder yang dibelitkan pada inti ferromagnetik. Transformator yang menjadi fokus bahasan disini adalah transformator daya.

Konstruksi transformator daya ada dua tipe yaitu tipe inti (*core type*) dan tipe cangkang (*shell type*). Kedua tipe ini menggunakan inti berlaminasi yang terisolasi satu sama lainnya, dengan tujuan untuk mengurangi rugi-rugi arus.

1. Tipe inti (*Core form*)

Tipe inti ini dibentuk dari lapisan besi berisolasi berbentuk persegi dan kumparan transformatornya dibelitkan pada dua sisi persegi. Pada konstruksi tipe inti, lilitan mengelilingi inti besi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Konstruksi transformator tipe inti (*core form*)

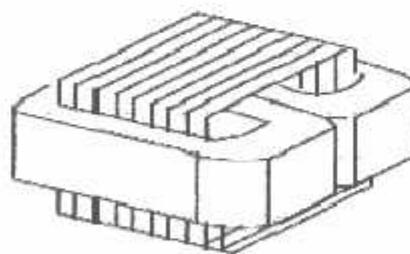
Sedangkan konstruksi intinya umumnya bebrbentuk huruf L atau huruf U. (Gambar 2.2.)



Gambar. 2.2 Konstruksi lempengan logam inti transformator bentul L dan U

2. Tipe cangkang (*Shell form*)

Jenis konstruksi transformator yang kedua yaitu tipe cangkang yang dibentuk dari lapisan inti berisolasi, dan kumparan dibelitkan di pusat inti. Pada transformator ini, kumparan atau belitan transformator dikelilingi oleh inti



Gambar 2.3. Transformator tipe cangkang (*shell form*)

Sedangkan konstruksi intinya umumnya berbentuk huruf E, huruf I atau huruf F seperti pada Gambar. 2.4 .



Gambar. 2.4. Konstruksi lempengan logam inti transformator bentuk E, I dan F

2.1.3. Prinsip Kerja Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah dan menyalurkan energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap - tiap keperluan misalnya, kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya jarak jauh. [Bima Citakarya, 2009]

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak - balik maka fluks bolak - balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi sendiri (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

e = gaya gerak listrik (ggl)

N = jumlah lilitan

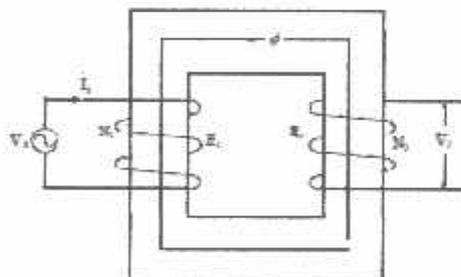
$\frac{d\phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet

Perlu diingat bahwa hanya tegangan listrik arus bolak - balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator. Sedangkan dalam bidang elektronika, transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak - balik antara rangkaian.

Tujuan utama menggunakan inti pada transformator adalah untuk mengurangi reluktansi (tahanan magnetis) dari rangkaian magnetis (*common magnetic circuit*)

2.1.4. Keadaan Transformator Tanpa Beban

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoidal, akan mengalirkan arus primer I_0 yang juga sinusoid dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni. I_0 akan tertinggal 90 dari V_1 .



Gambar 2.5. Transformator Tanpa Beban

Arus primer I_0 menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid

$$\Phi = \Phi_{max} \sin \omega t$$

Fluks yang sinusoidal ini akan menghasilkan tegangan. Induksi e_1 (Hukum Faraday)

$$e_1 = - N_1 \omega \Phi_{\max} \cos \omega t \text{ (Tertinggal } 90^\circ \text{ dari } \Phi \text{)}$$

Harga efektif

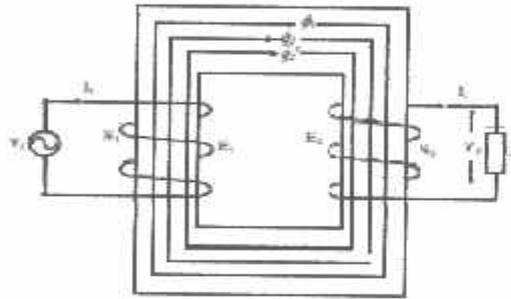
$$E_1 = 4,44 N_1 f \Phi_{\max}$$

Bila rugi tahanan dan adanya fluksi adanya fluksi bocor diabaikan akan terdapat hubungan

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots\dots\dots(2.2)$$

2.1.5. Keadaan Transformator Berbeban

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , I_2 mengalir pada kumparan sekunder, dimana $I_2 = V_2 / Z_L$ dengan $\cos \theta_2 =$ faktor kerja beban.



Gambar 2.6. Transformator dalam Keadaan Berbeban.

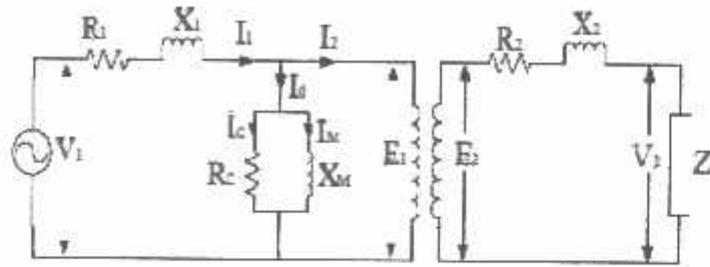
Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks (Φ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan I_m . Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2 , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , sehingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2$$

2.1.6. Rangkaian Ekuivalen Transformator

Tidak seluruh fluks yng dihasilkan oleh arus pemagnetan I_m merupakan fluks bersama (Φ_M), sebagian darinya hanya mencakup kumparan pimer (Φ_1) atau sekunder saja (Φ_2) dalam model rangkaian (rangkaiian ekuivalen) yang dipakai untuk menganalisis kerja satu transformator, adanya fluks bocor Φ_1 dan Φ_2 dengan mengalami proses transformasi dapat ditunjukkan sebagai reaktansi X_{ek} , sedangkan rugi tahanan ditunjukkan dengan R_{ek} .

Dengan demikian model rangkaian dapat dituliskan seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Rangkaian Ekuivalen Sebuah Transformator

Parameter transformator yang terdapat pada model rangkaian (rangkaiannya ekuivalen) R_c , X_m , R_{ek} dan X_{ek} dapat ditentukan besarnya dengan dua macam pengukuran (test) yaitu pengukuran beban nol dan pengukuran hubungan singkat.

2.2. Sistem pengaturan

Persoalan naik turunnya tegangan atau berkedip sangat penting, dan biasanya berhubungan dengan beban yang tidak normal pada sistem daya.

Ada tiga persyaratan utama untuk pengaturan tegangan

- Tegangan tidak boleh naik turun sangat besar atau berkedip
- Tegangan harus mendekati titik optimum tertentu
- Penyebaran tegangan tidak boleh lebih batas tegangan yang telah ditentukan

Meskipun kelangsungan catu daya dapat diandalkan, tidak mungkin mempertahankan tegangan pada sistem distribusi karena tegangan jatuh akan terjadi disemua bagian sistem dan akan berubah dengan adanya perubahan beban.

Bagaimanapun juga, harga pengaturan untuk tiap-tiap beban dengan bermacam-macam faktor daya dapat diperoleh dengan menggunakan rumus pengaturan dibawah ini:

$$\text{Presentase pengaturan} = \left(\frac{V_S - V_R}{V_R} \right) \times 100 \% \\ \left[\frac{IR \cos \varphi + IX \sin \varphi}{V_R} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

I = Arus saluran

R = Tahanan saluran

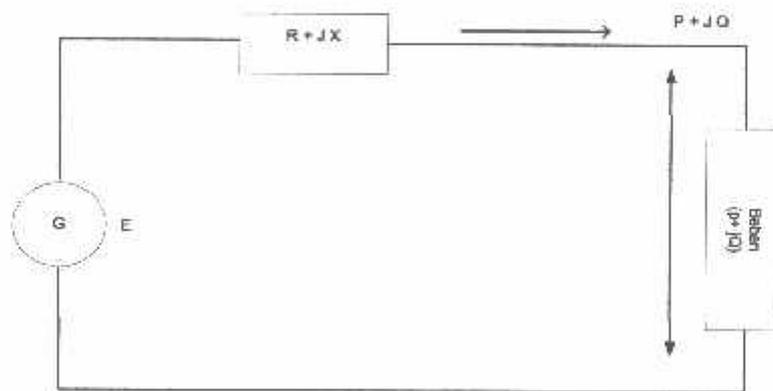
X = Reaktansi Saluran

φ = Sudut faktor daya

2.3. Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan

Sebagaimana yang telah diketahui bahwa pengendalian daya aktif berkaitan dengan pengendalian frekuensi sementara pengendalian daya reaktif berhubungan dengan pengendalian tegangan.

Persoalan sekarang adalah bagaimana antara daya reaktif dengan tegangan itu sendiri. Untuk melihat hubungan tersebut maka dapat dilihat pada persamaan gambar berikut ini.



Gambar 2.11. Rangkaian Sederhana Pembebanan Generator

Dalam operasi sistem yang andal tegangan generator harus dijaga pada range tegangan $0,95 \leq V \leq 1,05$ Pu, dimana untuk memenuhi hal tersebut maka dibutuhkan suatu pengendalian yang baik

2.3.1. Analisa Aliran Daya

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga

sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknis yang sudah di tetapkan sebelumnya.

a. Daya aktif

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [V] [I] \cos \varphi \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

V= Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

P = Daya rata-rata yang disebut juga daya aktif (Watt)

b. Daya Reaktif (Reactive Power)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (VAR) . Persamaan daya reaktif adalah:

$$Q = [V] [I] \sin \varphi \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Q = Daya reaktif (VAR)

c. Daya semu (apparent power)

Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif. Daya semu dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$S = [V] [I] \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

V= Tegangan (Volt)

I= Arus (Ampere)

Q= Daya Nyata (VA)

Ada dua macam daya reaktif yaitu: daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif

kapasitif adalah daya yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor, transformator, dan sebagainya.

2.3.2. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dalam satuan (Watt) dan daya reaktif dalam satuan (Volt Ampere) dan daya Reaktif (VAR) dari daya yang disalurkan oleh pusat-pusat pembangkit ke beban. Nilai faktor daya ini mempengaruhi jumlah arus yang mengalir pada saluran untuk suatu beban yang sama.

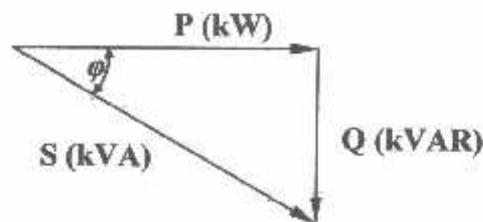
Faktor daya salah satunya disebabkan oleh penggunaan peralatan pada pelanggan yang menyimpang dari syarat-syarat penyambungan yang telah ditetapkan, dapat mengakibatkan pengaruh balik terhadap saluran, antara lain faktor daya yang rendah dan ketidakseimbangan beban.

Rendahnya faktor daya disebabkan karena melebarnya sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya yang terlalu rendah mengakibatkan rugi yang sangat besar pada saluran. Pergeseran sudut fasa antara arus dan tegangan ditentukan oleh sifat impedansi beban (resistif, induktif, kapasitif) yang dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik tersebut. Apabila beban mempunyai impedansi yang bersifat resistif, maka arus dan tegangan sefasa atau besarnya pergeseran sudut fasa sama dengan nol. Dengan demikian faktor daya sama dengan satu (*unity power factor*). [Krisida, R. U. 2009]

Impedansi beban bersifat induktif, maka vektor arus (I) terbelakang dari vektor tegangan (V), kondisi tersebut disebut faktor daya tertinggal (*lagging power factor*). Sedangkan untuk impedansi beban yang bersifat kapasitif, vektor arus (I) mendahului vektor tegangan (V), keadaan tersebut dinamakan faktor daya mendahului (*leading power factor*). dinyatakan oleh persamaan:

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya nyata (KW)}}{\text{Daya semu (kVA)}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini dapat digambarkan dalam diagram vector berikut



Gambar 2.12. Segitiga Daya

Dengan Faktor Daya:

$\text{Cos } \phi$	=	Faktor Daya
P	=	Daya Nyata (kW)
S	=	Daya Semu (kVA)
Q	=	Daya Reaktif (KVAR)

2.4. Pengaturan Dengan Menggunakan Transformator

Transformator merupakan suatu sarana untuk mengatur aliran daya baik nyata maupun reaktif. Konsep yang biasa tentang fungsi transformator dalam suatu sistem daya ialah sebagai pengubah dari suatu tingkat tegangan yang lain, seperti bila sebuah transformator mengubah tegangan suatu generator menjadi tegangan saluran transmisi. Tetapi transformator- transformator yang memberikan kemungkinan sedikit penyetelan pada besarnya tegangan, biasanya dalam daerah sekitar $\pm 10\%$ dan yang lainnya menggeser sudut fasa tegangan-tegangan saluran merupakan komponen-komponen yang penting dalam suatu sistem daya.

Hampir semua transformator menyediakan sadapan-sadapan pada kumparan untuk menyetel perbandingan transformasi dengan mengubah sadapan-sadapan pada kumparan untuk menyetel perbandingan transformasi tidak bertenaga. Suatu perubahan sadapan dapat dilakukan juga pada saat transformator bertenaga, dan transformator semacam ini disebut transformator pengubah sadapan berbeban. Pengubah sadapan ini terjadi secara otomatis atau manual dan dikerjakan oleh moto-motor yang memberikan reaksi pada rele-rele yang disetel untuk menahan pada tingkat yang telah ditentukan.

2.4.1. Pengaturan Tegangan

Suatu transformator daya yang dipergunakan pada sistem tenaga listrik dilengkapi dengan alat yang disebut dengan pengubah sadapan (*on load tap changer*). Pengubah sadapan berbeban adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik dari tegangan jaringan primer yang berubah-ubah.

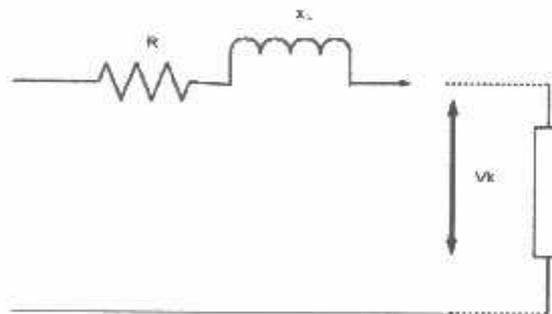
Pengubah sadapan dapat beroperasi atau bekerja untuk memindahkan sadapan transformator baik dalam keadaan tanpa beban (*of load tap changer*) ataupun dalam keadaan berbeban (*on load tap changer*) dan juga dapat beroperasi secara manual ataupun otomatis.

Kegunaan pengubah sadapan ini adalah mengatur atau menyesuaikan besaran tegangan sekunder keluar agar sesuai dengan yang diinginkan. Sebab pada umumnya letak dari pada beban adalah jauh dari sumber maka ini sangat penting untuk mengatasi terjadinya rugi-rugi tegangan

2.4.2. Pengaruh dari jatuh tegangan

Apabila jatuh tegangan yang terlalu besar akan mengakibatkan pengaturan jatuh tegangan yang tidak baik. Jatuh tegangan umumnya tergantung pada faktor arus, daya, tahanan dan reaktansi saluran, seperti yang digambarkan pada gambar

3.1. sehingga persamaan untuk jatuhnya tegangan $\Delta V = IR \cos \varphi + IX_L \sin \varphi$



Gambar 2.13. Dangkaian Diagram Satu Fasa

Dimana :

$$R = r \cdot l, (\text{ohm/fasa})$$

$$X_L = x \cdot l, (\text{ohm/fasa})$$

$$V_k = \text{Tegangan Ujung Pengirim (Volt)}$$

$$V_t = \text{Tegangan Ujung Penerima (Volt)}$$

Perlu diketahui bahwa factor daya yang jelek, jatuh tegangan pada tahanan saluran adalah kecil pengaruhnya jika dibandingkan dengan jatuh tegangan direaktansi saluran. Dari faktor inilah dapat dikurangi atau diperbaiki.

2.4.3. Pengaturan Tegangan Pada Beban

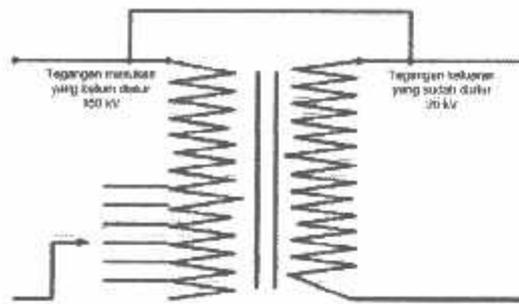
Jaringan distribusi untuk kawasan tertentu kegiatan operasi dikoordinir oleh pusat pengatur distribusi, terutama untuk mengatasi gangguan. Di Indonesia presentase daya listrik yang dipakai masih banyak untuk beban penerangan dan pemakaian terbesar dari penerangan listrik adalah masyarakat banyak. Adapun penerangan yang diperoleh dari lampu listrik yang sangat dipengaruhi oleh perubahan tegangan sehingga dipakai sebagai dasar tegangan adalah tegangan nominal lampu listrik. jadi diusahakan agar tegangan pada jaringan berada pada batas yang diperoleh untuk tegangan lampu listrik.

2.4.4. Pengatur Tegangan Pada Saluran

Pengatur tegangan pada saluran banyak digunakan untuk mengatur tegangan penyulang, agar tegangan yang sampai pada pelanggan masih berada pada batas-batas yang diijinkan.

Pengaturan tipe sadapan dapat berupa :

1. Tipe gardu induk berupa fasa tunggal, fasa tiga dan dipakai digardu induk mengatur tegangan pada rel/bus masing-masing dari penyulang tegangan menengah.
2. Tipe distribusi yang hanya berupa fasa tunggal dan dipasang ditiang saluran udara tegangan menengah. Pengaturan tipe sadapan pada dasarnya merupakan sebuah auto transformator dengan sadapan pada belitan serinya seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.14. Konstruksi sebuah auto transformator dengan sadapan pada belitan serinya.

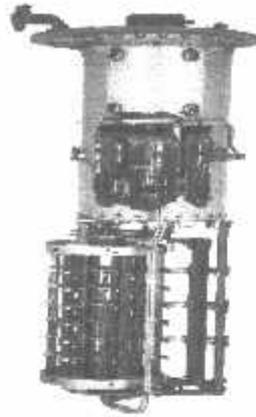
2.5. Pengubah Sadapan Berbeban Pada Transformator

Untuk mendapat mengatur tegangan primer pada jaringan distribusi dan menjaga tegangan sistem yang sampai pada pelanggan industry maupun domestik masih memenuhi syarat, secara umum dan praktis transformator dilengkapi dengan suatu alat, seperti pengatur tegangan berbeban (*on load tap changer*) yang terletak pada gardu induk. Untuk itu transformator utama di gardu induk yang memasok jaringan distribusi primer, dilengkapi dengan pengubah sadapan berbeban yaitu tegangan dapat diubah tanpa memutus sirkuitnya. Pengubah sadapan berbeban ini dapat mengubah perbandingan belitan dari transformatornya, sadapan dapat dibuat pada belitan tegangan tinggi maupun tegangan rendah.

Setiap pengubah sadapan (*tap changer*) mempunyai bermacam-macam model, tujuannya ini bermacam-macam menurut jumlah fasa, maksimum arus yang mengalir, ukuran, pemilih sadapan dan sebagainya. Sehingga pengkodean yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas sadapan tersebut. Sebagai contoh tipe MS III 300 Y yang dapat dilihat digambar 3.4.

Tipe MS III 300 Y, berarti :

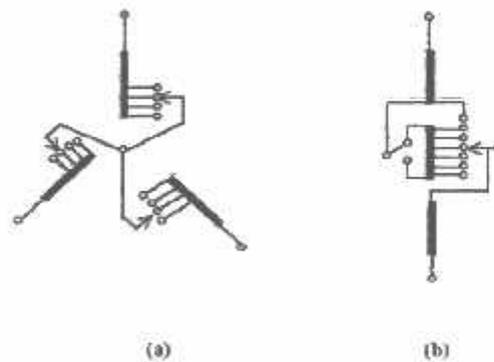
- MS = Tipe sadapan
- III = Jumlah fasa
- 300 = Maksimum arus yang mengalir
- Y = Terhubung bintang



Gambar 2.15. Pengubah sadapan berbeban Tipe MS III 300 Y

2.5.1 Pemakaian pengubah sadapan berbeban pada transformator

Pada transformator daya yang populer dan ekonomis dalam rangkaian pengubah sadapan berbeban adalah pengaturan belitan tegangan tinggi tiga fasa dan terhubung bintang dapat dilihat pada contoh tiga fasa pada gambar 3.5a. untuk hubungan satu fasa pengaturan tegangan dengan penggunaan sadapan berbeban dilihat pada contoh rangkaian satu fasa pada gambar 3.5b. untuk penempatan pengubah sadapan berbeban dapat dilihat pada gambar tersebut.



Gambar 2.16.

Penggunaan Pengubah Sadapan Berbeban Dalam Berbagai Rangkaian Belitan.

- a. Tiga Fasa
- b. Satu Fasa

2.5.2. Fungsi dan Prinsip Kerja Pengubah Sadapan Berbeban

Pengubah sadapan berbeban merupakan salah satu bagian utama transformator yang berfungsi untuk melayani pengaturan tegangan transformator, dengan cara memilih rasio tegangan tanpa harus melakukan pemadaman. Untuk

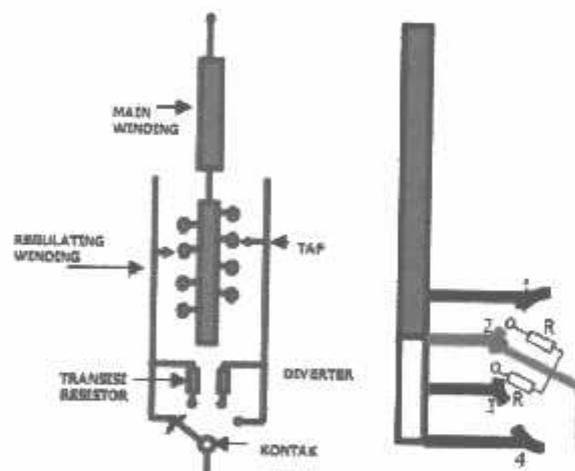
mendapatkan range yang luas didalam pengaturan tegangan pada kumparan utama transformator biasanya ditambah kumparan bantu (*tap winding*) yang dihubungkan dengan pemilih sadapan (*tap selector*) pada pengubah sadapan berbeban (OLTC).

2.6. Pengubah sadapan berbeban (*On Load Tap Changer*)

Pengubah sadapan berbeban (*on load tap changer*) digunakan untuk pengaturan tegangan pada saat kondisi transformator berbeban dan perubahan posisi *tap* tersebut tidak mempengaruhi kerja operasi transformator. Kontak *selector* di *desain* sedemikian rupa untuk menghindari adanya *loss contact*, meskipun kontak penghubung diposisikan di antara kedua *tap* yang akan dipindah posisinya. [Rachmad sutjipto, 2007]

Fungsi dari *On Load Tap Changer* (OLTC) adalah untuk menaikkan tegangan transformator atau menurunkan tegangan transformator yang sesuai dengan besar tegangan yang dibutuhkan sistem atau beban dalam kondisi berbeban. Konstruksi dari *On Load Tap Changer* terdiri dari beberapa bagian penting, yaitu:

1. *Diverter Switch*
2. *Tap Selector*
3. *Selector switch*

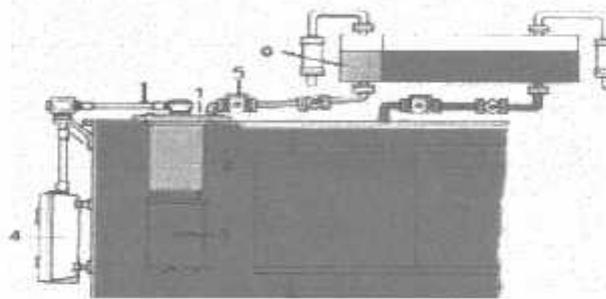


Gambar 2.17. Bentuk Fisik On Load Tap Changer

Dengan adanya nilai tegangan sistem yang tidak stabil, maka diperlukan sebuah alat yang digunakan untuk mengatur nilai tegangan keluarannya. Nilai tegangan sistem yang berubah-ubah ini biasanya terjadi pada sisi primer transformator, sehingga pada sisi primer inilah biasanya dipasang tap changer.

2.6.2. Bagian-Bagian Tap changer

Secara umum bagian-bagian dari tap changer dapat dibedakan menjadi sebagai berikut :



Gambar 2.19. Bagian-Bagian Tap changer

Keterangan :

1. Tap changer Head and Cover
2. Tap changer Oil compartment
3. Tap selector, diverter switch dan tahanan transmisi
4. Motor drive unit
5. Tap changer protective rele
6. Tap changer oil conservator

2.6.3. Tap Changer Head And Cover

Bagian ini merupakan tutup pelindung atas dari *tap changer*. Di sini terdapat beberapa saluran yang terhubung ke bagian luar antara lain:

- ❖ *Tap changer cover*, yaitu bagian ini merupakan penutup dan pelindung *tangki conservator* dari bagian luar.
- ❖ Saluran yang terhubung ke tangki minyak luar. Saluran ini digunakan untuk mengalirkan minyak dari tangki konservator ke *oil compartment*.

- ❖ Gear unit dan *drive shaft*, bagian ini merupakan penghubung bantu dari motor 3 fasa (sebagai penggerak) ke bagian *diverter switch* dan *tap selector* dari *tap changer*.
- ❖ *Bladeer valve*, bagian yang berfungsi untuk mengeluarkan minyak berlebih pada *oil compartment* saat terjadi gangguan pada *tap changer*.

2.6.4. Tap Changer Oil Compartment

Tap changer oil compartment merupakan tangki yang berisi *diverter switch*. *Compartment* ini terisi oleh minyak isolasi sebagai isolator dan bahan pendingin.

2.6.5. Panel Control Dan Motor Drive Unit

Panel control dan *Motor Drive* unit ialah sebuah tempat yang berisikan peralatan untuk mengoperasikan *tap changer*. Adapun bagian-bagian dari panel control dan *motor drive* ini adalah:

1. Motor ac tiga fasa yang berfungsi sebagai penggerak mekanik untuk mengganti nilai *tap* yang digunakan.
2. Kontaktor, Ada tiga buah kontaktor motor yang digunakan pada panel control ini. Masing-masing kontaktor ini mempunyai fungsi yang berbeda antara lain :
 - ❖ Kontaktor utama, berfungsi sebagai supply tegangan ke motor tiga fasa dan sebagai limit switch saat *tap* telah berada pada posisi yang tepat. Tegangan yang digunakan adalah tegangan AC 380V.
 - ❖ Kontaktor kedua dan ketiga berfungsi sebagai pembalik fasa motor sehingga motor dapat bekerja dengan dua arah putaran (ke kiri atau ke kanan). Pada bagian ini memanfaatkan peranan kapasitor pada motor listrik yang digunakan.
3. *MCB (Miniatur Circuit Breaker)*, berfungsi untuk pengamanan perangkat control *tap changer*
4. *Display Mekanik counter* dan posisi *tap*, berfungsi sebagai penampil untuk menunjukkan berapa kali *tap changer* sudah bekerja dan posisi atau kedudukan *tap* nya.

5. *Selector Switch* pada bagian ini ada dua pilihan pengontrolan ,yaitu pengontrolan remote atau local. Pengontrolan remote adalah pengontrolan *tap changer* yang dilakukan dari panel control di gardu induk. Sedangkan local adalah pengontrolan yang dilakukan secara manual di trafo atau langsung pada panel control dilapangan.
6. Engkol manual ,berfungsi untuk memindah *tap* secara manual. Cara yang dilakukan adalah dengan memutar seccara manual engkol ini.

2.6.6. Tap Changer Protective Rele

Rele ini berfungsi untuk mengamankan tekanan minyak berlebih pada minyak yang ada pada *diverter switch compartment* saat terjadi gangguan.

2.6.7. Tap Changer Oil Conservator

Tangki ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan suplai minyak untuk *tap changer*. Biasanya tangki ini juga digabung dengan tangki konservator transformator. Agar kedua minyaknya tidak tercampur,maka di dalam tangki konservator ini terdapat sekat pemisah.

2.7. Pembagian Proses Kerja Tap Changer

2.7.1. Berdasarkan Cara Pengoperasiannya:

Secara otomatis pada proses ini,kerja *tap changer* tergantung dari kerja sebuah sensor rele. Dalam hal ini di gunakan rele *AVR (automatic voltage rele)*. Rele AVR yang terletak di gardu induk ini yang akan memberikan trigger/rangsangan untuk mengganti nilai *tap* yang digunakan.

Berbeda dengan rele proteksi transmisi, rele ini hanya mendeteksi nilai sinkronisasinya pada satu fasa saja, sehingga nilai perubahan *tap* pada masingmasing fase akan selalu bersamaan.

secara manual, maka analisa kerjanya dapat kembali dibedakan lagi menjadi dua jenis,yaitu secara remote (pengoperasian dari panel gardu induk) atau local (langsung pada panel kontrolnya). [mirza fata alam, 2012]

2.7.2. Berdasarkan Ada Atau Tidaknya Pembebanan:

❖ **Off Load Tap Changer**

pada analisa ini *tap changer* dapat bekerja ketika bagian sekitarnya dalam kondisi tidak ada pembebanan ,sehingga di sekitar trafo tidak ada arus dan tegangan yang bekerja.Pengoperasian ini biasanya dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pemadaman untuk daerah kerja di sekitar transformator,sehingga *tap changer* hanya mampu bekerja ketika kondisi transformator dalam keadaan padam.

❖ **On Load Tap Changer**

pada analisa ini *tap changer* dapat bekerja ketika bagian sekitarnya dalam kondisi pembebanan,sehingga disekitar trafo ini ada arus dan tegangan yang bekerja, sehingga pengoperasian jenis *tap changer* ini dapat dilakukan tanpa melakukan pemadaman untuk daerah kerja sekitar transformator.

2.7.3. Peralatan Proteksi Tap Changer

Beberapa peralatan tersebut antara lain,adalah:

1. *Protective rele RS2001*

Rele ini berfungsi untuk mengamankan tekanan minyak berlebih pada minyak yang ada pada *diverter switch compartment* saat terjadi gangguan.

2. *Oil Conservator*

Bagian ini merupakan tempat penampungan cadangan minyak untuk main tank dan *diverter compartment* dimana ada pemisah antara bagian minyak main tank dan *diverter switch compartment*. Selain itu,pada bagian ini juga merupakan tempat keluaran kadar air yang menguap, sehingga kandungan air tidak akan tercampur di tangk *compartment diverter switch*.

3. *Silica Gel*

Silica gel ini merupakan alat pernafasan bagi minyak yang ada di dalam *oil conservator*,maksudnya adalah untuk mengurangi bahkan menghilangkan produksi uap air pada minyak yang ada di dalam *oil conservator* akibat dari adanya perbedaan suhu di luar dan di dalam *oil conservator*. Pada tabung tempat pengisian *silica gel* juga diberi minyak yang berfungsi untuk menyaring kotoran dari uap air yangdihasilkan.

4. *Integrated pressure relief diaphragm of the tap changer head cover.*

Rele ini mempunyai peranan yang penting ketika terjadi gangguan panas pada tangki *diverter switch*. Rele ini akan bekerja mengeluarkan minyak dari tangki karena pengaruh tekanan yang besar dari dalam tangki.

2.8. **Macam-Macam Tap changer**

Dilihat dari media isolatornya, maka *tap changer* tipe ini dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu:

1. *Oil Tap changer*

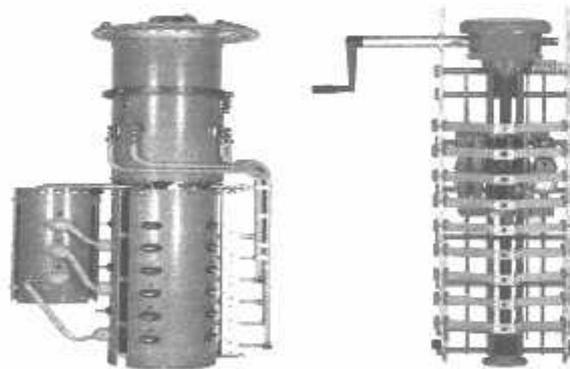
Tap changer jenis ini menggunakan media minyak sebagai isolatornya. Tipe *tap changer* yang satu ini merupakan media yang sering dipakai pada peralatan proteksi. Biasanya sudah digunakan di beberapa transformator saat ini.



Gambar 2.20. Oil Tap Changer

2. *Vacum tap changer*

Tap changer jenis ini merupakan tipe *tap changer* modern. Merupakan modifikasi baru dari *tap changer* karena tipe ini menggunakan media hampa udara di dalam tangki *compartment*. Media hampa ini merupakan pengganti minyak sebagai bahan isolatornya.



Gambar 2.21. Vacum Tap Changer

2.9. Kerusakan dan Pemeliharaan

Jenis kerusakan pada *tap changer* adalah sebagai berikut:

1. Resistor Putus

Beberapa penyebab putusnya kabel jumper *resistor* lainnya adalah karena kabel *jumper*/terminal kontak tidak bagus, usia yang sudah tua dan kerjanya yang bersifat *up* normal.

2. Flash Over Kontak.

Kerusakan ini ditandai dengan munculnya busur api pada kontak-kontak hubung *tap selector* dan *diverter switch*. Hal ini disebabkan adanya urat kabel yang lepas dan tidak teramankan menyentuh kontak *diverter switch/screen contact*.

3. Hardness Surface.

Permasalahan ini disebabkan karena bahan pelapis *roller* tidak bagus, sehingga tidak tahan dialiri arus saat terjadi pemindahan kontak.

4. Kontak menipis.

Permasalahan ini biasanya ditunjukkan dengan semakin menipisnya kontak hubung yang tersambung dengan *tap selector*.

Pemeliharaan jenis ini dapat dibagi dalam beberapa jenis, antara lain:

❖ Pemeliharaan Predektif

Contoh pemeliharaan tipe ini adalah pengujian sample minyak, dan juga pengujian abnormal noise.

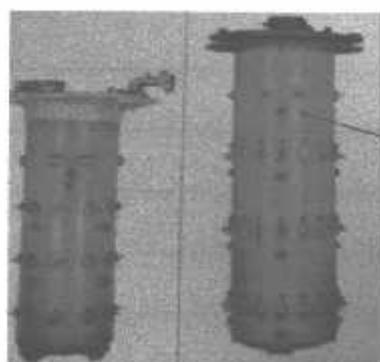
❖ Pemeliharaan Preventif

Inspeksi tahunan dan Penggantian minyak Contohnya adalah mengganti minyak, pelumasan, fungsi *counter*, visual check.

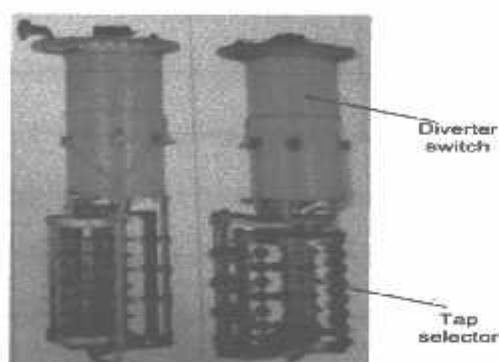
Overhaul/Pemeriksaan *diverter switch* Contohnya adalah memeriksa ketebalan kontak, nilai tahanan resistor, kekencangan baut-baut, kekuatan pegas. Penggantian kontak Contohnya adalah penggantian *stationary* dan *moving* kontak, penggantian transision resistor.

2.10. Prinsip kerja tap changer

Dalam proses tap-changing tersebut, bagian dari transformator yang paling berperan adalah tap-changer. Tap-changer terdiri dari motor drive dan selector switch. Namun untuk transformator yang bertegangan lebih tinggi, suatu tap-changer mempunyai susunan yang berbeda yaitu motor drive, tap selector, dan diverter switch.



Gambar 1 tipe I



Gambar 2 tipe II

Gambar 2.22. Switch Selector, Tap Selector, dan Diverter Switch.

Pada gambar 1 merupakan tap-changer dengan selector switch dan gambar 2 merupakan tap-changer dengan tap selector dan diverter switch. Perbedaan dari keduanya adalah konstruksi letak dari tap selektornya. Dimana pada jenis pertama letak tap selektornya menyatu didalam selector switch sedangkan pada jenis yang kedua letak tap selektornya berada dibawah diverter switch. Namun pada kedua jenis ini konstruksi tap selector dengan selector atau diverter switchnya masih satu poros. [Radiktyo Nindy, 2005]

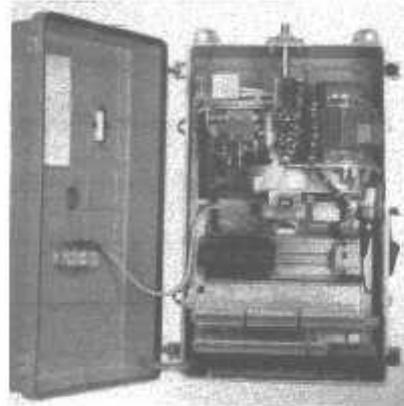
2.10.1. Motor drive

Tap-changer dioperasikan oleh sebuah motor drive yang dipasang diluar transformator. Dalam motor drive tersedia semua yang diperlukan dalam tap-changer. Kontrol dari motor drive menggunakan prinsip tahap demi tahap seperti pengoperasian penggantian posisi tap transformator.

Bagian-bagian dari motor drive antara lain:

- Wadah Pelindung
- Swing Frame
- Panel Indikasi Tap

- Lampu
- Gear Transmisi
- Gear Kontrol
- Terminal Kontak



Gambar 2.23. Penampang Motor Drive

1. Tap Selektor

Merupakan bagian yang dapat bergerak pada posisi tap yang diinginkan. Bagian ini adalah bagian yang paling rentan rusak dibandingkan bagian yang lain. Letak dari tap selector ada yang didalam diverter switch dan ada pula yang letaknya diluar tepat dibawah diverter switch.

2. Diverter switch

Pada umumnya diverter switch berbentuk tabung. Dalam tabung tersebut berisi lembaran resistor dan minyak. Bagian ini merupakan penghubung antara tap selector dengan kumparan-kumparan pada transformator karena bagian ini terhubung dengan lubang-lubang dimana kumparan transformator melekat dengan rasio lilitan kumparan yang berbeda

3. Selector swite

Bagian ini merupakan tap selector yang bergabung didalam diverter switch sehingga membentuk satu kesatuan. Design ini biasanya digunakan untuk tegangan step maksimum(rated) dibawah 2000V. Sedangkan untuk design tap-selektor-diverter switch digunakan pada tegangan step maksimum(rated) antara 2000V – 5000V.

2.10.2. Perawatan Tap Changer

1. Motor Drive

Bagian ini merupakan bagian yang jarang mengalami kerusakan. Contoh kerusakan pada bagian ini adalah pada ketidaktepatan indikator-indikator pada panel dan ketidaksesuaian kontrol panel dengan kontrol dari dapur EAF. Perawatan pada bagian ini kebanyakan hanya sekedar test-test apakah indikator pada panel masih bekerja dengan baik. Penutup/wadah motor drive harus diperhatikan. Pemutar manual tap-changer, pengunci wadah, pertukaran udara dalam wadah, lampu indikator, terminal koneksi, dan yang lainnya perlu dicek apakah masih layak untuk digunakan.

2. Tap Selektor

Bagian ini merupakan bagian yang paling sering rusak jika dibandingkan dengan motor drive dan diverter switch. Contoh kerusakan pada tap selektor adalah tap selektor berhenti tidak tepat pada tap yang dituju atau tap selektor macet tidak bisa digerakkan. Cara untuk mengatasi hal tersebut dengan memutar tap changer secara manual. Perawatan pada bagian ini hanya sekedar mengecek apakah pergeseran dari tap selektor masih lancar dan mengecek ujung dari tap selektor apakah masih layak. Apabila tap selektor sudah digunakan lebih dari 1500 kontak maka harus diservice atau diganti.

3. Diverter Switch

Bagian ini merupakan bagian yang jarang mengalami kerusakan tetapi mempunyai umur penggunaan. Contoh kerusakan pada bagian ini adalah berkurangnya dielektrik strenght dari minyak/ oli yang ada didalam diverter switch. Hal lain yang mungkin adalah kerusakan resistor pada diverter switch. Penanganan dari hal tersebut adalah mengganti oli maupun resistor dalam diverter switch. Perawatan bagian ini antara lain pengecekan kekuatan dielektrik strenght dari minyak /oli. Apabila sudah 45000 kontak,diverter switch harus diganti.

2.11. Kelebihan Dan Kekurangan Dari Tap Changer

Kelebihan

Sedangkan untuk kelebihan dari *tap changer* adalah :

- ❖ Sebagai media untuk mengatur nilai tegangan pada sisi keluaran sekunder.
- ❖ *Tap changer* terdiri dari beberapa tipe yang dapat dipilih sesuai dengan penggunaannya.
- ❖ Penerapan pemilihan *tap changer* biasanya telah disesuaikan dengan *winding* transformator.

Kekurangan

Dari beberapa fenomena-fenomena ini, maka dapat diambil beberapa kekeurangan dari *tap changer*, antara lain :

- ❖ Sering terjadi kerusakan pada beberapa bagian mekanik *tap changer*. Hal ini disebabkan karena pengaruh *tap changer* yang senantiasa selalu bergerak.
- ❖ Fenomena-fenomena yang terjadi sering menyebabkan kerentanan *tap changer* terhadap beberapa permasalahan, sehingga *tap changer* memerlukan sistem pengaman yang lebih.
- ❖ Jika terjadi kerusakan parah seperti retakkan atau patahan pada *tap changer*, maka perbaikan terhadap *tap changer* akan cenderung susah untuk dilakukan bahkan mungkin *tap changer* harus diganti dengan yang baru. Harga *tap changer* cenderung lebih mahal.

BAB III METODOLGI PENELITIAN

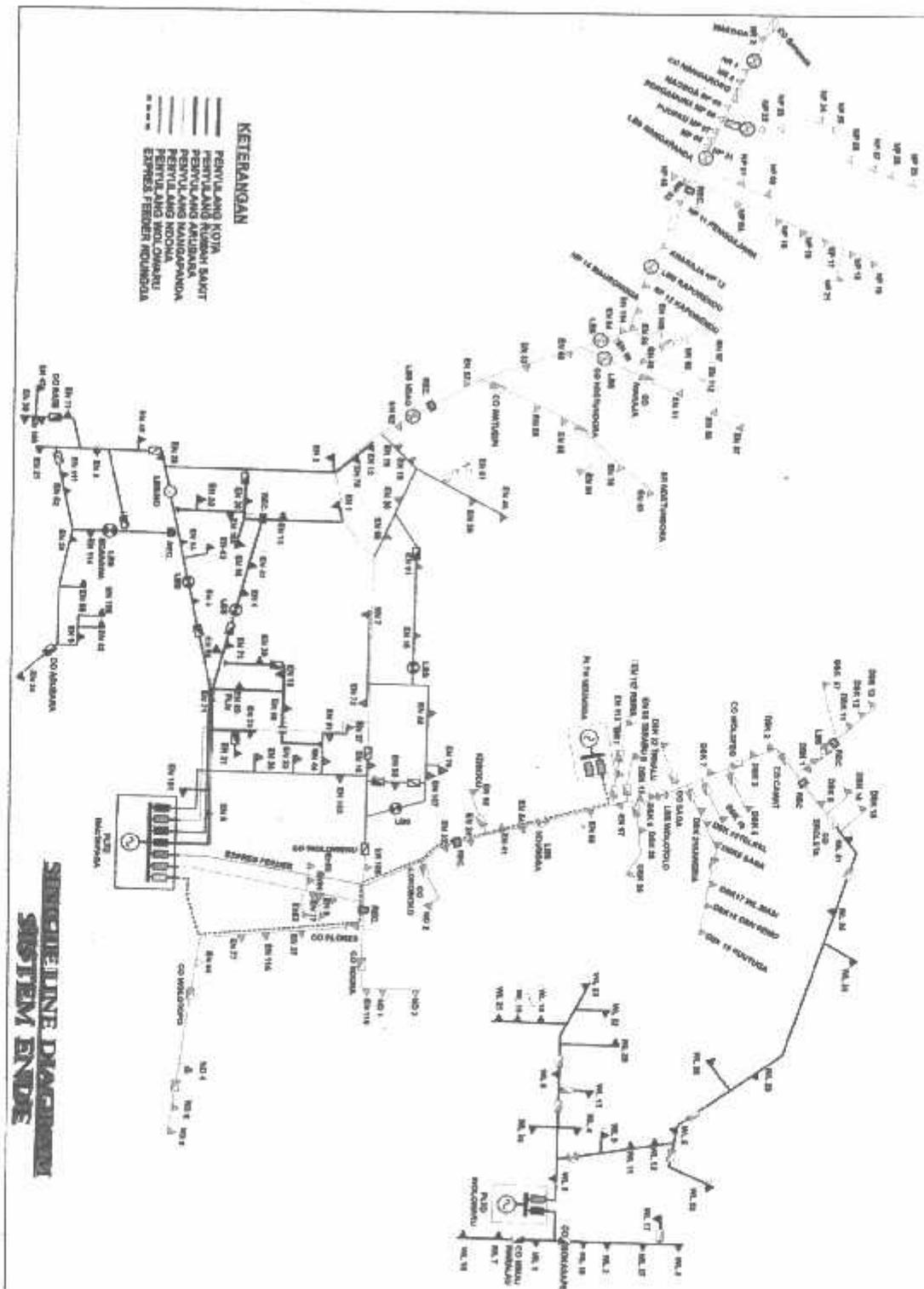
3.1. Gambaran Umum

Sumber utama yang dipakai di PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat adalah menggunakan tenaga *diesel* sebagai pembangkit utama dimana terdapat 15 buah mesin *diesel*.selain itu PT.PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) sebagai pengelola listrik berusaha untuk meningkatkan penyediaan tenaga listrik dan meningkatkan mutu pelayanan. Salah satu mutu tenaga listrik dinilai dari stabilitas tegangannya. Namun pada kenyataanya sulit mendapatkan tegangan yang konstan, karena adanya kerugian pada hantaran atau peralatan distribusi yang disebabkan pembagian beban listrik pada konsumen yang tidak merata. Untuk mempertahankan tegangan keluaran transformator tetap konstan, maka perlu adanya pemasangan pengubah sadapan berbeban (*on load tap changer*) pada transformator daya dan bekerja secara otomatis terhadap setiap perubahan bebannya, maka tegangan pengirim dapat dinaikan dan diturunkan sesuai dengan keadaan beban yang dibutuhkan konsumen, sehingga mengurangi jatuhnya tegangan di ujung teima/ujung penyulang.

3.2. Analisa Load Flow

Analisa Load Flow ini dilakukan pada perencanaan saluran distribusi pada PT.PLN. Cabang Flores Bagian Barat (Ende). Studi analisis ini menggunakan *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) power station versi 7.0.0* sebagai bahasa komputasi teknik untuk menganalisa fenomena dan rugi-rugi daya yang terjadi pada transformator daya dalam sistem kelistrikan yang terjadi pada ujung terima penyulang.

3.3. Single Line Sistem Tenaga Listrik Di PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)



Gambar 3.1
Single Line Sistem Kelistrikan di

PT PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

3.4. Data-Data Sistem Tenaga Listrik DI PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

3.4.1.Data Generator/Pembangkit

Tabel 3.1

Data Parameter Pembangkit Ssitem Tenaga Listrik DI PT.PLN (Persero)
Area Flores Bagian Barat (ENDE)

Lokasi / unit	Merck	Unit	Tegangan	Kapasitas		Daya	Efisiensi
			(kV)	(MVA)	(MW)	ϕ	%
PLTD MAUTAPAGA	1.DAIHATSU 2. NIGATA 3. YANMAR 4.DEUTZ	4 3 5 3	20	5	4,5	0,85	90

3.4.2. Data Trafo

Table 3.2

Data Parameter Trafo Gardu Induk Tenaga Listrik DI PT.PLN (Persero)
Area Flores Bagian Barat (Ende)

No	Transformer	Rating		
		MVA	Prim.kV	Sec.kV
1	Trafo_Arubara	2.000	20	0,4
2	Trafo_Kota	3.100	20	0,4
3	Trafo_ Nangapanda	0.900	20	0,4
4	Trafo_Ndona	1.000	20	0,4
5	Trafo_RSU	2.000	20	0,4
6	Trafo_Wolowaru	0,550	20	0,4

3.4.3. Data Trafo Tiang Tiap-Tiap Penyulang

No	Nama penyulang	Output Tarfo Gardu Induk (kV)	Alamat		Daya trafo kVA	Beban trafo (kW)			
1	Penyulang Kota	0,4	EN.101	Lorg.bitha beath	100	53.8			
			EN.31	Perumnas	160	122.6			
			EN.74	Jl.Melati Bawah	100	92.3			
			EN.124	Jl.Durian	50	54.6			
			EN.69	Jl.Nenas	100	45.6			
			EN.126	Jl.El tari	50				
			EN.89	Komp.PLN	100	44.8			
			EN.18	Jl.Nangka	100	70.4			
			EN.39	Jl. Masjid Raya	160	95.8			
			EN.123	Jl. Kelimutu	50	48.9			
			EN.88	Jl. Kelimutu	100	48.2			
			EN.73	Jl. Kelimutu	100	59.2			
			EN.4	Jl. Kelimutu	160	130.6			
			EN.43	Telkom	100	74.7			
			EN.98	Jl.Dewi Sartika	100	132.0			
			EN.13	Jl.Banteng	160	132.0			
			EN.1	Jl.Kartini	160	135.6			
			EN.102	Jl.Irian Jaya	50	2.5			
			EN.22	PT.Ani	160	62.5			
			EN.36	Jl.Sudirman	100	69.2			
			EN.25	Kantor pelni	160	81.8			
			EN.128	Pabean	50				
			EN.2	Jl.kartini	160	127.6			
			EN.75	Jl.Perwira	100	57.4			
			EN.12	Jl.Mahoni	100	79.2			
			Jumlah					2.730 kV	1821.1kW
			2	Penyulang arubara	0.4	EN.6	Jl.Gatot Subroto	200	113.1
EN.122	Jl. Gatot Subroto	100				81.0			
EN.71	Jl. Gatot Subroto	160				93.1			
EN.5	Jl.Ahmad Yani	160				90.1			
EN.42	Jl.Kali Mati	160				109.3			
EN.14	Jl.Khatedral	100				78.8			
EN.3	Jl.Gajah mada	160				78.1			
EN.45	Jl.Cumi-cumi	100				89.8			
EN.21	Jl.Ikan Tongkol	100				77.7			
EN.11	Jl.Ikan paus	160				118.3			
EN.105	Jl.Ikan paus	100							
EN.47	Jl.Komp.perikanan	100				28.8			
EN.122	Kel.Tanjung	50							
EN.38	Desa Rate	100				68.1			
EN.114	Bhoanawa	50				42.0			
EN.52	Walisongo	50				46.2			
EN.109	Walisongo	100							
EN.35	Bhoanawa	100				69.6			
EN.56	Jl.Mongosidi	100				73.5			
EN.34	Desa arubara	50				18.1			

			EN.9	Jl.Adisucipto	100	70.2
			EN.82	Komp.Pertamina	100	13.9
			EN.108	Lor.UPBA	50	34.4
			Jumlah		2.450	1337.5
					kV	kW
3	Penyulang RSU	0.4	EN.26	KLK	100	26.6
			EN.33	STM.Negeri	250	92.2
			EN.103	Jl.Anggrek	100	29.3
			EN.44	Jl.Durian	100	39.3
			EN.81	Jl.Melati	100	56.7
			EN.27	Jl.Melati	100	51.8
			EN.16	Jl.W.Z.Yohanes	100	101.9
			EN.127	Jl.W.Z.Yohanes	50	
			EN.55	RSU ENDE	200	13.7
			EN.76	Jl.Samratulangi	100	13.3
			EN.107	Jl.Samratulangi	100	
			EN.32	Jl.Samratulangi	100	47.3
			EN.72	Jl.W.Z.Yohanes	100	58.2
			EN.7	Jl.Wirajaya	200	131.8
			EN.15	Jl.Udayana	100	61.4
			EN.91	Jl.Udayana	100	41.1
			EN.99	Jl.Hayam wuruk	100	52.2
			EN.28	Jl.Hayam wuruk	160	83.5
			EN.19	Jl.Woloare (A)	100	52.2
			EN.79	Jl.Woloare (A)	50	0.6
			EN.29	Jl.Woloare (B)	50	24.5
			EN.121	Jl.Woloare (B)	50	1.0
			EN.46	Jl.Woloare (B)	50	37.7
			Jumlah		2.460	933.3
					kV	kW
4	Penyulang Ndona	0.4	EN.94	Barata	160	50.1
			EN.93	Telkomsel	50	
			EN.17	PDAM	160	70.3
			EN.8	Jl.Gatot subroto	160	125.8
			EN.106	Jl.Sambratulangi	100	48.0
			EN.115	Ktr.DesaNangesa	50	
			EN.125	Komp.Ktr.Camat	50	15.8
			EN.1	Desa Ndona	100	53.9
			EN.3	Desa Ndona	50	36.8
			EN.116	Jl.Flores A.kelimutu	100	36.8
			EN.37	Jl.Flores	100	27.7
			EN.77	Jl.Flores Aquamor	100	23.7
			EN.68	Jl.Flores (RRI)	50	23.7
			EN.4	Desa Wolotopo	50	19.3
			EN.6	Dsn. Detukera	16	
			EN.5	Desa Ngalupolo	50	
			Jumlah		1.346	5162 kW
					kV	
5	Penyulang Wolowaru	0.4	EN.83	Jl.Gatot sobroto	50	11.3
			EN.2	Desa Lokoboko	50	49.1
			EN.23	Desa Roworeke	100	46.4
			EN.24	Desa Rewarangga	50	38.1
			EN.118	Desa Rewarangga	50	
			EN.41	Desa Rewarangga	50	16.9

3.4.4. Data Saluran

Tabel 3.3 Data Saluran Penyulang R.S.U (Trafo 1)

NO	Section	Jenis/ Penampang	Tegangan	Jarak
			(kV)	(m)
1	BUS 26 - BUS 33	AAAC	0,4	500
2	BUS 3 - BUS 103	AAAC	0,4	531
3	BUS 103 -BUS 44	AAAC	0,4	616
4	BUS 44 - BUS 81	AAAC	0,4	496
5	BUS 81 - BUS 27	AAAC	0,4	687
6	BUS 27 - BUS 16	AAAC	0,4	687,7
7	BUS 16 - BUS 55	AAAC	0,4	487
8	BUS 55 - BUS 76	AAAC	0,4	555
9	BUS 76 - BUS 107	AAAC	0,4	597
10	BUS 107- BUS 32	AAAC	0,4	801
11	BUS 32 - BUS 72	AAAC	0,4	912
12	BUS 72 - BUS 7	AAAC	0,4	788,8
13	BUS 7 - BUS 15	AAAC	0,4	645
14	BUS 15 - BUS 91	AAAC	0,4	781
15	BUS 91 - BUS 99	AAAC	0,4	851
16	BUS 99 - BUS 28	AAAC	0,4	750
17	BUS 28 - BUS 19	AAAC	0,4	655
18	BUS 19 - BUS 79	AAAC	0,4	1000
19	BUS 79 - BUS 29	AAAC	0,4	1313
20	BUS 29 - BUS 46	AAAC	0,4	1403
21	BUS 4 - BUS 121	AAAC	0,4	1322

Tabel 3.4 Data Saluran Penyulang Nangapanda (Trafo 2)

NO	Section	Jenis/ Penampang	Tegangan	Jarak
			(kV)	(m)
1	BUS 62 - BUS 58	AAAC	0,4	680
2	BUS 58 - BUS 64	AAAC	0,4	798
3	BUS 64 - BUS 57	AAAC	0,4	591
4	BUS 57 - BUS 61	AAAC	0,4	897
5	BUS 61 - BUS 78	AAAC	0,4	987
6	BUS 78 - BUS 63	AAAC	0,4	492
7	BUS 63 - BUS 53	AAAC	0,4	554
8	BUS 53 -BUS 46	AAAC	0,4	645
9	BUS 57 - BUS 48	AAAC	0,4	796
10	BUS 48 - BUS 51	AAAC	0,4	898
11	BUS 51- BUS 87	AAAC	0,4	697
12	BUS 87- BUS 112	AAAC	0,4	750
13	BUS 112 -BUS 95	AAAC	0,4	920
14	BUS 95 - BUS 97	AAAC	0,4	1010
15	BUS 97 - BUS 96	AAAC	0,4	1209
16	BUS 96 - BUS 104	AAAC	0,4	1221
17	BUS 104 -BUS 65	AAAC	0,4	1321
18	BUS 65 - BUS 59	AAAC	0,4	1291
19	BUS 59 - BUS 86	AAAC	0,4	1511

Tabel 3.5. Data Saluran Penyulang Arubara (Trafo 3)

NO	Section	Jenis/ Penampang	Tegangan	Jarak
			(kV)	(m)
1	BUS 6 - BUS 71	AAAC	0,4	553
2	BUS 71 - BUS 5	AAAC	0,4	673
3	BUS 5 - BUS 42	AAAC	0,4	796
4	BUS 42 - BUS 14	AAAC	0,4	878
5	BUS 14 - BUS 3	AAAC	0,4	564
6	BUS 3 - BUS 45	AAAC	0,4	821
7	BUS 45 - BUS 21	AAAC	0,4	674
8	BUS 21- BUS 108	AAAC	0,4	856
9	BUS 108-BUS 11	AAAC	0,4	568
10	BUS 11 - BUS 105	AAAC	0,4	925
11	BUS 105-BUS 47	AAAC	0,4	867
12	BUS 47- BUS 38	AAAC	0,4	791
13	BUS 38 - BUS 114	AAAC	0,4	825
14	BUS 114-BUS 62	AAAC	0,4	905
15	BUS 62 - BUS 35	AAAC	0,4	870
16	BUS 3 - BUS 56	AAAC	0,4	955
17	BUS 56 - BUS 34	AAAC	0,4	1311
18	BUS 34 - BUS 9	AAAC	0,4	1489
19	BUS 9 - BUS 82	AAAC	0,4	1432

Tabel 3.6. Data Saluran Penyulang Kota (Trafo 4)

NO	Section	Jenis/ Penampang	Tegangan	Jarak
			(kV)	(m)
1	BUS 101 -BUS 31	AAAC	0,4	667
2	BUS 31 - BUS 74	AAAC	0,4	450
3	BUS 74 - BUS 69	AAAC	0,4	789
4	BUS 69 - BUS 89	AAAC	0,4	527
5	BUS 89 - BUS 18	AAAC	0,4	612
6	BUS 18 - BUS 39	AAAC	0,4	579
7	BUS 39 - BUS 88	AAAC	0,4	489
8	BUS 88 - BUS 73	AAAC	0,4	871
9	BUS 73 - BUS 4	AAAC	0,4	901
10	BUS 4 - BUS 43	AAAC	0,4	743
11	BUS 43 - BUS 98	AAAC	0,4	991
12	BUS 98 - BUS 13	AAAC	0,4	1012
13	BUS 13 - BUS 1	AAAC	0,4	1029
14	BUS 1 - BUS 102	AAAC	0,4	1102
15	BUS 102-BUS 22	AAAC	0,4	1125
16	BUS 22 - BUS 36	AAAC	0,4	1354
17	BUS 36 - BUS 25	AAAC	0,4	1203
18	BUS 25 - BUS 2	AAAC	0,4	1222
19	BUS 2 - BUS 12	AAAC	0,4	1402
20	BUS 12 - BUS 75	AAAC	0,4	1781

Tabel 3.7. Data Saluran Penyulang Wolowaru (Trafo 5)

NO	Section	Jenis/ Penampang	Tegangan	Jarak
			(kV)	(m)
1	BUS 83 - BUS 2	AAAC	0,4	672
2	BUS 2 - BUS 23	AAAC	0,4	541
3	BUS 23 - BUS 24	AAAC	0,4	568
4	BUS 24 - BUS 41	AAAC	0,4	710
5	BUS 41 - BUS 92	AAAC	0,4	581
6	BUS 92 - BUS 54	AAAC	0,4	645
7	BUS 54 - BUS 66	AAAC	0,4	673
8	BUS 66 - BUS 67	AAAC	0,4	543
9	BUS 67- BUS 113	AAAC	0,4	749
10	BUS 113- BUS 117	AAAC	0,4	546
11	BUS 117- BUS 85	AAAC	0,4	711

Tabel 3.8. Data Saluran Paenyulang Ndona (Trafo 6)

NO	Section	Jenis/ Penampang	Tegangan	Jarak
			(kV)	(m)
1	BUS 94 - BUS 93	AAAC	0,4	674
2	BUS 93 - BUS 17	AAAC	0,4	591
3	BUS 17 - BUS 8	AAAC	0,4	576
4	BUS 8 - BUS 106	AAAC	0,4	809
5	BUS 10 - BUS 115	AAAC	0,4	915
6	BUS 115 -BUS 1	AAAC	0,4	1004
7	BUS 1 - BUS 3	AAAC	0,4	899
8	BUS 3 - BUS 116	AAAC	0,4	1123
9	BUS 116- BUS 37	AAAC	0,4	1140
10	BUS 37 - BUS 77	AAAC	0,4	1044
11	BUS 77 - BUS 6	AAAC	0,4	1305
12	BUS 6 - BUS 68	AAAC	0,4	1451
13	BUS 68 - BUS 4	AAAC	0,4	1212
14	BUS 4 - BUS 5	AAAC	0,4	1135

3.5. ETAP Power Station Simulation

3.5.1. Perangkat Lunak ETAP Power Station

Etap power station merupakan perangkat lunak yang berbasis pemodelan dan penganalisa secara gratis pada suatu sistem tenaga listrik. pemodelan sistem tenaga listrik menggunakan tampilan single-line diagram pada edit mode. Untuk menganalisa pemasangan *on load tap changer* untuk memperbaiki kualitas tegangan pada ujung penyulang dengan pemodelan Etap Power Station.

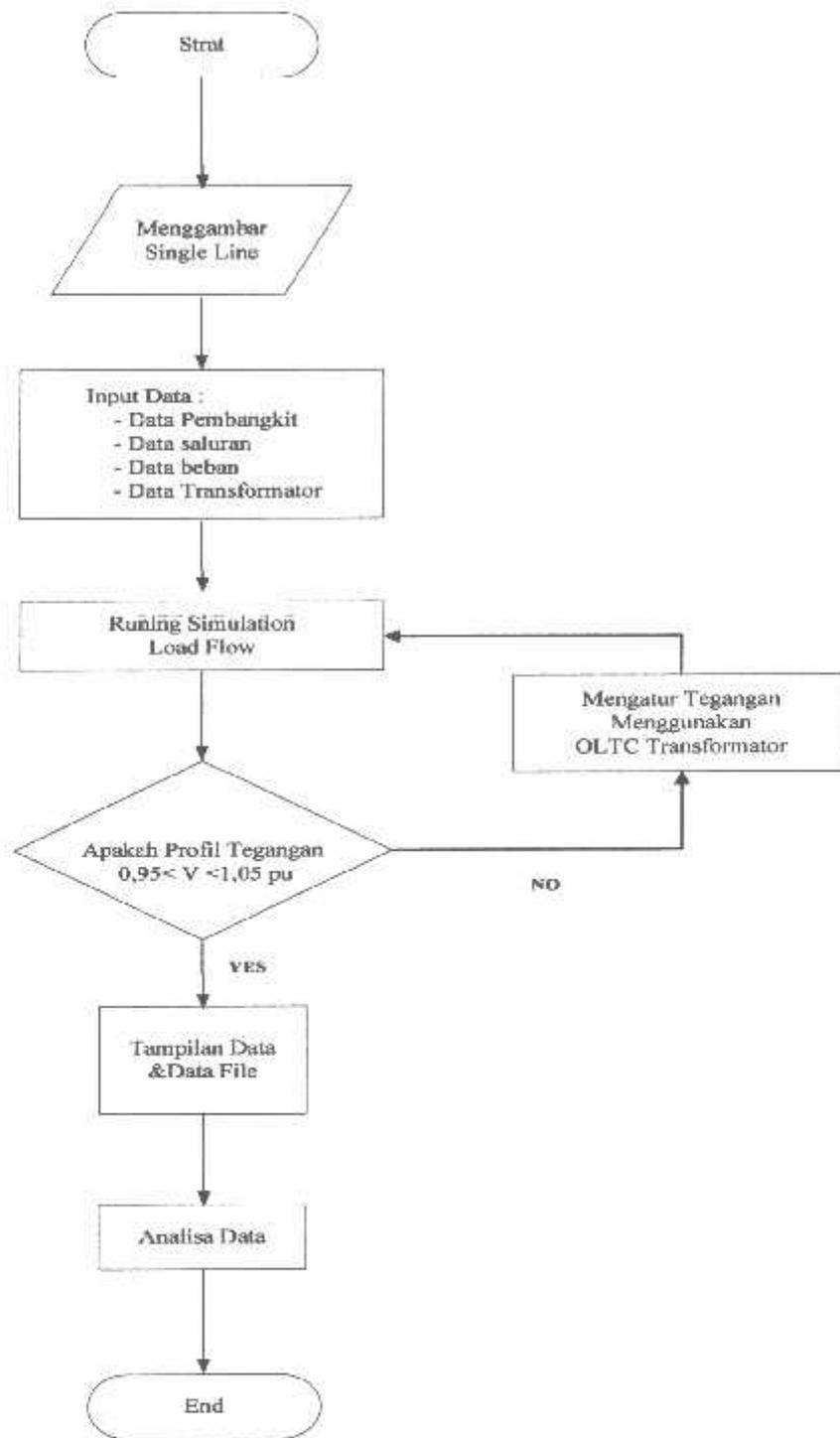


Gambar 3.2. Program ETAP Power Station

3.5.2. Algoritma simulasi ETAP Power Station

1. Mulai
2. Membuat Single Line Diagram Simulasi
3. Masukan data inputan :
Data pembangkit, Data Trafo daya ,
Data Beban, Data Saluran.
4. Mengecek Data Parameter
5. Melakukan Proses Ranning On Load Tap Changer
6. Mengecek apakah terjadi *Error report* :
Apabila "Ya" : Kembali Cetak Data Parameter lagi (kembali ke 4)
Apabila "Tidak" : Ke Proses Selanjutnya.
7. Dilakukan Cetak hasil
8. Selesai

3.6. Flowchart



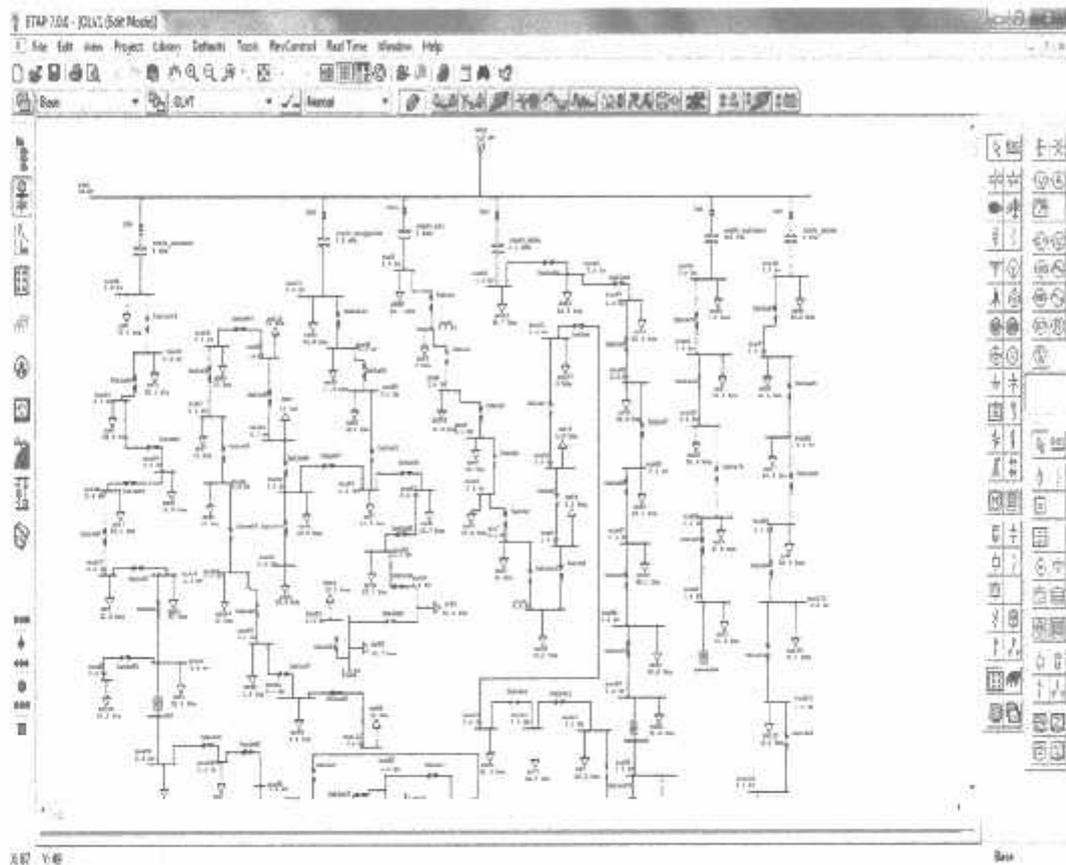
Gambar 3.3

Flowchart Shortcircuit menggunakan *software ETAP powerstation*

3.7. Perancangan simulasi menggunakan *ETAP powerstation*

3.7.1. Menggambar single line Diagram di *ETAP powerstation*.

Menggambar single line diagram pada software *ETAP powerstation* didasarkan pada single line diagram dari data yang diperoleh di sistem tenaga listrik di PT.PLN (persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)



Gambar 3.4

Single line sistem jaringan PT PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

3.7.2. Input Data Generator



Gambar 3.5 Input Rating Generator di ETAP Powerstation

Pada gambar 3.5. diatas adalah *input rating* dari generator dimana generator disini memakai kapasitasnya 20 kV/4,5 MW, sedangkan pF 90%, 5MVA, efisiensinya 95 %

3.7.3. Input data trafo ke 6 penyulang

1. Penyulang Rumah Sakit Umum (RSU)



Gambar 3.6. *input* Rating Penyulang (RSU)

Pada gambar 3.6. diatas menjelaskan bahwa input rating dri transformator pada penyulang R.S.U. Tegangan yaitu 20kV dan sekundernya 0,4 kV,dengan 2 MVA untuk maksimal MVA nya yaitu 2,1 MVA

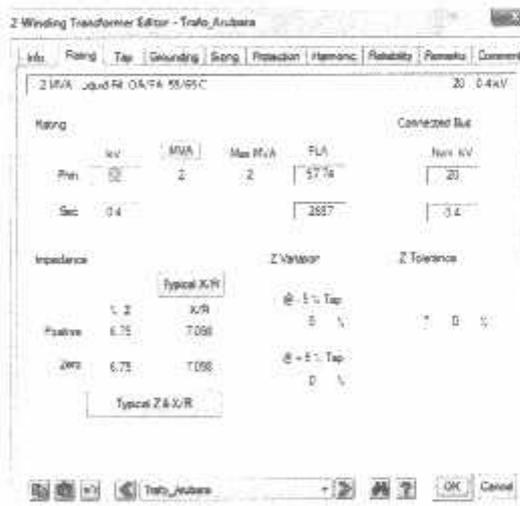
2. Penyulang Nangapanda



Gambar 3.7. input Rating Penyulang Nangapanda

Pada gambar 3.7. diatas menjelaskan bahwa input rating dri transformator pada penyulang Nangapanda. Tegangan yaitu 20kV dan sekundernya 0,4 kV,dengan 0,9 MVA untuk maksimal MVA nya yaitu 1 MVA

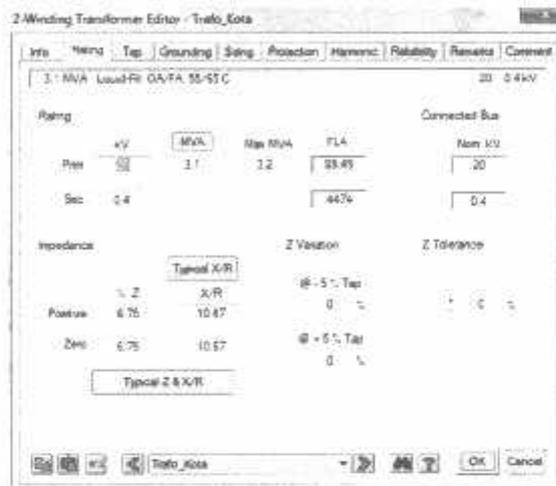
3. Penyulang Arubara



Gambar 3.8 input Rating Penyulang Arubara

Pada gambar 3.8. diatas menjelaskan bahwa *input rating* dri transformator pada penyulang Arubara. Tegangan yaitu 20kV dan sekundernya 0,4 kV,dengan 2 MVA untuk maksimal MVA nya yaitu 2 MVA

4. Penyulang Kota



Gambar 3.9 *input* Rating Penyulang Kota

Pada gambar 3.9. diatas menjelaskan bahwa *input rating* dri transformator pada penyulang Arubara. Tegangan yaitu 20kV dan sekundernya 0,4 kV,dengan 3,1 MVA untuk maksimal MVA nya yaitu 3,2 MVA

5. Penyulang Wolowaru



Gambar 3.10. *input* Rating Penyulang Wolowaru

Pada gambar 3.10. diatas menjelaskan bahwa *input rating* dri transformator pada penyulang Arubara. Tegangan yaitu 20kV dan sekundernya 0,4 kV,dengan 1 MVA untuk maksimal MVA nya yaitu 1 MVA

6. Penyulang Ndonga



Gambar 3.11. *input* Rating Penyulang Ndonga

Pada gambar 3.11. diatas menjelaskan bahwa *input rating* dri transformator pada penyulang Arubara. Tegangan yaitu 20kV dan sekundernya 0,4 kV,dengan 1 MVA untuk maksimal MVA nya yaitu 1 MVA

BAB IV

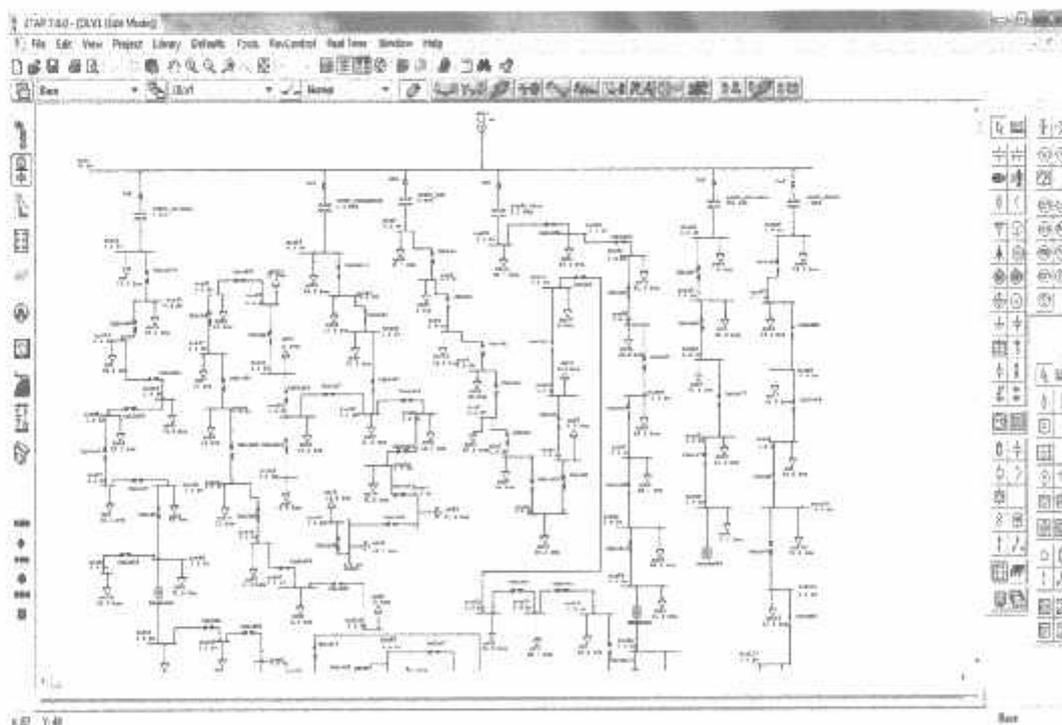
ANALISA DAN HASIL

4.1. Analisa Jaringan Kelistrikan PT.PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) Dengan Software ETAP Power Station

Analisa sistem jaringan menggunakan software ETAP dilakukan dengan membuat single line diagram pada *ETAP powerstation* dan memasukan data-data contohnya data pembangkit,data trafo, data beban,data saluran dan *On Load Tap Changer (OLTC)* itu sendiri.sehingga untuk memperbaiki jatuh tegangan pada jaringan distribusi 20 kV maka dilakukan untuk penyetingan pada *On Load Tap Changer (OLTC)* apabila terjadi jatuh tegangan/drop voltage.

Simulasi ini dilakukan pengambilan data dan perbandingan pada saat sesudah menggunakan sadapan berbeban (*On Load tap changer*) dan sebelum menggunakan (*On Load tap changer*).

Gambar dibawah ini adalah gambar dimana single line jaringan distribusi yang sudah digambar pada *software ETAP*.



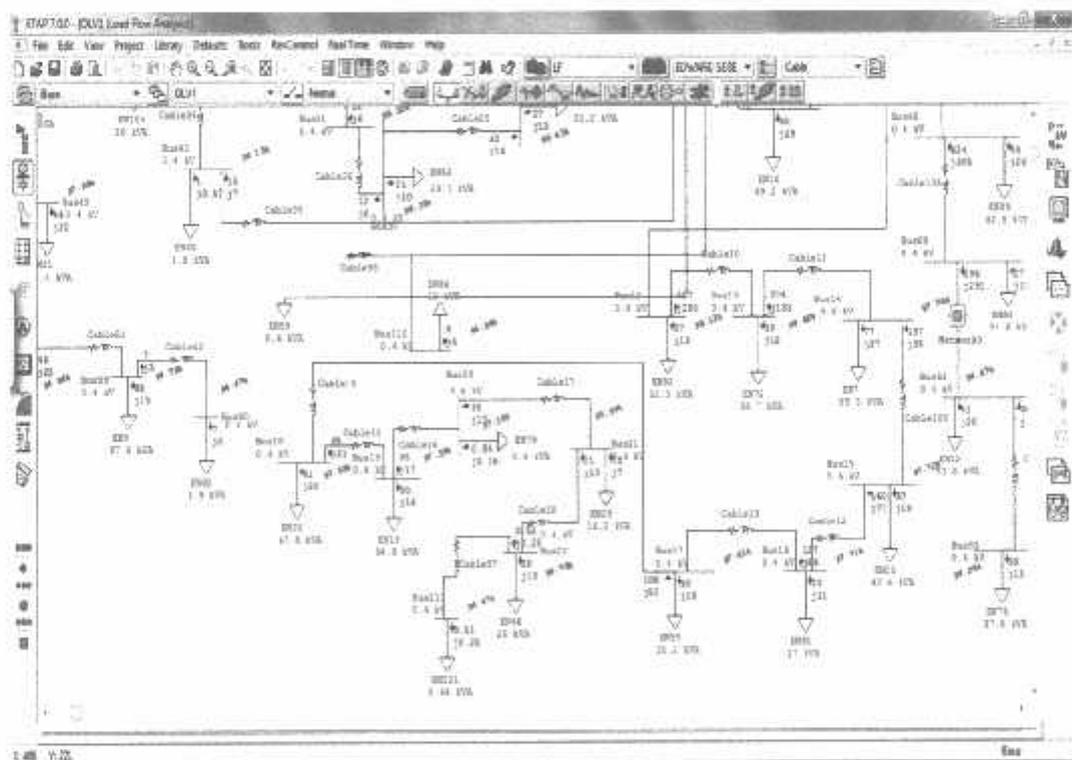
Gambar 4.1. Single line sistem kelistrikan PT.PLN (Persero)Cabang Flores Bagian Barat (Ende)

Setelah selesai menggambar single line diagram jaringan kelistrikan di ETAP *power station* pastikan semua data peralatan yang dimasukkan dengan benar, langkah selanjutnya adalah melakukan *load flow analysis* untuk mengetahui dimana letak jatuhnya tegangan atau turun tegangan terutama di ujung penyulang.

4.2. Analisa Jatuhnya Tegangan Sistem Distribusi 20 kV di PT.PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) Sebelum Menggunakan *On Load Tap Changer*

Sebelum kita melakukan penyeting *Tap changer* pada trafo terlebih dahulu perlu dilakukan penentuan nilai gangguan yang terjadi pada trafo dan jaringan, penentuan ini dilakukan disetiap trafo dan asumsikan bus-bus mana yang sering terjadi jatuh tegangannya atau *drop voltage*.

Berikut adalah gambar dimana pensimulasian sebelum menggunakan *On Load Tap Changer (OLTC)* pada ETAP:

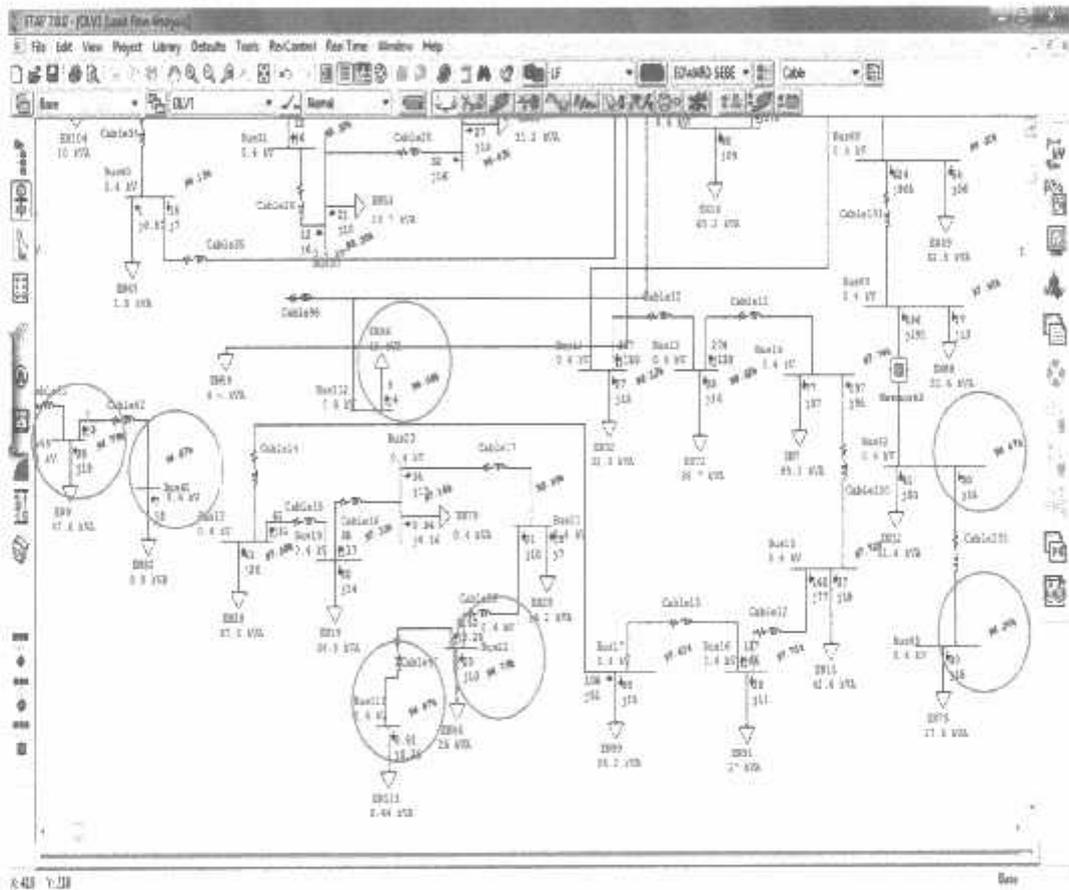


Gambar 4.2.

Simulasi jatuhnya tegangan pada bus-bus Sebelum menggunakan sadapan berbeban (*On Load Tap Changer*) Menggunakan software *ETAP power station*

Berdasarkan simulasi sebelum menggunakan sadapan berbeban (*On Load Tap Changer*) di atas yang dilakukan pada software ETAP *power station* maka dapat kita ketahui dimana bus-bus yang mengalami jatuh tegangan yang terletak di ujung penyulang atau tegangan ujung.

Di bawah ini adalah gambar hasil dari simulasi jatuh tegangan pada ujung penyulang atau tegangan ujung sebelum menggunakan sadapan berbeban (*On Load Tap Changer*)



Gambar 4.3.

Simulasi jatuhnya tegangan pada ujung penyulang atau tegangan ujung pada software ETAP *powerstation* sebelum menggunakan sadapan berbeban (*on load tap changer*)

Berdasarkan analisa sohort circuit yang dilakukan pada software *ETAP powerstation*. Maka dapat diketahui gangguan pada tegangan ujung yang mengalami turun tegangan pada setiap bus adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1

Hasil simulasi jatuhnya tegangan pada masing-masing bus yang masih mengalami tegangan kritis/critical sebelum menggunakan *On Load Tap Changer*

Device ID	Condition	Rating	Unit	% Operatig	(Pu)
Bus 107	Under voltage	0,4	kV	95,0	0,95
Bus 108	Under voltage	0,4	kV	94,8	0,94
Bus 109	Under voltage	0,4	kV	94,3	0,94
Bus 111	Under voltage	0,4	kV	94,5	0,94
Bus 112	Under voltage	0,4	kV	94,1	0,94
Bus 22	Under voltage	0,4	kV	94,8	0,94
Bus 39	Under voltage	0,4	kV	94,3	0,94
Bus 40	Under voltage	0,4	kV	94,1	0,94
Bus 41	Under voltage	0,4	kV	94,1	0,94
Bus 58	Under voltage	0,4	kV	95,0	0,94
Bus 59	Under voltage	0,4	kV	94,9	0,94
Bus 60	Under voltage	0,4	kV	94,8	0,94
Bus 79	Under voltage	0,4	kV	95,0	0,95
Bus 80	Under voltage	0,4	kV	94,5	0,94
Bus 82	Under voltage	0,4	kV	94,5	0,94
Bus 83	Under voltage	0,4	kV	94,3	0,94

Diketahui pada hasil *Load Flow* diatas bahwa untuk tegangan mengalami critical/kritis yaitu 0.94 pu sampai dengan 0,95 pu pada semua bus

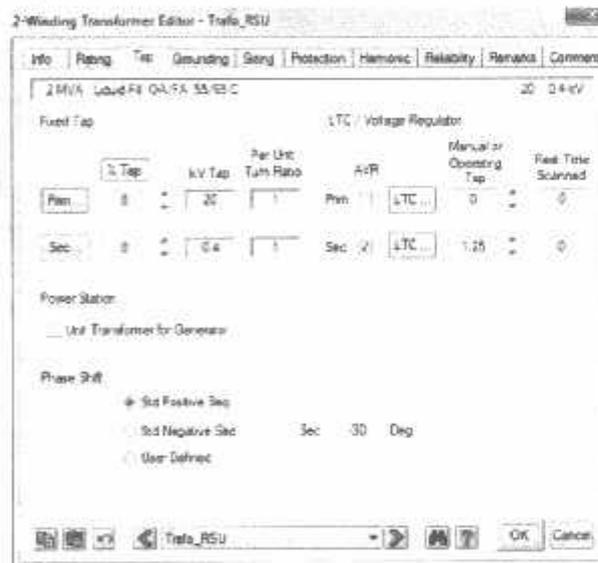
4.3. Penyetingan Trafo Daya Menggunakan Sadapan Berbeban (On Load Tap Changer) PT.PLN (persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) ini ada 6 penyulang dan dari ke 6 penyulang cuman 1 penyulang yang tidak memakai Tap changer yaitu penyulang Wolowaru, karena di bus keseluruhan pada penyulang wolowaru ini tidak mengalami jatuh tegangan atau *drop voltage*.

Sebelum kita melakukan penyetingan pada Trafo dengan menggunakan Tap Changer, terlebih dahulu kita harus memastikan di Trafo mana saja yang harus memasang Tap Changer dan di bus-bus mana yang mengalami gangguan atau jatuh tegangannya. Di PT.PLN (persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) ini kami memasang 5 OLTC pada trafo Contohnya:

1. Trafo 1.(RSU),
2. Trafo 2 (Nangapanda)
3. Trafo 3 (Arubara)
4. Trafo 4 (Kota) dan ,
5. Trafo 5 (Ndona)

Berikut adalah gambar input rating dimana setiap trafo yang sudah terpasang Tap changernya.

7. Trafo Penyulang Rumah Sakit Umum (RSU)



Gambar 4.4.

Trafo penyulang Rumah Sakit Umum setelah memasang OLTC

8. Trafo Penyulang Nangapanda



Gambar 4.5.

Trafo penyulang Nangapanda setelah memasang OLTC

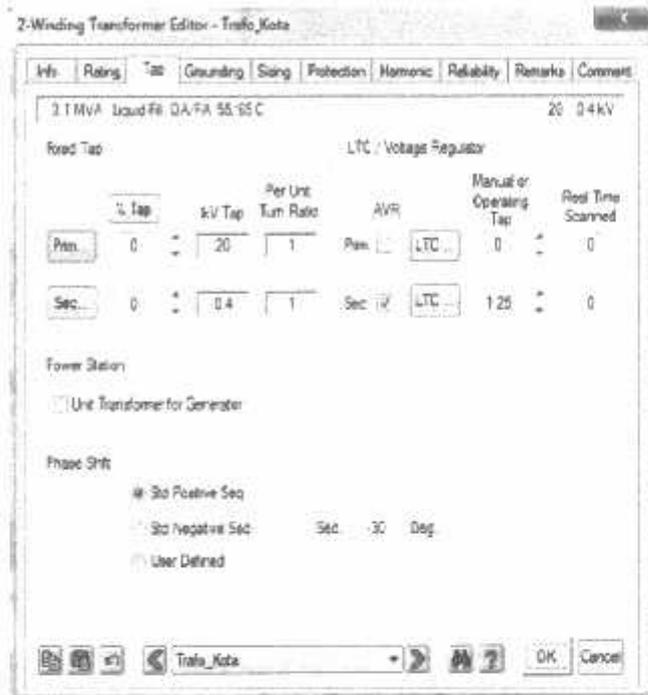
9. Trafo Penyulang Arubara



Gambar 4.6.

Trafo Penyulang Arubara setelah memasang OLTC

10. Trafo Penyulang Kota



Gambar 4.7.

Trafo Penyulang Kota setelah memasang OLTC

11. Trafo Penyulang Ndona



Gambar 4.8.

Trafo Penyulang Ndona setelah memasang OLTC

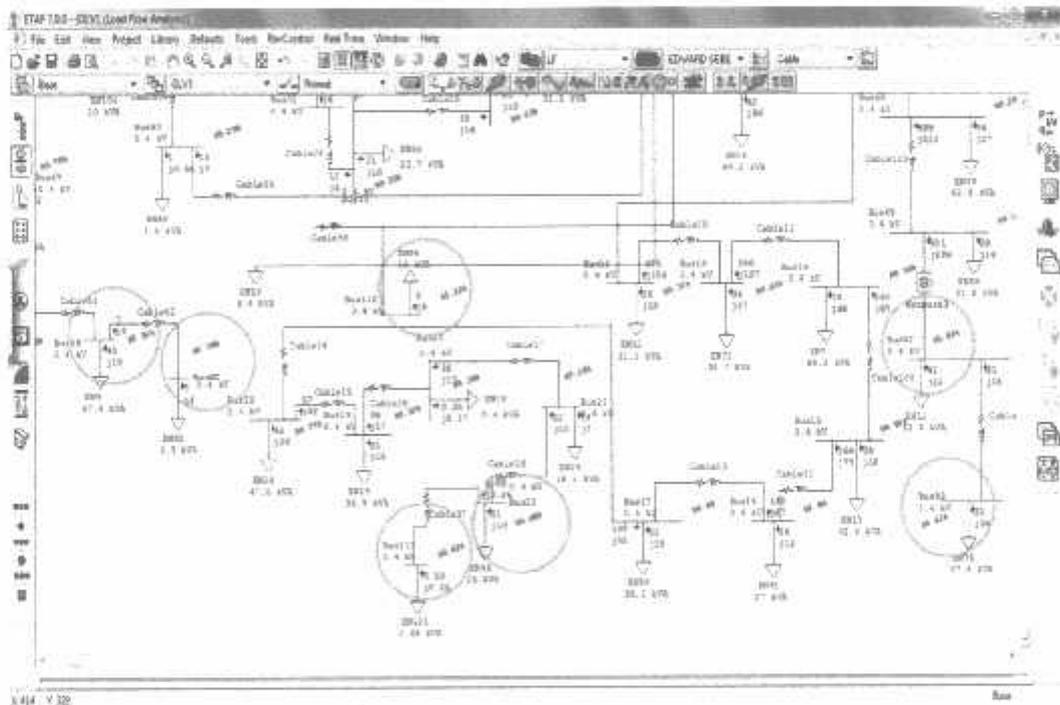
Setelah melakukan pengecekan setiap penyulang dimana letak jatuh tegangannya , langkah selanjutnya adalah menentukan letak trafo pada setiap penyulang.

Berikut ini adalah tabel hasil *report* dari *ETAP power station* di mana trafo daya yang sudah menggunakan sadapan berbeban (*on load tap changer*)

Tabel 4.2. Transformator Setelah Di *On Load Tap Changer (OLTC)*

Transformer	Manual Or Operating (%)
Trafo- Arubaraa	1,25 %
Trafo - Kota	1,25 %
Trafo- Nangapanda	1,25 %
Trafo - Ndonga	1,25 %
Trafo - RSU	1,25 %

Dari tabel 2. diatas Terlihat bahwa rata-rata setiap Tap = 1,25 % pada setiap trafo yang telah disimulasi .



Gambar 4.9. Simulasi jatuhnya tegangan pada ujung penyulang atau tegangan ujung pada software *ETAP power station* sebelum menggunakan sadapan berbeban (*on load tap changer*)

Setelah semua trafo sudah di *On Load Tap Changer* langkah selanjutnya adalah melihat apakah ada bus-bus yang masih mengalami jatuh tegangan terutama di ujung penyulangnya yang terlihat di tabel 4. bahwa masih banyak bus-bus yang mengalami drop tegangan/jatuh tegangan (*Critical*).

Tabel 4.3.

Hasil simulasi jatuhnya tegangan pada masing-masing bus yang masih *critical* akan menjadi *marginal* setelah menggunakan seting (*On Load Tap Changer*)

Device ID	Condition	Rating	Unit	% Operatig	(Pu)
Bus 107	Marginal	0,4	kV	96,7	0,96
Bus 108	Marginal	0,4	kV	96,5	0,96
Bus 109	Marginal	0,4	kV	96,0	0,96
Bus 111	Marginal	0,4	kV	95,6	0,95
Bus 112	Marginal	0,4	kV	95,2	0,95
Bus 22	Marginal	0,4	kV	95,9	0,95
Bus 39	Marginal	0,4	kV	95,5	0,95
Bus 40	Marginal	0,4	kV	95,3	0,95
Bus 41	Marginal	0,4	kV	95,3	0,95
Bus 58	Marginal	0,4	kV	96,7	0,96
Bus 59	Marginal	0,4	kV	96,6	0,96
Bus 60	Marginal	0,4	kV	96,5	0,96
Bus 79	Marginal	0,4	kV	96,1	0,96
Bus 80	Marginal	0,4	kV	95,6	0,95
Bus 82	Marginal	0,4	kV	95,6	0,95
Bus 83	Marginal	0,4	kV	95,4	0,95

Disini menjelaskan bahwa dari bus-bus yang kritis (*Critical*) akan menjadi *marginal* (Tegangan Yang Masih Bisa di Toleransi) dan dari *marginal* akan menjadi *normal* (Sudah Mencapai 1,0 Pu) dan dari *normal* dia akan semakin *normal*.

4.4. Hasil Analisa Sebelum dan Sesudah Pemasangan *On Load tap changer*

Analisa Sebelum dan Sesudah memasang sadapan berbeban (*On Load Tap Changer*)

Hasil sadapan berbeban *on load tap changer* pada setiap Bus yang mengalami jatuh tegangan maka di dapatkan perbandingan sebelum dan sesudah pemasangan sadapan berbeban (*On Load Tap Chnger*) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4.

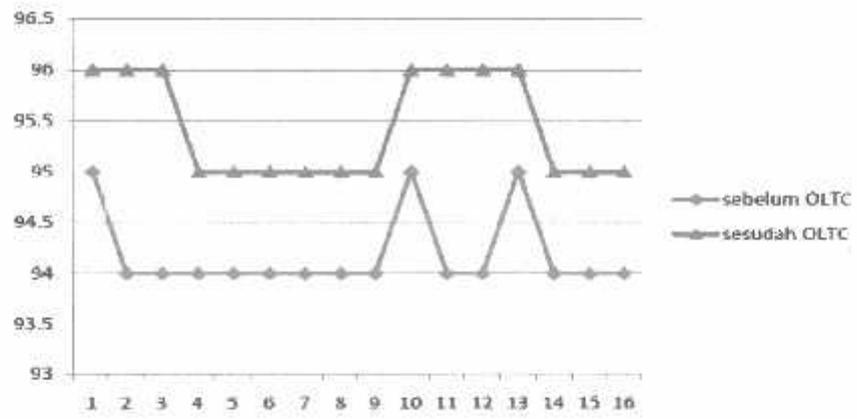
Perbandingan tegangan hasil on load tap changer pada setiap bus

ID		Sebelum On Load Tap Changer		Sesudah On Load Tap Changer	
		% operating	(Pu)	% operating	(Pu)
BUS 107	Trafo Ndona	95,0	95,0	96,7	0,96
BUS 108	Trafo Ndona	94,8	94,8	96,5	0,96
BUS 109	Trafo Ndona	94,3	94,3	96,0	0,96
BUS 111	Trafo Nangapanda	94,5	94,5	95,6	0,95
BUS 112	Trafo Nangapanda	94,1	94,1	95,2	0,95
BUS 22	Trafo Nangapanda	94,8	94,8	95,9	0,95
BUS 39	Trafo RSU	94,3	94,3	95,5	0,95
BUS 40	Trafo RSU	94,1	94,1	95,3	0,95
BUS 41	Trafo RSU	94,1	94,1	95,3	0,95
BUS 58	Trafo Arubara	95,0	95,0	96,7	0,96
BUS 59	Trafo Arubara	94,9	94,9	96,6	0,96
BUS 60	Trafo Arubara	94,8	94,8	96,5	0,96
BUS 79	Trafo Kota	95,0	95,0	96,1	0,96
BUS 80	Trafo Kota	94,5	94,5	95,6	0,95
BUS 82	Trafo Kota	94,5	94,5	95,6	0,95
BUS 83	Trafo Kota	94,3	94,3	95,4	0,95

Dari tabel 4.4 diatas terlihat bahwa Tanpa ada perubahan pada Tap Trafo (Tap normalnya = 1,0 Pu) terlihat bahwa bus-bus yang mengalami tegangan kritis/jatuh tegangan yakni di bawah normal yaitu pada Bus 107, Bus 108, Bus 109, Bus 111, Bus 112, Bus 22, Bus 39, Bus 40, Bus 41, Bus 58, Bus 59, Bus 60, Bus 79, Bus 80, Bus 82, dan Bus 83.

Dari hasil yang telah di Tap Trafo pada Bus 107, Bus 108, Bus 109, Bus 111, Bus 112, Bus 22, Bus 39, Bus 40, Bus 41, Bus 58, Bus 59, Bus 60, Bus 79, Bus 80, Bus 82, dan Bus 83 akan mengalami kestabilan tegangan pada sistem dan beban, maka di lakukan upaya perbaikan dengan cara menghitung Tap Trafo.

Sehingga bus-bus yang mengalami tegangan kritis akan marginal (tegangan yang masih bisa di toleransi)



Grafik 4.1

. Perbandingan hasil *On Load tap Changer (OLTC)* sebelum dan sesudahnya.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis mengenai sadapan berbeban (*On Load Tap Changer*) dengan menggunakan *software ETAP power station* pada sistem kelistrikan di PT.PLN (persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende), maka di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi terlihat bahwa Bus – Bus yang tegangannya kritis mengalami perubahan karena ada kenaikan tegangan menggunakan *on load tap changer* dari 0,94 Pu sampai 0,96 Pu, dengan nilai rata-rata masing-masing Tap trafo mencapai 1,25 %
2. Dari hasil simulasi terlihat bahwa dengan adanya *on load tap changer* pada trafo daya yaitu agar profil tegangan akan meningkat dan *losses* pada sistem akan berkurang.
3. Bus-bus yang mengalami tegangan kritis/jatuh tegangan yakni di bawah normal yaitu pada Bus 107, Bus 108, Bus 109, Bus 111, Bus 112, Bus 22, Bus 39, Bus 40, Bus 41, Bus 58, Bus 59, Bus 60, Bus 79, Bus 80, Bus 82, dan Bus 83.
4. Besarnya jatuh tegangan pada tiapa penyulang berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh jarak penyulang yang terlalu panjang dan beban yang tidak sama antara penyulang/ semakin panjang jarak penyulang maka semakin besar pula jatuh tegangan.

5.2. Saran

Penentuan letak dan kapasitas *on load tap changer* pada *software Etap power station* perlu di kembangkan dan diaplikasikan dalam menganalisa saluran yang ada maupun perencanaan jika terjadi penambahan beban di PT.PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Barat (Ende) dalam jumlah yang besar agar kondisinya tegangan setiap jalur ujung penyulang dapat dipertahankan batas minimum 0,95 Pu untuk maksimum 1,05 pu tidak lebih dari 5 % agar tidak merugikan konsumen dan PLN itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mirza Fata Alam, (2012) pengendalian pemeliharaan Tap changer pada transformator tenaga 150 KV/20 KV di P3B RJTD, Universitas Diponegoro Semarang.
- [2] Rachmad Sutjipto, (2010) Analisis Terjadinya Sudden Pressure pada *on load tap changer* Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
- [3] Radiktyo Nindyo, (2005) On Load Tap-Changer Pada Furnace Transformator, Univesitas Diponegoro, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [4] Waluyo, Sabat Anwari, dan Yudha Eko Prayitno, (2008) Perancangan dan simulasi control pengatur tegangan otomatis untuk transformator daya, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- [5] Imam Robandi (2009) Modern power system control, dan desain, analisis, dan solusi kotrol tenaga listrik, Yogyakarta
- [6] Gatut Budiono., (1995). "Penerapan Metode Dekomposisi dalam Minimisasi Susut Daya dengan Pengaturan Optimal Daya Reaktif dan Tap Transformator pada Jaringan Tenaga Listrik",. Elektroteknik ITB., Bandung.
- [7] Bina Cetakarya Purba, (2009) Penggunaan Sadapan Berbeban Pada Transformator Untuk Perbaikan Tegangan Pada Rel 20 kV

LAMPIRAN



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

NAMA : PETRUS EDWARD SAWA
NIM : 09.12.011
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK
MASA BIMBINGAN : SEMESTER GANJIL 2013/2014
JUDUL : **PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC)
TRANSFORMATOR DAYA UNTUK MENGATASI
KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA JARINGAN
SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT.PLN (PERSERO)
AREA FLORES BAGIAN BARAT (ENDE)**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)
pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Februari 2014
Dengan Nilai : 78,745 (B+) *ll*

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Jurusan Prodi

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP. Y. 1030100358

Sekretaris Jurusan Prodi

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT

NIP. Y. 1030800417

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I

Ir. M. Abdul Hamid, MT

NIP. Y. 1018800188

Dosen Penguji II

Ir. Ni Putu Agustini, MT

NIP. Y. 1030100371



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan ujian skripsi jenjang strata satu (S-1) jurusan T. Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Petrus Edward Sawa

NIM : 09.12.011

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : Pengaturan On Load Tap Changer (OLTC) Transformator Daya Untuk Mengatasi Kebutuhan Daya Reaktif Pada Jaringan Sistem Tenaga Listrik Di PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

No.	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1	Penguji I	18 Februari 2014	1. Tambahkan data trafo mengenai tap changer (posisi tap changer dimana dan dirubah ke posisi mana) 2. Kesimpulan disesuaikan dengan fungsi trafo yaitu merubah tegangan bukan daya	
2	Penguji II	18 Februari 2014	1. Tujuan penelitian 2. Kesimpulan 3. Jelaskan bus-bus yang mana rugi tegangan	

Disetujui :

Dosen Penguji I

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188

Dosen Penguji II

Ir. Ni Putu Agustini, MT
NIP. Y. 1030100371

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 1028400082



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : PETRUS EDWARD SAWA
 NIM : 09.12.011
 Semester : IX (SEMBILAN)
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
 TEKNIK ELEKTRONIKA
 TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
 TEKNIK KOMPUTER
 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
 Alamat : Jl. PEUSAHAAN Gg. IV No. 93 LOSAWI KARANGLO

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|---------|
| 1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya | (.....) |
| 2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja | (.....) |
| 3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya | (.....) |
| 4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E | (.....) |
| 5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan | (.....) |
| 6. Memenuhi persyaratan administrasi | (.....) |

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro S-1

Malang, 17 SEPTEMBER.....2013
 Pemohon

[Signature]
 (P.)

[Signature]
 (PETRUS E. SAWA)

Disetujui
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-1

Mengetahui
 Dosen Wali

[Signature]
M. Ibrahim Ashari, ST, MT
 NIP. P. 1030100358

[Signature]
 (.....)

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-1

1 IP 424.5 / : 3.08
 2 / 138



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **PETRUS EDWARD SAWA**
Nim : **0912011**
Semester : **IX (Sembilan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" OPTIMASI PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC) TRANSFORMATOR DAYA UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI G.I TENGGAWANG SAMARINDA TENGGAWANG (SAMARINDA)"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP.Y. 1018500108

*) Coret yang tidak perlu



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **PETRUS EDWARD SAWA**
Nim : **0912011**
Semester : **IX (Sembilan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" OPTIMASI PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC) TRANSFORMATOR DAYA UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI G.I TENKAWANG SAMARINDA TENKAWANG (SAMARINDA) "

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 1028400082

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut

*) Coret yang tidak perlu



Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **PETRUS EDWARD SAWA**
Nim : **0912011**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

"OPTIMASI PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC) TRANSFORMATOR DAYA UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI G.I TENGGAWANG SAMARINDA TENGGAWANG (SAMARINDA)"

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

Hormat Kami


PETRUS EDWARD SAWA

NIM. 0912011



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-312/EL-FTI/2013

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **PETRUS EDWARD SAWA**
Nim : **0912011**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Ganjil Tahun Akademik 2013-2014 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl.Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nim : Petrus Edward Sawa
Nama : 09.12.011
Masa Bimbingan : Semester IX
Judul : Pengaturan On Load Tap Changer (OLTC) Transformator Daya Untuk Mengatasi Kebutuhan Daya Reaktif Pada Jaringan Sistem Tenaga Listrik di PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
9/12/13	- latar belakang di sempurnakan - Tujuan disederhanakan	
22/1/14	latar belakang di sempurnakan	
27/1/14	Perbaiki BAB II, BAB III, BAB IV	
3/2/14	BAB I, II ACC	

Malang,
Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y.1028400082



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl.Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nim : Petrus Edward Sawa
Nama : 09.12.011
Masa Bimbingan : Semester IX
Judul : Pengaturan On Load Tap Changer (OLTC) Transformator Daya Untuk Mengatasi Kebutuhan Daya Reaktif Pada Jaringan Sistem Tenaga Listrik di PT.PLN (Persero) Area Flores Bagian Barat (Ende)

Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
9/12/13	- latar belakang di sempurnakan - Tujuan di sederhanakan	
22/1/14	latar belakang di sempurnakan	
27/1/14	Perbaiki BAB II, BAB III, BAB IV	
3/2/14	BAB I, II ACC	

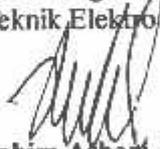
Malang,

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y.1028400082



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

1.	Nim	: 0912011		
2.	Nama	: PETRUS EDWARD SAWA		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	16 Nopember 2013	09.00	III.1.5	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	OPTIMASI PENGATURAN ON LOAD TAP CHANGER (OLTC) TRANSFORMATOR DAYA UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN DAYA REAKTIF PADA JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK DI G.I TENGGAWANG SAMARINDA TENGGAWANG (SAMARINDA)		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Pengaturan on load tap changer (OLTC) Transformator ... GI Ende.		
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	 (.....)	 (.....)	 (.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Pembimbing I	Pembimbing II		
	 A. Lom (.....)	 (.....)		

LEMBAR PERSEMBAHAN

Salam damai Kristus

Puji dan syukur saya haturkan kepada Tuhan Yang maha kuasa karena atas berkat dan kasih karunianya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Semuanya terjadi berkat campur tanganMu yang tiada henti dalam membimbing saya dalam menghadapi segala rintangan dan halangan dalam proses pembuatan skripsi ini.

Puji Tuhan semuanya bisa selesai sesuai dengan harapan saya dan juga berkat dukungan orang-orang disekitar saya yang selalu mendoakan saya agar tetap kuat dan tabah dalam segala hal.

Untuk itu saya ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Orang Tua saya yang telah membesarkan saya dan selalu mendoakan saya agar sukses dalam segala hal. Ini mungkin kado kecil yang bisa saya berikan atas semua pengorbanan yang telah kalian berikan demi kepada saya.
2. Saudara-saudara saya, keluarga besar saya, pacar saya yang ikut andil dan selalu mendukung dan memotivasi saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teman-teman dan sahabat yang sama-sama mengalami masa sulit selama menyelesaikan skripsi ini. Tetap semangat dan sukses buat kedepannya.

Puji syukur & thanks for all

By. Petrus Edward sawa