

**PENGATURAN TEGANGAN SEKUNDER TRANSFORMATOR DAYA II  
20 MVA 70/20 kV MENGGUNAKAN *ON LOAD TAP CHANGER*  
DI GARDU INDUK SUNGAI JUARO PT. PLN (PERSERO)**



**LAPORAN AKHIR**

**Dibuat Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Menyelesaikan Diploma III  
Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik  
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh:**

**RANDY EKO SAPUTRO**

**0612 3031 0880**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

**PALEMBANG**

**2015**

**PENGATURAN TEGANGAN SEKUNDER TRANSFORMATOR DAYA II  
20 MVA 70/20 kV MENGGUNAKAN *ON LOAD TAP CHANGER*  
DI GARDU INDUK SUNGAI JUARO PT. PLN (PERSERO)**



**LAPORAN AKHIR**

**Oleh:**

**Randy Eko Saputro  
0612 3031 0880**

**Palembang, Juli 2015**

**Menyetujui,**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Ir. Ilyas, M.T.  
NIP. 195803251996011001**

**Ir. Zainuddin Idris, M.T.  
NIP. 195711251989031001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan  
Teknik Elektro**

**Ketua Program Studi  
Teknik Listrik**

**Ir. Ali Nurdin, M.T.  
NIP. 196212071991031001**

**Herman Yani, S.T., M.Eng  
NIP. 196510011990031006**

## MOTTO

Semuanya memungkinkan bila kita percaya. Teruslah berjalan dengan harapan didalam hati, dan kau takkan pernah berjalan sendiri. Terimalah masa lalumu tanpa penyesalan, jalani hari dengan keyakinan, hadapi masa depan tanpa ketakutan.

Hidup ini singkat, warnailah sekitarmu, lupakan penyesalan, ikuti mimpimu, jadilah apa yang kau mau, raih apa yang kau inginkan, ambillah kesempatan, dan nikmatilah kehidupan.

Dalam kehidupan, selalu ada pembenci, bahkan malaikat yang mulia pun dibenci oleh iblis. Begitu juga kita, selalu ada yang membenci kita, mereka yang selalu menilai kita, menghancurkan kita dan menggoyahkan kita. Seberapa kuat kita berdiri menghadapinya, itulah yang membangun karakter kita.

“Ambillah setiap kesempatan yang ada, karena kita tidak akan pernah tahu tanpa pernah mencoba”

“Setiap hari, kita punya kesempatan untuk menjadi berbeda. Kesempatan untuk berubah. Berubah untuk menjadi lebih baik. Selalu perbaiki diri dari hari ke hari, maafkan segala kesalahan, lupakan segala penyesalan, belajar dari pengalaman, berbaiklah dan berdoalah untuk semua yang terbaik di masa depan.”

~ ~ ~ ~ ~

Dengan penuh rasa syukur dan atas semua berkat dari Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW

Laporan Akhir ini didedikasikan untuk:

~ Bapak dan Ibu-ku ~

~ Saudara-saudariku (Nafhis & Zahra) ~

~ Keluarga-ku ~

~ Keluarga kedua ku (Teman-Teman EL A 2012) ~

~ Teknik Listrik 2012-2015 ~

~ ~ ~ ~ ~

## ABSTRAK

### PENGATURAN TEGANGAN SEKUNDER TRANSFORMATOR DAYA II 20 MVA 70/20 kV MENGGUNAKAN ON LOAD TAP CHANGER DI GARDU INDUK SUNGAI JUARO PT. PLN (PERSERO)

(2015 : xiv + 76 Halaman + Lampiran)

---

**RANDY EKO SAPUTRO**

**0612 3031 0880**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

**randyeksaptro95@live.com**

Dalam sistem transmisi tenaga listrik terdapat keadaan naik turunnya tegangan, seperti halnya tegangan pada transformator tenaga yang selalu naik atau turun tergantung arus beban (A) dan daya terpakai (MW). Ketika tegangan sisi primer transformator mengalami penurunan atau kenaikan, secara otomatis berdampak pada tegangan sisi sekunder maka, *On Load Tap Changer* bekerja mengatur tegangan sisi sekunder dengan cara menaikkan atau menurunkan posisi tap (sapadan) untuk mempengaruhi rasio transformator yang kemudian mempengaruhi tegangan sisi sekunder sehingga tegangan pada sisi sekunder dapat distabilkan sesuai dengan ketentuan tegangan yang ada.

Di Gardu Induk Sungai Juaro, posisi normal tap pada Transformator Daya II adalah posisi tap 8 dengan nilai rasio 3,5 (Keadaan Normal). Namun, pada saat beroperasi posisi tap tidak pada satu posisi saja, terdapat tiga posisi tap (pos. 11, 12 dan 13) yang pada jam tertentu berubah posisi menyesuaikan penurunan dan kenaikan tegangan sisi primer. Kemudian nilai rasio Transformator saat beroperasi sangat bervariasi tergantung naik turunnya tegangan sisi primer maupun sisi sekunder dengan nilai rasio rata-rata 3,35314. Selanjutnya, Drop Tegangan oleh Impedansi pada Transformator pun bervariasi mengikuti naik turunnya arus beban dengan nilai rata-rata drop tegangan pada sisi primer 1,40067 kV dan sisi sekunder 0,41846 kV.

*Kata Kunci : sistem transmisi, transformator, on load tap changer*

## **ABSTRACT**

### **SECONDARY VOLTAGE ADJUSTMENT ON 20 MVA 70/20kV POWER TRANSFORMER BY USING ON LOAD TAP CHANGER AT SUNGAI JUARO SUBSTATION PT. PLN (PERSERO)**

*(2015 : xiv + 76 Pages + Attachments )*

---

**RANDY EKO SAPUTRO**

**0612 3031 0880**

**ELECTRO DEPARTMENT**

**ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM**

**POLYTECHNIC STATE OF SRIWIJAYA**

***randyeksaptro95@live.com***

*In the electric power transmission systems there are a circumstances of the rises and falls of voltage, so does the voltage on power transformers are always rises or falls depending on the load current (A) and the load power (MW). When the primary side voltage of power transformers are decrease or increase, it will automatically make an impact for the secondary side voltage. So then, On Load Tap Changer works to mengatur the secondary side voltage by raising or lowering the tap positions to affect the ratio of the transformer which then affects the secondary side voltage. So that the voltage on the secondary side can be stabilized in accordance with the standard of the existing voltage.*

*At Sungai Juaro Substation, a normal tap position of Power Transformer II is on tap position 8 with a ratio value of 3.5 (in normal state). However, during the operating state, position of the tap is not only in one position, there are three positions of tap (pos. 11, 12 and 13) that in a certain hours had changed in terms to adjust of a decreases or increases from voltage primary side. Then the ratio of the transformer in the operating state are varies depending on decreases or increases of voltage in the primary side and secondary side with an average ratio of 3.35314. Furthermore, Voltage drop which caused by impedance of transformer are also varies to follow the rises and falls of the load current with the average value of the voltage drop on the primary side is 1.40067 kV and secondary side is 0.41846 kV.*

*Keywords : transmission system, transformer, on load tap changer*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas segala limpahan rahmat, taufiq, inayah dan hidayah-Nya. Penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir yang berjudul **PENGATURAN TEGANGAN SISI SEKUNDER PADA TRANSFORMATOR DAYA II 20 MVA 70/20 kV MENGGUNAKAN ON LOAD TAP CHANGER DI GARDU INDUK SUNGAI JUARO PT. PLN (PERSERO)** ini tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penulisan Laporan Akhir ini adalah salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Diploma III di Politeknik Negeri Sriwijaya, khususnya pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik.

Dalam penyusunan Laporan Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak yang sangat membantu penulis. Untuk itu penulis mengucapkan Terima Kasih kepada:

1. Bapak RD. Kusumanto, S.T., M.M. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Ali Nurdin. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. Siswandi, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Herman Yani, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik.
5. Bapak Ir. Ilyas, M.T. selaku dosen Pembimbing I
6. Bapak Ir. Zainuddin Idris, M.T. selaku dosen Pembimbing II
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff pada Jurusan Teknik Listrik
8. Bapak Suharto selaku Supervisor Gardu Induk Sungai Juaro
9. Kakak Erwin Adrian selaku operator di Gardu Induk Sungai Juaro
10. Bapak dan Ibu-ku yang tak henti-hentinya memberikan motivasi dan doa.
11. Keluarga besar saya dan teman-teman se-angkatan tahun 2012 khususnya kelas 6 EL A yang selalu memberikan bantuan dan motivasi.

12. Seluruh orang disekitar saya yang sangat berpengaruh terhadap diri saya.

Akhir kata semoga Allah SWT dapat melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada mereka semua dan membalas segala kebaikan dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis. Dan semoga Laporan Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Palembang, Juli 2015

Randy Eko Saputro

## DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>ABSTRAK (BAHASA INDONESIA)</b> .....	iv
<b>ABSTRACT (ENGLISH)</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Transformator.....	5
2.2 Teori Operasi Transformator.....	6
2.2.1 Transformator Tak Berbeban.....	6
2.2.2 Transformator Berbeban.....	8



2.3	Transformator Ideal.....	9
2.4	Rangkaian Ekuivalen Transformator.....	11
2.5	Impedansi Transformator.....	12
2.6	Transformator Tiga Fasa.....	13
2.6.1	Hubungan Delta-Delta.....	13
2.6.2	Hubungan Delta-Y.....	14
2.6.3	Hubungan Y-Y.....	15
2.6.4	Hubungan Y-Delta.....	15
2.7	Kuantitas Per Unit.....	16
2.8	Transformator Daya.....	19
2.8.1	Bagian Utama.....	20
2.8.2	Peralatan Bantu.....	22
2.9	Transformator Instrumen.....	24
2.9.1	Transformator Arus.....	24
2.9.2	Transformator Tegangan.....	26
2.10	Pengubah Tap Berbeban ( <i>On Load Tap Changer</i> ).....	27
2.10.1	Prinsip <i>Switching On Load Tap Changer</i> .....	28
2.10.2	Jenis-Jenis Konstruksi <i>On Load Tap Changer</i> .....	29
2.10.3	Pemilihan <i>On Load Tap Changer</i> .....	30
2.10.4	Pemeliharaan <i>On Load Tap Changer</i> .....	31
2.11	Matlab.....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>36</b>
3.1	Gardu Induk Sungai Juaro.....	36
3.2	Alat dan Data Yang Digunakan.....	37
3.3	Data Transformator Daya II.....	38

3.4	Data <i>On Load Tap Changer</i> .....	39
3.5	Bagian-bagian <i>On Load Tap Changer</i> .....	41
3.6	Data Beban Harian.....	43
3.7	Metode Perhitungan.....	44
3.8	Diagram Flowchart.....	45
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>46</b>
4.1	Pembahasan.....	46
4.2	Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan.....	68
4.3	Analisa.....	73
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>75</b>
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran.....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>77</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator Daya II.....	39
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>On Load Tap Changer</i> .....	40
Tabel 3.3 Rasio tegangan Transformator pada nameplate.....	40
Tabel 3.4 Data beban harian GI Sungai Juaro tanggal.....	43
Tabel 4.1 Perhitungan manual Jam 01.00 WIB.....	54
Tabel 4.2 Perhitungan manual Jam 06.00 WIB.....	55
Tabel 4.3 Perhitungan manual Jam 09.00 WIB.....	57
Tabel 4.4 Perhitungan manual Jam 11.00 WIB.....	58
Tabel 4.5 Perhitungan manual Jam 14.00 WIB.....	60
Tabel 4.6 Perhitungan manual Jam 18.00 WIB.....	61
Tabel 4.7 Perhitungan manual Jam 19.00 WIB.....	63
Tabel 4.8 Perhitungan manual Jam 20.00 WIB.....	64
Tabel 4.9 Perhitungan manual Jam 22.00 WIB.....	66
Tabel 4.10 Perhitungan manual Jam 24.00 WIB.....	67
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan keseluruhan menggunakan Matlab.....	68
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan keseluruhan manual.....	69

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Skema Prinsip Transformator.....	5
Gambar 2.2 Transformator Tak Berbeban.....	6
Gambar 2.3 Diagram Fasor Transformator Berbeban.....	7
Gambar 2.4 Transformator Tak Berbeban, Fluksi bocor belitan primer.....	7
Gambar 2.5 Transformator Berbeban.....	8
Gambar 2.6 Transformator Dua Gulungan.....	10
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen Transformator.....	11
Gambar 2.8 Hubungan $\Delta - \Delta$ .....	14
Gambar 2.9 Hubungan $\Delta - Y$ .....	14
Gambar 2.10 Hubungan $Y - Y$ .....	15
Gambar 2.11 Hubungan $Y - \Delta$ .....	15
Gambar 2.12 Transformator Daya.....	19
Gambar 2.13 Inti Besi berlaminasi pada Transformator Daya.....	20
Gambar 2.14 Kumparan Transformator.....	20
Gambar 2.15 Bushing Transformator.....	21
Gambar 2.16 Tangki Konservator.....	21
Gambar 2.17 Pendingin Transformator.....	22
Gambar 2.18 Pengubah Tap.....	22
Gambar 2.19 <i>Dehydrating Breather</i> .....	23
Gambar 2.20 Transformator Arus.....	25
Gambar 2.21 Transformator Tegangan.....	26
Gambar 2.22 Tahap transisi pada <i>tap selector</i> dan <i>diverter switch</i> .....	28
Gambar 2.23 Tahap transisi pada <i>selector switch</i> .....	29
Gambar 2.24 <i>OLTC</i> resistor tipe <i>Diverter Switch-Tap Selector &amp; Selector Switch</i> ..	29

Gambar 2.25 <i>OLTC</i> jenis reaktor.....	30
Gambar 2.26 <i>OLTC</i> vakum tipe <i>Diverter Switch-Tap Selector &amp; Selector Switch</i> ...	30
Gambar 2.27 Tampilan Window Utama pada Matlab.....	33
Gambar 2.28 Tampilan Menu pada Matlab.....	33
Gambar 2.29 Tampilan Command Window pada Matlab.....	35
Gambar 2.30 Tampilan Matlab Editor pada Matlab.....	35
Gambar 3.1 Diagram flowchart tahapan penelitian.....	36
Gambar 3.2 Gardu Induk Sungai Juaro.....	37
Gambar 3.3 Transformator Daya II di Gardu Induk Sungai Juaro.....	41
Gambar 3.4 Letak <i>On Load Tap Changer</i> di dalam Transformator.....	41
Gambar 3.5 Bagian atas luar <i>On Load Tap Changer</i> Transformator Daya II.....	41
Gambar 3.6 Panel kontrol penggerak mekanis <i>OLTC</i> Transformator Daya II.....	42
Gambar 3.7 Indikator posisi tap pada panel kontrol <i>OLTC</i> dan panel Switchgear..	42
Gambar 3.8 Motor penggerak mekanis dan penggerak mekanis manual <i>OLTC</i> ....	42
Gambar 3.9 Diagram Flowchart.....	43
Gambar 4.1 Grafik Hasil Perhitungan Rasio Transformator Daya II.....	70
Gambar 4.2 Grafik Posisi Tap Transformator.....	70
Gambar 4.3 Grafik perbandingan Tegangan Awal dan Tegangan Hasil Perhitungan drop oleh Impedansi pada sisi primer.....	71
Gambar 4.4 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan oleh Impedansi Transformator pada sisi primer.....	71
Gambar 4.5 Grafik perbandingan Tegangan Awal dan Tegangan Hasil Perhitungan drop oleh Impedansi pada sisi sekunder.....	71
Gambar 4.6 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan oleh Impedansi Transformator pada sisi sekunder.....	71

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Rekomendasi Laporan Akhir
- Lampiran 2 Lembar Konsultasi Laporan Akhir
- Lampiran 3 Surat Pengajuan Pengambilan Data
- Lampiran 4 Surat Izin Pengambilan Data
- Lampiran 5 Single line Gardu Induk Sungai Juaro
- Lampiran 6 Data Beban Harian Gardu Induk Sungai Juaro tanggal 1 April 2015
- Lampiran 7 Pengujian Rasio Tegangan Trafo
- Lampiran 8 Pengujian Short Circuit dan Impedansi Trafo
- Lampiran 9 SPLN 1 : 1995 Tegangan Standar
- Lampiran 10 Nameplate spesifikasi Transformator Daya II
- Lampiran 11 Nameplate bagian-bagian Transformator Daya II
- Lampiran 12 Nameplate spesifikasi *On Load Tap Changer* Transformator Daya II
- Lampiran 13 Script Program Perhitungan Matlab
- Lampiran 14 Lembar Pelaksanaan Revisi Laporan Akhir