



**OPTIMASI PENGATURAN TAP OLTC UNTUK MENINGKATKAN
STABILITAS TEGANGAN TRANSFORMATOR DAYA 500 KV
UNIT 6 PT. YTL JAWA TIMUR BERBASIS
*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

SKRIPSI

Oleh

**Welli Agustina
NIM 131910201077**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**OPTIMASI PENGATURAN TAP OLTC UNTUK MENINGKATKAN
STABILITAS TEGANGAN TRANSFORMATOR DAYA 500 KV
UNIT 6 PT. YTL JAWA TIMUR BERBASIS
*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Welli Agustina
NIM 131910201077**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Kupanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia dan kasih sayang-Nya kepadaku dan sholawat serta salam kepada Rasulullah SAW yang senantiasa memberikan syafaatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini merupakan langkah awal untuk menuju kesuksesan yang lebih baik, karenanya dengan segala kerendahan hati kupersembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibunda Yahmi dan Ayahanda Wagirun yang tiada henti-hentinya mengirimkan doa, memberikan dukungan baik moril maupun materil dan senantiasa mencurahkan kasih sayang luar biasa kepadaku.
4. Kakakku Dendy Kuncoro, S.T. dan Mohamad David yang selalu menjaga dan mengasihiku dengan tulus.
5. Dosen Pembimbing Utama Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T., dan Dosen Pembimbing Anggota Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T., yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan motivasi.
6. Semua guru dari TK, SD, SMP, dan SMA serta seluruh dosen Teknik Elektro yang telah berbagi ilmu yang sangat bermanfaat.
7. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
8. Cewe-cewe Elektro 2013, khususnya teman sekontrakan Gang Mangga yang sudi berbagi kisah baik suka maupun duka, saling menguatkan dan juga mengingatkan.
9. Sahabat PRENG KETEKOK INDIE, yang selalu mendukung dari awal hingga akhir layaknya sebuah keluarga.
10. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
11. Serta seluruh pihak yang tidak tertulis dalam lembar persembahan ini, kusampaikan terimakasih banyak atas segalanya.

MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Qs. Ash-Syarah ayat 5-6)

“Barang siapa yang memudahkan kesulitan seorang mukmin dari berbagai kesulitan dunia, Allah akan memudahkan kesulitan-kesulitannya di akhirat. Dan siapa yang memudahkan orang yang sedang dalam kesulitan niscaya akan Allah mudahkan baginya di dunia dan akhirat”

(HR. Muslim)

“Tidak ada balasan kebaikan, kecuali kebaikan (pula). Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(Qs. Ar-Rahman ayat 60-61)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Welli Agustina

NIM : 131910201077

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Optimasi Pengaturan Tap OLTC untuk Meningkatkan Stabilitas Tegangan Transformator Daya 500 kV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur Berbasis *Artificial Neural Network*” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 April 2017

Yang menyatakan,

Welli Agustina
NIM 131910201077

SKRIPSI

**OPTIMASI PENGATURAN TAP OLTC UNTUK MENINGKATKAN
STABILITAS TEGANGAN TRANSFORMATOR DAYA 500 KV UNIT 6
PT. YTL JAWA TIMUR BERBASIS *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

Oleh

Welli Agustina
NIM 131910201077

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Optimasi Pengaturan Tap OTC untuk Meningkatkan Stabilitas Tegangan Transformator Daya 500 kV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur Berbasis *Artificial Neural Network*” karya Welli Agustina telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 13 April 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T.
NIP 197106141997021001

Anggota II,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T.
NIP 197004041996011001

Anggota III,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.M.T.
NIP 197104022003121001

Mengesahkan
Dekan,

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Optimasi Pengaturan Tap OLTC untuk Meningkatkan Stabilitas Tegangan Transformator Daya 500 kV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur Berbasis *Artificial Neural Network*; Welli Agustina, 131910201077; 2017; 96 ; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang penting dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional. Kualitas energi listrik dipengaruhi oleh adanya ketidakstabilan tegangan yang juga akan mempengaruhi kestabilan sistem tenaga baik dalam proses pembangkitan, transmisi maupun distribusi.

Salah satu faktor yang mengakibatkan terjadinya ketidakstabilan tegangan adalah pergerakan OLTC (*On Load Tap Changer*) pada transformator yang belum optimal. OLTC merupakan peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengubah tap dalam keadaan berbeban yang dapat menambah atau mengurangi jumlah kumparan pada transformator tanpa harus melakukan pemadaman terlebih dahulu. Tap OLTC dapat diubah berdasarkan tegangan sekunder baru (V_s^1). Metode yang digunakan adalah *Artificial Neural Network* (ANN) dengan nilai V_p dan V_s^1 sebagai masukannya dan posisi tap sebagai targetnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimasi pengaturan posisi tap OLTC untuk meningkatkan stabilitas tegangan sekunder pada transformator daya 500 kV berdasarkan metode *Artificial Neural Networks* (ANN) menggunakan *software* MATLAB berupa *simulink diagram*. Dimana optimasi yang dimaksudkan adalah dengan mengurangi pergerakan tap OLTC dan menentukan posisi tap yang tepat sehingga diharapkan dapat menstabilkan tegangan sekunder pada transformator daya unit 6 di PT. YTL Jawa Timur.

Tegangan sekunder baru (V_s^1) yang diperoleh dari proses *training* menggunakan ANN dengan *regression* 0.99654 saat *epoch* mencapai 9 iterasi menunjukkan hasil yang lebih stabil. Stabil dalam hal ini yakni mendekati atau sesuai dengan nilai tegangan sekunder yang ada pada *name plate* transformator (V_{np}). Pada pengaturan tap OLTC menggunakan AVR (*Automatic Voltage*

Regulator) saat tegangan primer (V_p) sebesar 21390 V, besarnya tegangan sekunder (V_s) adalah 524103 V dengan posisi tap -6 yang belum sesuai *name plate* karena V_{np} saat posisi tap -6 seharusnya adalah sebesar 539960 V. Sedangkan pada pengaturan tap OLTC menggunakan ANN tegangan sekunder (V_s^1) yang dihasilkan adalah sebesar 522018 V dengan posisi tap -2 yang sudah sesuai *name plate* dimana V_{np} saat posisi tap -2 adalah sebesar 521650 V.

Kestabilan tegangan tersebut menghasilkan posisi tap yang juga lebih stabil dimana pergerakan OLTC dengan pengaturan tap OLTC menggunakan ANN bergerak sebanyak 14 kali sedangkan saat menggunakan AVR, OLTC bergerak sebanyak 36 kali yang dianggap kurang efektif dan efisien sehingga menyebabkan OLTC terlalu sering bekerja. Akibatnya OLTC menjadi cepat panas dan menimbulkan resiko kerusakan mekanis yang lebih besar. Dengan adanya optimasi pengaturan posisi tap OLTC yang tepat, maka diharapkan dapat mengurangi pergerakan/perpindahan tap OLTC agar meminimalisir terjadi kerusakan dan kestabilan tegangan sekunder dapat tercapai.

SUMMARY

Optimization of OLTC Tap Settings to Improve 500 kV Power Transformer Unit 6 PT. YTL Jawa Timur Voltage Stability Based On Artificial Neural Network; Welli Agustina, 131910201077; 2017; 96 pages; Departement of Electrical Engineering , Faculty of Engineering, Jember University.

Electrical energy is one of the needs that are important in achieving national development. Electric energy quality is affected by the presence of voltage instability which would also affect the stability of the power system in both the process of generation, transmission or distribution.

One of the factors that lead to the occurrence of voltage instability is the movement of OLTC (On Load Tap Changer) on the transformer that is not optimal. OLTC is an electrical appliance that functions as a modifier tap in an overburdened that can increase or decrease the number of coils in a transformer without having to do a Burnout in advance. OLTC tap can be changed based on the new secondary voltage (V_s^1). The method used is an Artificial Neural Network (ANN) with a value of V_p and V_s^1 as input and the position of the tap as the target.

This research aims to analyze the OLTC tap position setting optimization to enhance the stability of power transformer secondary voltage at 500 kV method based on Artificial Neural Networks (ANN) using MATLAB simulink software in the form of a diagram. Where optimization is intended is to reduce movement of OLTC tap and determine the proper tap position so hopefully can stabilize the secondary voltage on the transformer power unit 6 PT. YTL Jawa Timur.

The new secondary voltage (V_s^1) obtained from the training process using ANN with regression 0.99654 time epoch reached the 9th iteration indicates a more stable results. Stable in this case i.e. approach or in accordance with existing secondary voltage values on the name plate of the transformer (V_{np}). OLTC tap on settings using the AVR (Automatic Voltage Regulator) when the primary voltage (V_p) of 21390 V, the magnitude of the secondary voltage (V_s) is the 524103 V with tap position -6 are not yet appropriate name plate because when the V_{np} position

tap -6 must be of 539960 v. whereas in OLTC tap setting use ANN secondary voltage (V_s^1) that is generated is 522018 V with tap-position 2 that already fits the name plate where the V_{np} when tap-position 2 is of 521650 V.

The stability of the voltage tap position which also generates more stable where movement of OLTC tap settings with OLTC using ANN moves as much as 14 times while using AVR, OLTC moves as much as 36 times that are deemed less effective and efficient so as to cause the OLTC too often works. As a result the OLTC into fast heat and mechanical damage risk. With the optimization settings of OLTC tap position right, then is expected to reduce the movement/OLTC tap in order to minimize the displacement occurs and damage the stability of the secondary voltage can be reached.

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimasi Pengaturan Tap OLTC untuk Meningkatkan Stabilitas Tegangan Transformator Daya 500 kV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur Berbasis *Artificial Neural Network*”**. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak akan bisa selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan motivasi.
6. Bapak Ir. Widnyono Hadi, M.T., selaku Penguji 1 dan Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T., selaku Penguji 2 yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis.
7. Ibunda Yahmi dan Ayahanda Wagirun yang tiada henti-hentinya mengirimkan doa, memberikan dukungan baik moril maupun materiil dan senantiasa mencurahkan kasih sayang luar biasa kepadaku.

8. Kakakku Dendy Kuncoro, S.T. dan Mohamad David yang selalu menjaga dan mengasihiku dengan tulus.
9. Mas Harmawan dan Pak Adhiyanto selaku pembimbing dari PT. YTL Jawa Timur yang selalu siap diajak berdiskusi dan selalu memberikan ilmu baru yang tidak didapatkan dibangku kuliah.
10. Cewe-cewe Elektro 2013, khususnya teman sekontrakan Gang Mangga Nurul Hidayah, Erinna Dyah Atsari, Delvi Picalista dan Ila Nurmawati yang sudi berbagi kisah baik suka maupun duka, saling menguatkan dan juga mengingatkan.
11. Cries Avian, S.T., dan Lori Kusuma Dewi, kakak tingkat dan sahabat seperjuangan yang membantu meluangkan waktu, pikiran dan tenaganya demi menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman satu bimbingan (DPU) yang bersedia bertukar pikiran dan saling mendukung satu sama lain.
13. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
14. Sahabat PRENG KETEKOK INDIE, jimi, ino, silvi, riska, dirga, putra, singgih, binawan, dan akbar yang selalu mendukung dan membantu dari awal hingga akhir layaknya sebuah keluarga.
15. Keluarga besar Civitas Akademia Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember yang memberikan bantuan dalam urusan administrasi dan segala pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih banyak.

Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi, dan manfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk dapat menyempurnakan skripsi ini.

Jember, 13 April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Transformator Daya.....	5
2.2 <i>On Load Tap Changer</i> (OLTC).....	7
2.2.1 Konstruksi dan Komponen dari OLTC.....	8
2.2.2 Prinsip kerja OLTC	10
2.3 <i>Artificial Neural Networks</i> (ANN)	11
2.3.1 Komponen <i>Artificial Neural Networks</i>	13
2.3.2 Arsitektur <i>Artificial Neural Networks</i>	14
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Prosedur Penelitian	16
3.3 Perencanaan Jadwal Penelitian.....	17
3.4 Alat dan bahan	17
3.4.1 Alat	17
3.4.2 Bahan.....	17

3.5	<i>Flowchart</i> Pengaturan Tap OLTC pada Transformator 500 KV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur dengan menggunakan ANN..	18
3.6	Struktur <i>Neural Network</i>	19
3.7	Data-data pada optimasi sistem OLTC dengan ANN	19
	3.7.1 Data <i>Spesifikasi</i> Transformator	19
	3.7.2 Data <i>Spesifikasi</i> OLTC	20
	3.7.3 Data <i>Perubahan</i> Posisi Tap pada Transformator 500 kV	23
	3.7.4 Data <i>Perbandingan</i> Tegangan pada masing-masing Tap OLTC	24
	3.7.5 Data Tegangan Sekunder (V_s^1) dan Posisi Tap Target dengan Pengaturan ANN	25
3.8	Konfigurasi Simulasi	27
	3.8.1 <i>Perancangan Simulink Diagram Neural Network</i>	27
	3.8.2 Proses <i>Training</i>	27
	3.8.3 <i>Simulink Diagram</i>	28
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1	Sistem Pengaturan Tap OLTC	30
	4.1.1 Analisa Perhitungan Pengaturan Tap OLTC pada Transformator 500 KV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur menggunakan AVR	30
	4.1.2 Analisa Perhitungan <i>Pengaturan</i> Tap OLTC pada Transformator 500 KV dengan berbasis ANN	33
4.2	Pengujian Pengaturan Tap OLTC menggunakan ANN	35
4.3	Analisa Data Pengaturan OLTC menggunakan ANN	43
4.4	Analisa Grafik	45
4.5	Pengujian Efektivitas Pengaturan OLTC menggunakan ANN	47
BAB 5.	PENUTUP	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56

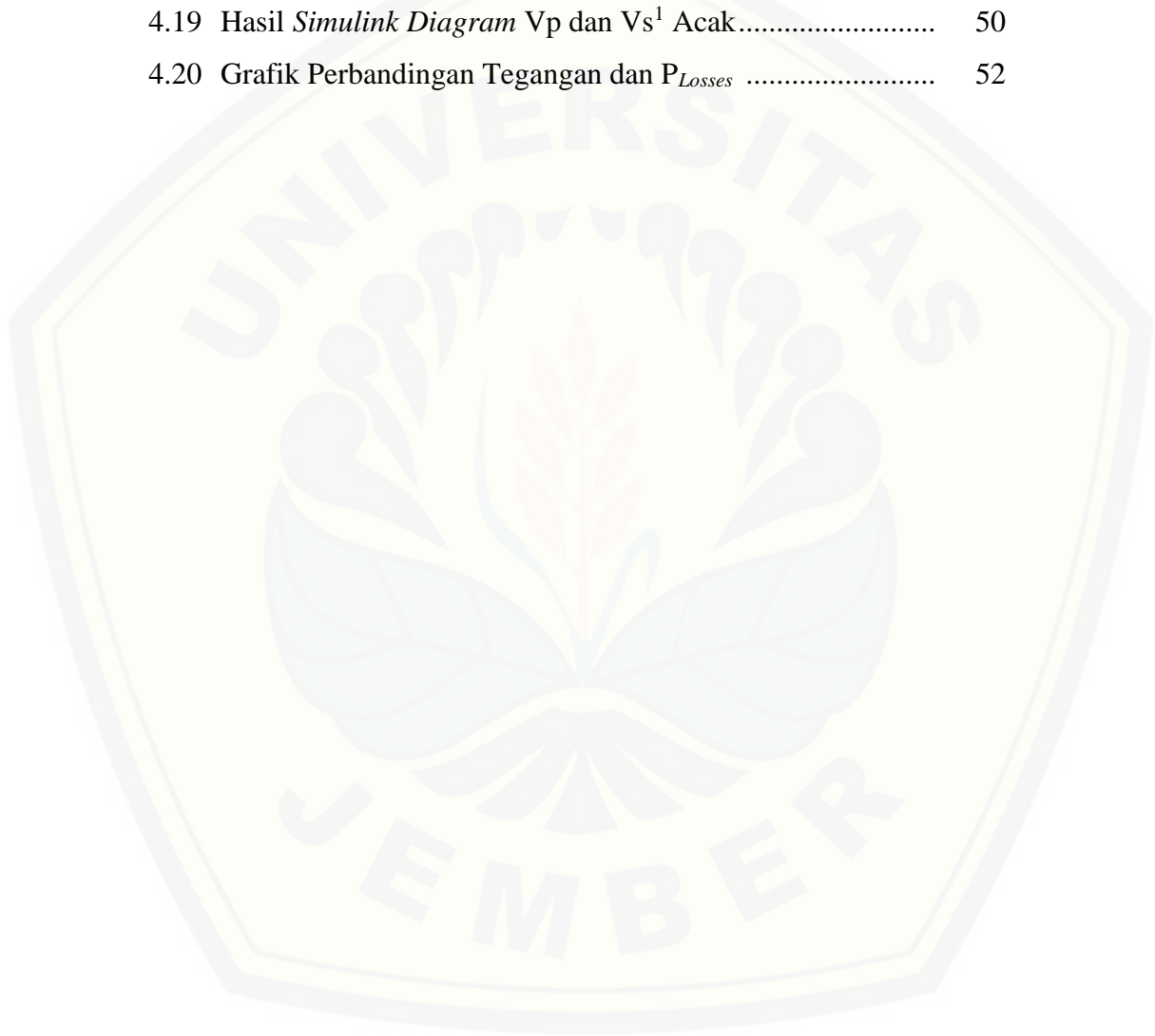
DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian	17
3.2 Penandaan OLTC Transformator Daya 500 KV	21
3.3 Data perubahan posisi tap OLTC pada transformator 500 kV	23
3.4 Data Perbandingan Tegangan pada masing-masing Tap OLTC	24
3.5 Data Tegangan Sekunder (V_s^1) dan Posisi Tap Target dengan Pengaturan ANN.....	25
3.6 Data Tegangan dan Posisi Tap Target	26
4.1 Sampel Data Aktual Perubahan Tap OLTC	30
4.2 Pengaturan tap OLTC menggunakan AVR	32
4.3 Hasil pengaturan tap OLTC menggunakan ANN.....	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Arus bolak balik mengelilingi inti besi.....	6
2.2 Prinsip Kerja Transformator	6
2.3 <i>On Load Tap Changer</i>	8
2.4 Prinsip Kerja OLTC	10
2.5 Struktur <i>Neural Network</i>	14
2.6 Arsitektur <i>Layer Tunggal</i>	15
2.7 Arsitektur <i>Layer Jamak</i>	15
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	18
3.2 Perancangan Struktur <i>Neural Network</i>	19
3.3 <i>Generator Transformer 765 MVA</i>	20
3.4 Posisi OLTC pada Transformator.....	20
3.5 Posisi Tap Dalam Rangkaian <i>Line 1</i>	22
3.6 Arsitektur <i>Neural Network</i>	27
3.7 <i>Simulink Diagram</i>	28
3.8 <i>Blok Constant</i>	29
3.9 Struktur Awal ANN	29
4.1 Hasil Simulink Diagram 68 iterasi.....	35
4.2 <i>Neural Network Trainingtool</i> 68 iterasi.....	35
4.3 <i>Plot Regression</i> 0.98692	36
4.4 <i>Neural Network Trainingtool</i> 9 iterasi.....	37
4.5 <i>Plot Regression</i> 0.99654	37
4.6 Hasil Simulink Diagram 9 iterasi.....	38
4.7 Hasil Simulink Diagram dengan fungsi <i>round</i>	39
4.8 Struktur <i>layer 1</i>	39
4.9 Informasi Beban pada <i>Layer 1</i>	40
4.10 Informasi Beban pada <i>Neuron 1 Layer 1</i>	41
4.11 Informasi Beban pada <i>Layer 2</i>	41
4.12 Grafik Perbandingan Tap OLTC	45

4.13	Grafik Perbandingan Tegangan Sekunder	46
4.14	<i>Neural Network Trainingtool</i> 120 iterasi.....	47
4.15	<i>Plot Regression</i> 1	48
4.16	Blok Parameter V_p dan V_s^1	48
4.17	Hasil <i>Simulink Diagram</i> V_p dan V_s^1	49
4.18	Blok Parameter V_p dan V_s^1 Acak.....	49
4.19	Hasil <i>Simulink Diagram</i> V_p dan V_s^1 Acak.....	50
4.20	Grafik Perbandingan Tegangan dan P_{Losses}	52



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang penting dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan akan energi listrik tersebut kian meningkat. Sehingga usaha penyediaan tenaga listrik perlu terus ditingkatkan, dimana pemerintah dituntut untuk menyediakan tenaga listrik dalam jumlah yang cukup, merata, dan bermutu. Sesuai dengan UU Republik Indonesia No. 30 tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan pasal 29 yang menyatakan bahwa konsumen berhak untuk mendapat pelayanan yang baik dan mendapat tenaga listrik secara terus-menerus dengan mutu dan keandalan yang baik (Republik Indonesia, 2009). Hal tersebutlah yang mendorong para penyedia tenaga listrik untuk terus berupaya meningkatkan kualitas produk dan pelayanannya agar dapat menyediakan tenaga listrik sesuai standar mutu keandalan yang berlaku dan mampu memberikan pelayanan terbaik kepada konsumen dan masyarakat.

Tenaga listrik sendiri merupakan suatu bentuk energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan, dan didistribusikan untuk segala macam keperluan. Dalam serangkaian proses penyediaan tenaga listrik terdapat suatu fenomena yaitu adanya susut daya. Persoalan tersebut telah secara faktual mengakibatkan defisit energi dan penurunan kualitas daya listrik. Karakteristik jaringan dan beban yang bersifat induktif menyebabkan turunnya faktor daya dan memaksa pembangkit menyediakan daya lebih besar untuk beban yang sama serta mempengaruhi kestabilan tegangan (Andriyani, 2012).

Ketidakstabilan tegangan pada suatu sistem pembangkitan, akan menyebabkan intensitas pergerakan OLTC (*On Load Tap Changer*) bertambah. Pada sistem yang sudah ada, pergerakan OLTC tersebut dikendalikan oleh AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dengan perpindahan tap secara *step by step*. Hal ini dianggap kurang efisien karena akan mengakibatkan OLTC terlalu sering bekerja. Akibatnya OLTC menjadi cepat panas dan menimbulkan resiko kerusakan mekanis yang lebih besar. Dengan adanya optimasi pengaturan posisi tap OLTC yang tepat,

maka diharapkan dapat mengurangi pergerakan/perpindahan tap OLTC agar meminimalisir terjadi kerusakan dan kestabilan tegangan sekunder dapat tercapai. Optimasi pengaturan posisi tap OLTC yang dilengkapi dengan menggunakan metode *Artificial Neural network* (ANN), diharapkan mampu menentukan posisi tap yang paling efisien secara langsung. Dimana besarnya tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s^1) dijadikan sebagai *input* dan perubahan tap (*Direct of Tap Change*) dijadikan sebagai target. Sehingga pergerakan OLTC dapat dikurangi karena perpindahan tap lebih cepat dan efisien dalam memperbaiki kestabilan tegangan.

Tap changer sendiri merupakan alat pengubah perbandingan lilitan trafo untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan/primer yang berubah-ubah. *Tap changer* yang dapat beroperasi untuk memindahkan *tap* transformator dalam keadaan berbeban disebut dengan “*on load tap changer*” atau OLTC yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Transformator merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Sedangkan *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan suatu jaringan dari unit pemroses kecil yang saling terhubung, yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia. ANN memungkinkan untuk menyelesaikan masalah sistem non-linier yang terkadang sulit untuk dipecahkan seperti menemukan adanya kegagalan isolasi dalam kumparan transformator dan juga digunakan dalam menemukan *partial discharge* di jalur transmisi (S & Bansilal, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat diambil beberapa pokok permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sistem *Artificial Neural Network* (ANN) untuk meningkatkan stabilitas tegangan sekunder dengan mempertimbangkan perubahan tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s^1)?
2. Bagaimana cara mengatur perpindahan tap OLTC pada Transformator Daya 500 kV unit 6 PT. YTL Jawa Timur agar lebih cepat dan efisien berdasarkan metode *Artificial Neural Network* (ANN)?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis optimasi pengaturan posisi tap OLTC untuk meningkatkan stabilitas tegangan sekunder pada transformator daya 500 kV. Selain itu, diharapkan dapat mengurangi pergerakan OLTC pada transformator daya unit 6 di PT. YTL Jawa Timur berdasarkan metode *Artificial Neural Networks* (ANN) menggunakan *software* MATLAB.

1.4 Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup yang akan dibatasi dalam penelitian ini adalah:

1. Transformator daya yang dijadikan objek penelitian adalah transformator daya (*Generator Transformer*) 500 kV unit 6 yang berada di PT. YTL Jawa Timur.
2. Data besarnya tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s) diperoleh dari data transformator daya di unit 6 PT. YTL Jawa Timur.
3. Analisa optimasi OLTC menggunakan metode *Artificial Neural Networks* (ANN) pada *software* MATLAB berupa simulink diagram.
4. Optimasi OLTC menggunakan jaringan layar jamak (*multi layer network*).
5. Penelitian ini tidak membahas tentang AVR (*Automatic Voltage Regulator*).
6. Analisa dilakukan dengan menganggap bahwa sistem dalam keadaan normal.
7. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.

1.5 Manfaat

Dengan adanya analisis optimasi pengaturan posisi tap OLTC pada Transformator Daya 500 kV unit 6 PT. YTL Jawa Timur diharapkan mampu meningkatkan stabilitas tegangan sekunder yang akan ditransmisikan ke PLN dan mengurangi pergerakan OLTC dengan berbasis *Artificial Neural Network* (ANN).

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penjelasan teori yang menguraikan pendapat atau hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian dan analisis hasil penelitian.

BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

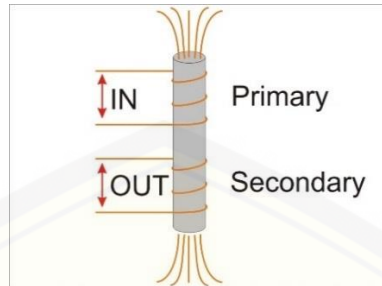
2.1 Transformator Daya

Transformator daya adalah suatu peralatan listrik yang dipergunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi lebih tinggi atau lebih rendah. Peralatan utama pada transformator daya diantaranya, inti besi, kumparan (lilitan) transformator, minyak transformator, bushing, dan tangki konservator. Inti besi merupakan bagian transformator yang bertujuan untuk mengarahkan keseluruhan fluks magnet yang dihasilkan oleh lilitan primer agar masuk ke lilitan sekunder. Lilitan transformator dibagi menjadi dua yaitu lilitan primer yang merupakan bagian transformator yang terhubung dengan sumber energi listrik dan lilitan sekunder yang merupakan bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian beban. Inti besi dan tembaga (kumparan) merupakan komponen yang secara aktif “membangkitkan” energi panas.

Bila energi panas tersebut tidak disalurkan melalui suatu sistem pendinginan, maka akan mengakibatkan besi maupun tembaga mencapai suhu yang tinggi sehingga dapat merusak tahanan isolasinya. Karenanya, diperlukan adanya minyak transformator yang digunakan sebagai peredam energi panas tersebut. Minyak transformator itu ditampung di dalam tangki konservator. Sedangkan *bushing* merupakan sebuah konduktor yang terhubung dengan kumparan yang berada di dalam transformator dan konduktor tersebut diselubungi oleh bahan isolator. Bahan isolator berfungsi sebagai media isolasi antara konduktor *bushing* dengan badan tangki utama transformator. Selain peralatan utama, transformator daya juga memiliki peralatan bantu diantaranya peralatan pendingin, *sitram dry*, alat pernafasan (*dehydrating breather*), *tap changer*, dan beberapa indikator seperti *oil temperature indicator* dan *winding temperature indicator*.

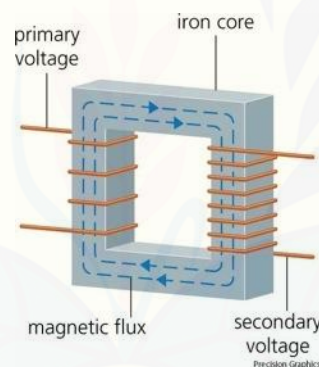
Transformator sendiri menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan

apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Arus bolak balik mengelilingi inti besi (Teddy, 2012)

Arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga didalam inti besi akan mengalir fluks magnet dan fluks magnet ini akan menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial (Gambar 2.2) .



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator (Miller, 2008)

Dalam transformator bisa di buat sebuah persamaan atau rumus matematik sebagai berikut:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

dimana,

V_p = tegangan pada kumparan primer

V_s = tegangan pada kumparan sekunder

N_p = banyaknya lilitan pada kumparan primer

N_s = banyaknya lilitan pada kumparan sekunder

Berdasarkan jenis pengubahan tegangan yang dilakukan, transformator dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Transformator *Step-Up*

Berfungsi untuk menaikkan tegangan dimana jumlah lilitan pada sisi sekunder lebih banyak dibandingkan jumlah lilitan di sisi primer sehingga tegangan di kumparan sekunder lebih besar.

2. Transformator *Step-Down*

Berfungsi untuk menurunkan tegangan dengan jumlah lilitan pada sisi primer lebih banyak dibandingkan jumlah lilitan di sisi sekunder sehingga tegangan di kumparan primer lebih besar.

2.2 *On Load Tap Changer (OLTC)*

On Load Tap changer merupakan peralatan yang dipasang pada transformator untuk memperbaiki kualitas tegangan pada sisi sekunder dengan memilih rasio tegangan tanpa melakukan pemadaman. Kualitas (besar) tegangan pelayanan disisi sekunder dapat berubah karena tegangan jaringan/sistem yang berubah-ubah akibat dari pembebanan ataupun saat kondisi sistem, pada perubahan ratio yang diatur oleh *tap changer* adalah perubahan dengan *range* kecil antara + 10% - 15% dari tegangan dasar trafo tersebut.

Perbandingan besar tegangan antara sisi primer terhadap tegangan sisi sekunder adalah berbanding lurus dengan jumlah belitan pada masing-masing kumparan, ($E_{\text{primer}} / E_{\text{sekunder}} = N_{\text{primer}} / N_{\text{sekunder}}$) bila tegangan di sisi primer berubah, sedangkan tegangan disisi sekunder yang diinginkan akan tetap, maka untuk mendapatkan tegangan disisi sekunder yang konstan harus melakukan penambahan atau mengurangi jumlah belitan di sisi primer. Untuk mendapatkan *range* yang lebih luas didalam pengaturan tegangan, pada kumparan utama trafo biasanya ditambahkan kumparan bantu (*tap winding*) yang dihubungkan dengan *tap selector* pada OLTC.

Pada umumnya *Tap changer* dihubungkan dengan kumparan sisi *high voltage* dengan pertimbangan arus di sisi primer lebih kecil daripada di sisi

sekunder, tujuannya untuk memperkecil resiko bila menjadi los kontak dengan arus yang lebih kecil dapat dipergunakan ukuran/jenis konduktor yang kecil pula.

Tap changer merupakan alat penstabil tegangan keluaran pada sisi sekunder transformator daya. Prinsip kerja alat ini adalah dengan mengubah jumlah kumparan primer yang memiliki *input* tegangan yang berubah-ubah untuk mendapatkan nilai tegangan *output* yang konstan. Terdapat 2 macam *Tap Changer* yakni *On Load Tap Changer* (berbeban) dan *Off Circuit Tap Changer* (saat tanpa beban dan tegangan).

Transformator yang terpasang di gardu induk pada umumnya menggunakan *tap changer* yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang di sisi primer. Untuk mengisolasi dan meredam panas trafo pada saat proses perpindahan tap, maka OLTC direndam di dalam minyak isolasi yang terpisah dengan minyak isolasi utama trafo (ada beberapa trafo yang *compartemen*-nya menjadi satu dengan *main tank*). Karena pada proses perpindahan hubungan tap di dalam minyak terjadi fenomena elektris, mekanis, kimia dan panas, maka minyak isolasi OLTC kualitasnya akan cepat menurun. tergantung dari jumlah kerjanya dan adanya kelainan di dalam OLTC.



Gambar 2.3 *On Load Tap Changer* (Jansen, 2006)

2.2.1 Konstruksi dan Komponen dari OLTC

Tap changer transformator daya ditempatkan dalam tabung atau *Compartment* direndam dalam minyak, yang ditetapkan terpisah dari tangki utama (*Main-tank*) karena trafo dalam pengoperasian OLTC terjadi *switching* ketika kontak-kontak didalam OLTC berpindah posisi sehingga

kualitas minyak cepat menurun terutama warnanya cepat kotor dan berwarna hitam (karbon dioksida), oleh karena itu minyak di *Tap changer* ditempatkan terpisah dari minyak Trafo di dalam tangki utama. Penempatan OLTC dirancang sedekat mungkin dengan belitan/kumparan di dalam Trafo untuk memperpendek pemakaian konduktor yang dipakai untuk menghubungkan *Tap changer* dengan belitan.

Komponen/bagian-bagian dari OLTC tergantung dari jenis-jenisnya. Namun secara prinsip kerja, OLTC terdiri dari (Dr. Hasbullah, et al., 2014):

1. *Diverter switch*.
2. *Tap selector*.
3. *Transition Impedance*.
4. *Insulation*.
5. *Tap Winding*.
6. Mekanik motor penggerak.

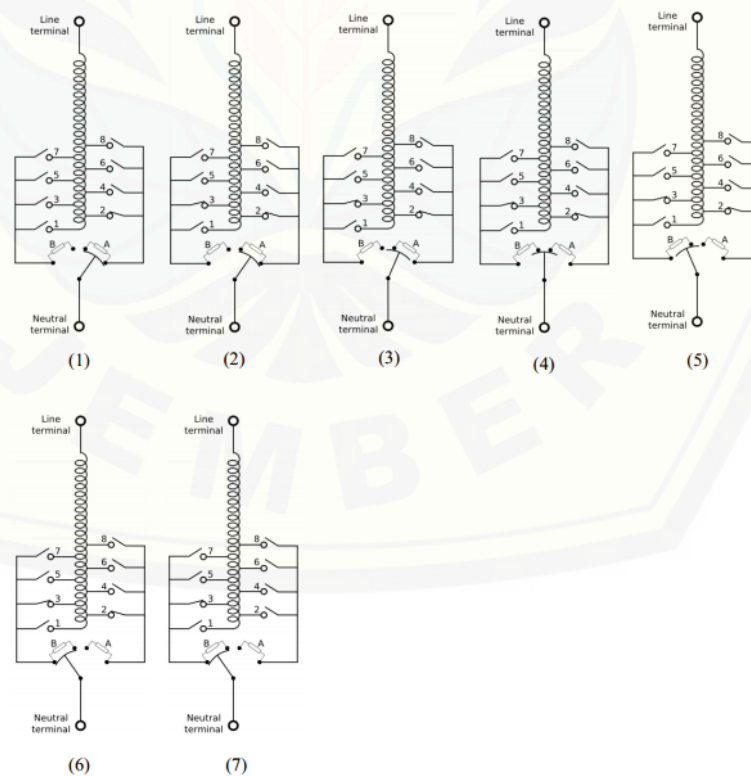
Tap selector adalah saklar untuk memilih tap yang akan dipakai, dan tidak diharapkan terjadi busur api sehingga *tap selector* selalu bekerja dalam kondisi tak berbeban. *Diverter switch* adalah saklar untuk menghindari terjadinya pemutusan beban. Saklar ini didesain untuk bekerja di dalam kondisi berbeban sehingga terjadi busur api di setiap operasinya. *Transition impedance* adalah komponen untuk meminimalisir terjadinya arus sirkulasi. *Transition impedance* membuang arus sirkulasi menjadi panas atau medan magnet, dan hanya bekerja di saat terjadi perpindahan tap. *Insulation* berfungsi untuk memutuskan busur api pada OLTC. Karena busur api hanya terjadi pada *diverter switch*, maka *insulation* khusus hanya dipakai di *diverter switch*. *Tap winding* adalah belitan pada OLTC yang berfungsi untuk menambahkan atau mengurangi regulasi tegangan. Untuk merubah regulasi tegangan dari minus ke plus, cukup membalikkan polaritasnya. Motor penggerak digunakan untuk OLTC yang telah bekerja secara otomatis, sehingga pergerakan *diverter switch* tidak manual menggunakan engkol.

2.2.2 Prinsip kerja OLTC

Secara umum Prinsip dasar dari OLTC ini yaitu melakukan pengaturan tegangan baik sisi sekunder maupun primer yang dilakukan dengan cara memilih rasio tegangan, dimana untuk memilih rasio yang dikehendaki dilakukan dengan cara menambahkan atau mengurangi jumlah kumparan (dalam hal ini disebut kumparan bantu) yang dimana proses tersebut dilakukan oleh *tap selector* dan *diverter switch*.

Mekanisme *on-load tap changer* secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.4 dimana kedua tap dihubungkan terhadap netral dari lilitan trafo ketika terjadi pemindahan dari satu tap ke tap yang lain, sehingga tidak terjadi pemutusan beban. OLTC selalu dipasang di ujung lilitan transformator sebelum masuk ke terminal netral.

Tahapan-tahapan dalam memindahkan tap pada OLTC ditunjukkan pada Gambar 2.4, yang terdiri dari 7 tahap. Tahap pertama adalah kondisi awal, dimana *diverter switch* berada di posisi A dan *tap selector* di nomor 2.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja OLTC (Dr. Hasbullah, et al., 2014)

Pada tahap kedua, tap 3 (tap tujuan) dihubungkan singkat oleh *drive mechanism*, agar tidak terjadi busur api pada *tap selector*. Kemudian *diverter switch* mulai bergerak ke arah posisi B, di tahap ke-3 ini terlihat bahwa arus dari fasa ke netral tidak lagi melewati *diverter switch* melainkan melewati impedansi transisi A. Tahap ke-4 menunjukkan bahwa *diverter switch* berada di tengah-tengah antara posisi A dan B. Pada tahap ini, terdapat dua arus yang mengalir yaitu arus sirkulasi yang mengalir dari tap 2 ke tap 3 melewati impedansi A dan B dan arus fasa/arus saluran (I) yang mengalir dari *line terminal* ke netral. Arus sirkulasi (I_c) sendiri merupakan yang terbentuk saat perpindahan tap. Selanjutnya pada tahap ke-5 *diverter switch* melanjutkan gerak menuju ke arah B dan memutuskan rangkaian dari impedansi A, sehingga arus sirkulasi pun terputus. Pada saat ini arus sudah terlebih dahulu mengalir ke tap 3 melewati impedansi B. Saat tahap ke-6 *diverter switch* telah menyelesaikan gerakannya dan berhenti di titik B. Tahap terakhir tap 2 akan *open circuit* dan proses pergantian tap selesai.

Drive mechanism dari *tap selector* bekerja secara serial dengan gerakan *diverter switch*. Dalam arti lain *tap selector* selalu bekerja sebelum/setelah *diverter switch* bekerja, *tap selector* tidak bekerja tersendiri melainkan menjadi bagian dari pergerakan *diverter switch* sebelum/setelah operasi.

2.3 Artificial Neural Networks (ANN)

Artificial Neural Networks (ANN) atau Jaringan saraf tiruan (JST) merupakan jaringan yang terdiri atas sekelompok unit pemroses kecil yang direpresentasikan berdasarkan jaringan saraf pada manusia. Seperti halnya jaringan saraf biologis, ANN juga memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi terhadap masukan-masukan. ANN menyerupai otak manusia dalam dua hal, yakni pengetahuan diperoleh jaringan melalui proses belajar dan kekuatan hubungan antar sel syaraf (neuron) yang dikenal sebagai bobot-bobot sinaptik digunakan untuk menyimpan pengetahuan (Kusmaryanto, 2014).

Pada tahun 1982, Hopfield telah memperluas aplikasi ANN untuk memecahkan masalah-masalah optimasi. Hopfield telah berhasil memperhitungkan fungsi energi ke dalam jaringan syaraf, yaitu agar jaringan memiliki kemampuan mengingat atau memperhitungkan suatu obyek dengan obyek yang pernah dikenal atau diingat sebelumnya (*associative memory*) (Puspitaningrum, 2006). Beberapa istilah dalam ANN yang sering ditemui adalah sebagai berikut:

- a. *Neuron* atau *node* atau unit: sel saraf tiruan yang merupakan elemen pengolahan jaringan syaraf tiruan. Setiap *neuron* menerima data *input*, memproses *input* tersebut kemudian mengirimkan hasilnya berupa sebuah *output*.
- b. Jaringan: kumpulan *neuron* yang saling terhubung dan membentuk lapisan.
- c. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*): lapisan yang tidak secara langsung berinteraksi dengan dunia luar. Lapisan ini memperluas kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam menghadapi masalah-masalah yang kompleks.
- d. *Input*: sebuah nilai *input* yang akan diproses menjadi nilai *output*.
- e. *Output*: solusi dari nilai *input*.
- f. Bobot: nilai matematis dari sebuah koneksi antar-*neuron*.
- g. Fungsi aktivasi: fungsi yang digunakan untuk meng-*update* nilai-nilai bobot per-iterasi dari semua nilai *input*.
- h. Fungsi aktivasi sederhana adalah mengalikan *input* dengan bobotnya dan kemudian menjumlahkannya (disebut penjumlahan sigma) berbentuk linier atau tidak linier dan sigmoid.
- i. Paradigma pembelajaran: bentuk pembelajaran, *supervised learning*, atau *unsupervised learning*.

Jaringan saraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi (Siang, 2009), dengan asumsi bahwa:

- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*).
- Sinyal dikirimkan di antara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung.
- Penghubung antar-*neuron* memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.

- Untuk menentukan *output*, setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan *input* yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang (*threshold*).

ANN ditentukan oleh 3 hal yaitu pola hubungan antar *neuron* (arsitektur jaringan), metode untuk menentukan bobot penghubung (metode *training/learning*) dan fungsi yang digunakan untuk menentukan keluaran suatu *neuron* (fungsi aktivasi) (Siang, 2009).

2.3.1 Komponen *Artificial Neural Networks*

Pada umumnya ANN memiliki dua lapisan, yaitu *input layer* dan *output layer*. Akan tetapi pada perkembangannya, terdapat ANN yang memiliki satu lapisan lagi, dimana lapisan tersebut terletak di antara *input layer* dan *output layer*. Lapisan ini disebut lapisan *hidden layer*.

1. *Input Layer*

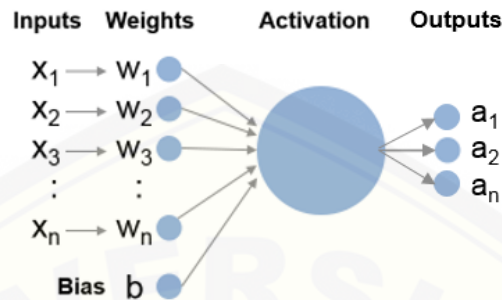
Input terdiri dari dua bagian, yaitu bagian yang nilainya senantiasa berubah-ubah sesuai dengan respon perangkat masukan (i_0, i_1, \dots, i_n) dan bagian kedua adalah bias (b_1) yang nilainya tetap/tidak berubah. Masing-masing *input* tersebut terhubung dengan neuron melalui jalur yang disebut dendrite. Jalur tersebut memiliki nilai bobot (weight) yang disimbolkan dengan huruf “w”. Setiap neuron pada *input layer* terhubung dengan setiap neuron pada *hidden layer*. Demikian juga, setiap neuron pada *hidden layer* terhubung ke setiap neuron pada *output layer*.

2. *Hidden layer*

Lapisan ini tidak pernah muncul (tersembunyi) sehingga dinamakan *hidden layer*. Akan tetapi semua proses pada fase pelatihan dan fase pengenalan dijalankan di lapisan ini. Jumlah lapisan ini tergantung dari arsitektur yang akan dirancang, tetapi pada umumnya terdiri dari satu lapisan *hidden layer*. *Neuron* pada *hidden layer* sendiri terdiri dari dua bagian. Bagian pertama merupakan proses penggabungan dari seluruh *input* dari neuron atau disimbolkan dengan sigma (Σ), dan bagian kedua adalah fungsi aktivasi dari neuron untuk kemudian informasi yang diperoleh akan diteruskan menuju bagian *output*.

3. Output Layer

Output layer berfungsi untuk menampilkan hasil perhitungan sistem oleh fungsi aktivasi pada lapisan *hidden layer* berdasarkan *input* yang diterima.



Gambar 2.5 Struktur *Neural Network* (Shure, 2015)

Secara matematis cara kerja Gambar 2.5 dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Nilai } \Sigma \text{Input} : (x_0 * W_0) + (x_1 * W_1) + wb$$

$$\text{Nilai aktivasi} = \text{SigAct}(\text{nilai } \Sigma \text{Input})$$

$$\text{Nilai Neuron} = \text{Nilai aktivasi}$$

dimana :

W : Weight atau bobot

X : *input*

B : bias

a : *Output*

SigAct : Fungsi sinyal aktivasi

SigAct ada yang berjeniskan model sinyal **tan**, **log** atau bahkan **pure** tergantung dari proses perancangan yang kita buat. Pada nilai aktivasi inilah yang menjadi nilai keluaran atau nilai akhir dari sebuah jaringan atau bahkan bisa menjadi nilai masukan bagi jaringan setelahnya dimana *output Neuron* masih dilempar ke *Neuron* lainnya yang mau tidak mau harus masuk melalui *input Neuron* berikutnya.

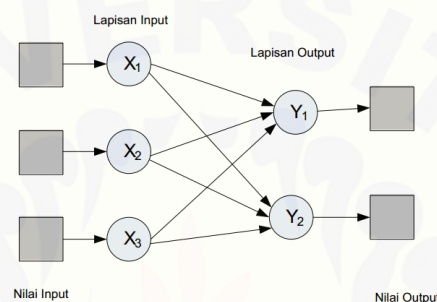
2.3.2 Arsitektur *Artificial Neural Networks*

Jaringan saraf tiruan memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Arsitektur tersebut gunanya untuk menjelaskan

arah perjalanan sinyal atau data di dalam jaringan. Arsitektur ANN tersebut, antara lain (Hermawan, 2006):

1. Jaringan Layer Tunggal (*single layer network*)

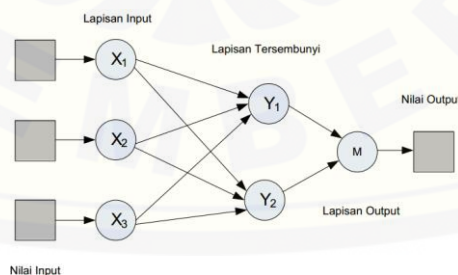
Jaringan dengan lapisan tunggal terdiri dari 1 *layer input* dan 1 *layer output*. Setiap *neuron/unit* yang terdapat di dalam lapisan/*layer input* selalu terhubung dengan setiap *neural* yang terdapat pada *layer output*. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.



Gambar 2.6 Arsitektur *Layer Tunggal* (Hermawan, 2006)

2. Jaringan layer jamak (*multi layer network*)

Jaringan dengan lapisan jamak memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki 3 jenis *layer* yakni *layer input*, *layer output*, *layer* tersembunyi. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun proses pelatihan sering membutuhkan waktu yang cenderung lama.



Gambar 2.7 Arsitektur *Layer Jamak* (Hermawan, 2006)

3. Jaringan dengan lapisan kompetitif

Pada jaringan ini sekumpulan *neuron* bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif.

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. YTL Jawa Timur Unit 6 PLTU Paiton, Probolinggo. Waktu penelitian berlangsung selama 5 bulan yaitu dimulai dari bulan Desember 2016 sampai dengan bulan April 2017.

3.2 Prosedur Penelitian

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini, langkah-langkah atau prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Dalam tahap ini hal yang perlu diperhatikan adalah memperkirakan data apa saja yang nantinya akan diambil dan dipergunakan dalam metode *Artificial Neural Network* (ANN).

2. Studi literatur terhadap objek dan penelitian

Mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang analisis metode *Artificial Neural Network* (ANN) dan prinsip kerja dari *On Load Tap Changer*.

3. Pengumpulan data

Mencari dan mengumpulkan data tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s) serta kapasitas dari transformator daya unit 6 pada PT.YTL Jawa Timur.

4. Pengolahan dan Analisa Data

Data yang telah diperoleh, akan diolah dan dianalisa untuk mengetahui posisi tap OLTC dengan berbasis *Artificial Neural Network* (ANN). Analisa tersebut dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB, kemudian hasilnya dibandingkan dengan nilai-nilai analisis yang diperoleh.

5. Pengambilan kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah diperoleh, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan serta pemberian saran.

6. Penulisan Laporan

Laporan ditulis berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dimulai dari awal hingga akhir penelitian.

3.3 Perencanaan Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-				
		1	2	3	4	5
1	Persiapan	■				
2	Studi Literatur	■	■			
3	Pengumpulan Data		■			
4	Pengolahan dan Analisa Data			■		
5	Pengambilan Kesimpulan			■	■	
6	Penulisan Laporan				■	■

3.4 Alat dan bahan

Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

3.4.1 Alat

1. PC / Laptop

PC / Laptop digunakan untuk melakukan mengolah data serta melakukan analisis hasil data uji.

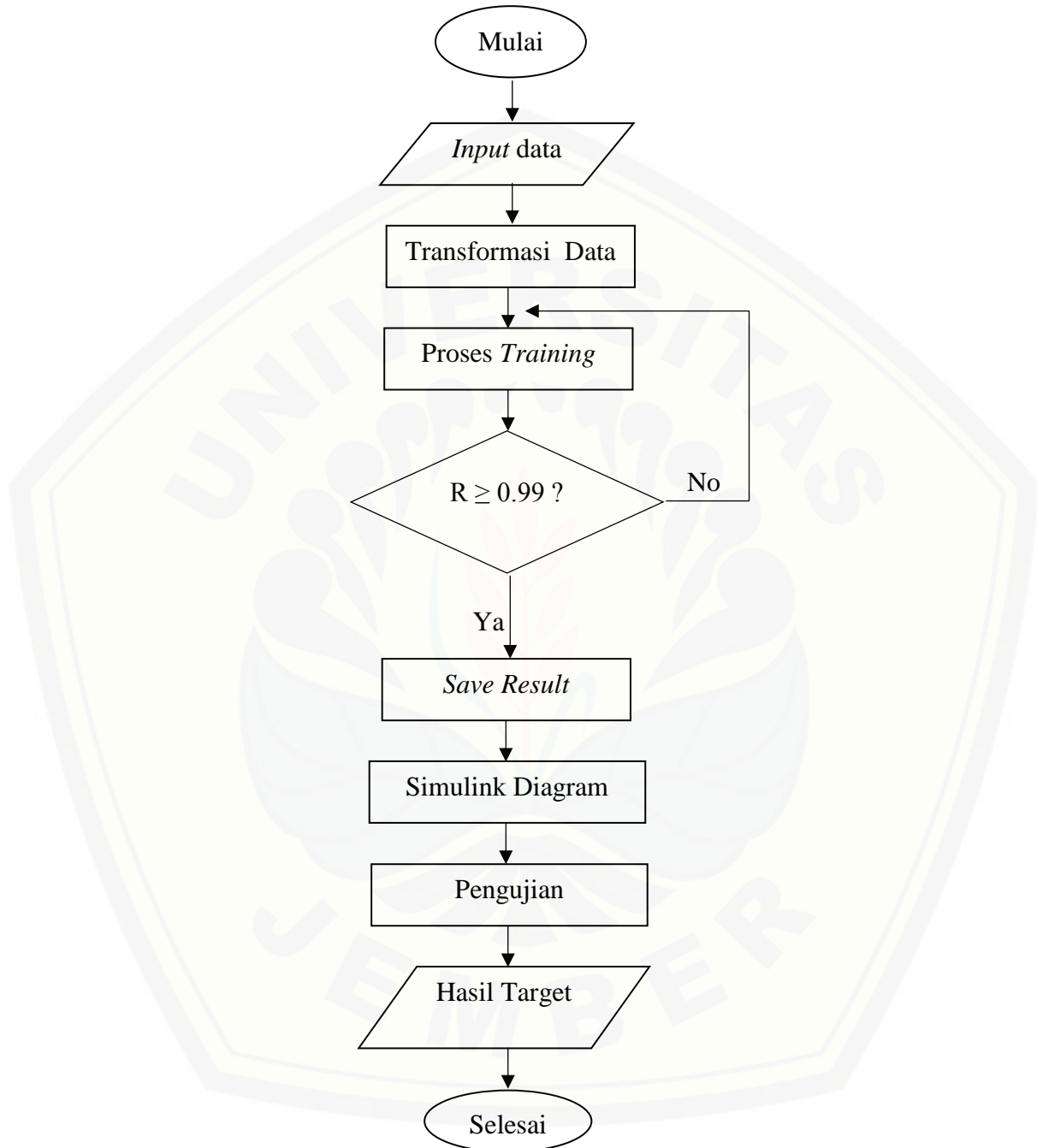
2. *Software* MATLAB R2013a

Analisis data menggunakan *software* MATLAB. Alasan digunakannya *software* ini karena di dalam MATLAB telah memiliki kelengkapan untuk merancang dan melakukan simulasi.

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperoleh dari penelitian yang digunakan dalam pembuatan program ini adalah data tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s) serta kapasitas dari transformator daya unit 6 di PT.YTL Jawa timur.

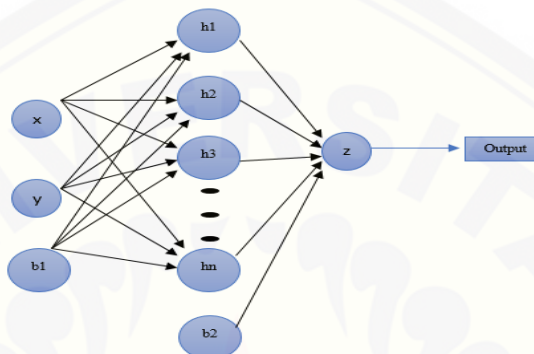
3.5 Flowchart Pengaturan Tap OLTC pada Transformator 500 KV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur dengan menggunakan ANN



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.6 Struktur *Neural Network*

Pada perancangan ini menggunakan 2 buah *input* (x dan y) dengan 1 bias (b_1), 20 *hidden layer* dan 1 buah *output layer*. Dimana x menyatakan nilai V_p dan y menyatakan nilai V_s^1 , sedangkan z menyatakan *output* yang berupa posisi tap OLTC. Rancangan ini digunakan untuk proses *training* dengan tujuan bisa mendapatkan eror yang kecil.



Gambar 3.2 Perancangan Struktur *Neural Network*

3.7 Data-data pada optimasi sistem OLTC dengan ANN

3.7.1 Data Spesifikasi Transformator

Pada PLTU unit 5 dan 6 memiliki beberapa jenis transformator yang digunakan. Berdasarkan daya yang disuplai untuk *plant* transformator dibagi menjadi berikut:

BAT01: *Generator Transformer* 765 MVA (21 kV to 500 kV)

BBT: *Unit Auxiliary Transformer* 60/40/40 MVA (21 kV to 10 kV)

BCT: *Station Service Transformer* 90/45/45 MVA (150 kV to 10 kV)

Transformator yang akan digunakan dalam penelitian adalah *generator transformer* 765 MVA. Data spesifikasi transformator diperoleh berdasarkan data referensi (*name plate*), yakni sebagai berikut :

Transformer Type	: TFMSM 8957
Make	: SIEMENS
Rated Power	: 765 MVA
Rated Voltage Ratio	: 512 500 V
Number of Phases	: 3
Rated Frequency	: 50 Hz

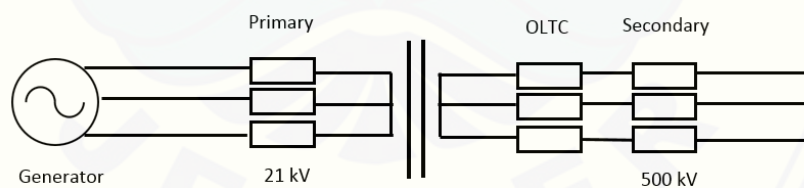


Gambar 3.3 Generator Transformer 765 MVA

3.7.2 Data Spesifikasi OLTC

OLTC pada transformator daya unit 6 PT.YTL Jawa Timur berada di sisi HV (*High Voltage*) yakni pada tegangan 500 KV. OLTC ini memiliki 29 tap, dimana tap 15 digunakan sebagai pilihan awal dalam menentukan pilihan tap-tap selanjutnya sesuai dengan besar nilai tegangan primer pada tiap jamnya.

Bila digambarkan ke dalam bentuk *wiring line* yang sederhana maka akan terlihat seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.4 Posisi OLTC pada Transformator

Berikut ini merupakan spesifikasi dari OLTC tersebut:

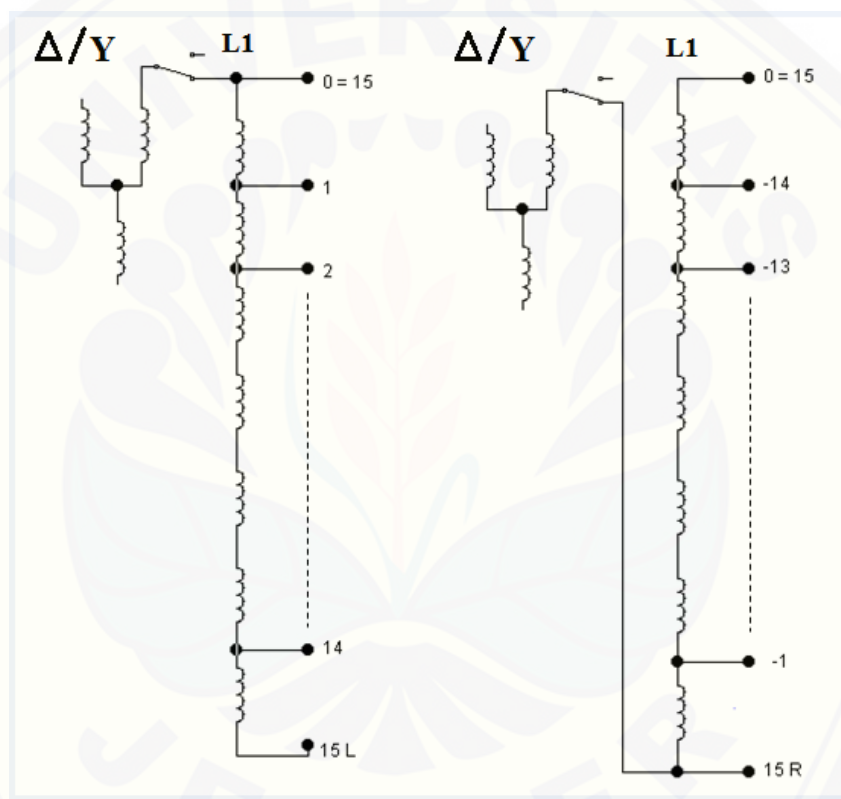
Make	: Reinhausen
Type	: MR R III 1200 - 72.5/C – 16 313 W
Position Range	: $\pm 12.5\%$
Number of Step	: ± 14 steps
Number of Positions	: 29
Rated Current	: 1200 A

Tabel 3.2 Penandaan OLTC Transformator Daya 500 KV

Position (name plate)	Connections on tap selector DCS screen	Voltage (V)
1	-14	576 560
2	-13	571 990
3	-12	567 410
4	-11	562 830
5	-10	558 260
6	-9	553 680
7	-8	549 110
8	-7	544 530
9	-6	539 960
10	-5	535 380
11	-4	530 800
12	-3	526 230
13	-2	521 650
14	-1	517 080
*) 15 R	0	512 500
15	0	512 500
*) 15 L	0	512 500
16	1	507 920
17	2	503 350
18	3	498 770
19	4	494 200
20	5	489 620
21	6	485 040
22	7	480 470
23	8	475 890
24	9	471 320
25	10	466 740
26	11	462 170
27	12	457 590
28	13	453 010
29	14	448 440

*) *automatical pass of tap positions 15 R and 15 L*

Position (name plate) merupakan penomoran posisi tap OLTC yakni nomor 1 sampai 29 dengan tegangan pada masing-masing tap sesuai dengan *name plate*, sedangkan pada *DCS Screen* posisi tap akan dibaca dengan penomoran dari -14 hingga -1, 0, dan +1 hingga +14. Posisi tap nomor 15 pada *name plate* sama dengan posisi tap 0 pada *DCS Screen* sesuai Tabel 3.2. Sedangkan untuk tap nomor 15 L (*Left*) dan 15 R (*Right*) juga sama dengan posisi tap 0 pada *DCS Screen*, hanya saja posisi *switch*-nya yang membedakan seperti yang ditunjukkan Gambar 3.5 berikut.



(a) Right Tap Position (+) (b) Left Tap Position (-)

Gambar 3.5 Posisi tap dalam rangkaian Line 1

Pada Gambar 3.5 (a) menunjukkan bahwa *switch* dihubungkan dengan kumparan dengan arah putar kiri, dimana posisi tap dimulai dari tap nomor +1 hingga +14 dengan asumsi apabila ada penurunan tegangan maka kumparan perlu ditambah sehingga tap harus naik. Sebaliknya pada Gambar 3.5 (b) menunjukkan bahwa *switch* dihubungkan dengan kumparan dengan arah putar kanan, dimana posisi tap dimulai dari tap nomor -1 hingga -14.

3.7.3 Data Perubahan Posisi Tap pada Transformator 500 kV

Tegangan referensi (*name plate*) merupakan tegangan ideal pada transformator 500 kV yakni 21 kV pada sisi primer dan 500 kV pada sisi sekunder. Posisi tap trafo dikendalikan oleh AVR yang akan bekerja bila terdapat simpangan tegangan sebesar $\pm 1.5\%$ pada sisi primer. Data aktual (*real time*) merupakan data yang diambil selama satu hari yakni pada tanggal 29 November 2016 baik berupa tegangan primer (V_p), tegangan sekunder (V_s) maupun posisi tap (Terlampir). Dari data tersebut diketahui bahwa dalam waktu 24 jam OLTC mengalami perubahan tap sebanyak 36 kali seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data perubahan posisi tap OLTC pada transformator 500 kV

Time	V_p (V)	V_s (V)	Tap Position	Time	V_p (V)	V_s (V)	Tap Position
0:00:00	20670	507006	-1	12:50:00	21257	515800	-3
1:00:00	20610	501409	0	12:51:00	21230	516723	-4
2:48:00	20682	500917	1	13:03:00	21220	519859	-5
2:50:00	20717	500364	2	15:00:00	21390	524103	-6
4:53:00	20720	496981	3	15:47:00	20640	521520	-5
6:12:00	21200	501163	2	16:17:00	20632	516354	-4
6:37:00	21290	509712	1	16:21:00	20512	515062	-3
6:38:00	21227	511126	0	16:57:00	20542	511065	-2
8:28:00	21275	517338	-1	17:28:00	21297	514447	-3
8:47:00	21197	519859	-2	17:37:00	21225	518076	-4
9:07:00	21325	521089	-3	17:59:00	21207	521950	-5
9:08:00	21262	521089	-4	19:02:00	21197	523857	-6
9:12:00	21225	524103	-5	20:41:00	20340	512110	-5
11:23:00	21207	523549	-6	20:42:00	20645	512049	-4
11:57:00	20502	514201	-5	20:43:00	20547	510757	-3
11:58:00	20640	514078	-4	20:45:00	20702	510696	-2
11:59:00	20640	514078	-3	21:22:00	20675	507006	-1
12:08:00	20655	511680	-2	21:32:00	20705	502209	0

3.7.4 Data Perbandingan Tegangan pada masing-masing Tap OLTC

Data ini digunakan untuk mengetahui posisi tap yang seharusnya berdasarkan *name plate*. Pada *name plate* sendiri menunjukkan adanya suatu pola perbandingan jumlah lilitan sisi sekunder pada masing-masing tap. Dimana nilai V_s^1/V_s ref pada tap 0 berbeda dengan V_s^1/V_s ref pada tap 1. Begitu juga nilai V_s^1/V_s ref pada tap 1 berbeda dengan V_s^1/V_s ref pada tap 2, begitu seterusnya sesuai dengan yang ditunjukkan oleh Tabel 3.4. Pola perbandingan jumlah lilitan sisi sekunder inilah yang akan kita gunakan saat *training* pada ANN.

Tabel 3.4 Data Perbandingan Tegangan pada masing-masing Tap OLTC

Vp (V)	Vs (V)	Tap Position	V_s^1/V_s ref	Vp (V)	Vs (V)	Tap Position	V_s^1/V_s ref
23625	576560	-14	1,124995	20812	507920	1	0,991063
23438	571990	-13	1,116078	20625	503350	2	0,982146
23250	567410	-12	1,107141	20437	498770	3	0,97321
23062	562830	-11	1,098205	20250	494200	4	0,964293
22875	558260	-10	1,089288	20062	489620	5	0,955356
22687	553680	-9	1,080351	19875	485040	6	0,94642
22500	549110	-8	1,071434	19688	480470	7	0,937502
22312	544530	-7	1,062498	19500	475890	8	0,928566
22125	539960	-6	1,05358	19313	471320	9	0,919649
21938	535380	-5	1,044644	19125	466740	10	0,910712
21750	530800	-4	1,035707	18938	462170	11	0,901795
21563	526230	-3	1,02679	18750	457590	12	0,892859
21375	521650	-2	1,017854	18562	453010	13	0,883922
21188	517080	-1	1,008937	18375	448440	14	0,875005
21000	512500	0	1				

3.7.5 Data Tegangan Sekunder (V_s^1) dan Posisi Tap Target dengan Pengaturan ANN

Data berikut ini merupakan data yang menunjukkan nilai tegangan primer (V_p) diambil dari data aktual, akan tetapi tegangan sekunder (V_s^1) dan posisi tap target yang merupakan target yang diperoleh berdasarkan perhitungan perbandingan tegangan sekunder.

Data pada Tabel 3.5 diambil sesuai dengan pergerakan/perubahan tap yang terjadi dengan mengacu pada Tabel 3.3 (sebanyak 36 data). Dengan adanya ANN diharapkan, *output* berupa posisi tap akan sesuai dengan target yang telah dibuat. Sehingga dapat mengurangi pergerakan OLTC.

Tabel 3.5 Data Tegangan Sekunder (V_s^1) dan Posisi Tap Target dengan Pengaturan ANN

No.	Time	V_p (V)	V_s^1 (V)	Tap Target
1	0:00:00	20670	504446	2
2	1:00:00	20610	502982	2
3	2:48:00	20682	504739	2
4	2:50:00	20717	505593	2
5	4:53:00	20720	505667	2
6	6:12:00	21200	517381	-1
7	6:37:00	21290	519577	-1
8	6:38:00	21227	518040	-1
9	8:28:00	21275	519211	-1
10	8:47:00	21197	517308	-1
11	9:07:00	21325	520432	-2
12	9:08:00	21262	518894	-1
13	9:12:00	21225	517991	-1
14	11:23:00	21207	517552	-1
15	11:57:00	20502	500346	3
16	11:58:00	20640	503714	2
17	11:59:00	20640	503714	2
18	12:08:00	20655	504080	2
19	12:50:00	21257	518772	-1
20	12:51:00	21230	518113	-1
21	13:03:00	21220	517869	-1
22	15:00:00	21390	522018	-2
23	15:47:00	20640	503714	2
24	16:17:00	20632	503519	2

(lanjutan Tabel 3.5)

No.	Time	Vp (V)	Vs ¹ (V)	Tap Target
25	16:21:00	20512	500590	3
26	16:57:00	20542	501323	3
27	17:28:00	21297	519748	-2
28	17:37:00	21225	517991	-1
29	17:59:00	21207	517552	-1
30	19:02:00	21197	517308	-1
31	20:41:00	20340	496393	3
32	20:42:00	20645	503836	2
33	20:43:00	20547	501445	2
34	20:45:00	20702	505227	2
35	21:22:00	20675	504568	2
36	21:32:00	20705	505301	2

Kemudian untuk membuktikan efisiensi dan efektivitas pengaturan OLTC menggunakan ANN dalam meng-*cover* suatu input yang tidak ada dalam data masukan, maka diperlukan pengolahan dan pengujian pada data yang berbeda (lebih banyak). Data ini diambil setiap 5 menit sekali dalam 1 hari. Akan tetapi pada Tabel 3.6 berikut hanya tertera data yang diambil acak (data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran). Data ini akan digunakan dalam proses *training* untuk membangun *simulink diagram* yang diperlukan untuk melakukan pengujian.

Tabel 3.6 Data Tegangan dan Posisi Tap Target

Time	Vp (V)	Vs ¹ (V)	Tap Target
0:00:00	20670	504446	2
0:55:00	20717	505593	2
2:45:00	20720	505667	2
5:50:00	21392	522067	-2
5:55:00	21330	520554	-2
6:40:00	21227	518040	-1
7:45:00	21225	517991	-1
8:30:00	21275	519211	-1
9:50:00	21010	512744	0
9:55:00	21080	514452	0
11:00:00	21325	520432	-2
11:25:00	21307	519992	-2
12:20:00	20705	505301	2

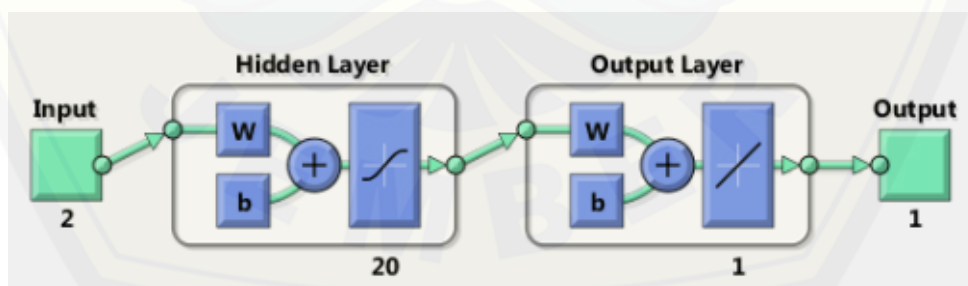
(lanjutan Tabel 3.6)

Time	V_p (V)	V_s^1 (V)	Tap Target
12:50:00	21257	518772	-1
13:00:00	21245	518479	-1
14:15:00	21332	520602	-2
15:30:00	21112	515233	-1
15:40:00	21060	513964	0
16:55:00	20542	501323	2
17:10:00	20710	505423	2
17:55:00	21232	518162	-1
18:15:00	21257	518772	-1
18:25:00	21315	520188	-2
19:45:00	21012	512793	0
21:05:00	20695	505057	2
23:15:00	20790	507375	1
23:55:00	20832	508400	1

3.8 Konfigurasi Simulasi

3.8.1 Perancangan Simulink Diagram Neural Network

Pada *simulink diagram* pengaturan tap OLTC berbasis ANN menggunakan 2 buah *input*, 20 *hidden layer*, dan 1 buah *output* (Gambar 3.6). Dimana jaringan yang digunakan merupakan jaringan *multilayer*.



Gambar 3.6 Arsitektur Neural Network

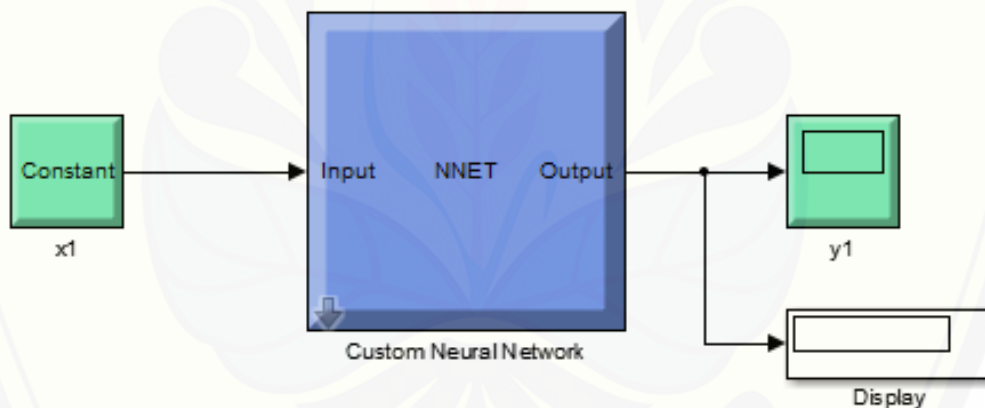
3.8.2 Proses Training

Data akan dilatih dengan menggunakan algoritma Lavenberg-Marquardt Backpropagation (*default*). Dengan adanya data yang linier (konsisten) dan dengan neuron pembentuk yang cukup pada *hidden layer*, maka pemetaan akan mudah

dilakukan dengan menggunakan algoritma tersebut. Sehingga *output* yang dihasilkan akan sesuai dengan target yang diinginkan. Pada proses *training* sendiri akan dilakukan *train* dan *retrain* berkali-kali guna mendapatkan *Regression* mendekati angka 1. Nilai *Regression* menentukan korelasi antara output dan target. Jika nilai *Regression* mendekati angka 1 menunjukkan adanya kedekatan korelasi dan sebaliknya jika *Regression* mendekati angka 0, maka bisa dikatakan *output* masih jauh dari target yang diinginkan.

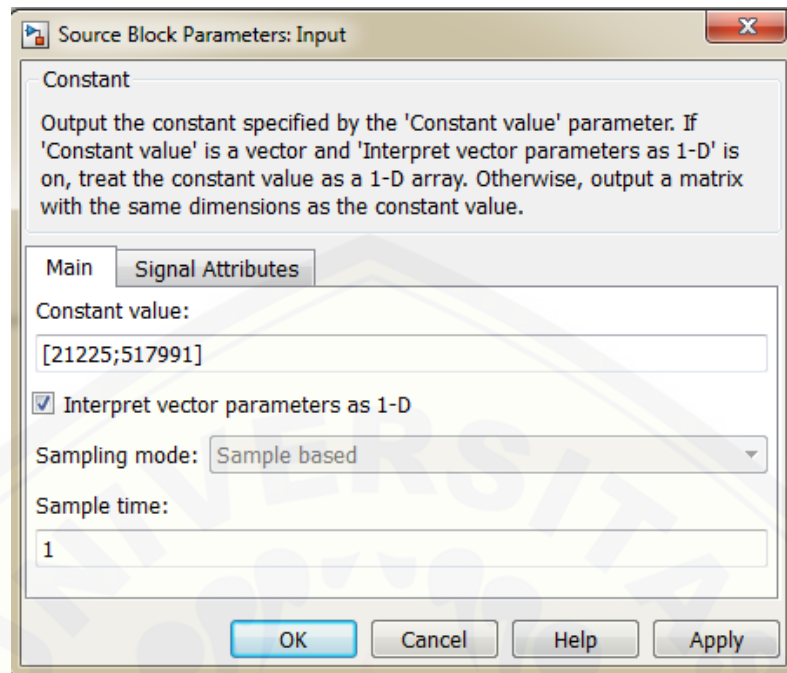
3.8.3 Simulink Diagram

Setelah proses *training* selesai, maka kita dapat membangun *simulink diagram* pada MATLAB. Kemudian untuk dapat menampilkan hasil *output* maka perlu adanya tambahan *display* yang terdapat pada *simulink library browser* seperti pada Gambar 3.7.

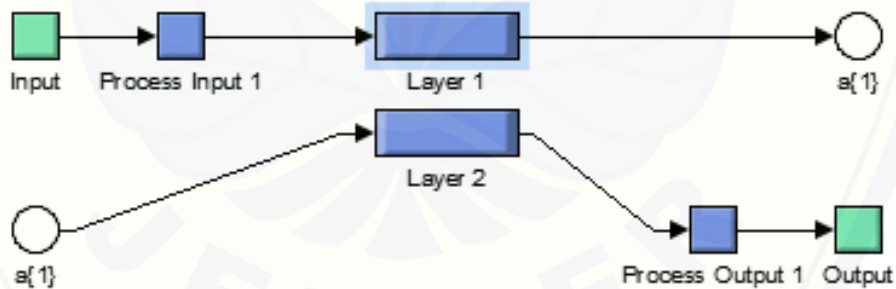


Gambar 3.7 Simulink Diagram

Blok *Constant* (x_1) digunakan untuk memberikan masukan berupa tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s^1) sesuai dengan data yang telah di *training*. Nilai yang dimasukkan dipisahkan oleh tanda titik koma (;) dimana nilai pertama merupakan nilai V_p dan nilai yang kedua merupakan nilai V_s^1 .

Gambar 3.8 Blok *Constant*

Di dalam *custom neural network* terdapat *subsystem* dimana proses pengolahan data dilakukan. Pada masing-masing *layer* akan menunjukkan fungsi aktivasi dan nilai bobot-bobot yang akan dijelaskan pada bab selanjutnya.



Gambar 3.9 Struktur Awal ANN

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengaturan tap OLTC menggunakan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) saat tegangan primer (V_p) sebesar 21390 V, besarnya tegangan sekunder (V_s) adalah 524103 V dengan posisi tap -6 yang belum sesuai *name plate* karena V_{np} saat posisi tap -6 seharusnya adalah sebesar 539960 V. Sedangkan pada pengaturan tap OLTC menggunakan ANN tegangan sekunder (V_s^1) yang dihasilkan adalah sebesar 522018 V dengan posisi tap -2 yang sudah sesuai *name plate* dimana V_{np} saat posisi tap -2 adalah sebesar 521650 V.
2. Pada tanggal 29 November 2016 perubahan tap dengan pengaturan OLTC menggunakan AVR terjadi sebanyak 36 kali. Hal ini dianggap kurang efektif dan efisien sehingga menyebabkan OLTC terlalu sering bekerja. Sedangkan dengan adanya pengaturan OLTC menggunakan ANN, perubahan tap hanya terjadi sebanyak 14 kali yang menunjukkan pengaturan OLTC yang lebih baik.

5.2 Saran

Dalam analisa pengaturan tap OLTC bisa ditingkatkan dengan mempertimbangkan keseimbangan dalam sistem seperti besarnya temperatur dan tegangan tembus pada minyak OLTC sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan mekanis baik pada OLTC itu sendiri ataupun pada peralatan lainnya. Selain itu, untuk mencapai kestabilan tegangan yang lebih baik, bisa dilakukan optimasi menggunakan metode lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou El-Ela , A., Kinawy, A., Mouwafi, M., & El Sehiemy, R. (2010). Optimal Reactive Power Dispatch Using Ant Colony Optimization Algorithm. *Proceedings of the 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'10)* (hal. 965). Egypt: Cairo University.
- Andriyani, R. A. (2012). Optimasi Pengaturan Tap On Load Tap Changer Pada Transformator 150/20 kV di Gardu Induk Jember Menggunakan Metode Fuzzy Logic Controller.
- Bo, W., & Yong-jun, Z. (2011). Evaluation Model and Regulation Effect Index of OLTC in Power Systems. *IEEE*, 86-89.
- Dohnal, D. D. (2013). *On-Load Tap Changer For Power Transformer*. Germany: Maschinenfabrik Reinhausen GmbH Falkensteinstrasse 8 93059 Regensburg.
- Dr. Hasbullah, M., Wijaya, F. W., Ramdhan, G. M., Januar, H. T., Wibowo, R., & Susanti, S. (2014). *On Load Tap Changer*. Jakarta: UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA.
- Duan, R., & Wang, F. (2016). Fault Diagnosis of On-Load Tap-Changer in Converter Transformer Based on Time-Frequency Vibration Analysis. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 1-8.
- Hashim, N. H., Rahman, T. K., Latip, M. F., & Musirin, I. (2003). Application of ANN to Determine the OLTC in Minimizing the Real Power Losses in A Power System. *National Power and Energy Conference (PECon) Proceedings* (hal. 66-70). Bangi, Malaysia: IEEE.
- Hermawan, A. (2006). *Jaringan Syaraf Tiruan, Teori, dan Aplikasi*. Yogyakarta: ANDI.
- Indonesia, U. R. (2009).
- Jansen, D. I. (2006). *OelCheck*. Diambil kembali dari Maschinenfabrik Reinhausen, Transformatoren, Stufenschalter: <https://www.oelcheck.de/wissen-von-a-z/schmierstoffe-im-einsatz/energieerzeugung/maschinenfabrik-reinhausen-stufenschalter-fuer-die-sichere-versorgung-mit-energie.html>
- Kraemer, A. (t.thn.). *On-Load Tap-Changer for Power Transformers, Operation, Principles, Applications and selection*. MR Publication ISBN 3-00-005948-2.

- Kusmaryanto, S. (2014). Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Pengenalan Wajah Metode Ekstraksi Fitur Berbasis Tekstur. *Jurnal EECCIS Vol. 8, No. 2*, 193-198.
- Miller. (2008). *Handout 23 Transformator*. Diambil kembali dari Electromagnetism At Portland Waldorf High School: <http://www.alchemical.org/em/index.html>
- Mohammadian, M., Khaleghi, M., Azimi, R., & Gharaveisi, A. (2011). Optimal Tuning Of OLTC And RPCE To Improve Power System Voltage Stability Based on Ant Colony. *IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT)*.
- Purnamasari, R. W. (2013). *IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION SEBAGAI SISTEM DETEKSI PENYAKIT TUBERCULOSIS (TBC)*. Semarang: UNNES.
- Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: ANDI.
- Quevedo. (2016). Analysis and Design of an Electronic On-Load Tap Changer Distribution Transformer for Automatic Voltage Regulation. *IEEE*, 1-11.
- S, S., & Bansilal. (2015). Artificial Neural Network for coordinated control of STATCOM, generator excitation and tap changing transformer. *Electrical Power and Energy Systems*, 536-541.
- Sarimuthu, C. R., Ramachandaramurthy, V. K., Agileswari, K., & Mokhlis, H. (2016). A Review on Voltage Control Methods Using On-Load Tap Changer Transformers For Networks With Renewable Energy Sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1154–1161.
- Shure, L. (2015, August 4). *Mathworks*. Diambil kembali dari Loren on the Art of MATLAB : Artificial Neural Network For Beginners: <https://blogs.mathworks.com/loren/2015/08/04/artificial-neural-networks-for-beginners/>
- Siang, J. J. (2009). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: ANDI.
- Teddy, L. (2012, Maret 7). Diambil kembali dari <https://lumbanrajateddy.wordpress.com/2012/03/07/transformator/>

LAMPIRAN**➤ DATA TEGANGAN DAN POSISI TAP AKTUAL TRANSFORMATOR 500 KV (PER 5 MENIT)**

No.	Time	Vp	Vs	Tap
1	0:00:00	20670	507006	-1
2	0:05:00	20670	506944	-1
3	0:10:00	20670	506575	-1
4	0:15:00	20670	506329	-1
5	0:20:00	20670	506760	-1
6	0:25:00	20670	507313	-1
7	0:30:00	20670	507313	-1
8	0:35:00	20720	507313	-1
9	0:40:00	20720	506760	-1
10	0:45:00	20715	506821	-1
11	0:50:00	20715	508051	-1
12	0:55:00	20717	508051	-1
13	1:00:00	20610	501409	0
14	1:05:00	20622	501409	0
15	1:10:00	20622	500856	0
16	1:15:00	20622	500856	0
17	1:20:00	20567	500179	0
18	1:25:00	20567	500179	0
19	1:30:00	20567	500917	0
20	1:35:00	20567	500979	0
21	1:40:00	20567	500302	0
22	1:45:00	20567	500302	0

No.	Time	Vp	Vs	Tap
23	1:50:00	20567	500302	0
24	1:55:00	20567	500733	0
25	2:00:00	20567	500241	0
26	2:05:00	20567	500364	0
27	2:10:00	20567	500487	0
28	2:15:00	20567	500425	0
29	2:20:00	20617	500425	0
30	2:25:00	20670	500917	0
31	2:30:00	20670	500917	0
32	2:35:00	20670	501717	0
33	2:40:00	20670	502332	0
34	2:45:00	20720	501778	0
35	2:50:00	20717	500364	2
36	2:55:00	20717	500364	2
37	3:00:00	20717	500364	2
38	3:05:00	20717	500241	2
39	3:10:00	20717	500118	2
40	3:15:00	20717	500118	2
41	3:20:00	20717	500118	2
42	3:25:00	20717	500118	2
43	3:30:00	20717	500118	2
44	3:35:00	20717	500118	2

No.	Time	Vp	Vs	Tap
45	3:40:00	20667	500118	2
46	3:45:00	20717	500118	2
47	3:50:00	20717	500118	2
48	3:55:00	20717	500118	2
49	4:00:00	20717	500118	2
50	4:05:00	20667	500118	2
51	4:10:00	20717	500118	2
52	4:15:00	20660	500118	2
53	4:20:00	20660	499380	2
54	4:25:00	20660	499257	2
55	4:30:00	20660	498765	2
56	4:35:00	20660	498088	2
57	4:40:00	20595	498088	2
58	4:45:00	20595	497473	2
59	4:50:00	20545	496797	2
60	4:55:00	20720	496366	2
61	5:00:00	20667	496366	3
62	5:05:00	20667	495444	3
63	5:10:00	20667	495075	3
64	5:15:00	20667	495075	3
65	5:20:00	20667	495075	3
66	5:25:00	20667	495075	3
67	5:30:00	20667	495075	3
68	5:35:00	20667	495013	3
69	5:40:00	20672	498027	3
70	5:45:00	20672	498027	3

No.	Time	Vp	Vs	Tap
71	5:50:00	21392	498703	3
72	5:55:00	21330	499749	3
73	6:00:00	21330	500118	3
74	6:05:00	21330	500118	3
75	6:10:00	21330	500056	3
76	6:15:00	21200	501163	2
77	6:20:00	21200	501163	2
78	6:25:00	21200	501655	2
79	6:30:00	21200	502086	2
80	6:35:00	21250	502024	2
81	6:40:00	21227	511126	0
82	6:45:00	21280	512049	0
83	6:50:00	21280	512049	0
84	6:55:00	21280	512049	0
85	7:00:00	21280	512049	0
86	7:05:00	21280	512049	0
87	7:10:00	21280	512049	0
88	7:15:00	21280	511495	0
89	7:20:00	21225	511557	0
90	7:25:00	21275	512172	0
91	7:30:00	21225	511003	0
92	7:35:00	21225	511003	0
93	7:40:00	21225	511003	0
94	7:45:00	21225	510204	0
95	7:50:00	21167	510142	0
96	7:55:00	21167	510142	0

No.	Time	Vp	Vs	Tap
97	8:00:00	21167	510142	0
98	8:05:00	21110	508051	0
99	8:10:00	21110	508051	0
100	8:15:00	21167	510204	0
101	8:20:00	21235	511495	0
102	8:25:00	21202	514263	0
103	8:30:00	21275	517953	-1
104	8:35:00	21275	517276	-1
105	8:40:00	21225	519060	-1
106	8:45:00	21280	519859	-1
107	8:50:00	21197	519859	-2
108	8:55:00	21195	519490	-2
109	9:00:00	21195	520044	-2
110	9:05:00	21145	518998	-2
111	9:10:00	21215	522996	-4
112	9:15:00	21225	523426	-5
113	9:20:00	21170	522934	-5
114	9:25:00	21170	521950	-5
115	9:30:00	21117	521950	-5
116	9:35:00	21117	521950	-5
117	9:40:00	21170	521950	-5
118	9:45:00	21120	520720	-5
119	9:50:00	21010	520843	-5
120	9:55:00	21080	522012	-5
121	10:00:00	21225	522750	-5
122	10:05:00	21275	522073	-5

No.	Time	Vp	Vs	Tap
123	10:10:00	21275	522073	-5
124	10:15:00	21275	522196	-5
125	10:20:00	21272	522196	-5
126	10:25:00	21272	522073	-5
127	10:30:00	21272	522073	-5
128	10:35:00	21272	522073	-5
129	10:40:00	21272	522073	-5
130	10:45:00	21272	522073	-5
131	10:50:00	21272	522073	-5
132	10:55:00	21272	522073	-5
133	11:00:00	21325	522073	-5
134	11:05:00	21315	522073	-5
135	11:10:00	21315	522811	-5
136	11:15:00	21315	522811	-5
137	11:20:00	21315	522811	-5
138	11:25:00	21307	523549	-6
139	11:30:00	20650	520044	-6
140	11:35:00	20642	520044	-6
141	11:40:00	20705	521274	-6
142	11:45:00	20705	520905	-6
143	11:50:00	20705	521335	-6
144	11:55:00	20702	521212	-6
145	12:00:00	20640	514078	-3
146	12:05:00	20632	514078	-3
147	12:10:00	20705	512049	-2
148	12:15:00	20705	511926	-2

No.	Time	Vp	Vs	Tap
149	12:20:00	20705	511188	-2
150	12:25:00	20707	511372	-2
151	12:30:00	20657	511311	-2
152	12:35:00	20657	509896	-2
153	12:40:00	20607	509896	-2
154	12:45:00	20645	509896	-2
155	12:50:00	21257	515800	-3
156	12:55:00	21230	516969	-4
157	13:00:00	21245	518998	-4
158	13:05:00	21155	519982	-5
159	13:10:00	21265	522073	-5
160	13:15:00	21265	521950	-5
161	13:20:00	21157	520228	-5
162	13:25:00	21105	518875	-5
163	13:30:00	21105	518199	-5
164	13:35:00	21175	519982	-5
165	13:40:00	21175	520659	-5
166	13:45:00	21175	520044	-5
167	13:50:00	21175	520966	-5
168	13:55:00	21287	523180	-5
169	14:00:00	21337	523180	-5
170	14:05:00	21337	523303	-5
171	14:10:00	21337	523426	-5
172	14:15:00	21332	522811	-5
173	14:20:00	21332	522811	-5
174	14:25:00	21332	522996	-5

No.	Time	Vp	Vs	Tap
175	14:30:00	21332	523795	-5
176	14:35:00	21332	523734	-5
177	14:40:00	21332	523303	-5
178	14:45:00	21332	523242	-5
179	14:50:00	21332	523734	-5
180	14:55:00	21332	523857	-5
181	15:00:00	21390	524103	-6
182	15:05:00	21230	524103	-6
183	15:10:00	21177	523980	-6
184	15:15:00	21230	523980	-6
185	15:20:00	21230	523980	-6
186	15:25:00	21230	525087	-6
187	15:30:00	21112	524902	-6
188	15:35:00	21060	524226	-6
189	15:40:00	21060	524779	-6
190	15:45:00	20707	522934	-6
191	15:50:00	20640	522073	-5
192	15:55:00	20640	522073	-5
193	16:00:00	20695	523119	-5
194	16:05:00	20695	523119	-5
195	16:10:00	20705	523119	-5
196	16:15:00	20715	523980	-5
197	16:20:00	20632	516354	-4
198	16:25:00	20647	515062	-3
199	16:30:00	20647	515124	-3
200	16:35:00	20647	513771	-3

No.	Time	Vp	Vs	Tap
201	16:40:00	20597	513894	-3
202	16:45:00	20597	513894	-3
203	16:50:00	20542	511803	-3
204	16:55:00	20542	511803	-3
205	17:00:00	20710	511741	-2
206	17:05:00	20710	512049	-2
207	17:10:00	20710	512049	-2
208	17:15:00	20710	511557	-2
209	17:20:00	20707	513033	-2
210	17:25:00	21152	513033	-2
211	17:30:00	21277	514324	-3
212	17:35:00	21247	516600	-3
213	17:40:00	21225	518076	-4
214	17:45:00	21275	518875	-4
215	17:50:00	21275	520105	-4
216	17:55:00	21232	520905	-4
217	18:00:00	21207	522627	-5
218	18:05:00	21207	522073	-5
219	18:10:00	21257	522688	-5
220	18:15:00	21257	522258	-5
221	18:20:00	21315	522873	-5
222	18:25:00	21315	522996	-5
223	18:30:00	21315	522811	-5
224	18:35:00	21315	522750	-5
225	18:40:00	21315	523242	-5
226	18:45:00	21315	522627	-5

No.	Time	Vp	Vs	Tap
227	18:50:00	21315	522996	-5
228	18:55:00	21315	522873	-5
229	19:00:00	21315	523242	-5
230	19:05:00	21197	523918	-6
231	19:10:00	21197	523857	-6
232	19:15:00	21197	523857	-6
233	19:20:00	21197	523857	-6
234	19:25:00	21197	523980	-6
235	19:30:00	21197	523980	-6
236	19:35:00	21247	524103	-6
237	19:40:00	21247	525025	-6
238	19:45:00	21012	523734	-6
239	19:50:00	21012	523180	-6
240	19:55:00	21012	523857	-6
241	20:00:00	21012	524287	-6
242	20:05:00	21070	523734	-6
243	20:10:00	20732	515308	-6
244	20:15:00	20672	514017	-6
245	20:20:00	20672	514816	-6
246	20:25:00	20622	513279	-6
247	20:30:00	20622	513279	-6
248	20:35:00	20622	513279	-6
249	20:40:00	20622	513156	-6
250	20:45:00	20702	510696	-2
251	20:50:00	20702	510757	-2
252	20:55:00	20632	510142	-2

No.	Time	Vp	Vs	Tap
253	21:00:00	20632	510142	-2
254	21:05:00	20695	511065	-2
255	21:10:00	20695	510757	-2
256	21:15:00	20695	511434	-2
257	21:20:00	20695	510942	-2
258	21:25:00	20625	504976	-1
259	21:30:00	20572	504177	-1
260	21:35:00	20705	502147	0
261	21:40:00	20705	502086	0
262	21:45:00	20705	502824	0
263	21:50:00	20705	503377	0
264	21:55:00	20632	501286	0
265	22:00:00	20632	501286	0
266	22:05:00	20682	501901	0
267	22:10:00	20745	502947	0
268	22:15:00	20745	503008	0
269	22:20:00	20745	503808	0
270	22:25:00	20745	503193	0

No.	Time	Vp	Vs	Tap
271	22:30:00	20795	503992	0
272	22:35:00	20742	504238	0
273	22:40:00	20740	503316	0
274	22:45:00	20790	503316	0
275	22:50:00	20790	503562	0
276	22:55:00	20790	504361	0
277	23:00:00	20790	504238	0
278	23:05:00	20790	503869	0
279	23:10:00	20790	504361	0
280	23:15:00	20790	503808	0
281	23:20:00	20790	504115	0
282	23:25:00	20790	504115	0
283	23:30:00	20790	504115	0
284	23:35:00	20790	504115	0
285	23:40:00	20790	504115	0
286	23:45:00	20790	504115	0
287	23:50:00	20832	504115	0
288	23:55:00	20832	504361	0

LAMPIRAN

➤ **DATA TEGANGAN DAN POSISI TAP TARGET TRANSFORMATOR 500 KV (PER 5 MENIT) MENGGUNAKAN ANN**

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
1	0:00:00	20670	504446	2
2	0:05:00	20670	504446	2
3	0:10:00	20670	504446	2
4	0:15:00	20670	504446	2
5	0:20:00	20670	504446	2
6	0:25:00	20670	504446	2
7	0:30:00	20670	504446	2
8	0:35:00	20720	505667	2
9	0:40:00	20720	505667	2
10	0:45:00	20715	505545	2
11	0:50:00	20715	505545	2
12	0:55:00	20717	505593	2
13	1:00:00	20610	502982	2
14	1:05:00	20622	503275	2
15	1:10:00	20622	503275	2
16	1:15:00	20622	503275	2
17	1:20:00	20567	501933	2
18	1:25:00	20567	501933	2
19	1:30:00	20567	501933	2
20	1:35:00	20567	501933	2
21	1:40:00	20567	501933	2
22	1:45:00	20567	501933	2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
23	1:50:00	20567	501933	2
24	1:55:00	20567	501933	2
25	2:00:00	20567	501933	2
26	2:05:00	20567	501933	2
27	2:10:00	20567	501933	2
28	2:15:00	20567	501933	2
29	2:20:00	20617	503153	2
30	2:25:00	20670	504446	2
31	2:30:00	20670	504446	2
32	2:35:00	20670	504446	2
33	2:40:00	20670	504446	2
34	2:45:00	20720	505667	2
35	2:50:00	20717	505593	2
36	2:55:00	20717	505593	2
37	3:00:00	20717	505593	2
38	3:05:00	20717	505593	2
39	3:10:00	20717	505593	2
40	3:15:00	20717	505593	2
41	3:20:00	20717	505593	2
42	3:25:00	20717	505593	2
43	3:30:00	20717	505593	2
44	3:35:00	20717	505593	2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
45	3:40:00	20667	504373	2
46	3:45:00	20717	505593	2
47	3:50:00	20717	505593	2
48	3:55:00	20717	505593	2
49	4:00:00	20717	505593	2
50	4:05:00	20667	504373	2
51	4:10:00	20717	505593	2
52	4:15:00	20660	504202	2
53	4:20:00	20660	504202	2
54	4:25:00	20660	504202	2
55	4:30:00	20660	504202	2
56	4:35:00	20660	504202	2
57	4:40:00	20595	502616	2
58	4:45:00	20595	502616	2
59	4:50:00	20545	501396	2
60	4:55:00	20720	505667	2
61	5:00:00	20667	504373	2
62	5:05:00	20667	504373	2
63	5:10:00	20667	504373	2
64	5:15:00	20667	504373	2
65	5:20:00	20667	504373	2
66	5:25:00	20667	504373	2
67	5:30:00	20667	504373	2
68	5:35:00	20667	504373	2
69	5:40:00	20672	504495	2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
70	5:45:00	20672	504495	2
71	5:50:00	21392	522067	-2
72	5:55:00	21330	520554	-2
73	6:00:00	21330	520554	-2
74	6:05:00	21330	520554	-2
75	6:10:00	21330	520554	-2
76	6:15:00	21200	517381	-1
77	6:20:00	21200	517381	-1
78	6:25:00	21200	517381	-1
79	6:30:00	21200	517381	-1
80	6:35:00	21250	518601	-1
81	6:40:00	21227	518040	-1
82	6:45:00	21280	519333	-1
83	6:50:00	21280	519333	-1
84	6:55:00	21280	519333	-1
85	7:00:00	21280	519333	-1
86	7:05:00	21280	519333	-1
87	7:10:00	21280	519333	-1
88	7:15:00	21280	519333	-1
89	7:20:00	21225	517991	-1
90	7:25:00	21275	519211	-1
91	7:30:00	21225	517991	-1
92	7:35:00	21225	517991	-1
93	7:40:00	21225	517991	-1
94	7:45:00	21225	517991	-1

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
95	7:50:00	21167	516576	-1
96	7:55:00	21167	516576	-1
97	8:00:00	21167	516576	-1
98	8:05:00	21110	515185	-1
99	8:10:00	21110	515185	-1
100	8:15:00	21167	516576	-1
101	8:20:00	21235	518235	-1
102	8:25:00	21202	517430	-1
103	8:30:00	21275	519211	-1
104	8:35:00	21275	519211	-1
105	8:40:00	21225	517991	-1
106	8:45:00	21280	519333	-1
107	8:50:00	21197	517308	-1
108	8:55:00	21195	517259	-1
109	9:00:00	21195	517259	-1
110	9:05:00	21145	516039	-1
111	9:10:00	21215	517747	-1
112	9:15:00	21225	517991	-1
113	9:20:00	21170	516649	-1
114	9:25:00	21170	516649	-1
115	9:30:00	21117	515355	-1
116	9:35:00	21117	515355	-1
117	9:40:00	21170	516649	-1
118	9:45:00	21120	515429	-1
119	9:50:00	21010	512744	0

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
120	9:55:00	21080	514452	0
121	10:00:00	21225	517991	-1
122	10:05:00	21275	519211	-1
123	10:10:00	21275	519211	-1
124	10:15:00	21275	519211	-1
125	10:20:00	21272	519138	-1
126	10:25:00	21272	519138	-1
127	10:30:00	21272	519138	-1
128	10:35:00	21272	519138	-1
129	10:40:00	21272	519138	-1
130	10:45:00	21272	519138	-1
131	10:50:00	21272	519138	-1
132	10:55:00	21272	519138	-1
133	11:00:00	21325	520432	-2
134	11:05:00	21315	520188	-2
135	11:10:00	21315	520188	-2
136	11:15:00	21315	520188	-2
137	11:20:00	21315	520188	-2
138	11:25:00	21307	519992	-2
139	11:30:00	20650	503958	2
140	11:35:00	20642	503763	2
141	11:40:00	20705	505301	2
142	11:45:00	20705	505301	2
143	11:50:00	20705	505301	2
144	11:55:00	20702	505227	2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
145	12:00:00	20640	503714	2
146	12:05:00	20632	503519	2
147	12:10:00	20705	505301	2
148	12:15:00	20705	505301	2
149	12:20:00	20705	505301	2
150	12:25:00	20707	505349	2
151	12:30:00	20657	504129	2
152	12:35:00	20657	504129	2
153	12:40:00	20607	502909	2
154	12:45:00	20645	503836	2
155	12:50:00	21257	518772	-1
156	12:55:00	21230	518113	-1
157	13:00:00	21245	518479	-1
158	13:05:00	21155	516283	-1
159	13:10:00	21265	518967	-1
160	13:15:00	21265	518967	-1
161	13:20:00	21157	516332	-1
162	13:25:00	21105	515063	-1
163	13:30:00	21105	515063	-1
164	13:35:00	21175	516771	-1
165	13:40:00	21175	516771	-1
166	13:45:00	21175	516771	-1
167	13:50:00	21175	516771	-1
168	13:55:00	21287	519504	-1
169	14:00:00	21337	520724	-2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
170	14:05:00	21337	520724	-2
171	14:10:00	21337	520724	-2
172	14:15:00	21332	520602	-2
173	14:20:00	21332	520602	-2
174	14:25:00	21332	520602	-2
175	14:30:00	21332	520602	-2
176	14:35:00	21332	520602	-2
177	14:40:00	21332	520602	-2
178	14:45:00	21332	520602	-2
179	14:50:00	21332	520602	-2
180	14:55:00	21332	520602	-2
181	15:00:00	21390	522018	-2
182	15:05:00	21230	518113	-1
183	15:10:00	21177	516820	-1
184	15:15:00	21230	518113	-1
185	15:20:00	21230	518113	-1
186	15:25:00	21230	518113	-1
187	15:30:00	21112	515233	-1
188	15:35:00	21060	513964	0
189	15:40:00	21060	513964	0
190	15:45:00	20707	505349	2
191	15:50:00	20640	503714	2
192	15:55:00	20640	503714	2
193	16:00:00	20695	505057	2
194	16:05:00	20695	505057	2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
195	16:10:00	20705	505301	2
196	16:15:00	20715	505545	2
197	16:20:00	20632	503519	2
198	16:25:00	20647	503885	2
199	16:30:00	20647	503885	2
200	16:35:00	20647	503885	2
201	16:40:00	20597	502665	2
202	16:45:00	20597	502665	2
203	16:50:00	20542	501323	2
204	16:55:00	20542	501323	2
205	17:00:00	20710	505423	2
206	17:05:00	20710	505423	2
207	17:10:00	20710	505423	2
208	17:15:00	20710	505423	2
212	17:35:00	21247	518528	-1
213	17:40:00	21225	517991	-1
214	17:45:00	21275	519211	-1
215	17:50:00	21275	519211	-1
216	17:55:00	21232	518162	-1
217	18:00:00	21207	517552	-1
218	18:05:00	21207	517552	-1
219	18:10:00	21257	518772	-1
220	18:15:00	21257	518772	-1
221	18:20:00	21315	520188	-2
222	18:25:00	21315	520188	-2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
223	18:30:00	21315	520188	-2
224	18:35:00	21315	520188	-2
225	18:40:00	21315	520188	-2
226	18:45:00	21315	520188	-2
227	18:50:00	21315	520188	-2
228	18:55:00	21315	520188	-2
229	19:00:00	21315	520188	-2
230	19:05:00	21197	517308	-1
231	19:10:00	21197	517308	-1
232	19:15:00	21197	517308	-1
233	19:20:00	21197	517308	-1
234	19:25:00	21197	517308	-1
235	19:30:00	21197	517308	-1
236	19:35:00	21247	518528	-1
237	19:40:00	21247	518528	-1
238	19:45:00	21012	512793	0
239	19:50:00	21012	512793	0
240	19:55:00	21012	512793	0
241	20:00:00	21012	512793	0
242	20:05:00	21070	514208	0
243	20:10:00	20732	505960	1
244	20:15:00	20672	504495	2
245	20:20:00	20672	504495	2
246	20:25:00	20622	503275	2
247	20:30:00	20622	503275	2

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
248	20:35:00	20622	503275	2
249	20:40:00	20622	503275	2
250	20:45:00	20702	505227	2
251	20:50:00	20702	505227	2
252	20:55:00	20632	503519	2
253	21:00:00	20632	503519	2
254	21:05:00	20695	505057	2
255	21:10:00	20695	505057	2
256	21:15:00	20695	505057	2
257	21:20:00	20695	505057	2
258	21:25:00	20625	503348	2
259	21:30:00	20572	502055	2
260	21:35:00	20705	505301	2
261	21:40:00	20705	505301	2
262	21:45:00	20705	505301	2
263	21:50:00	20705	505301	2
264	21:55:00	20632	503519	2
265	22:00:00	20632	503519	2
266	22:05:00	20682	504739	2
267	22:10:00	20745	506277	1
268	22:15:00	20745	506277	1

No.	Time	Vp	Vs ¹	Tap Target
269	22:20:00	20745	506277	1
270	22:25:00	20745	506277	1
271	22:30:00	20795	507497	1
272	22:35:00	20742	506204	1
273	22:40:00	20740	506155	1
274	22:45:00	20790	507375	1
275	22:50:00	20790	507375	1
276	22:55:00	20790	507375	1
277	23:00:00	20790	507375	1
278	23:05:00	20790	507375	1
279	23:10:00	20790	507375	1
280	23:15:00	20790	507375	1
281	23:20:00	20790	507375	1
282	23:25:00	20790	507375	1
283	23:30:00	20790	507375	1
284	23:35:00	20790	507375	1
285	23:40:00	20790	507375	1
286	23:45:00	20790	507375	1
287	23:50:00	20832	508400	1
288	23:55:00	20832	508400	1

LAMPIRAN

➤ DATA INFORMASI BOBOT PADA *SIMULINK* DIAGRAM PENGATURAN POSISI TAP OLTC (*REGRESSION 0.99654*)

Layer 1				Layer 2 (wb 0.3385899703979271)			
Weight	Nilai bobot	Weight	Nilai bobot	Weight	Nilai bobot	Weight	Nilai bobot
W 1.1	5.2674856580003242	W 2.1	5.1134684542506905	Wb 1	-7.846169664465708	Wn 1	-0.42604405329115635
W 1.2	2.9112653035583809	W 2.2	-5.5456459701540943	Wb 2	-5.5977983767908919	Wn 2	-0.65000598439105306
W 1.3	-3.7603411892098562	W 2.3	5.005974521558846	Wb 3	4.9430117999198542	Wn 3	-0.49122601920896514
W 1.4	3.8740081236861879	W 2.4	-4.9185664254554542	Wb 4	-4.2840610153380201	Wn 4	0.27149018836074557
W 1.5	-2.0620795612021285	W 2.5	-5.5407795262337203	Wb 5	3.8619760424894647	Wn 5	-0.56376375794144795
W 1.6	5.9382815203208148	W 2.6	2.0088883018149706	Wb 6	-2.9531397553146448	Wn 6	-0.03026577747179799
W 1.7	-2.2078671750113541	W 2.7	6.0716945777420968	Wb 7	2.1436404641846205	Wn 7	-1.3120381341596303
W 1.8	5.3770423029150543	W 2.8	3.1983934299777856	Wb 8	-1.6539043984586907	Wn 8	-0.30623144167541155
W 1.9	0.53313793438166834	W 2.9	-6.2107648845076975	Wb 9	-1.1608079148374564	Wn 9	-0.42617161779797961
W 1.10	-5.7961120991336100	W 2.10	-2.3943593438722646	Wb 10	0.36193935994045429	Wn 10	0.85491952982507036
W 1.11	3.2308929301242872	W 2.11	-5.3050314622997847	Wb 11	0.55530322918439246	Wn 11	-0.72307658542729192
W 1.12	-5.3691973017422159	W 2.12	-3.2075489067863829	Wb 12	-0.99962429164760569	Wn 12	0.026567622681493604
W 1.13	-3.6916985503330975	W 2.13	-5.2030439409545473	Wb 13	-1.1273684147425227	Wn 13	0.62417652324319195
W 1.14	-4.6858746883984539	W 2.14	4.1517687901684699	Wb 14	-2.2357784182354039	Wn 14	-0.76498507786766978
W 1.15	4.6529112218753799	W 2.15	3.4659820444533458	Wb 15	3.8700851658215174	Wn 15	0.46229177747068317
W 1.16	5.8147946963594723	W 2.16	-2.2418230096027649	Wb 16	3.9614364175414765	Wn 16	0.89763681632350423
W 1.17	-4.7244886558171988	W 2.17	4.1084326266757856	Wb 17	-4.2839842487529278	Wn 17	0.17341757891598938
W 1.18	-2.3581657144235555	W 2.18	5.6328076445791391	Wb 18	-3.9173143139949063	Wn 18	0.8136750360716217
W 1.19	-6.0661437624840904	W 2.19	1.8084201739115955	Wb 19	-5.5109877681923516	Wn 19	-0.59277805723577592
W 1.20	3.5197643302326349	W 2.20	-5.1790463504693038	Wb 20	6.2576536255250925	Wn 20	-1.119858096343846

LAMPIRAN

➤ **DATA PERBANDINGAN DAYA AKTIF, DAYA REAKTIF DAN RUGI-RUGI DAYA**

Time	Data Aktual						Data Perhitungan			LOSSES			
	Primary			Secondary			New Secondary			AVR (Vs)		ANN (Vs')	
	Vp	Pp	Qp	Vs	Ps	Qs	Vs'	Ps'	Qs'	P _{Losses}	Q _{Losses}	P _{Losses}	Q _{Losses}
0:00:00	20670	531885	89390	507006	507700	5230	504446	531811,0857	89246,3341	24185	84160	73,9143	143,67
1:00:00	20610	563061	89720	501409	538075	-3460	502982	563251,8182	89778,06195	24986	93180	-190,818	-58,06
2:48:00	20682	495312	60240	500917	472825	-15780	504739	495542,8068	60251,85533	22487	76020	-230,807	-11,86
2:50:00	20717	490625	28780	500364	466525	-45040	505593	490600,9541	28749,02917	24100	73820	24,0459	30,97
4:53:00	20720	523852	29990	496981	499150	-51640	505667	524042,5342	30023,27019	24702	81630	-190,534	-33,27
6:12:00	21200	530640	129870	501163	507025	44940	517381	530673,9666	129868,4257	23615	84930	-33,9666	1,57
6:37:00	21290	529516	128440	509712	507550	44060	519577	529666,2501	128465,0495	21966	84380	-150,25	-25,05
6:38:00	21227	530640	129760	511126	507475	44830	518040	530901,3791	129801,3975	23165	84930	-261,379	-41,40
8:28:00	21275	577466	129760	517338	550975	34160	519211	577517,3569	129744,5984	26491	95600	-51,3569	15,40
8:47:00	21197	586059	129430	519859	560125	30530	517308	585975,4639	129376,6616	25934	98900	83,5361	53,34
9:07:00	21325	593262	189160	521089	566500	84650	520432	592995,4174	189096,261	26762	104510	266,5826	63,74
9:08:00	21262	596728	210060	521089	570625	103350	518894	596667,2337	210000,553	26103	106710	60,7663	59,45
9:12:00	21225	609888	219520	524103	582100	108080	517991	609709,5426	219479,8832	27788	111440	178,4574	40,12
11:23:00	21207	590234	249660	523549	565225	140640	517552	590111,7553	249628,1649	25009	109020	122,2447	31,84
11:57:00	20502	532666	80920	514201	510250	-6540	500346	532783,3811	80938,67083	22416	87460	-117,381	-18,67
11:58:00	20640	534009	92910	514078	509275	6660	503714	533974,7193	92898,15965	24734	86250	34,2807	11,84
11:59:00	20640	531909	90820	514078	508225	4680	503714	531763,163	90794,0959	23684	86140	145,837	25,90
12:08:00	20655	532178	74320	511680	507025	-11930	504080	532190,7269	74315,40542	25153	86250	-12,7269	4,59

Time	Data Aktual						Data Perhitungan			LOSSES			
	Primary			Secondary			New Secondary			AVR (Vs)		ANN (Vs')	
	V _p	P _p	Q _p	V _s	P _s	Q _s	V _{s'}	P _{s'}	Q _{s'}	P _{Losses}	Q _{Losses}	P _{Losses}	Q _{Losses}
12:50:00	21257	581299	237230	515800	555325	132610	518772	581200,5037	237150,3945	25974	104620	98,4963	79,61
12:51:00	21230	580395	239100	516723	555100	133270	518113	580605,3031	239187,2809	25295	105830	-210,303	-87,28
13:03:00	21220	608667	239210	519859	580825	126010	517869	608741,5967	239258,2745	27842	113200	-74,5967	-48,27
15:00:00	21390	641333	250100	524103	612475	127440	522018	641514,341	250147,2149	28858	122660	-181,341	-47,21
15:47:00	20640	580224	109410	521520	555325	9190	503714	580139,7044	109392,3753	24899	100220	84,2956	17,62
16:17:00	20632	530640	109960	516354	507850	22500	503519	530517,286	109928,4695	22790	87460	122,714	31,53
16:21:00	20512	526880	91150	515062	502225	4680	500590	526824,5202	91154,43546	24655	86470	55,4798	-4,44
16:57:00	20542	529394	73770	511065	505075	-12040	501323	529279,9789	73748,62388	24319	85810	114,0211	21,38
17:28:00	21297	531323	218860	514447	507850	127990	519748	531498,2549	218957,0466	23473	90870	-175,255	-97,05
17:37:00	21225	533130	219520	518076	508750	128430	517991	533111,7271	219482,6803	24380	91090	18,2729	37,32
17:59:00	21207	530908	220730	521950	508075	128650	517552	530955,2512	220742,6044	22833	92080	-47,2512	-12,60
19:02:00	21197	532764	241300	523857	508075	147570	517308	532945,1345	241402,0886	24689	93730	-181,135	-102,09
20:41:00	20340	530786	150110	512110	507175	58580	496393	530701,3511	150061,1427	23611	91530	84,6489	48,86
20:42:00	20645	529321	149010	512049	506050	60780	503836	529126,8542	148964,6556	23271	88230	194,1458	45,34
20:43:00	20547	530493	98850	510757	506200	12160	501445	530436,3435	98846,44302	24293	86690	56,6565	3,56
20:45:00	20702	531543	89280	510696	507325	4460	505227	531637,9435	89271,18581	24218	84820	-94,9435	8,81
21:22:00	20675	531445	89170	507006	506575	4900	504568	531442,099	89184,41227	24870	84270	2,901	-14,41
21:32:00	20705	534399	88510	502209	508450	4790	505301	534424,1242	88510,9486	25949	83720	-25,1242	-0,95